cgee

ANEEL
Agência Nacional de Energia Elétrica

Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D

Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro

Volume 2-8

Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista Parcerias Estratégicas, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: *http://www.cgee.org.br.*

Boa leitura!

Empresas:

CESP Companhia Energética de São Paulo
Enercan Campos Novos Energia S.A.
cpfl piratininga Uma empresa do Grupo CPFL Energia
cpfl sul paulista Uma empresa do Grupo CPFL Energia
Light
AES Tietê por onde a vida acontece
BAESA Energética Barra Grande S.A.
COPEL Geração e Transmissão
COPEL Distribuição
APINE Associação Brasileira dos Produtores Independentes de Energia Elétrica
CEMIG Nossa energia, sua força
MINAS GERAIS Diálogo Equilíbrio Trabalho

Comitê estratégico:

ccee Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
epe Empresa de Pesquisa Energética
ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico
ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica
Ministério da Indústria, Comércio e Serviços
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
Ministério de Minas e Energia
Brasil Governo Federal

Prospecção tecnológica no setor elétrico brasileiro

Volume 2-8

Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro

Brasília – DF
2017

© Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC)

Presidente em exercício
Marcio de Miranda Santos

Diretores
Antonio Carlos Filgueira Galvão
Gerson Gomes

Edição / *Danuzia Gama e Wagner Santos*
Diagramação e infográficos / *Contexto Gráfico*
Capa / *Eduardo Oliveira*
Projeto Gráfico / *Núcleo de Design Gráfico do CGEE*

Apoio técnico ao projeto/*Márcia Tupinambá*

Catalogação na fonte

C389p
Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica: Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2017. v.2.

854 p.; il, 24 cm

ISBN: 978-85-5569-133-1 (eletrônico)

1. Energia Elétrica. 2. Geração de Energia Elétrica. 3. Transmissão de Energia Elétrica. 4. Distribuição de Energia Elétrica. 5. Eficiência Energética. 6. Assuntos Sistêmicos. I. CGEE. II. ANEEL. III. Título.

CDU 621.611:001.89

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS Qd. 9, Torre C, 4º andar, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP: 70308-200 - Brasília, DF, Telefone: (61) 3424 9600, http://www.cgee.org.br

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:
CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS- CGEE. Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica: Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro. Brasília, DF: 2017. 854 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do Contrato Administrativo. Ação Prospecção Tecnológica no Setor de Energia Elétrica. 7.32.51/Aneel/2015.

Prospecção Tecnológica no Setor Elétrico Brasileiro - Volume 2-8 - Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro

Supervisão

Gerson Gomes

Coordenação

Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti

Equipe Técnica

Alanna Alencar Coelho da Silva
Alexandre Braz Azevedo
Allan Parente Vasconcelos
Amanda Lopes Dantas (Estagiária)
Daniel Haubert de Freitas
Henrique Silveira Rabelo
Júlia Beatriz Ramos
Leonardo Ivo de Carvalho Silva
Márcia Tupinambá
Matheus Rafael Passos (Estagiário)
Nayara Neiva Moura
Paula Santos Coifman Goldenberg
Ricardo Gonçalves Araújo Lima

Os textos apresentados nesta publicação são de responsabilidade dos autores.

Gerente do Projeto

Anderson da Silva Jucá (CESP)

Coordenadora do Projeto

Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti (CGEE)

Equipe da APINE

Celso Maurício Correa

Daniel Costa Braga

Luis Fernando Souza Dias

Luiz Roberto Morgenstern Ferreira

Mauro Antônio Pereira

Régis Augusto Vieira Martins

Membros do Comitê Técnico Gestor

Anderson da Silva Jucá (CESP)

André Pedretti (COPEL DIS)

Antonio Roberto Donadon (CPFL Sul Paulista e CPFL Piratininga)

Carlos Fernando Bley Carneiro (COPEL GeT)

Claudio Homero Ferreira da Silva (CEMIG GT)

Eduardo Heraldo dos Santos Silva (AES Tietê)

Frederico Bruno Ribas Soares (CEMIG GT)

Humberto Fernandes dos Santos (LIGHT)

João Adalberto Pereira (COPEL GeT)

José Tenorio Barreto Junior (LIGHT)

Marcus Vinícius Ferreira de Santana (BAESA e ENERCAN)

Rafael Gomes Bento (CPFL Sul Paulista e CPFL Piratininga)

Sérgio Ishida (CESP)

Vanessa Aparecida Coelho Andrade (CEMIG GT)

Membros do Comitê Consultivo

José Sidnei Colombo Martini (USP)

Sergio de Oliveira Frontin (UnB)

Marciano Morozowski Filho (UFSC)

Membros do Comitê Estratégico

Ailson de Souza Barbosa (Aneel)
Alexandre Viana (CCEE)
André Melo Bacellar (Aneel)
Ary Pinto (CCEE)
Fernando Campagnoli (Aneel)
Gilberto Hollauer (MME)
Jairo José Coura (MCTIC)
José Ricardo Ramos Sales (MDIC)
Luiz Alberto Machado Fortunato (ONS)
Marcos Vinícius Gonçalves da Silva Farinha (EPE)
Renata Nogueira Francisco de Carvalho (EPE)
Roberto Nogueira Fontoura Filho (ONS)
Samira Sana Fernandes de Sousa Carmo (MCTIC)
Ubiratan Francisco Castellano (MME)

Colaboradores no textos

Edgar Barassa
Flávia Jesini
Silvia Angélica Domingues de Carvalho
Vivian Sebben Adami

Grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Adriane Prisco Petry – UFRGS
Alexandre Francisco Maia Bueno – Abaque
Alexandre Louis de Almeida d'Avignon – URFJ
José Mario Moraes e Silva – Lactec
Letícia Gonçalves Nunes Coelho – UnB
Luciano Gonçalves Noleto – UnB
Mário Benjamim Baptista de Siqueira – UnB
Pedro André Carvalho Rosas – UFPE
Rafael Amaral Shayani – UnB
Rogério Jorge Amorim – PUC/MG
Segen Farid Estefen – COPPE/UFRJ

Grupo Transmissão de Energia Elétrica

Djalma Mosqueira Falcão – COPPE/UFRJ

Felipe Vigolvino Lopes – UnB

Júlio César Ramos Lopes – Inovatec Consultoria e Engenharia

Luciane Neves Canha – UFSM

Maurício Aredes – COPPE/UFRJ

Sérgio de Oliveira Frontin – UnB

Tarso Vilela Ferreira – UFCG

Wescley Tiago Batista de Sousa – UFRJ

Grupo Distribuição de Energia Elétrica

Antônio Paulo da Cunha – Sinapsis

Daniel Pinheiro Bernardon – FATEC

Eduardo Lorenzetti Pellini – USP

Giovanni Manassero Júnior – USP

José Reynaldo Formigoni – CPqD

Rogério Andrade Flauzino – USP

Ronaldo Antônio Roncolatto – RAR Consultoria e Engenharia

Wanderlei Marinho da Silva – USP

Grupo Eficiência Energética

Alexandre Sedlacek Moana – Abesco

Edward Borgstein – Mitsidi Projetos

Henrique Antônio Carvalho Braga – UFJF

Luiz Augusto Horta Nogueira – Unifei

Grupo Assuntos Sistêmicos

Amaro Olimpo Júnior – EPEMA

Ana Paula Cabral Seixas Costa – IPSID

Bernardo Bezerra – PSR Consultoria

Edson Bortoni – Domínio Engenharia

Gilberto de Martino Jannuzzi – IEI-LA

Jammil Haddad – Domínio Engenharia

Luciane Neves Canha – FATEC

Luciano Dias Losekann – Enerrio
Maria Fátima de Queiroz Vieira – ATECEL
Maria Fátima Ludovico de Almeida – INOVACX
Mauricio Sperandio – FATEC
Michelle Carvalho Metanias Hallack – UFF
Suani Teixeira Coelho – BIOMA
Vitor Luiz de Matos – Plan4

COLABORADORES – Participantes das Reuniões de especialistas

Grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Adriane Prisco Petry – UFRGS
Alberto Coralli – COPPE/UFRJ
Alexandre Francisco Maia Bueno – Abaque
Alexandre Louis de Almeida d'Avignon – UFRJ
Alina Mikhailovna Gilmanova Cavalcante – Unicamp
Antônio César Pinho Brasil Júnior – UnB
Antônio Roberto Donadon – CPFL
Arnaldo César da Silva Walter - Unicamp
Ary Vaz Pinto - CEPEL
Augusto César de Mendonça Brasil – UnB
Carla Kazue Nakao Cavaliero – Unicamp
Carlos Alberto Labate - USP
Carlos Antonio Levi da Conceição - UFRJ
Carlos José Gonçalves Vidal – Moura
Celso Eduardo Lins de Oliveira – USP
Conrado Augustus de Melo – Unicamp
Daniel Faro do Amaral Lemos – CTGAS/ER
Demétrio Antônio da Silva Filho – UnB
Eberson José Thimmig Silveira – PUC/RS
Elbia Silva Gannoum – ABEEólica
Elton Lima – naeel
Ennio Peres da Silva – Unicamp
Érico Godoy Veiga – Eletronorte

Felipe Ernesto Lamm Pereira – Abraget
Fernando Antônio Salgado Henning – ABDAN
Fernando Luiz Marcelo Antunes – UFC
Gerhard Ett - IPT
Gilson de Oliveira Mota – Eletronorte
Gilson Galvão Krause – Promon Tecnologia
Hamilton Antônio da Rocha – Eletronorte
Heloisa Furtado - CEPEL
Jeferson Borghetti Soares – EPE
João Roberto Mattos - CDTN
José Carlos Bressiani – IPEN
José Mário Moraes e Silva - LACTEC
Juarez Lopes – EPE
Juliano de Andrade - LACTEC
Jurandir Itizo Yanagihara - USP
Letícia Gonçalves Nunes Coelho – UnB
Luciano Gonçalves Noleto – UnB
Luiz Augusto Horta Nogueira – Unifei
Marcos de Oliveira Costa – GIZ
Maria Helena - Consultora
Maria Vitória Ferrari – UnB
Mário Benjamim Baptista de Siqueira – UnB
Mateus Henrique Rocha – Unifei
Milton de Oliveira Pinto – Cerne
Osvaldo Saavedra - UFMA
Paulo Alexandre Ferreira – Aeroespacial
Paulo Emílio Valadão de Miranda – Coppe/UFRJ
Pedro André Carvalho Rosas – UFPE
Rafael Amaral Shayani – UnB
Rafael Machado - Consultor
Rafael Shayani - UNB
Reginaldo Saldes Costa – SENAI-SP
Ricardo Ferreira Pinheiro - CERNE

Roberto Cardoso de Andrade Travassos – Eletronuclear
Roberto Nogueira Fontoura Filho – ONS
Rogério Jorge Amorim – PUC/MG
Sandro Kiyoshi Yamamoto – ABEEólica
Sérgio de Oliveira Frontin – UnB
Sílvia Belém Gonçalves – Embrapa
Takao Paulo Hara - Hara Engenharia
Vair Doiche – NEC Latin America S. A.
Vladimir Rafael Cobas - UNIFEI
Waldir Bitencourt – CONSTRAN

Grupo Transmissão de Energia Elétrica

Alexander Araujo - UNB
Alexander Polasek – Cepel
André Bianco
Antônio Carlos Carvalho – ONS
Carlos Belmiro Campinho de Carvalho – ONS
Darcy Ramalho de Mello – Cepel
Djalma Mosqueira Falcão – Coppe/UFRJ
Dourival Souza Carvalho Júnior – EPE
Edson Guedes da Costa – UFCG
Edson Hirokazu Watanabe – Coppe/UFRJ
Estácio Tavares Wanderley Neto – Unifei
Fabricio Lucas Lirio – Cepel
Felipe Vigolvino Lopes – UnB
Gabriel Tartuce - CGEE
Geraldo Nicola - Eletronorte
Hélio Pessoa de Oliveira Júnior
Ildemar Cassana Decker – UFSC
João Batista Guimarães Ferreira da Silva – Furnas
João Félix Nolasco - Consultor
John Graham - State Grid
Jorge Amon - Consultor

José Eduardo de Oliveira Filgueiras – Eletronorte
José Henrique Machado – Eletronorte
José Jardini - ITAEE
Júlio César Ramos Lopes – Inovatec Consultoria e Engenharia
Kleber Melo e Silva – UnB
Luciane Neves Canha – UFSM
Marcelo Moraes – General Eletric
Marcos César de Araújo – Eletronorte
Maureen Teresa Rose Fitzgibbon Pereira – CTEEP
Maurício Aredes – COPPE/UFRJ
Mauricio Sperandio – UFSM
Nadia Helena Gama Ribeiro de Louredo – EDS Engenharia e Consultoria LTDA
Patricio Munhoz - LACTEC
Paulo Cesar Botelho Neves - Consultor
Paulo César Vaz Esmeraldo - State Grid
Paulo Gomes – ONS
Paulo Sérgio Pereira Junior – CONPROVE
Rafael Machado - Consultor
Rogério Guimarães Torres – SAE Towers Brazil
Rubens de Andrade Junior – UFRJ
Ruy Carlos Ramos de Menezes – UFRGS
Sérgio de Oliveira Frontin – UnB
Tarso Vilela Ferreira – UFCG
Vanderlei Guimarães Machado – Eletronorte
Wallace do Couto Boaventura – UFMG
Wescley Tiago Batista de Sousa – UFRJ
Woong Jin Lee – Prysmian

Grupo Distribuição de Energia Elétrica

Alzenira Da Rosa Abaide – UFSM
Anderson da Silva Jucá – CESP
Anésio de Leles Ferreira Filho – UnB
Antoninho Borghi - CENOCON

Antônio Manoel de Almeida – AES Eletropaulo
Antônio Padilha Feltrin – UNESP
Antônio Paulo da Cunha – Sinapsis
Antônio Roberto Donadon – CPFL
Arthur Franklim Marques de Campos – CEB Distribuição
Augusto da Rocha Gomes – CPqD
Bernardo Hauch Ribeiro de Castro – BNDES
Carlos Frederico Meschini Almeida – USP
Carlos Venícius Frees – ABDI
Cyro Vicente Boccuzzi – ECOee
Daniel Pinheiro Bernardon – UFSM
Danilo do Nascimento Leite – CPFL
Danilo Yoshio Suiama – Elektro Eletricidade
Dymitr Wajsman – UTC
Eduardo Lorenzetti Pellini – USP
Fabio Maggion – HPE Automotores
Fernanda Caseño Trindade Arioli – Unicamp
Fernando Basseto – CPqD
Flávio Tonioli Mariotto – CPqD
Gabriel Tartuce Gondim - CGEE
Giovanni Manassero Junior – USP
Gláucio Roberto Tessmer Hax – CPqD
Ivo Ordonha Cyrillo - Sinapsis
Jorge Henrique Josino Gomes de Matos – CPqD
José Alfredo Covolon Ulson – Unesp
José Antenor Pomilio – Unicamp
José Antônio de Souza Brito – Coelba
José Carlos de Melo Vieira Júnior – USP
José Gabino Matias dos Santos – Abradee
José Paulo Mendes da Silva – CPqD
José Reynaldo Formigoni Filho – CPqD
Juracy Pereira Mamede – Elektro
Lorenzo Comassetto – AES Sul

Luana Laquanette Martins – CPqD
Lucca Zamboni – EDP
Luiz Acácio Guimarães Rolim – CPqD
Luiz Carlos Magrini - USP
Luiz Fernando Rust Carmo - INMETRO
Luiz Natal Rossi - USP
Marcelo Aparecido Pelegrini – Sinapsis
Marcio Massakiti Kubo - ITAIPU
Marco Antônio F. Egito Coelho – UnB
Marcos de Carvalho Marques – CPqD
Marcos Gouvêa - USP
Marcos Roberto Malveira - CPqD
Maria de Fátima Negreli Campos Rosolem – CPqD
Maria Mônica de Oliveira – H&M Consultoria Empresarial
Mário Oleskovicz – USP
Maurício Barbosa de Camargo Salles – USP
Nelson Kagan – USP
Patrícia Lopes Cavalcante – CPqD
Rafael de Biasi Ribeiro – CPqD
Rafael Moya Rodrigues Pereira – CPFL Paulista
Raul Fernando Beck – CPqD
Ricardo Caneloi dos Santos – UFABC
Ricardo Yoshikazu Takahira – ABVE
Rodrigo Koji Nishigasako – Nissan
Rogério Andrade Flauzino – UnB
Rogério Botteon Romano – CPqD
Ronaldo Antônio Roncolatto – RAR
Ronaldo Santarem – UTC
Se Un Ahn – Appitec
Sérgio de Oliveira Frontin – UnB
Sérgio Luis Ribeiro – CPqD
Tatiana Mariano Lessa de Assis – Coppe/UFRJ
Vinícius Jacques Garcia – UFSM

Vitor Torquato Arioli – CPqD
Wagner Seizo Hokama – CPFL
Walmir de Freitas Filho – Unicamp
Wanderlei Marinho da Silva – USP

Grupo Eficiência Energética

Alberto Hernandez Neto – USP
Albino Moises Faro de Morais Júnior – Eletronorte
Alexandre Sedlacek Moana – ABESCO
Álvaro Raineri de Lima – Eletronorte
Ary Vaz Pinto Junior – CEPEL
Carlos Alexandre Príncipe Pires – MME
Clara Rosa de Jesus Lacerda Ramalho
Cristiano Gomes Casagrande – UFJF
Danilo Ferreira de Souza – UFMT
Davidson Pereira Campos – Eletronorte
Edson José Szyszka - CEPEL
Edward Borgstein – Mitsidi
Elvo Calixto Burini Junior – USP
Henrique Antônio Carvalho Braga – UFJF
Isabela Ianhez Issa – Mitsidi
Isac Roizenblatt – ABILUX
Joana Carla Soares Gonçalves – USP
Juliana Iwashita Kawasaki – Exper Soluções Luminotécnicas
Lia Farias Pinto – Unicamp
Luis Mauro Moura - PUC - PR
Luiz Augusto Horta - UNIFEI
Luiz Carlos Pereira da Silva – Unicamp
Luiz Ceotto – Tishman Speyer
Marcos Antônio Vertuoso – ABILUX
Maurício Barreto Lisboa – Cepel
Odilon Francisco Pavón Duarte – PUC/RS
Oswaldo Sanchez Júnior – IPT

Paulo Augusto Leonelli
Paulo Capella - CEPEL
Pedro Bittencourt – Green Ant
Pedro Santos Almeida – UFJF
Roberto Lamberts – UFSC
Rodrigo Sarmento Garcia – CNI
Vanderley Moacyr John – USP

Grupo Assuntos Sistêmicos

Abraham Benzaquen Sicsú – Facepe
Adilson de Oliveira – UFRJ
Adriano Proença – UFRJ
Alberto Kligerman - ONS
Alessandro Sanches Pereira – USP
Alexandre Novgordec – Inmetro
Alexandre Salem Szklo – Coppe/UFRJ
Alketa Peci – FGV
Amaro Olimpio Pereira Junior – Coppe/UFRJ
Ana Luiza Souza Mendes – UFRJ
Ana Paula Cabral Seixas Costa – UFPE
André Luís Marques Marcato – UFJF
André Tortato Rauen – IPEA
Bernardo Bezerra – PSR Consultoria
Bianca Paranhos Americano – Eletrobras
Carlos Eduardo Rodrigues Pereira – Eletrobras
Cássio Garcia Ribeiro Soares da Silva – UFU
Clarice Ferraz – UFRJ
Daniel de Lima Gomes – Eletrobras
Daniel Viana Ferreira – UFRJ
Edmilson Moutinho dos Santos – USP
Ednildo Andrade Torres – UFBA
Edson da Costa Bortoni – Unifei
Edson Daniel Lopes Gonçalves – FGV

Eduardo Pellini - USP
Felipe Gonçalves - FGV
Fernando Luiz Cyrino Oliveira – PUC/RJ
Francesco Gianelloni – UFRJ
Gabriel Cunha - PSR
Gheisa Roberta Telles Esteves – PUC/RJ
Gilberto De Martino Jannuzzi – Unicamp
Jamil Haddad – Unifei
Jeferson Borghetti Soares – EPE
Jefferson Chapieski - LACTEC
João Alberto Passos Filho – UFJF
João Antônio Moreira Patusco – MME
João Batista dos Santos Silva – ONS
Jorge Machado Damázio – Cepel
Jorge Marques De Azevedo Filho – USP
Jorge Trinkenreich – EPE
José Antônio de Souza Brito – Coelba
Lanier Peterson Castelo Branco de Sampaio – Furnas
Lélio Fellows Filho – CNPq
Lorrane Câmara – UFRJ
Luciana Elizabeth da Mota Távora – Fundação Joaquim Nabuco
Luciane Neves Canha – UFSM
Luciano Dias Losekann – UFF
Luiz Alberto Machado Fortunato – ONS
Luiz Augusto Nóbrega Barroso – PSR Consultoria
Luiz Claudio A. Ferreira - ONS
Luiz Fernando Rust da Costa Carmo – Inmetro
Marcelo Aparecido Pelegrini – Sinapsis
Marcelo Barbosa Ferreira – Automalógica Sistemas para Automação
Maria Candida Abib Lima - ONS
Maria Cristina Fedrizzi – USP
Maria de Fátima Queiroz Vieira – UFCG
Maria Elvira Maceira – Cepel

Maria Fatima Ludovico de Almeida – PUC/RJ
Maria Luiza Viana Lisboa – EPE
Mariana Weiss – Coppe/UFRJ
Mauricio Sperandio – UFSM
Maurílio Pereira Coutinho – Unifei
Michelle Carvalho Metanias Hallack – UFRJ
Miguel Vazquez Martinez – UFF
Osvaldo Livio Soliano Pereira – UFRB
Pedro Rua Rodriguez Rochedo – Coppe/UFRJ
Plutarcho Maravilha Lourenço – PUC/RJ
Rafael Cancella Morais – Coppe/UFRJ
Rafael Machado - CGEE
Reinaldo Castro Souza – PUC/RJ
Reinaldo Castro Souza - PucRio
Ricardo Gorini de Oliveira – EPE
Roberto Nogueira Fontoura Filho – ONS
Rodrigo Flora Calili – PUC/RJ
Rubipiara Cavalcante Fernandes – IFSC
Sebastian Lopez Azumendi – FGV
Sergio Luiz Monteiro Salles Filho – Unicamp
Sergio Valdir Bajay – Unicamp
Stefania Gomes Relva – USP
Suani Teixeira Coelho – USP
Thiago Correa César – EPE
Virgínia Parente – USP
Vitor Luiz de Matos – Plan 4 Engenharia
Wadaed Uturbey – UFMG
Yolanda Vieira De Abreu – UFT

Sumário

Resumo Executivo 25

Capítulo 1

Introdução

1.1. Contexto 37

1.2. O Projeto 38

1.2.1. Objetivo do projeto 39

1.2.2. Metodologia do projeto 39

1.3. Governança do projeto 40

1.4. Objetivo do livro 41

1.5. Abordagem dos capítulos 42

Capítulo 2

Metodologia do Produto Diagnóstico

2.1. Mapa do conhecimento 46

2.2. Mapa conceitual 49

2.2.1. Os objetivos de análise 50

2.2.2. Dimensões de Análise e Conceituação 50

2.2.3. Matriz de análise 93

Capítulo 3

CT&I e o Setor Elétrico Brasileiro

3.1. A Produção Técnica Científica no Setor de Energia Elétrica 97

3.1.1. Patentes Brasileiras 97

3.1.2. Projetos de P&D 99

3.1.3. Artigos Científicos 102

Capítulo 4

Diagnóstico de PD&I do grupo temático: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

4.1. Introdução 105

4.2. Conceitos das Macrotemáticas 106

4.3. Diagnóstico: análise por indicadores 109

4.3.1. Dimensão Ambiental 109

4.3.2. Dimensão Social 111

4.3.3. Produção de CT&I 113

4.3.4. Estrutura de CT&I 152

4.3.5. Dimensão de Mercado 210

4.3.6. Cadeia Produtiva 213

4.3.7. Planejamento Estratégico 215

4.4. Matriz de análise 219

4.4.1. Energia Eólica 219

4.4.2. Energia Solar Fotovoltaica 221

4.4.3. Energia Solar Heliotérmica 223

4.4.4. Energia dos Oceanos 225

4.4.5. Termoeletricidade Renovável e Não Renovável 228

4.4.6. Hidrogênio e Célula a Combustível 231

4.4.7. Geração Hidroelétrica 233

4.4.8. Energia Nuclear 236

4.4.9. Armazenamento de Energia 239

4.4.10. Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas 241

Capítulo 5

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Transmissão de Energia Elétrica

5.1. Introdução 247

5.2. Conceitos das Macrotemáticas 248

5.3. Diagnóstico: análise por indicadores 251

5.3.1. Dimensão Ambiental 251

5.3.2. Dimensão Social 253

5.3.3. Produção de CT&I 255

5.3.4. Estrutura de CT&I 287

5.3.5. Dimensão de Mercado 340

5.3.6. Cadeia Produtiva 342

5.3.7. Planejamento Estratégico 344

5.4. Matriz de análise 345

5.4.1. Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) 346

5.4.2. Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC) 347

5.4.3. Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados 348

5.4.4. Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) 351

5.4.5. Supercondutores 353

5.4.6. Estruturas, Condutores e Isoladores 355

5.4.7. Equipamentos de Alta Tensão e Subestações 357

5.4.8. Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão 359

5.4.9. Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão 360

5.4.10. Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional 362

Capítulo 6

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Distribuição de Energia Elétrica

6.1. Introdução 367

6.2. Conceitos das Macrotemáticas 368

6.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores 372

6.3.1. Dimensão Ambiental 372

6.3.2. Dimensão Social 374

6.3.3. Produção de CT&I 376

6.3.4. Estrutura de CT&I 427

6.3.5. Dimensão de Mercado 501

6.3.6. Cadeia Produtiva 502

6.3.7. Planejamento Estratégico 505

6.4. Matriz de análise 506

6.4.1. Medição avançada 507

6.4.2. Automação da rede 509

6.4.3. Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes 511

6.4.4. Segurança Cibernética 515

6.4.5. Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 518

6.4.6. Operação e Manutenção 521

6.4.7. Subestações e Equipamentos 525

6.4.8. Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição 528

6.4.9. Mobilidade Elétrica 531

6.4.10. Geração distribuída e Microrredes 535

6.4.11. Redes de distribuição aéreas e subterrâneas 538

6.4.12. Qualidade da energia elétrica 542

Capítulo 7

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Eficiência Energética

7.1. Introdução 549

7.2. Conceitos das macrotemáticas 550

7.2.1. Sistemas de Iluminação Eficientes 550

7.2.2. Edificações Eficientes 550

7.2.3. Indústria 550

7.2.4. Saneamento 550

7.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores 551

7.3.1. Dimensão Ambiental 551

7.3.2. Dimensão Social 552

7.3.3. Produção de CT&I 553

7.3.4. Estrutura de CT&I 578

7.3.5. Dimensão de Mercado 615

7.3.6. Cadeia Produtiva 616

7.3.7. Planejamento Estratégico 618

7.4. Matriz de análise 619

7.4.1. Sistemas de Iluminação Eficientes 619

7.4.2. Edificações Eficientes 621

7.4.3. Indústria 623

7.4.4. Saneamento 626

Capítulo 8

Diagnóstico da PD&I no grupo temático Assuntos Sistêmicos

8.1. Introdução 631

8.2. Conceitos das Macrotemáticas 632

8.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores 636

8.3.1. Dimensão Social 636

8.3.2. Produção de CT&I 638

8.3.3. Estrutura de CT&I 663

8.3.4. Planejamento Estratégico 723

8.4. Matriz de análise 725

8.4.1. Planejamento de CT&I 725

8.4.2. Modelos Econômicos e de Mercado 727

8.4.3. Demanda por Energia Elétrica 729

8.4.4. Modelos de Planejamento da Operação 731

8.4.5. Modelos de Planejamento da Expansão 733

8.4.6. Modelos Institucionais 734

8.4.7. Regulação 736

8.4.8. Sistemas de Informação e Estatística 738

8.4.9. Análise dos Impactos das Tecnologias 740

8.4.10. Modelos de Avaliação de Políticas Públicas 742

8.4.11. Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade 743

8.4.12. Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos 745

Referências Bibliográficas 749

Anexo - Mapa do conhecimento 812

Lista de Tabelas 815

Lista de Gráficos 820

Lista de Figuras 833

Lista de siglas e abreviaturas 843

Resumo Executivo

Metodologia

Para a construção dos indicadores apresentados no relatório de diagnóstico da CT&I do setor elétrico brasileiro, foram utilizadas algumas ferramentas que possibilitaram a operacionalização e a construção da estrutura de análise.

Como ponto de partida, foi realizada uma revisão bibliográfica para a definição de quais indicadores iriam ser construídos para se obter o diagnóstico da CT&I do setor. Junto a essa consolidação dos indicadores, também foram elaboradas algumas questões norteadoras para balizarem as informações necessárias que seriam levantadas. As análises se basearam no período de 2007 a 2016, podendo, em alguns casos, ser alterado devido à disponibilidade dos dados. Cada indicador é aplicado em todas as macrotemáticas, que totalizam 48 e são organizadas em cinco grupos temáticos: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, Transmissão de Energia Elétrica, Distribuição de Energia Elétrica, Eficiência Energética e Assuntos Sistêmicos.

Dentro do escopo do projeto, foram definidos os indicadores a respeito da produção CT&I, que engloba a produção científica formal (artigos, periódicos, revistas e jornais nacionais e internacionais), produção complementar (trabalhos publicados nos eventos nacionais mais relevantes para o setor), projetos do Programa P&D Aneel e depósitos de patentes. Para levantamento dos dados, utilizaram-se as plataformas *Scopus e Web of Science* para artigos, compilação e classificação dos trabalhos disponíveis nos anais dos eventos nacionais, base de dados disponibilizada pela Aneel a respeito dos projetos de P&D e a *Thomson Innovation* (atualmente *Derwent Innovation*), para obtenção dos dados de patentes.

Para a estrutura de CT&I, consideraram-se os aspetos de recurso humano (atores do setor), infraestrutura de CT&I (grupos de pesquisa, laboratórios) disponível para desenvolvimento tecnológico do setor, programas de Pós-Graduação e mecanismos de fomento. Como base de dados, utilizou-se a plataforma de currículos *Lattes para seleção dos* Recursos Humanos, Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP-CNPq) para laboratórios, Sucupira (CAPES) para os programas de Pós-Graduação e dados dos projetos do FNDCT, FINEP e CNPq, e, somente, Aneel e BNDES para levantamento das informações sobre fomento.

Também foram considerados os impactos ambientais, sociais, perspectiva de mercado e cadeia produtiva. Essas dimensões foram avaliadas utilizando-se a percepção de especialistas em cada macrotemática. Por meio de uma pesquisa estruturada, essas informações puderam ser levantadas. Os respondentes foram os pesquisadores que participaram dos painéis de especialistas.

A classificação dos dados obtidos por macrotemática foi realizada por meio de termos de busca (busca textual) com aspectos correlatos a cada área e adaptado para cada base. Após a realização das baixas, os dados foram estruturados e manipulados em base de dados. Utilizaram-se *scripts* próprios para possibilitar os cruzamentos dos dados e a obtenção das informações que geraram os indicadores.

Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

O diagnóstico do Grupo Temático (GT) Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia aborda a situação atual e de futuro das macrotemáticas Energia Eólica; Energia Solar Fotovoltaica; Energia Solar Heliotérmica; Termoeletricidade Renovável e Não Renovável; Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas; Energia dos Oceanos; Hidrogênio e Célula a Combustível; Energia Nuclear; e Armazenamento de Energia, levando-se em conta indicadores desenvolvidos nos contextos ambiental, social, produção de CT&I, estrutura de CT&I, mercado e planejamento estratégico.Considerando-se a entrada maciça das renováveis eólica, solar fotovoltaica, biomassa e hidroeletricidade (geração de baixa queda e grande volume e PCHs), o setor precisa aprimorar a operação e desenvolver soluções que mitiguem os efeitos das intermitências na geração. De forma geral, a P&D tem desenvolvido tecnologias de geração e armazenamento de energia com foco na melhoria da performance e na promoção da competitividade dessas tecnologias no mercado nacional. Nesse cenário, é esperada uma contribuição significativa dessas fontes e dos sistemas de armazenamento de energia com a redução de emissões e com o aumento da eficiência de conversão energética. O setor, portanto, demandará RH qualificado[1], melhor estrutura de CT&I e políticas de fomento, além da cadeia produtiva especializada.

Como reflexo à priorização dessas rotas, observa-se um salto na produção científica nacional e na produção científica do setor elétrico. Sob esse aspecto, a Lei 9.991/2000 tem contribuído com o desenvolvimento científico do setor por meio do Programa de P&D regulado pela Aneel, cujas principais produções dizem respeito ao desenvolvimento de soluções de TI e tecnologias de O&M das

1 Sob esse aspecto, na média, haverá uma maior demanda por profissionais mais qualificados e, por consequência, haverá uma melhoria da remuneração.

macrotemáticas Geração Hidroelétrica e Termoeletricidade Renovável e Não Renovável. No âmbito da energia solar fotovoltaica e da energia eólica, os trabalhos têm se focado no desenvolvimento de tecnologias de integração entre fontes e rede, operação e monitoramento, estudo dos recursos e no desenvolvimento de componentes como inversores de frequência. Os investimentos mais expressivos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel têm foco na geração termoelétrica, geração hidroelétrica, solar fotovoltaica e eólica. As chamadas estratégicas promovidas pela Aneel têm possibilitado o avanço da P&D em macrotemáticas como armazenamento de energia, geração heliotérmica, energia dos oceanos e hidrogênio e célula a combustível. Por outro lado, uma parcela significativa dos desenvolvimentos tecnológicos, não só do setor, como também da CT&I nacional, não tem alcançado o mercado. A maior parte dos projetos são caracterizados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Como provável consequência, o número de patentes depositadas no Brasil por depositantes brasileiros é considerado ínfimo, frente ao número de patentes depositadas por estrangeiros, no país.

A distribuição de RH no Brasil segue a mesma tendência dos respectivos indicadores. O corpo de especialistas com maior presença nos estados brasileiros realiza trabalhos, principalmente, sobre as macrotemáticas Energia Solar Fotovoltaica, Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, Energia Eólica e Geração Hidroelétrica. As regiões Sul e Sudeste do país concentram a maior parte dos especialistas, dedicados ao grupo temático. A região Nordeste, principalmente os estados do Rio Grande do Norte e do Ceará, destaca-se pela presença de especialistas na macrotemática Energia Eólica. O grau de instrução do RH caracteriza-se, na média, por 60% de doutores, 25% de mestres e 15% de graduados, especialistas e técnicos. Um importante aspecto observado nesse indicador diz respeito ao baixo nível de colaboração entre especialistas, na CT&I e no setor elétrico[2].

Em termos gerais, os laboratórios que desenvolvem trabalhos no âmbito das macrotemáticas desse grupo realizam pesquisas nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, da cadeia de inovação. Aproximadamente, 70% dos laboratórios brasileiros dedicam pesquisas às áreas de geração hidroelétrica, termoeletricidade, solar fotovoltaica e eólica.

O investimento financeiro no desenvolvimento tecnológico das macrotemáticas do grupo temático Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, nos últimos dez anos, foi de R$ 5.221.896.082,55[3], sendo 89,47% desse montante oriundo da Lei 9.991/2000 (Programa de P&D regulado pela Aneel),

---

2 Esse indicador é caracterizado pelo grau médio de colaboração e de similaridade semântica. O primeiro diz respeito à quantidade de especialistas que trabalham de forma colaborativa, no universo analisado. E o segundo diz respeito à quantidade de especialistas que publicam nos mesmos temas, mas obrigatoriamente não possuem trabalhos realizados de forma colaborada.

3 Valor atualizado pelo IPCA de 31 de Dezembro de 2016.

e o restante do investimento promovido pelo Cnpq, Finep e BNDES-Funtec. A maior parte desse investimento foi destinado ao desenvolvimento de projetos nos contextos da termoeletricidade, geração hidroelétrica e energia solar fotovoltaica (pouco mais de 71%).

Em suma, a CT&I, cadeia produtiva, linhas de fomento e RH focam, em maior parte, o desenvolvimento das fontes consideradas prioritárias a médio prazo para a matriz elétrica (incluindo o armazenamento de energia). As demais fontes, como soluções apropriadas, hidrogênio e célula a combustível, energia nuclear e energia dos oceanos, devem ser priorizadas a longo prazo, de acordo com o planejamento do setor. Embora haja fomento e estruturas mínimas de CT&I e políticas de desenvolvimento estratégico, é preciso coordenar ações que possibilitem todas as instituições de interesse nesse contexto desenvolverem tecnologias que, de fato, se tornem inovação e possam garantir a perpetuidade do mercado de energia no país.

Transmissão de Energia Elétrica

O GT Transmissão de Energia Elétrica aborda temas que dizem respeito ao aporte da PD&I relacionados ao foco no aprimoramento de processos já existentes e no desenvolvimento de novas tecnologias para o setor de transmissão de energia elétrica.

O relatório diagnóstico apresenta indicadores da situação atual da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no contexto da transmissão de energia elétrica no Setor Elétrico Brasileiro (SEB). São analisados indicadores de Dimensão Ambiental, Social, de mercado e de cadeia produtiva, de produção de CT&I (produção científica, produção complementar – eventos do SEB –, projetos Aneel e patentes) e de estrutura de CT&I (Recursos Humanos, redes colaborativas, Diretório de Grupos de Pesquisa – DGP –, cursos de pós graduação e fomento de CT&I).

Em relação à análise das dimensões ambiental, social, de mercado e de cadeia produtiva, destacam-se as macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Estruturas, Condutores e Isoladores e Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão.

Para os indicadores de produção de CT&I, destacam-se as macrotemáticas Supercondutores, Sistema de Transmissão em Corrente Contínua e Equipamentos de Alta Tensão e Subestações.Para os indicadores de estrutura de CT&I, destacam-se as macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Estruturas, Condutores e Isoladores e Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão.

De forma geral, considerando-se todos os indicadores, destacam-se as macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Estruturas, Condutores e Isoladores e Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão. Essas macrotemáticas tratam de temas já estabelecidos e de alta maturidade para o setor e suas pesquisas estão em aprimorar o sistema para que esse seja capaz de suportar as mudanças que estão ocorrendo, mantendo os padrões de qualidade e confiabilidade. Evitando-se, portanto, novas tecnologias que possam acarretar aumento de custos ou que, devido à sua maturidade, possam reduzir os índices de desempenho.

Destaca-se também Sistema de Transmissão em Corrente Contínua (CC), em que, no planejamento estratégico, apresentou uma prioridade mais alta do que o tradicional Sistema de Transmissão em Corrente Alternada (CA), principalmente devido às vantagens de transmissão em longas distâncias. É importante frisar que macrotemáticas que foram diagnosticadas com indicadores com resultados menos expressivos, como Supercondutores, ainda apresentam baixa aplicabilidade no sistema de transmissão como conhecimento e tecnologia disponível em mercado na atualidade, contudo sua prioridade tende a aumentar em longo prazo.

Distribuição de Energia Elétrica

O GT Distribuição de Energia Elétrica aborda temas que dizem respeito ao aporte da PD&I relacionados à necessidade de evolução e desenvolvimento de tecnologias, ferramentas e métodos associados à renovação dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

O relatório diagnóstico apresenta indicadores da situação atual da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no contexto da distribuição de energia elétrica no Setor Elétrico Brasileiro (SEB). São analisados indicadores de Dimensão Ambiental, Social, de mercado e de cadeia produtiva, de produção de CT&I (produção científica, produção complementar – eventos do SEB –, projetos Aneel e patentes) e de estrutura de CT&I (Recursos Humanos, redes colaborativas, Diretório de Grupos de Pesquisa – DGP –, cursos de pós graduação e fomento de CT&I).

Em relação à análise das dimensões ambiental, social, de mercado e de cadeia produtiva, destacam-se as macrotemáticas Subestações e Equipamentos e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição. De certa forma, os resultados também foram razoáveis para outras macrotemáticas do grupo temático, que são: Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Segurança Cibernética, Operação e Manutenção e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas.

Para os indicadores de produção de CT&I, destacam-se as macrotemáticas Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos, Geração Distribuída e Microrredes e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas.

Para os indicadores de estrutura de CT&I, destacam-se as macrotemáticas Operação e Manutenção, Automação da Rede e Geração Distribuída e Microrredes.

De forma geral, considerando-se todos os indicadores, destacam-se as macrotemáticas Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, Geração Distribuída e Microrredes e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas. Essas macrotemáticas tratam de temas mais tradicionais e técnicos (infraestrutura da distribuição de energia elétrica do SEB) e as mudanças que estão por vir em relação às fontes intermitentes, veículos elétricos, geração distribuída e redes elétricas inteligentes. Tais mudanças, que revolucionarão os sistemas de distribuição de energia elétrica, já estão sendo consideradas no aporte da PD&I dessas macrotemáticas e as ações de fomento de CT&I devem continuar, uma vez que esses temas sofrerão impactos em termos de mudanças de marcos regulatórios, gerenciamento pelo lado da demanda de energia elétrica, crescimento e ganho de robustez quanto à cadeia produtiva nacional, modelos de negócios, tarifações, de impactos das tecnologias, de capacitação dos Recursos Humanos, de normalização e regulamentação e em termos de expansão e operação dos sistemas elétricos de potência.

É importante frisar que macrotemáticas que foram diagnosticadas com indicadores com resultados menos expressivos, tais como Automação da Rede, Qualidade da Energia Elétrica e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), estão em franca evolução e também sofrerão impactos relativos às mudanças que estão por vir nos sistemas de distribuição de energia elétrica, o que pode influenciar bastante na qualidade comercial dos serviços e dos produtos e na análise de grande quantidade de dados, o que justifica certa priorização em termos de políticas públicas e aporte da PD&I.

O diagnóstico do GT Distribuição de Energia Elétrica mostra que as macrotemáticas Medição Avançada, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Segurança Cibernética e Mobilidade Elétrica obtiveram os resultados menos expressivos em termos de indicadores. É necessário priorizar essas áreas, com aporte de PD&I, planejamentos estratégicos e políticas públicas, porque são áreas que, no arcabouço geral do grupo temático, serão essenciais para a implementação do conceito das cidades inteligentes e contribuirão de forma considerável no desenvolvimento dos sistemas de distribuição de energia elétrica a médio e longo prazo.

Eficiência Energética

O grupo temático Eficiência Energética contempla questões relacionadas à ecoeficientização de equipamentos e de sistemas, ou seja, o uso de equipamentos e concepções de projetos que envolvam menores impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de materiais e componentes e um menor consumo de eletricidade para provisão equivalente ou aprimorada do mesmo serviço ou função.

O levantamento da situação da CT&I brasileira para este grupo temático, por meio de indicadores da disponibilidade de profissionais da área, diretórios de pesquisa, produção científica e complementar, participação em projetos do Programa de P&D Aneel, entre outros, aponta pontos fortes, pontos fracos, desafios e oportunidades para a CT&I brasileira em cada macrotemática. As macrotemáticas que apresentaram muitos pontos fortes nesse âmbito, denotando uma estrutura e uma produção de CT&I mais vigorosa no contexto do grupo temático, foram Edificações Eficientes e Indústria.

Nestas macrotemáticas, destaca-se o bom desempenho na produção de artigos científicos e na produção complementar em eventos do setor elétrico, com tendência de elevação da produção intelectual na macrotemática, além da participação expressiva de projetos de edificações eficientes e de eficiência energética na indústria no Programa de P&D Aneel. Destaca-se, também, o percentual expressivo de patentes das macrotemáticas em famílias fortes, a disponibilidade relativamente elevada de laboratórios e o volume de investimentos em laboratórios relativamente elevado, em comparação às demais macrotemáticas. Como ponto fraco a ser desenvolvido, destaca-se a importância de se avançar nas atividades de pesquisa e desenvolvimento visando a etapas mais maduras da cadeia de inovação, como a inserção de mercado e o uso efetivo das inovações, principalmente no caso da macrotemática Edificações Eficientes.

Assuntos Sistêmicos

O grupo temático Assuntos Sistêmicos contempla questões relacionadas à gestão do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), abordando desafios tecnológicos nos ramos da economia da energia, aspectos institucionais de políticas e regulação, impactos técnico-econômicos e socioambientais das políticas e tecnologias, desafios no planejamento da expansão e da operação do sistema, aspectos ligados à garantia da confiabilidade do suprimento elétrico, além de tópicos mais gerais, como planejamento de CT&I, tecnologias para capacitação de Recursos Humanos, normalização e avaliação de conformidade e sistemas integrados de informações e dados do sistema elétrico brasileiro.

O levantamento da situação da CT&I brasileira para este grupo temático, por meio de indicadores da disponibilidade de profissionais da área, diretórios de pesquisa, produção científica e complementar, participação em projetos do Programa de P&D Aneel, entre outros, aponta pontos fortes, pontos fracos, desafios e oportunidades para a CT&I brasileira em cada macrotemática. As macrotemáticas que apresentaram muitos pontos fortes nesse âmbito, denotando uma estrutura e uma produção de CT&I mais vigorosa no contexto do grupo temático, foram Modelos Institucionais, Modelos de Planejamento da Operação e Sistemas de Informação e Estatística.

Em Modelos Institucionais, foram identificados quase 4.000 profissionais, 90% destes são mestres e doutores, encontrados em todas as regiões do país. A macrotemática concentra a segunda maior parcela no total de projetos do Programa de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos – 16,41%, atrás, apenas, de Modelos Econômicos e de Mercado, com 20,61%. Além disso, observou-se um bom desempenho na produção de artigos científicos e na produção complementar em eventos do setor elétrico, considerando-se o contexto nacional. Esse quadro de indicadores favoráveis de CT&I na macrotemática é fundamental para viabilizar a identificação de arquiteturas institucionais capazes de manter a confiabilidade e a competitividade do suprimento elétrico no contexto de inovações tecnológicas no SEB, além de favorecer o desenvolvimento de estudos sobre novos modelos de negócios, que são essenciais para a inserção mercadológica das novas tecnologias.

Em Modelos de Planejamento da Operação, foram identificados mais de 3.100 profissionais, 92% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país. A macrotemática concentra a maior parcela do total de diretórios de pesquisa dedicados à área de Assuntos Sistêmicos – são 213 diretórios, 24,45% do total. Além disso, observou-se um bom desempenho na produção de artigos científicos sobre o planejamento da operação, com o Brasil ocupando a 7ª posição no *ranking* internacional da produção científica sobre a macrotemática. Esse quadro de indicadores favoráveis de CT&I certamente contribui para a notória robustez do segmento de operação do setor elétrico brasileiro, encarregado de realizar a gestão e garantir a confiabilidade em um sistema interligado de dimensões continentais. No contexto das inovações colocadas no horizonte do SEB, os desafios e oportunidades de CT&I para o planejamento da operação estão associados ao aprimoramento dos recursos computacionais, gestão de dados associados às redes inteligentes e representação da incerteza intrínseca a novas fontes de geração intermitentes.

Já em Sistemas de Informação e Estatística, foram identificados mais de 3.200 profissionais, 90% destes são mestres e doutores, encontrados em todas as regiões do país. A macrotemática apresenta alta parcela do total de diretórios de pesquisa dedicados à área de Assuntos Sistêmicos – são 101 diretórios, 11,6% do total – e alta participação no total de projetos do Programa de P&D Aneel no grupo temático – 12,4%. Além disso, observou-se um bom desempenho na produção de artigos

científicos e na produção complementar em eventos do setor elétrico. Esse quadro de indicadores favoráveis de CT&I na macrotemática é fundamental para subsidiar a tomada de decisões estratégicas e operacionais no novo contexto de coordenação e operação inteligentes do SEB.

De uma forma geral, todas as macrotemáticas apresentaram redes de pesquisadores com importante potencial de sinergia, diante da complementaridade dos temas trabalhados. Ressalta-se que esse potencial deve ser traduzido em termos de relações de coautorias e trabalho cooperado, para que as atividades de P&D na área de Assuntos Sistêmicos possam dispor dos ganhos da interação e da troca de conhecimentos, gerando melhores resultados.

Capítulo 1

Capítulo 1

Introdução

1.1. Contexto

Os estudos de futuro são muito utilizados por diferentes países na construção de sua estratégia de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), especialmente na seleção de onde e como aportar os seus recursos de fomento à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I). O Brasil possui tradição nos estudos de planejamento elétrico que projetam demanda e oferta de energia elétrica e, com base neles, estuda a necessidade de investimento na infraestrutura do setor. Todavia, o mesmo não é tradicionalmente realizado na construção da estratégia de investimentos de CT&I para o setor elétrico.

Desde meados da década de 1990, o governo federal brasileiro redireciona as Políticas de CT&I para o setor produtivo esperando intensificar as atividades de inovação nas empresas. Os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia (Lei nº 11.540/2007), a Lei de Inovação (Lei nº 10.973/2004) e a Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005) são exemplos desse esforço. O governo brasileiro algumas vezes utiliza-se de estudos prospectivos, como vários dos estudos em temas específicos encomendados ao CGEE pelo MCTI ao longo dos últimos anos. Todavia, não há um processo definido nem um estudo amplo setorial de maneira a identificar oportunidades e, dessa forma, selecionar qual área a se aprofundar.

O planejamento da CT&I no setor também vem se tornando uma preocupação cada vez maior entre os agentes. Um estudo anterior do CGEE (2015) mostra que as empresas do setor também reconhecem a importância de estudos de prospecção focados na priorização de temáticas para melhorar a eficácia do Programa de P&D regulado pela Aneel. Os exercícios de projeção de consumo realizados pelo governo e de forma independente por outros agentes indicam uma necessidade de crescimento de capacidade instalada acima de 300%[4] para 2050. Isso impõe o desafio para o PD&I do setor que deverá estimular avanços e inovações, mas também grandes oportunidades de novos

4 Ano base: 2015.

negócios para o setor e toda a sua cadeia produtiva. Neste contexto nasceu a proposta do projeto *Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica*.

1.2. O Projeto

A Equipe da Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento da Aneel, responsável por acompanhar o Programa de P&D do setor elétrico (Lei nº 9.991/2000), tem preocupação em definir uma estratégia para o programa, de forma a gerar resultados mais eficientes. Para auxiliá-los com esse objetivo, a própria equipe idealizou o projeto *Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica.*

Nesse contexto, a Aneel solicitou uma proposta ao CGEE. A proposta do estudo, aceita pela Aneel, busca identificar e selecionar temáticas de PD&I no setor elétrico que desenvolvam soluções para vencer os futuros desafios desse setor. Busca, ainda, identificar quais são as possíveis ações de CT&I necessárias, de maneira a otimizar os recursos do Programa de P&D regulado pela Aneel no fomento ao desenvolvimento dessas temáticas.

A proposta foi apresentada às empresas concessionárias do setor elétrico, com recursos oriundos do programa P&D regulado pela Aneel para aplicar em P&D, de maneira a identificar os possíveis interessados em financiar o projeto. Iniciou-se, então, um processo de articulação entre o CGEE, a APINE (que liderou o processo junto às empresas) e as empresas interessadas para desenhar a proposta final e firmar o contrato de serviço. O resultado foi o estabelecimento de um contrato entre 11 empresas[5] do setor com as executoras, APINE e o CGEE. A primeira ficou responsável pela interação entre as partes e a segunda com a responsabilidade da parte técnica do estudo.

A Aneel, por meio da Nota Técnica nº 0095/2014-SPE/Aneel, retificada pelo ofício 0203/2016 – SPE/Aneel (19/agosto/2016), autorizou o uso de recursos do Programa de P&D, regulado por essa agência para o desenvolvimento do projeto. Os resultados subsidiarão a definição de temas estratégicos e projetos prioritários para a Aneel, como também auxiliarão o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e o Ministério de Minas e Energia (MME) no processo de formulação de políticas públicas voltadas ao setor de energia nacional.

5 AES; BAESA; CEMIG GT; CESP; COPEL DIS; COPEL GeT; CPFL PIRATININGA; CPFL SUL PAULISTA; ENERCAN; e LIGHT



1.2.1. Objetivo do projeto

O Projeto[6] *Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica* tem por objetivo construir propostas de ações de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) para o direcionamento dos recursos do Programa de P&D, coordenado pela Aneel.

O foco é no desenvolvimento da CT&I no setor de energia elétrica nacional, buscando o crescimento da participação da tecnologia nacional ou, quando couber, a transferência com absorção de tecnologia estrangeira, promovendo a competitividade das empresas de energia e suas respectivas cadeias produtivas no Brasil.

Conforme dispõe o contrato (001/2014) e retificado no Ofício 0203/2016 – SPE/Aneel, o objeto do estudo é o setor de energia elétrica[7]. Assim, combustíveis, eficiência energética e demais temáticas gerais serão considerados no contexto de energia elétrica.

Para facilitar a operação do trabalho, o universo abordado pelo estudo foi dividido em cinco grupos temáticos[8]: Grupo 1 – Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia; Grupo 2 – Transmissão de Energia Elétrica; Grupo 3 – Distribuição de Energia Elétrica; Grupo 4 – Eficiência Energética; Grupo 5 – Assuntos Sistêmicos.

1.2.2. Metodologia do projeto

Atualmente, os estudos de futuros são entendidos como um resultado sistêmico de múltiplos fatores e as decisões devem levar em conta elementos de cunho político-sociais e não apenas obedecer a resultados técnicos. Ao enfatizar-se a importância da combinação de resultados de diversos métodos, ganha-se em flexibilidade e reduz-se o caráter determinista tradicionalmente associado ao *forecasting*.

O estudo *Prospecção tecnológica no Setor de Energia Elétrica* faz uso dos diferentes métodos, mas utiliza o *foresight* como base, tendo em vista a dificuldade e o risco de realizar estudos de cunho muito determinísticos para definir uma estratégia de P&D sem um objetivo previamente delineado.

---

6 Convênio: CP&D001/2014; identificação no CGEE: 7.32.51.01.01; cadastro na Aneel: PED-0061-0046/2014.

7 Inicialmente, excluía a energia nuclear, que passou a ser incluída conforme decisões, constando em ata, das reuniões do comitê técnico do projeto e retificado pelo Ofício 0203/2016 – SPE/ANEEL.

8 A proposta inicial, descrita no contrato 001/2014, foi alterada e retificada nas reuniões do comitê técnico gestor (conforme descrito na ata da reunião de abertura do projeto, realizada no dia 07/08/2015) e do ofício 0203/2016 – SPE/ANEEL.

O processso básico de *foresight* encontrado na literatura se divide em 3 etapas: diagnóstico, prognóstico e prescrição. Para facilitar o detalhamento da metodologia proposta, o projeto adaptou e dividiu o processo em quatro etapas:

- Diagnóstico;
- Construção do Futuro;
- Posicionamento;
- Consolidação final.

A etapa do diagnóstico busca identificar opções temáticas, a sua situação, potencialidades e dificuldades associadas. Com base nas análises dessas informações, inicia-se o processo de construção do futuro, o qual descreve a visão de futuro, a evolução da maturidade, as trajetórias tecnológicas e priorização das rotas tecnológicas. O mapa do conhecimento descreve as linhas de PD&I para as diferentes áreas temáticas. Esse mapa, resultante da primeira etapa e revisado na segunda etapa do processo, associado às informações levantadas ao longo do projeto, será o objeto de detalhamento do planejamento estratégico (posicionamento) que finaliza com a construção da agenda. Conclui-se com a consolidação de todo o processo por meio da construção dos documentos finais.

1.3. Governança do projeto

O projeto foi dimensionado para apresentar diversos produtos com o objetivo de promover um processo de validação ao longo do estudo por três comitês diferentes de acompanhamento com perfis distintos. São eles:

a) Comitê técnico gestor das empresas[9]: Formado por representantes das empresas parceiras que financiam o projeto, tem o objetivo de acompanhar tecnicamente e comandar a parte de gestão do projeto;

b) Comitê estratégico[10]: Formado por representantes das instituições que compõem a

---

9 AES; Baesa, Cemig GT; Cesp; Copel DIS; Copel GeT; CPFL Piratininga; CPFL Sul Paulista; Enercan; e Light.

10 Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel); Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE); Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC); Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC); Ministério de Minas e Energia (MME); Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

governança do setor, tem o objetivo de acompanhar tecnicamente o projeto de forma a alinhar as estratégias setoriais;

c) Comitê consultivo[11]: Formado por especialistas seniores do setor, tem o objetivo de acompanhar tecnicamente o projeto, representando a Academia.

1.4. Objetivo do livro

O livro aborda os resultados da etapa Diagnóstico para 48 macrotemáticas as quais são organizadas em cinco grupos temáticos: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, Transmissão de Energia Elétrica, Distribuição de Energia Elétrica, Eficiência Energética e Assuntos Sistêmicos. Essa publicação faz parte da coletânea de oito livros, que compõem os resultados do Projeto Prospecção Tecnológica no Setor de Energia Elétrica. Sendo eles:

- Documento executivo
- Diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro
- Evolução tecnológica nacional no segmento de geração de energia elétrica e armazenamento de energia
- Evolução tecnológica nacional no segmento de transmissão de energia elétrica
- Evolução tecnológica nacional no segmento de distribuição de energia elétrica
- Evolução tecnológica nacional no segmento de eficiência energética
- Evolução tecnológica nacional no segmento de assuntos sistêmicos do setor de energia elétrica
- Agenda estratégica de CT&I no setor elétrico brasileiro

O conteúdo apresentado nessa publicação traz uma avaliação do panorama nacional do setor elétrico no âmbito da CT&I baseado nos dados e informações extraídas a partir da construção e análise de indicadores que dizem respeito à produção científica e tecnológica, recursos humanos, infraestrutura de CT&I (laboratórios e grupos de pesquisa), programas de pós graduação, aspecto socioambiental, mercado e cadeia produtiva (indústria), mecanismos de fomento, projetos do programa de P&D regulado pela Aneel e política setorial.

11 Formado por representantes de três instituições de pesquisa de diferentes regiões.

Esses indicadores são expressos em gráficos e tabelas para uma compreensão dos resultados alcançados. Com a Matriz de Análise faz-se uma compilação das oportunidades, desafios, pontos fortes e fracos que cada macrotemática apresentou de acordo com os indicadores.

O Mapa do Conhecimento (anexo digital) traz as rotas tecnológicas e linhas de PD&I levantadas durante o projeto que têm por objetivo direcionar o desenvolvimento e inovação do setor elétrico brasileiro. Nesse documento ainda são apresentadas as informações sobre a maturidade tecnológica das rotas e suas respectivas priorizações, que foram obtidas na etapa Construção do Futuro.

1.5. Abordagem dos capítulos

O capítulo 2 apresenta a metodologia da etapa Diagnóstico do projeto, a qual mostra as definições para o mapa do conhecimento e o mapa conceitual.

O capítulo 3 apresenta um panorama sobre a CT&I e o Setor Elétrico Brasileiro. É feita uma caracterização da produção técnica científica no Setor de Energia Elétrica, em relação às patentes brasileiras e aos projetos de P&D e artigos científicos.

Os capítulos 4 a 8 apresentam o diagnóstico de PD&I dos grupos temáticos, na seguinte ordem: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, Transmissão de Energia Elétrica, Distribuição de Energia Elétrica, Eficiência Energética e Assuntos Sistêmicos. Cada um desses capítulos mostra a análise por indicadores (Dimensão Ambiental, Dimensão Social, Produção de CT&I, Estrutura de CT&I, Dimensão de Mercado, Cadeia Produtiva e Planejamento Estratégico) e a matriz de análise apresenta as principais constatações por macrotemática em relação aos pontos fracos e fortes, aos desafios e às oportunidades.

Capítulo 2

Capítulo 2

Metodologia do Produto Diagnóstico

Este capítulo visa apresentar a metodologia para a elaboração da etapa de diagnóstico da CT&I no setor de energia elétrica.

A proposta deste diagnóstico é essencialmente baseada análise de em critérios, indicadores e no mapeamento e detalhamento das áreas de pesquisa. Assim esta etapa se divide em três partes: Mapeamento do objeto (PD&I no setor elétrico); Panorama (Análise dos critérios e/ou indicadores); Análise final.

A primeira parte, mapeamento do objeto, busca mapear as áreas de PD&I no setor de energia elétrica no Brasil. Este mapeamento chamamos de mapa do conhecimento.

A segunda parte, panorama, busca calcular os critérios e/ou indicadores de análise. Para isto é definido inicialmente a questão balizadora a ser respondida pelo diagnóstico. Para responder tal questão são definidos os objetivos, as dimensões e os critérios ou indicadores de análise que juntamente com a descrição da informação, a fonte, a abrangência e filtros aplicados aos dados levantados compõem o que chamamos de mapa conceitual.

A terceira e última parte do diagnóstico é a análise final que se baseia numa matriz de análise que, inspirada na matriz SWOT, busca representar os pontos fraco, os pontos fortes, as oportunidades e desafios do desenvolvimento da CT&I em cada macrotemática.

A seguir é detalhado cada instrumento citado em cada uma das três partes da etapa de diagnóstico da CT&I no setor elétrico brasileiro.

2.1. Mapa do conhecimento

O mapa do conhecimento tem como objetivo principal identificar as linhas de pesquisa e as informações adicionais sobre elas. Construído de maneira estruturada, seguindo a condicionante inicial do projeto que divide a área de energia elétrica em cinco grupos temáticos. Depois, cada grupo é dividido em macrotemáticas, estas em temáticas e, na sequência, em rotas tecnológicas (ou do conhecimento). Por fim, é feita a classificação das linhas, conforme apresentado na Figura 1.

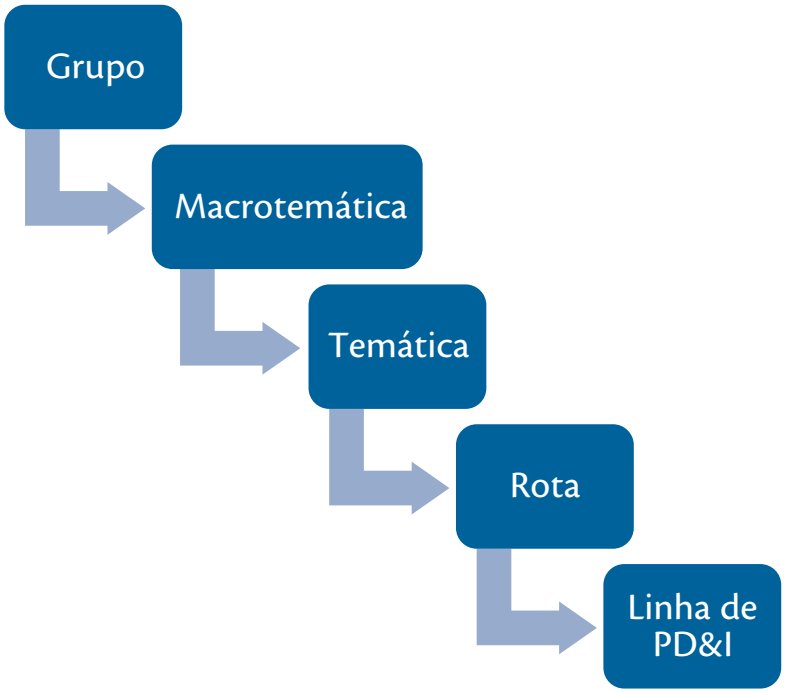


Figura 1 - Categorização do mapa do conhecimento

Fonte: elaboração própria.

Esta estratificação teve o objetivo de facilitar o processo de mapeamento. Inicialmente, o estudo é dividido em cinco grupos, e, para cada grupo, foi definido um responsável pelo trabalho, que identifica pesquisadores, levanta informações e monitora o grupo de sua responsabilidade. A macrotemática compõe o nível que se trabalha com a identificação de especialistas e com a aplicação de indicadores. Os níveis de temáticas, rotas e linhas de PD&I são a essência do mapa, cujos níveis de classificação foram criados para ajudar no mapeamento, isto é, na identificação, buscando ser o mais exaustivo possível. O conceito de cada nível é descrito a seguir.

- **Grupo temático:** são as grandes áreas em que foram divididas as áreas de PD&I para o setor de energia elétrica. Guia-se, inicialmente, pela divisão da segmentação usual do setor de energia elétrica (G, T, D, C), mas adiciona-se eficiência energética e assuntos sistêmicos. Os cinco grupos utilizados no projeto são: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia; Transmissão de Energia Elétrica; Distribuição de Energia Elétrica; Eficiência Energética; e Assuntos Sistêmicos. Este último contempla a parte de comercialização.
- **Macrotemática:** são os grandes temas associados a cada grupo temático.
- **Temática:** subdivisão mais ampla da macrotemática. A temática pode abordar as principais problemáticas a ser resolvida na macrotemática pelo PD&I.
- **Rota tecnológica:** diferentes caminhos propostos de tecnologias ou conhecimentos, passíveis de PD&I, para solucionar as questões da temática.
- **Linhas de PD&I:** pesquisas, desenvolvimento e/ou inovações necessárias, observadas no contexto da rota tecnológica. Várias linhas podem compor um projeto de P&D, assim como uma linha pode gerar vários projetos.

Conforme comentado anteriormente, o mapa, além de apresentar a categorização que o define, também traz algumas informações adicionais, conforme podemos verificar na Figura 2, que mostra a representação gráfica do mapa do conhecimento e cujos conceitos são apresentados a seguir, mas serão melhor detalhados na sequência:

- **Estágio de maturidade tecnológica (EMT):** mostra em qual nível de desenvolvimento na cadeia de inovação a rota se encontra atualmente.
- **Priorização (Prio):** ordenamento das rotas tecnológicas elaborado durante o painel de especialistas.
- **Etapa de implementação (Etapa):** categorização da linha de pesquisa no que tange à qual etapa de implementação se refere a tecnologia, ou o conhecimento, que será o resultado da rota:
  - Sistema: tecnologia/conhecimento que será a solução completa a ser desenvolvida pela rota;
  - Planejamento: linhas de PD&I que envolvem a fase que antecede a implantação do sistema, seja o projeto, sejam estudos referentes ao planejamento da tecnologia/conhecimento, ou a um de seus componentes;
  - Implantação: linhas de PD&I que se referem à logística de construção e de implantação do sistema;
  - Operação: linhas de PD&I que envolvem a fase de operação do sistema;
  - Manutenção: linhas de PD&I que envolvem a fase de manutenção do sistema; e
  - Descarte: linhas de PD&I que envolvem a fase de desconstrução do sistema.

Tabela 1 - Exemplo de mapa do conhecimento da macrotemática Supercondutores

TEMATICA	ROTA TECNOLOGICA	EMT	PRIO.	LINHAS DE PD&I	ETAPA
Materiais Super condutores de Alta Temperatura Crítica	Fitas de Alta Temperatura 2G - estrutura multicamadas na forma de filmes finos	B	6	Desenvolvimento, processamento e caracterização de materiais supercondutores de alta temperatura crítica para aplicações tecnológicas	S
				Avaliação das propriedades de materiais supercondutores de alta temperatura crítica para aplicações tecnológicas (testes, ensaios, simulações computacionais)	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de materiais supercondutores de alta temperatura em equipamentos e dispositivos elétricos de potência	P
				Desenvolvimento da produção de elementos de terras raras para uso na produção de fitas 2G	P
	Processos de fabricação de fios MgB2	B	10	Desenvolvimento de fios Supercondutores à base de MgB2 para aplicações Tecnológicas	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de fios de MgB2 em equipamentos e dispositivos elétricos de potência	P
Aplicações da Supercondutividade no Setor Elétrico de Potência	Limitadores de Corrente de Curto Circuito Supercondutores	M	1	Desenvolvimento de Limitadores de Corrente de Curto Circuito à base de materiais supercondutores para proteção de Sistemas de Potência	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de Limitadores de Corrente de Curto Circuito Supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto com limitadores importados	I
	Cabos Supercondutores	B	2	Desenvolvimento de cabos supercondutores para transmissão e distribuição de energia elétrica em sistemas de potência	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de cabos supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto com cabos supercondutores importados	I
	Transformadores Supercondutores	B	7	Desenvolvimento de transformadores supercondutores para sistemas de potência	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de transformadores supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto de transformadores supercondutores importados	I
	Aerogeradores Supercondutores	B	3	Desenvolvimento de aerogeradores supercondutores para sistemas de potência	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de aerogeradores supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto de aerogeradores supercondutores importados	I
	Armazenadores de Energia Supercondutores (Flywheel)	M	5	Desenvolvimento de armazenadores de energia supercondutores	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de armazenadores de energia supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto de armazenadores de energia supercondutores importados	I
	Armazenadores de Energia Supercondutores (SMES)	B	9	Desenvolvimento de armazenadores de energia supercondutores	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de implantação de armazenadores de energia supercondutores na rede elétrica nacional	P
				Desenvolvimento de planta piloto de armazenadores de energia supercondutores importados	I

TEMATICA	ROTA TECNOLOGICA	EMT	PRIO.	LINHAS DE PD&I	ETAPA
Sistemas ancilares e isolantes	Sistemas de Refrigeração Criogênica para Equipamentos Supercondutores	B	4	Desenvolvimento de sistemas criogênicos para supercondutividade aplicada ao sistema de potência	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de sistemas criogênicos em equipamentos e dispositivos elétricos de potência	P
	Isolantes Elétricos Para Baixas Temperaturas	B	8	Desenvolvimento de sistemas de isolamento para aplicações da supercondutividade ao sistema de potência	S
				Avaliação do comportamento e propriedades de isolantes elétricos para temperaturas criogênicas	S
				Estudo da aplicabilidade e viabilidade de isolantes para equipamentos e dispositivos elétricos de potência	P
				Descarte de isolantes de protótipos de equipamentos e dispositivos elétricos de potência	D

EMT = Estágio de Maturidade Tecnológica. A (alto); M (médio); B (Baixo).
Prio. = Priorização. 1 = prio. máx
Etapa: S (sistema); P (planejamento); I (implantação);
O (operação); M (manutenção); D (descarte).

Fonte: Elaboração própria.

O mapa do conhecimento foi construído incialmente na etapa de Diagnóstico e aprimorado na etapa de Construção de Futuro, após a definição das diretrizes dadas na visão de futuro.

2.2. Mapa conceitual

A etapa do "diagnóstico" é uma análise sobre a situação de CT&I no setor elétrico brasileiro. Portanto a questão balizadora para nortear esta avaliação é "*Qual a situação da CT&I nas diferentes macrotemáticas associadas ao setor elétrico brasileiro?*" A resposta a esta questão é baseada essencialmente em indicadores e/ou critérios.

O Mapa conceitual visa apresentar o desenho destas análises, identificando os objetivos de análise, a dimensão, o indicador ou critério, a fonte e o detalhamento da informações e da operacionalização para responder a esta pergunta balizadora. Portanto, apresenta o processo que norteará a coleta de dados destas informações.

2.2.1. Os objetivos de análise

A Tabela 2 descreve os objetivos de análise que buscam responder a questão balizadora. Foram construídos a partir de uma adaptação dos objetivos apresentados no estudo do CGEE anterior "*Relatório do estudo Novos desafios tecnológicos da matriz energética brasileira*", (CGEE, 2014). Sua proposta foi baseada em debates com especialistas.

Tabela 2 - Lista dos objetivos de análise

OBJETIVO	DESCRIÇÃO
Socioambiental	Ambiental: avaliar os impactos ambientais que o resultado do PD&I poderá causar, tais como comprometimento da qualidade do solo; se aumenta a temperatura ambiental; se produzirá ruído; se causará poluição do ar ou das águas. Social: analisar os impactos sociais que afetarão as comunidades e a sociedade em geral pelo desenvolvimento e aplicação do resultado do PD&I, como empregos e desenvolvimento local, regional e nacional
Produção de CT&I	Analisar os resultados do PD&I de forma a identificar sinais sobre o desenvolvimento científico, e a competência nacional e internacional.
Estrutura de CT&I	Analisar a estrutura nacional disponível para o avanço do PD&I.
Indústria e Mercado	Avaliar a viabilidade de desenvolvimento e aplicação do resultado do PD&I no território nacional e sua aceitação no mercado.
Estratégico	Avaliar a influência das questões estratégicas da política energética e a de CT&I, identificando se os resultados do PD&I favorecem ao planejamento estratégico.

Fonte: elaboração própria.

2.2.2. Dimensões de Análise e Conceituação

A pergunta balizadora instiga a busca sobre qual a situação do setor elétrico brasileiro no que se refere a ciência, tecnologia e inovação. Todavia, a capacidade de inovar está menos relacionada à capacidade de descobrir novas tecnologias, e mais à capacidade de explorar sistematicamente o estoque de conhecimento, utilizando estratégias para integrá-lo e criar novas combinações geradoras de mais conhecimento (DAVID; FORAY, 1995). A relação entre quem usa a inovação e quem a produz, e entre governos, instituições e empresas, no aperfeiçoamento das tecnologias existentes passariam a contribuir muito mais que as inovações radicais para o desenvolvimento tecnológico (BENELI; CARVALHO; FURTADO, 2014). As empresas não inovam isoladamente, mas em um contexto de redes de relações diretas ou indiretas com outras empresas, a infraestrutura de pesquisa pública e privada, as instituições de ensino e pesquisa e outras instituições.

Neste contexto, as dimensões de análise e os indicadores de CT&I ganham relevância, pois buscam identificar as características de funcionamento de cada sistema de inovação, identificando falhas sistêmicas cuja superação passaria a ser o objetivo dos esforços de políticas públicas e estratégias empresariais e ou institucionais (VIOTTI, 2003). A sistematização de indicadores, portanto, está centrada na mensuração de fluxos de recursos humanos, informações e conhecimentos (tácitos ou codificados) assim como o mapeamento institucional dos sistemas nacionais de inovação e no comportamento inovador das empresas.

As dimensões de análise propostas pelo projeto prospecção se referem aos tipos de análises feitas para descrever um panorama do SEB de forma a responder os objetivos e a questão balizadora propostos. Assim, foram estabelecidas 14 dimensões de análise[12], conforme indicado na Figura 2.



Figura 2 - Lista das dimensões por objetivo

Fonte: elaboração própria.

12 Inicialmente foram definidas mais dimensões, porém estas foram avaliadas no que se refere a viabilidade de execução. Um exemplo foi a dimensão "ambiente de inovação", cujo proposta era analisar as características da gestão da inovação nas empresas do setor elétrico. Esta dimensão não foi trabalhada neste projeto devido à dificuldade de levantamento de informação junto as empresas. O banco de dados do Programa de P&D regulado pela Annel foi analisado como alternativa de fonte para esta análise, mas que não se mostrou viável.

A conceituação das dimensões e definição das estratégias para sua pesquisa tomaram como referência, na medida do possível, as orientações constantes no *Manual de Frascati* (OCDE, 2002) para medição de atividades científicas e tecnológicas. O manual fornece *"uma base de entendimento e conceitos amplamente aceitos para a discussão das questões relacionadas a P&D e aplicáveis a diferentes situações conforme a necessidade ou a oportunidade"* (OCDE, 2002, p. 8). Outros documentos da *Família Frascati*, como o *Manual de Canberra* (OCDE, 1995) – para medição dos Recursos Humanos em Ciência e Tecnologia – e o *Manual de Patentes* (OCDE, 1994), também serviram de base para esta metodologia.

O Manual de Frascati, por exemplo, indica como dimensões que medem o *input* do desenvolvimento experimental seriam: Pessoal; despesa; instalações; esforços nacionais na matéria. Mostra a necessidade olhar o regional/global e perceber as oportunidades de parcerias. No que chama investigação e desenvolvimento experimental mostra a importância de investigar as áreas pesquisadas e os estágios em que se encontram. Desta forma todos os itens propostos pelo manual estavam sendo contemplados pelas dimensões e indicadores propostos, especialmente nas dimensões que contemplam o objetivo produção de CT&I e estrutura de CT&I.

Por outro lado, *Manual de Frascati* busca estabelecer as bases para a determinação dos esforços de PD&I de um país, os quais estariam divididos entre dois *inputs*: o levantamento da despesa interna bruta com CT&I; e a medida do pessoal de P&D correspondente (OCDE, 2002). A proposta da metodologia do projeto Prospecção é de uma abordagem um pouco distinta do Manual de *Frascati*, mais restrita por um lado, limitando o levantamento das despesas de P&D às obtidas por meio de recursos de subvenção e incentivos fiscais nacionais (Dimensão Mecanismos de Fomento), mas, de outro lado, mais ampla, abrangendo a produção decorrente do P&D, a infraestrutura de CT&I, a gestão das atividades de P&D e uma visão industrial, ambiental , social e estratégica setorial.

Assim, como estratégia mais geral de um país, a estratégia de CT&I no setor precisa seguir a política que rege a área. Assim os dois pilares da política energética precisam estar presentes na análise: segurança energética e modicidade tarifária. Para buscar representar este item foi definida a dimensão planejamento estratégico que a informação é levantada basicamente por debates com a governança do setor que mostra falhas que precisam ser trabalhadas em busca de atender aos dois grande pilares da politica.

A política ambiental, social e industrial também precisam ser incorporadas. Desta forma, foram criadas as dimensões ambiental e social e a cadeia produtiva. Por fim a demanda nacional e internacional favorecerá a velocidade do desenvolvimento tecnológico, portanto é uma dimensão importante a considerar.

Todas estas dimensões foram colocadas em consulta via questionário estruturado respondido via web enviada por e-mail para 25.000 especialistas do setor elétrico mapeados por meio da plataforma lattes. Recebemos a resposta de 10% da lista enviada, o que mostra que historicamente esse é um bom resultado[13]. Mais de 75% dos 2.500 respondentes da pesquisa consideraram todas as dimensões propostas como relevantes para definir uma estratégia de CT&I para o setor. Planejamento estratégico foi considerada a dimensão mais importante pelos respondentes.

Para levantar as informações utilizadas nos cálculos dos indicadores de cada dimensão, dentro do possível, procurou-se bases que possuam algum processo de qualificação ou foi adicionado um ou mais processos que busquem qualificar a base. Por exemplo, no caso da produção científica foi aplicado um filtro de qualificação das revistas contempladas pela base. O filtro é baseado no sistema de classificação de periódicos Qualis encontrada na base Sucupira da CAPES para avaliar a qualificação de revistas pré-selecionadas do portal periódicos da capes. No caso das pesquisas de opinião (questionários estruturados) os respondentes foram pré-selecionados pela equipe do projeto como especialistas na macrotemática, por meio especialmente de publicações, projetos ou experiências relevantes no tema.

O período de tempo das informações considerados na base do projeto foi, de um modo geral, o período de 10 anos. Este prazo foi considerado pertinente para ser longo o suficiente de forma a poder apresentar uma pequena evolução histórica e curto o suficiente para não poluir com informações ultrapassadas. O risco sempre existe, mas dado que a pesquisa neste setor tem um período mais longo que em outras áreas e as patentes no Brasil levam em torno de 8 a 10 anos para serem analisadas, este prazo foi considerado apropriado.

A seguir, é apresentada a conceituação das 14 dimensões propostas.

Ambiental

A questão ambiental é uma dimensão importante para se definir uma estratégia de futuro, seja de um governo, seja de uma empresa. A preocupação ambiental deve acompanhar o desenvolvimento científico, tendo em vista que, em diversas tecnologias, há um *trade-off* entre a eficiência e o impacto

13 Foi enviado apenas e-mail para os especialistas responderem. No e-mail convite e na abertura da pesquisa constava declarações da importância da pesquisa dada pela APINE, ANEEL, a coordenadora do projeto e o MCTI. Não foram feitas ligações nem outro tipo de contato para reforçar o convite a pesquisa.

ambiental causado por tais tecnologias. Dessa forma, cada vez mais, o setor de PD&I visa desenvolver novas tecnologias com menor impacto ambiental ou aprimorar tecnologias consolidadas, com o intuito de mitigar impactos ambientais nocivos. Todavia, definir o impacto de algo que ainda não existe, como o PD&I, é muito especulativo. Por outro lado, é possível criar uma régua de comparação com base nas experiências e nas expectativas de especialistas.

a) Indicadores e ou critérios de análise

A Dimensão Ambiental tem o objetivo de analisar o impacto causado no meio ambiente pelas tecnologias associadas às macrotemáticas. Fundamental para acompanhar a política nacional de meio ambiente e os acordos firmados entre países. O impacto seria analisado por meio de cinco fatores: poluição do ar, poluição da água, poluição sonora, temperatura local e poluição do solo. Assim o indicador criado é:

- Impacto no meio ambiente causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas - este indicador é baseado em cinco novos indicadores ou critérios:
  - Impacto no ar causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas;
  - Impacto na água causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas;
  - Impacto no som causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas;
  - Impacto na temperatura local causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas;
  - Impacto no solo causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas.

b) Operacionalização

Para levantar as informações sobre os cinco critérios definidos foram consultados, por meio de um questionário, especialistas do setor sobre cada um. Os processos de manufatura e descarte dos sistemas de geração e armazenamento não foram considerados nessa análise. A decisão de levantar a informação por meio de informações de especialistas foi em consequência da inviabilidade de levantar a informação de algo que ainda esta sendo desenvolvido (P&D) em alguma base disponível.

Foram enviados questionários e consideradas as respostas dos participantes do 2º Ciclo de Reuniões Técnicas (painéis de especialistas), no qual se reuniram profissionais do setor elétrico relacionados à academia, aos laboratórios, às empresas do setor (concessionárias), à cadeia produtiva (indústria) e à governança (MME, Aneel, EPE, CCEE, ONS, MCTIC, entre outros), em cada macrotemática, para debater assuntos relacionados às suas áreas de interesse. Para cada quesito de impacto ambiental, as

questões disponibilizadas deveriam ser respondidas com apenas uma das cinco respostas disponíveis: alto impacto (1); moderado impacto (2); baixo impacto (3); sem impacto (4); ou impacto positivo (5).

Para cada um dos quesitos de impacto ambiental, definiu-se um indicador que assinala à macrotemática um dos cinco valores possíveis descritos anteriormente. Para cada macrotemática, a forma de cálculo de cada indicador é dada pela mediana das respostas dos especialistas do quesito ambiental em análise. Para avaliar o impacto ambiental de uma tecnologia, de um modo geral, há a necessidade de se determinar um único indicador (chamado 1º indicador) de impacto ambiental como função dos indicadores (chamado 2º indicador) dos diferentes quesitos ambientais.

O cálculo do indicador de impacto ambiental (1º indicador) é dado como função dos indicadores (2º indicadores) de cada quesito. Dada a importância de se ressaltar os impactos negativos de uma tecnologia, definiu-se por atribuir peso máximo para o quesito de maior impacto negativo. Caso não haja impacto negativo para cada um dos quesitos, decidiu-se por atribuir impacto positivo se houver algum quesito indicando impacto positivo. Por fim, se para cada quesito não houver impacto negativo ou positivo, atribui-se o valor sem impacto. Resumidamente, temos a seguinte forma de cálculo:

$$I = \begin{cases} \min\limits_{i}\{I_i\}, & se\ existe\ i\ tal\ que\ I_i < 4, \\ \max\limits_{i}\{I_i\}, & caso\ contrário \end{cases}$$

Em que I é o indicador de impacto ambiental da macrotemática e I_i é indicador de impacto ambiental da macrotemática quanto ao quesito i.

Social

Assim como a Dimensão Ambiental, a preocupação com a Dimensão Social é crescente e a estratégia para o desenvolvimento científico deve estar pautada nesta dimensão. A introdução de novas tecnologias no setor elétrico afeta tanto o mercado de trabalho do setor quanto o de setores correlatos. Nesse sentido, a introdução de novas tecnologias pode acarretar uma maior demanda por trabalhadores/pesquisadores atuantes em algum setor tecnológico específico; e/ou acarretar uma menor demanda por trabalhadores/pesquisadores atuantes em setores cujas tecnologias tornam-se obsoletas. Como mecanismo de equilíbrio entre a oferta e a demanda de Recursos Humanos desses mercados, a remuneração média também pode se alterar com a introdução de novas tecnologias. Além disso,

o nível de capital humano nos setores tende a mudar, tendo em vista a busca por capacitação ou especialização em novas áreas.

a) Indicadores

Com base no exposto, os indicadores de Dimensão Social buscam mapear o universo das macrotemáticas em relação à expectativa de geração de empregos diretos e indiretos, de remuneração atribuída aos empregos gerados e de qualificação esperada para a ocupação dessas vagas. Assim os indicadores contemplados são:

- Geração de empregos - este indicador se baseia em dois critérios ou 2º indicadores:
  - Expectativa de geração de empregos diretos e indiretos no futuro associados à macrotemática;
  - Geração de empregos atuais diretos e indiretos associados à área;
- Remuneração atribuída aos empregos gerados - este indicador se baseia em dois critérios ou 2º indicadores:
  - Expectativa de remuneração atribuída aos empregos gerados no futuro associados à macrotemática;
  - Remuneração atribuída aos empregos atuais associados a área;
- Qualificação para ocupação das vagas - este indicador se baseia em dois critérios ou 2º indicadores:
  - Qualificação esperada para ocupação das vagas associados à macrotemática;
  - Qualificação da ocupação das vagas atuais associados à área.

b) Operacionalização

Para o cálculo do indicador geração de empregos, foram utilizadas informações de duas fontes distintas. A primeira por meio de uma pesquisa estruturada via *web*, para o qual foram enviados questionários e consideradas as respostas dos participantes do 2º Ciclo de Reuniões Técnicas (painéis de especialistas), composto por profissionais do setor elétrico relacionados à academia, aos laboratórios, às empresas do setor (concessionárias), à cadeia produtiva (indústria) e à governança (MME, Aneel, EPE, CCEE, ONS, MCTIC, entre outros), em cada macrotemática, para debater assuntos relacionados às suas áreas de interesse.

A questão, relacionadas ao indicador geração de empregos, deveria ser respondida com apenas uma das três alternativas seguintes: baixa geração de empregos diretos e indiretos (1); média geração

de empregos diretos e indiretos (2); ou alta geração de empregos diretos e indiretos (3). Para cada macrotemática, criou-se um indicador I_Q com base nas respostas desse questionário, em que seu cálculo é dado pela mediana das respostas dos especialistas. A segunda fonte considerada foi a base *Lattes*, na qual foi contabilizada a quantidade de profissionais que exercem atividade relativa a cada macrotemática. Para esses dados, criou-se um indicador I_L cujo cálculo é dado pela seguinte equação:

$$I_L = \begin{cases} 1, & se\ x < \bar{x} - \frac{s}{2} \\ 2, & se\ \bar{x} - \frac{s}{2} \leq x < \bar{x} + \frac{s}{2} \\ 3, & caso\ contrário \end{cases}$$

Em que x é o número de profissionais contabilizados para a macrotemática, $\bar{x}$ é a média do número de profissionais contabilizados em cada macrotemática no grupo temático em questão e s é o desvio padrão do número de profissionais contabilizados em cada macrotemática no grupo. Por fim, o cálculo do indicador de expectativa de geração de empregos diretos e indiretos é dado pela seguinte média ponderada dos dois indicadores informados anteriormente:

$$I = \frac{2}{3} I_L + \frac{1}{3} I_Q$$

Quanto ao cálculo do indicador de expectativa da qualidade do emprego e quanto à remuneração, também foram utilizadas informações de duas fontes distintas. A primeira por meio do mesmo questionário citado anteriormente. Essa questão deveria ser respondida com apenas uma das três alternativas seguintes: Expectativa de geração de empregos de baixa remuneração (1); expectativa de geração de empregos de média remuneração (2); ou expectativa de geração de empregos de alta remuneração (3). Para cada macrotemática, criou-se um indicador I_Q com base nas respostas desse questionário, no qual seu cálculo é dado pela mediana das respostas dos especialistas. A segunda fonte considerada foi a base RAIS, na qual contabilizou-se a remuneração de cada profissional encontrado na base Lattes. Para esses dados, criou-se um indicador I_L cujo cálculo é dado pela seguinte equação:

$$I_L = \begin{cases} 1, & se\ x < \bar{x} - \frac{s}{2} \\ 2, & se\ \bar{x} - \frac{s}{2} \leq x < \bar{x} + \frac{s}{2} \\ 3, & caso\ contrário \end{cases}$$

Em que x é remuneração média dos profissionais contabilizados para a macrotemática, $\bar{x}$ é a média das remunerações médias dos profissionais contabilizados em cada macrotemática no grupo temático em questão e s é o desvio padrão das remunerações médias dos profissionais contabilizados no grupo. Por fim, o cálculo do indicador de expectativa da qualidade do emprego quanto à remuneração é dado pela seguinte média ponderada dos dois indicadores informados anteriormente:

$$I = \frac{2}{3} I_L + \frac{1}{3} I_Q$$

Para o cálculo do indicador de expectativa da qualificação dos empregos gerados, foram utilizadas as mesmas fontes que as do indicador de expectativa de geração de empregos: o questionário e a base Lattes. No questionário, os especialistas deveriam selecionar até três níveis de titulação esperados para os empregos gerados: ensino médio, técnico, graduação, especialização, mestrado e doutorado. As respostas subsidiariam o cômputo do seguinte indicador I_Q, no qual se atribui os valores: (1) expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; e (3) expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado. Atribui-se ao indicador o valor cujos níveis de titulação considerados detêm a maior proporção das respostas contabilizadas. Quanto à base *Lattes*, contabilizou-se o indicador I_L levando em conta a proporção dos profissionais com cada titulação indicada acima. O cálculo se dá de forma análoga ao indicador I_Q. Por fim, o cálculo do indicador de expectativa da qualificação dos empregos é dado pela seguinte média ponderada dos dois indicadores informados anteriormente:

$$I = \frac{2}{3} I_L + \frac{1}{3} I_Q$$

Patentes

As patentes são definidas como um título de propriedade intelectual[14] sendo outorgadas pelo Estado via sua força de lei, que confere ao seu detentor a possibilidade de exploração econômica de caráter exclusivo para uma invenção e também permite ao inventor a possibilidade de impedimento de exploração de terceiros de explorar o objeto de sua patente (INPI, 2008). As patentes (títulos de propriedade temporários) são concedidas para novas tecnologias de produto ou processo, ou, ainda, para o aperfeiçoamento de produtos e processos existentes.

14 A Propriedade Intelectual é um ramo do Direito que trata da propriedade dos bens imateriais ou incorpóreos resultantes da manifestação intelectual do ser humano e engloba o campo de Propriedade Industrial, os Direitos Autorais e outros Direitos sobre bens imateriais de vários gêneros, tais como os Direitos Conexos e as Proteções Sui Generis. (INPI, 2008).

A análise de Patentes como indicador de CT&I tem ganhado força na literatura sobre ciência tecnologia e inovação, que partem de algumas obras na segunda metade do século XX[15]. Pode-se citar, como alguns exemplos, Basberg (1987), Pavitt, Keith (1988), Por fim, fecha-se com a menção do trabalho de Griliches (1990), onde mensura-se as diferentes maneiras de avaliar os dados de patentes e aponta que há uma forte relação entre o número de patentes e as despesas em P&D, o sedimenta a ideia que as patentes são um bom indicador das atividade inventivas das firmas.

As patentes são comumente utilizadas como indicadores em estudos econômicos e organizacionais sobre a atividade inovativa (PEREZ et al., 2013). De acordo com Pilkington, Dyerson e Tissier (2002) os dados sobre patentes caracterizam-se como importantes indicadores de possíveis rotas tecnológicas em curso. Também, pode-se identificar quais são os países que estão mais empenhados em desenvolver determinada tecnologia; é possível observar quais são os principais atores que estão direcionado esforços em proteger seu direito de propriedade intelectual, entre outros apontamentos que as informações sobre propriedade intelectual pode trazer.

Porém, as informações de patentes como indicadores de desenvolvimento tecnológico possuem certas limitações. Com base nos argumentos de Dosi (1988) as patentes não são o único meio para conseguir a apropriabilidade das inovações e seus direitos exclusivos, pois existem outras formas como, segredos industriais, know-how, tempo e custo requeridos para duplicação, curva de aprendizado. Além disso, Pavitt (1984) destaca que os meios para conseguir o direito de propriedade das inovações variam de acordo com os setores envolvidos uma vez que nem todos os setores produtivos utilizam a patente como forma de proteção das inovações. Deste modo, os indicadores de patentes são importantes, mas não os únicos, instrumento metodológico para representar o desenvolvimento tecnológico de um artefato. Todavia, devido a dificuldade de levantamento de informação restringimos a análise tecnológica ao levantamento de patentes e resultados de projetos ANEEL. Assim, no contexto deste estudo, o levantamento de patentes sinaliza a dinâmica de inovação do setor de energia elétrica e o foco de interesse e identificação de seus depositantes.

a) Indicadores

As escolhas dos indicadores baseiam-se majoritariamente nas recomendações e técnicas de uso indicadas pelas OCDE, para análise de patentes. A esse respeito, consultar o material *OECD patent statistics manual (2009)*. Abaixo, demonstram-se as considerações realizadas.

15 Ainda que os principais trabalhos referenciados remonta a partir dos anos 1980, já nos anos 1950, Jacob Schmookler, com o seu trabalho "I*nvention and Economic Development*", tangenciou a presente discussão ao utilizar as patentes como indicador da mudança tecnológica em várias industrias de bens de capital, como ferroviária, papel, refinaria de petróleo e construção.

Indicadores baseados em patentes só serão interpretados corretamente se houver a adequada aplicação de critérios e metodologias de análise (OCDE, 2016). As definições adotadas para a construção dos indicadores são:

- **Ano da patente:** Com o objetivo de refletir o desempenho inventivo, da perspectiva das recomendações OCDE, uma das datas mais significativas de um ponto de vista tecnológico ou econômico é a data de prioridade (primeira data do pedido de depósito), pois é a mais próxima da data da invenção;
- **País da Patente:** Para a análise que busca identificar a atividade de patenteamento internacional, adotou-se o país de prioridade da patente (*priority country*);
- **Patentes Brasileiras:** serão tratadas como patentes brasileiras toda patente que tenha sido depositada no escritório nacional.
- **Tamanho do portfólio de patentes de um país:** Contagem de patentes por escritório de prioridade (país onde o primeiro pedido é realizado, antes que a proteção seja estendida a outros países - priority country). Aponta a atratividade para a patente em um país, traduzida na qualidade da propriedade intelectual daquele país, (regulamentos, regras e custo de patentes), a reputação do escritório de patentes e características econômicas gerais (por exemplo, tamanho do mercado).
- **Qualidade das Patentes:** A concepção de peso de uma patente pode ter diversos significados diferentes. Pode ser o Valor econômico "privado" para o titular, definido como as receitas geradas pela patente ao longo da sua vida útil. Pode significar o "social" isto é, sua contribuição para o aumento do conhecimento da sociedade. O esforço de mensurar o valor de uma patente é uma atividade complexa e permeada por variáveis de ordem diversas. Não há um modelo ótimo de mensuração do valor de uma patente na literatura, porém algumas abordagens destacam-se. O estudo adotou como critério de mensuração de valor da patente a variável tamanho da família de patentes, pois foi a único campo que estava disponível para consulta, dentre os pesquisados para acessar o valor de uma patente.
- **Domínio tecnológico de uma patente:** Dado que as patentes cobrem principalmente invenções técnicas, elas são uma fonte de informações sobre transformações tecnológicas. Em muitos casos, são de fato os únicos indicadores. Este é o caso para a investigação de novos campos técnicos emergentes, que ainda não possuem uma rota técnica definida e muitas das informações ficam no âmbito do sigilo das empresas. O sistema internacional de classificação de patentes (IPC), criado em 1971, é usado em mais de 100 países e atualmente o método internacionalmente reconhecido de classificação de patentes para invenções, incluindo os pedidos de patentes publicados, modelos de utilidade e certificados de utilidade. O objetivo do sistema IPC é agrupar documentos de patentes de acordo com seu

campo técnico, seja qual for o idioma e a terminologia. Na presente análise, apoiou-se na harmonização do Patent Cooperation Treaty (PCT) para análises de domínios tecnológicos. Os códigos IPCs encontrados para cada busca em patentes foram traduzidos e alocados nas macrotemáticas, conforme será possível verificar nos gráficos adiante. Esta opção metodológica de adotar a classificação IPC, alinha-se ao posicionamento do INPI no Brasil, que também utiliza a mesma classificação para as patentes depositadas neste escritório.

Com base nas definições anteriores, os indicadores criados para analisar a produção tecnológica com base em informações de patentes são:

- Patentes depositadas no Brasil: quantidade de patentes depositadas no Brasil associadas à macrotemática;
- Patentes depositadas no mundo: quantidade de patentes depositadas no mundo associadas à macrotemática;
- Patentes depositadas no Brasil, por classificação do depositante: Quantidade de patentes depositadas no Brasil associadas à macrotemática por depositante residente no Brasil e por depositante não residente no Brasil;
- Qualidade ou força da patente: tamanho da família de patente associadas à macrotemática;
- Empresas e/ou instituições com patentes depositadas no Brasil: ordenamento das empresas que mais depositam no Brasil associadas à macrotemática.

b) Operacionalização

O mapeamento dos indicadores de patentes foi elaborado a partir de consultas por meio do uso da ferramenta *Dewent innovation*.

Os termos de busca foram elaborados para cada macrotemática e testados com base nos que retornassem patentes relevantes aos assuntos abordados por cada macrotemática.

Para a baixa de dados, não houve filtro de país, pois foi feita uma análise comparativa entre patentes depositadas no Brasil e no mundo. Para a pesquisa, foi considerado o filtro de ano de 2007 até 2016.

Os dados foram carregados e processados em base de dados e houve os cruzamento de dados para a construção dos indicadores. As principais informações foram extraídas dos campos *publication year, application year, application country, priority country, DWPI count of Family members, assignee address*, entre outros.

Como todas as bases do diagnóstico procuram analisar as informações ao longo dos últimos 10 anos, só foram considerados as informações publicadas por esta base dentro do período contemplado pelo projeto.

Produção Científica

O *Manual de Frascati* distingue três tipos de P&D: a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental. Conforme o Manual (OCDE, 2002, p. 38):

> A pesquisa básica consiste em trabalhos experimentais ou teóricos desenvolvidos principalmente com a finalidade de adquirir novos conhecimentos sobre os fundamentos de fenômenos e fatos observáveis, sem considerar uma aplicação ou uso particular. A pesquisa aplicada consiste igualmente em trabalhos originais empreendidos com o objetivo de adquirir novos conhecimentos. No entanto, ela é principalmente direcionada a um objetivo prático determinado. O desenvolvimento experimental consiste em trabalhos sistemáticos com base em conhecimentos existentes obtidos pela pesquisa ou experiência prática, para lançar a fabricação de novos materiais, produtos ou dispositivos, para estabelecer novos procedimentos, sistemas e serviços ou para melhorar os já existentes em P&D.

A PD&I é importante para as empresas que sempre buscam melhorar os seus produtos e serviços a fim de sempre se atualizar perante o mercado e sempre oferecer o melhor para seus clientes. Também são encontradas em Univesidades, as quais sempre estão buscando aprimorar tecnologias já existentes para uma possível aplicação em larga escala. Um dos resultado destas PD&I são as publicações em revistas científicas. Citada como uma dos *input* para o desenvolvimento experimental pelo Manual de Frascati (OCDE, 2007), as publicações produzidas a partir da PD&I, são importantes para verificar a dimensão produção científica que ajuda a explicar o objetivo produção de CT&I. A produção de CT&I é importante para saber em que o país tem vocação e analisar em qual o estágio da cadeia de inovação que a pesquisa se encontra.

O número de publicações é um dos indicadores mais utilizados como uma das medidas de produção de P&D. Por outro lado é também muito criticado quando utilizado como único indicador. Por este motiva o projeto criou outras dimensões de análise como forma de avaliar a produção de CT&I.

a) Indicadores

Os indicadores criados para analisar a produção científica com base em informações de artigos são:

- Produção de artigos científicos no mundo: quantidade de artigos publicados em revistas científicas de alta qualificação[16] na área de uma macrotemática ou grupo temático;
- Produção de artigos científicos de autores residentes no Brasil: baixa qualidade de artigos científicos publicado em revistas científicas de alta qualificação, por autores que se identificam como residentes no Brasil, na área da macrotemática;
- Classificação dos países que mais publicam artigos científicos: ordenamento dos cinco países que mais publicam artigos científicos em cada macrotemática e grupo temático, e a colocação do Brasil na lista completa;
- Evolução das publicações científicas mundial: quantidade por ano das publicações científicas no mundo por macrotemática;
- Evolução das publicações científicas de autores residentes no Brasil: quantidade por ano das publicações científicas de autores que se identificam como residentes no Brasil por macrotemática;
- Distribuição geográfica das publicações científicas de autores que se identificam como residentes no Brasil: quantidade de publicações de artigos científicos por UF do Brasil de autores identificados como residentes no Brasil associadas ao grupo temático e à macrotemática.

b) Operacionalização

A baixa do conjunto dos artigos das revistas pré selecionadas foi realizada nas plataformas *Scopus* e *Web of Science*, sendo esta a primeira parte das baixas. Ambas as plataformas são reconhecidas por proporcionarem pesquisas confiáveis, integradas, multidisciplinares e de informações influentes e relevantes. Em seguida, foram realizadas as baixas por termos de buscas de artigos, excluindo as revistas que já foram baixadas. Neste último grupo foi necessário aplicar o filtro do índice Qualis 2015 da Capes. Isto é todos os artigos deveriam ser parte de uma revista com classificação no citado índice superior ou igual a B2 (isto é, A1, A2, B1 e B2), de modo a restringir o foco da pesquisa à produção científica mais qualificada.

Para seleção das revistas, foi feito um levantamento usando termos de busca nos títulos das revistas e à área de estudo da revista. Todas as revistas identificadas deveriam passar pelo filtro da *Qualis* 2015 já citado.

16 Medida de qualificação dos periódicos utilizada pelo projeto foi a Qualis, que é um sistema de classificação de periódicos encontrada na base Sucupira da CAPES para avaliar a qualificação de revistas pré-selecionadas do portal periódicos da capes.

Após terem sido baixadas, as revisas foram enviadas a um banco de dados para o qual foi necessário o desenvolvimento de scripts para a classificação dos artigos quanto às macrotemáticas que foram atribuídas a cada grupo temático do projeto.

As revistas e seus artigos podem anteceder o período que contemplamos, porém, de uma forma geral, todas as bases do diagnóstico procuram analisar as informações ao longo dos últimos 10 anos. Por este motivo só foram considerados as informações publicadas por estas bases dentro do período contemplado pelo projeto.

Produção Intelectual Complementar I: eventos nacionais selecionados

Além da Produção Científica formal, podem ser considerados, ainda, outros tipos de produção intelectual, como os trabalhos técnicos-científicos publicados em eventos do setor promovidos pelas empresas ou por associações e os artigos técnicos correspondentes aos projetos técnicos do Programa de P&D regulado pela Aneel. Este último será detalhado no próximo item.

O conjunto de produção intelectual abordado nesta dimensão são os trabalhos técnicos-científicos publicados em eventos do setor promovidos pelas empresas ou por associações. Este grupo de trabalhos é importante porque as empresas do setor não priorizam publicar seus artigos em revistas científicas abordadas no item anterior. Assim é fundamental uma base que representasse os trabalhos que vem sendo executados nas empresas. Foram selecionados os eventos que possui um comitê científico diversificado que avalia os trabalhos apresentados no evento. Desta forma, a base possui uma qualificação gerada pela avaliação deste comitê, pois apenas os trabalhos aprovados por esta comissão, formada por acadêmicos e profissionais, são apresentados e fazem parte desta base.

Por outro lado, as publicações em eventos do setor são geralmente menos qualificadas que as publicações científicas, uma vez que o processo de submissão/aprovação tende a ser menos rigoroso que o da publicação em periódicos revisados por pares. Por este motivo, separamos as bases. No entanto, contêm informação relevante no sentido em que apontam as temáticas de debate nacional de relevância no setor, pois muitas empresas preferem publicar nestes eventos do que publicar artigos científicos nas revistas contempladas no grupo anterior. O objetivo é identificar a produções das empresas.

Estudos setoriais de organizações nacionais e internacionais são produções complementares relevantes, porém com características diferentes dos trabalhos técnicos, e, por isso, não incluídas neste

levantamento. Como o objetivo desta dimensão é buscar representar o trabalho das empresas, não é o foco destes estudos das organizações nacionais e internacionais.

Dentre os eventos, o SENDI tem seu foco na distribuição de energia elétrica e, portanto, é esperada maior concentração de artigos nesta área. Por outro lado, o SNPTEE tem sua visão focada na produção e transmissão de energia elétrica. Por fim, o Citenel trata da inovação tecnológica no SEB em geral. É importante ressaltar que o Seminário de Eficiência Energética no Setor Elétrico – SEENEL, que ocorre concomitantemente com o Citenel desde 2009, não foi considerado na base de dados de produção complementar utilizada. O SEPOPE tem uma temática bem aderente ao grupo de assuntos sistêmicos que talvez seja pouco abordada nos outros eventos citados.

a) Indicadores

Após análise de viabilidade de disponibilidade da base e execução de possíveis indicadores, o conjunto de indicadores para avaliar a dimensão Produção Complementar II é:

- Participação percentual das publicações de artigos por evento: Percentual da quantidade de artigos publicados por macrotemática e por evento;
- Produção de Artigos publicados nas edições do SNPTEE: quantidades de artigos publicados por macrotemáticas nas edições do SNPTEE;
- Produção de Artigos publicados nas edições do CITENEL: quantidades de artigos publicados por macrotemáticas nas edições do CITENEL;
- Produção de Artigos publicados nas edições do SEPOPE: quantidades de artigos publicados por macrotemáticas nas edições do SEPOPE;
- Artigos publicados nas edições do SENDI: quantidades de artigos publicados por macrotemáticas nas edições do SENDI;

b) Operacionalização

A produção complementar foi analisada a partir das bases de dados de quatro grandes eventos do SEB, nos quais as empresas do setor costuma publicar: Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica – Citenel (2007-2015), Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI (2008-2016), Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE (2007-2015) e o Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica – SEPOPE (2009-2014). Os eventos, e suas bases podem anteceder o período que contemplamos, porém, de uma forma geral, todas as bases

do diagnóstico procuram analisar as informações ao longo dos últimos 10 anos. Por este motivo só foram considerados as informações publicadas por estes eventos dentro do período contemplado pelo projeto.

Inicialmente, foi realizado o trabalho de separar os artigos dos eventos por macrotemáticas. Para isso, foram criados termos de pesquisa, considerando-se que as publicações são necessariamente ligadas ao SEB, ou seja, não há a possibilidade de retornar um resultado sem relação com energia elétrica, mesmo que os termos de busca utilizados sejam comuns às outras áreas. Por este motivo a estratégia de classificação foi distinta do grupo anterior.

Com os artigos separados por macrotemática, foi possível obter os indicadores. Neste caso, buscou-se analisar, basicamente, como os artigos estão divididos por macrotemática em cada evento e a evolução bianual (tendo em vista que os eventos não ocorrem anualmente) das publicações por macrotemática.

Produção Complementar II: Projetos do programa de P&I regulado pela Aneel

Conforme explicado no item anterior, a dimensão produção complementar visa buscar identificar produções das empresas em bases pré-qualificadas.

O Programa de P&D da Aneel incentiva o desenvolvimento de projetos de P&D no setor de energia elétrica, os quais devem ser originais e inovadores e ter metas e resultados previstos. O processo dos projetos contemplados no programa passam por a avaliação dupla da ANEEL, e/ou de uma equipe contratada pela agência, após sua conclusão[17]. Esta é uma base que representa assuntos da empresa e seus resultados passam por uma avalição externa a empresa que o concluiu, portanto é uma base importante a considerar.

Esta base se diferencia do anterior, artigos em eventos nacionais, porque é uma base de projetos e não de artigos o que exige análises diferentes.

a) Indicadores

O conjunto de indicadores para avaliar a dimensão produção complementar II é:

17 Processo adotado após a revisão do programa em 2008.

- Produção de projetos do programa P&D regulado pela ANEEL: quantidades de projetos por macrotemáticas e grupo temático;
- Produção de projetos do programa P&D regulado pela ANEEL por etapa a cadeia de inovação: quantidades de projetos em cada etapa da cadeia de inovação por macrotemática;
- Evolução dos projetos do programa P&D regulado pela ANEEL: quantidade por ano dos projetos desenvolvidos por grupo temático;
- Evolução de projetos do processo normal do programa P&D regulado pela ANEEL: quantidade por ano dos projetos oriundos do processo normal do programa, por macrotemática;
- Evolução de projetos do processo Edital estratégico do programa P&D regulado pela ANEEL: quantidade por ano dos projetos oriundos de Editais estratégicos do programa, por macrotemática;
- Evolução dos valores investidos nos projetos do programa P&D regulado pela ANEEL: valores investidos por ano nos projetos classificados por grupos temáticos.
- Evolução dos valores investidos pelos projetos do processo normal do programa P&D regulado pela ANEEL: valores investidos por ano nos projetos oriundos do processo normal do programa, classificados por macrotemáticas.
- Evolução dos valores investidos pelos projetos do processo Edital estratégico do programa P&D regulado pela ANEEL: valores investidos por ano nos projetos oriundos de Editais estratégicos do programa, classificados por macrotemáticas.

b) Operacionalização

A Aneel disponibilizou a base do programa e esta foi tratada pelo projeto. A base utilizada foi de 2008 até 2016. A base não considerou o período anterior a 2008, porque a base Aneel foi alterada neste ano devido a atualização do manual do programa.

Estas produções, assim como os trabalhos técnicos de eventos selecionados, têm características distintas da produção científica, não podendo compor aquela mesma base de dados, mas podem ser analisadas de forma a complementar o conhecimento sobre as iniciativas e o foco de interesse do setor elétrico brasileiro.

Estágio de Maturidade Tecnológica (EMT)

O Estágio de maturidade tecnológica identifica a evolução do estágio de desenvolvimento de uma tecnologia ou conhecimento na cadeia da inovação. Observar o estágio da cadeia de inovação é fundamental para a definição de estratégias e priorizações de políticas de CT&I, conforme *Manual de Frascati*. Vários autores se utilizaram de métricas distintas, sendo as mais utilizadas aquelas baseadas nos conceitos apresentados por Frascati (2007) e no Manual de Oslo (OCDE, 2005). Baseadas nelas, o Manual da Aneel (2012) utiliza as seguintes fases de inovação: pesquisa básica dirigida; pesquisa aplicada; desenvolvimento experimental; cabeça de série; lote pioneiro; e inserção no mercado.

Como a metodologia do projeto se baseia muito em debates e percepções de especialistas, e portanto trabalha com muitos pesquisadores de áreas, formações e escolas diferentes, procuramos uma ferramenta que pudesse parametrizar melhor. Assim, o projeto utiliza uma adaptação da métrica e do ferramental do *Technology Readess Level* (TRL) como base para levantar a percepção dos especialistas para os cálculos dos estágios de maturidade.

TRA é uma metodologia desenvolvida pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), amplamente difundida em estudos científicos para a avaliação do processo de desenvolvimento tecnológico. O TRA expressa a prontidão tecnológica, as definições das condições de produção da tecnologia em análise. Atualmente, o modelo de TRA mais utilizado é o adaptado pelo Department *of Defense* (DoD), bem como pelo *Department of Energy* (DoE).

Entre os vários documentos estudados para compreensão do TRA, o documento "*U.S. Department of Energy – Office of Environmental Management – Technology Maturation Plan* (TMP) *Process Implementation Guide* (2013)" foi a base para entendimento e aplicação do método aos trabalhos envolvidos no projeto. O referido guia traz um manual completo de utilização da metodologia. O TRA utiliza a escala TRL para a avaliação da maturidade tecnológica.

O TRL é uma métrica desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (Nasa) e adaptado para a área de energia pelo *Department of Energy* - US (DOE, 2011). No processo do TRL formal é necessário levantar as evidências sobre as respostas apresentadas. No caso do projeto, como o objetivo é ter uma referência estimada sobre o estágio de maturidade para uma análise geral do setor, e não uma decisão concreta e detalhada para a construção de um plano de desenvolvimento tecnológico de uma tecnologia específica (*Technology Maturation Plan* - TMP), que é um dos objetivos propostos para o TRL, não foram levantadas as evidências e nem utilizada a metodologia completa do processo (*Technology Readiness Assessment* - TRA) (DOE, 2011). Apenas utilizou-se o TRL como uma

medida para "estimar" o estágio de maturidade tecnológica, por meio da percepção dos especialistas, tomando como referências as perguntas do questionário proposto por sua metodologia (DOE, 2011).

O TRL possui nove estágios, em que: o TRL 1 representa o mais baixo nível de prontidão tecnológica; e o nono nível, estágio final do TRL, é o produto pronto para a comercialização, sistema em uso. As etapas passam desde a parte de papers, artigos, P&D, testes em bancadas, testes em ambientes realistas, até a prontidão final. A seguir, a Figura 3 lista os conceitos de cada estágio aplicado ao TRL.

TRL 1 - Os princípios básicos da tecnologia são observados e reportados, mas ainda não se realizou investigação aplicada nem desenvolvimento.
TRL 2 - Tecnologia já possui algum grau de sustentação: foram observados alguns princípios básicos e iniciou-se a PD&I, mas as aplicações ainda são especulativas.
TRL 3 - Foram realizados estudos experimentais e analíticos para validar as predições que se tem acerta da tecnologia. Esses estudos constituem uma prova de conceito preliminar da tecnologia, realizada em ambiente laboratorial.
TRL 4 - Os componentes tecnológicos básicos são desenhados, desenvolvidos e integrados para verificar se trabalham em conjunto. No caso de produtos de software, inserem-se nesta etapa os "alpha tests"
TRL 5 - Integração dos componentes tecnológicos e teste das aplicações destes num ambiente realístico.
TRL 6 - Demonstração do protótipo em ambiente relevante. Avaliação do protótipo ou modelo representativo num ambiente relevante.
TRL 7 - Avaliação do protótipo próximo do planejado (real) em ambiente operacional.
TRL 8 - Num sistema real, a tecnologia demonstrou estar de acordo com as condições especificadas.
TRL 9 - O sistema incorpora a nova tecnologia na sua forma final e foi aplicado nas suas condições reais de aplicação. Encontra-se pronto para comercialização

Figura 3 - Conceitos listados referentes aos níveis de TRL

Fonte: elaboração própria.

a) Indicador

Esta dimensão utiliza apenas um único e complexo indicador:

- Estágio de Maturidade tecnológica utilizando como métrica uma adaptação do TRL: Estágio de maturidade tecnológica.

b) Operacionalização

O nível de maturidade tecnológica calculado no projeto vem de uma adaptação da ferramenta TRL.

Para se calcular o TRL, a metodologia TRA se baseia em um questionário adaptado pelo DOE para a área de energia. Este questionário foi adaptado[18] em um estudo anterior Novos Desafios Tecnológicos da Matriz Energética Brasileira (Cavalcanti, C; CGEE,2014) e utilizado no projeto Prospecção tecnológica no setor de energia elétrica.

A Tabela 3 apresenta o questionário utilizado com aproximadamente 39 perguntas objetivas, que foi preenchido inicialmente por um especialista de cada macrotemática.

Tabela 3 - Questionário para análise do TRL

	Questionário TRL	**Respostas ("SIM" apenas)**
1	**Princípios básicos observados e relatados**	
T	As leis e os pressupostos físicos usados na tecnologia estão bem definidos?	
T/D	Existem pesquisas publicadas que identificam os princípios que fundamentam esta tecnologia?	
T	Está formulada a hipótese de pesquisa?	
2	**Conceito tecnológico e/ou aplicação formulados**	
T	Os elementos básicos da tecnologia foram identificados e caracterizados?	
T	Existem previsões de desempenho feitas para cada elemento?	
T/D	Existem pesquisas publicadas ou outras referências que esboçam a aplicação sendo considerada e que fornecem análises que dão suporte ao conceito?	
T	Existe conhecimento de quais experimentos precisam ser realizados?	
3	**Funções críticas analíticas e experimentais e/ou caracterização de prova de conceito**	
T	Existem previsões de funcionalidade dos elementos validadas por estudos analíticos?	
T	Existem experimentos de laboratório criados para verificar a viabilidade de aplicação?	
T/D	Existem resultados de teste laboratoriais realizados para medir parâmetros de interesse e comparação com previsões analíticas para subsistemas críticos?	
T	A viabilidade científica está plenamente comprovada?	
4	**Validação de componentes e/ou subsistema em ambiente de laboratório**	
T	Os componentes individuais foram testados em laboratório ou por fornecedor?	
T/D	Os resultados dos testes de laboratório com o protótipo estão integrados com outros elementos de suporte em um ambiente de simulação operacional?	
T/D	Os resultados dos testes de laboratório são promissores?	

18 Ocorreu uma nova adptação para linhas de p&d mais ligadas a áreas de assuntos sistêmicos, tenod em vista a dificuldade deste grupo em utilizar o termo tecnologia. Assim foi feita uma releitura do questionário utilizando conhecimento no lugar de tecnologia e outras pequenas adpatações.

	Questionário TRL	Respostas ("SIM" apenas)
T	A arquitetura do sistema foi desenvolvida?	
T	São conhecidos os requisitos gerais do sistema, com base nas necessidades do usuário final?	
T/D	Existem resultados de testes com protótipos em escala laboratorial?	
T	A tecnologia já demonstrou funcionalidade básica em ambiente simplificado?	
5	**Validação de componentes/subsistemas em ambiente relevante**	
T	As interfaces entre componentes/subsistemas são realistas?	
T/D	Existem resultados de testes de laboratório com o protótipo em ambiente com configuração de performance, peso e volume desejados?	
T	O ambiente de laboratório foi modificado para aproximar ao ambiente operacional?	
T	As funções individuais dos componentes foram testadas?	
T	Foi realizada Integração dos módulos/funções e demonstrada sua funcionalidade em ambiente de laboratório?	
6	**Validação do piloto/protótipo em ambiente relevante**	
T/D	Existem resultados de testes com um sistema protótipo em ambiente operacional?	
T	Foi o sistema/protótipo testado em ambiente realista fora do laboratório?	
T/D	Está concluído o inventário das interfaces externas?	
T	A implementação do protótipo inclui uma funcionalidade para lidar com problemas reais de grande escala?	
T	A viabilidade engenharia está plenamente demonstrada?	
7	**Demonstração em escala real do protótipo do sistema em ambiente relevante**	
T/D	Existem resultados de teste do sistema em ambiente operacional?	
T	Os componentes utilizados são representativos de componentes de produção?	
T	A maioria das funcionalidades disponíveis para demonstração em ambiente operacional foi simulada?	
T	Protótipo totalmente integrado demonstrado em ambiente operacional real ou simulado?	
T	Protótipo do sistema testado com sucesso em um ambiente de campo?	
8	**Sistema real concluído e qualificado através de teste e demonstração**	
T/D	Existem resultados de teste do sistema em sua configuração final realizados sob uma gama de condições ambientais nas quais se espera que o sistema opere?	
T	O processo de controle da interface foi concluído?	
T	Todas as funcionalidades foram demonstradas em ambiente operacional simulado?	
9	**Sistema real operado em toda a gama de condições esperadas**	
T	O conceito operacional foi implementado com sucesso?	
T	O sistema real foi plenamente demonstrado?	
T/D	Existem relatórios de testes operacionais e avaliação dos sistemas finalizados?	

Fonte: elaboração própria.

Para obtenção dos resultados dos níveis de TRL, foi utilizada uma "calculadora" desenvolvida no estudo Novos Desafios Tecnológicos da Matriz Energética Brasileira (Cavalcanti, C; CGEE,2014). A "calculadora" é uma planilha Excel, programada para ponderar as respostas preenchidas no questionário e imprimir, na tela, o resultado que expressa o grau de maturidade daquela tecnologia. Uma sequência de instruções acompanha o questionário para orientar o preenchimento correto e foi aplicado para cada rota tecnológica. Para isto o especialista deveria responder as questões no que se refere ao conjunto de linhas de P&D (previamente mapeado pelo projeto) que compõe cada rota tecnológica.

Este resultado foi apresentado em uma reunião de especialistas. Devido a incerteza do método proposto já que se baseia em opinião e não em evidências, optou-se por criar três categorias que abrangem faixas dos níveis de TRL. Estas ampliam a abrangência de cada estágio, alterando e resumindo a métrica do TRL de nove estágios para 3 estágios. Assim, o método adaptado utilizado pelo projeto reclassifica os estágios de maturidade em 3:

- Baixa maturidade: resultados que apresentaram níveis de 1 a 3 do questionário.
- Média maturidade: resultados que apresentaram níveis de 4 a 6 do questionário.
- Alta maturidade: resultados que apresentaram níveis de 7 a 9 do questionário.

Esta avaliação deve ser aplicada à PD&I totalmente novos ou tecnologia/conhecimento que já estava aplicada em escala comercial, mas ainda assim é factível de novos estudos e abre oportunidades para desenvolvimentos que buscam melhorias e incrementos. Neste caso a tecnologia ou o conhecimento volta a ser objeto de PD&I para desenvolver uma determinada melhoria, desenvolvimento de novas aplicações, otimização de desempenho entre outros aspectos que se podem explorar naquele produto. Neste caso, o objeto do PD&I deve ser analisado conforme a métrica do mesmo modo que uma tecnologia totalmente nova.

O estágio de baixa maturidade significa que o PD&I referente à tecnologia ou o conhecimento (nova ou uma melhoria/adaptação de um produto já existente) ainda está em seu nível inicial de estudos, elaboração de conceitos básicos em artigos.

A classificação de média maturidade representa o nível dos estudos experimentais. A tecnologia/conhecimento ou seu melhoramento/adaptação encontra-se em fase de testes de bancadas, análises de comportamento e desempenho, integração dos componentes e das aplicações.

Tecnologias que apresentam níveis de TRL entre 7 e 9 são classificadas em alta maturidade, encontram-se em estágio de testes em ambientes realistas, avaliação do protótipo em condições próximas à do

planejado de forma operacional, verificação da tecnologia no aspecto de cumprimento dos requisitos e condições específicas.

Os resultados de TRL são apresentados junto com o mapa do conhecimento que é encontra-se nos anexos.

Recursos Humanos

Para alcançarmos as inovações em uma área por meio de um processo de P&D um dos elementos fundamentais é o conhecimento do recursos humanos disponíveis.

A dimensão de recursos humanos é citada pelo Manual de Frascati (OCDE, 2007). Nessa dimensão são pesquisados os profissionais que atuam com projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação do setor elétrico brasileiro, ou que tenham contribuído de forma relevante para a ciência e tecnologia de um determinada área, independente de seu perfil ou titulação, mas que estejam cadastrados na plataforma Lattes ou em um dos projetos do programa P&D regulado pela Aneel.

a) Indicador

Os indicadores utilizados pelo projeto para avaliar o RH disponível no Brasil para PD&I no setor elétrico, são:

- Distribuição geográfica dos profissionais do setor elétrico: Quantidade por UF dos profissionais do setor elétrico no Brasil associados ao grupo temático e à macrotemática;
- Titulação dos profissionais do setor elétrico: Nível de titulação (técnico, graduado, especializado, mestrado e doutorado) dos profissionais do setor elétrico associados à macrotemática;
- Avaliação das redes colaborativas dos profissionais do setor elétrico por redes de coautoria: Número do grau médio de coautores por rede de cada macrotemática;
- Avaliação das redes colaborativas dos profissionais do setor elétrico por redes de similaridade semântica: número do grau médio de similaridade semântica por rede de cada macrotemática.

b) Operacionalização

Para o cálculo dos indicadores desta dimensão foram trabalhadas duas fontes de dados: plataforma Lattes e a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). A análise dos pesquisadores envolvidos nos projetos de P&D regulado pela Aneel também foi realizada.

A Plataforma Lattes é a principal base nacional de currículos acadêmicos. Por meio dela, podem ser acessados os currículos de profissionais dos setor identificados em pesquisas sobre uma área específica na própria plataforma.

A RAIS é o instrumento do governo para a coleta de dados sobre o setor do trabalho. Essa base foi utilizada para extração de informações complementares às obtidas nos currículos. A partir dos CPF's dos currículos foi realizado um cruzamento na base RAIS para levantamento de informações como remuneração e a unidade federativa dos profissionais.

Para cada macrotemática, levantou-se um conjunto de palavras-chave que, aplicado à plataforma Lattes, pudesse retornar os currículos com maior grau de certeza entre a natureza abordada nesse documento e os assuntos relacionados às macrotemáticas.

De posse dos currículos, oriundos da baixa na base Lattes, foram extraídos os CPFs e montado um banco de dados de relacionamento entre os respectivos CPFs e as macrotemáticas. Na sequência, estas informações foram cruzadas e complementadas com as informações da RAIS. Após a baixa nestas duas bases e consolidação gerou a base de dados do projeto prospecção. Os indicadores propostos associados ao RH foram constituídos a partir desta base de dados consolidada do projeto, contento CPFs, titulações, UF, entre outras informações (a exemplo da renda, utilizada na dimensão social) de profissionais que possuem ligação com as macrotemáticas dos grupos temáticos: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia; Transmissão de Energia Elétrica; Distribuição de Energia Elétrica; Eficiência Energética; e Assuntos Sistêmicos. A partir dessa massa de informações, foi possível calcular os indicadores que caracterizam o panorama de profissionais no território brasileiro, por macrotemática. Por meio de um algoritmo desenvolvido na plataforma Gephi foram criadas as redes colaborativas de cada macrotemática. Por meio dessas redes foram feitas as análises de coautoria e similaridade semântica daquele determinado conjunto de profissionais.

Vale ressaltar que aqueles profissionais que não possuem currículos cadastrados no Lattes, ou ainda, que não foram buscados pelos termos utilizados, não constaram como objeto de análise.

Grupos de Pesquisa (grupos de pesquisa e laboratórios)

A dimensão grupos de pesquisa e laboratórios tem o objetivo de ajudar a descrever a infraestrutura de CT&I disponível em energia elétrica. Dimensão também citada *Manual de Frascati* (OCDE, 2007), busca levantar a disponibilidade de infraestrutura por meio de diferentes indicadores.

a) Indicador

Os indicadores utilizados pelo projeto para avaliar Grupos de pesquisa e/ou laboratórios disponíveis no Brasil para PD&I no setor elétrico, são:

- Laboratórios e grupos de pesquisa disponíveis ao setor elétrico em território nacional: quantidade de laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional por macrotemática;
- Distribuição geográfica dos laboratórios e grupos de pesquisa em território nacional: quantidade por UF de laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional por macrotemática;
- Tipos de laboratório e grupos de pesquisa em território nacional quanto a sua classificação da cadeia de inovação: classificação quanto a cadeia de inovação dos laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional por macrotemática - (a) pesquisa básica; (b) pesquisa aplicada; (c) desenvolvimento experimental; (d) cabeça de série; (e) lote pioneiro e inserção no mercado (classificação utilizada pela base DGP do CNPq).
- Tipos de laboratórios e grupos de pesquisa em território nacional quanto a sua atuação: Classificação quanto a atuação dos laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional por macrotemática e grupos temáticos - (a) laboratório de ensaios; (b) laboratórios de teste e certificação; (c) laboratório de desenvolvimento; (d) grupo de estudos.
- Pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa: Quantidade de pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa por macrotemática;
- Qualificação de pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa: titulação (mestre e doutor) dos pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa associados a cada macrotemática;
- Investimentos em equipamentos nos laboratórios: valores investidos em equipamentos nos laboratórios associados a cada macrotemática;
- Investimentos em *software* nos laboratórios: valores investidos em software nos laboratórios associados a cada macrotemática;

- Produção científica e tecnológica dos laboratórios e grupos de pesquisa: quantidade de periódicos publicados (nacionais e internacionais) e patentes geradas pelos laboratórios e grupos de pesquisa associados a cada macrotemática.

b) Operacionalização

A construção de indicadores na Dimensão Infraestrutura de CT&I (grupo de pesquisa e laboratórios) será dividida em três fases: o levantamento e tratamento da base de dados secundários, apoiados na base censitária do Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), principal fonte de informação para a caracterização da infraestrutura de CT&I do setor elétrico neste projeto; o levantamento e tratamento da base de dados primários, apoiados em pesquisa de campo implementada nos laboratórios, centros e institutos de pesquisa com referência nas áreas de CT&I relacionadas ao setor elétrico; cálculo dos indicadores fundamentado na base de dados consolidada.

Primeira fase: levantamento dos dados secundários (base DGP/CNPq)

A primeira fase, o levantamento das informações a partir dos dados secundários, pauta-se na base censitária do DGP/CNPq de 2016 (primeiro filtro). Contudo, a base online possui informações em tempo real, portanto, adicionais à base censitária correspondente ao período pós 04 de novembro de 2016. A análise da base de dados DGP/CNPq envolveu a compreensão dos principais conceitos, definições e limitações das variáveis que a compõem e foi realizada por meio de material metodológico disponibilizado no site do CNPq. Essa análise permitiu a delimitação dos filtros que, aplicados à base censitária do DGP, selecionaram os grupos de pesquisa relacionados às atividades de CT&I do setor elétrico.

Segundo a definição atribuída pelo CNPq, a linha de pesquisa, informada pelo grupo ao se cadastrar no DGP, representa temas aglutinadores de estudos científicos que se fundamentam em tradição investigativa, de onde se originam projetos cujos resultados guardam afinidades entre si. Assim, as linhas de pesquisa devem se subordinar aos grupos de pesquisa e, desta forma, um grupo pode ter uma ou mais linhas, sendo que elas não precisam, necessariamente, estar associadas a todos os integrantes do grupo. Para cada linha de pesquisa informada pelo grupo no DGP, é preciso associar de um a três setores de atividade econômica em que a pesquisa é ou pode ser aplicada. Para isso, utiliza-se a tabela Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE).

As categorias da CNAE relacionadas ao setor elétrico estão descritas na Tabela 4 e configuraram o segundo filtro aplicado às linhas de pesquisa dos grupos do DGP.

Tabela 4 - Categorias da CNAE utilizadas como filtro na seleção dos grupos de pesquisa com atuação no setor elétrico

CNAE 35.1	Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica
CNAE 27.1	Fabricação de Geradores, Transformadores e Motores Elétricos
CNAE 27.2	Fabricação de Pilhas, Baterias e Acumuladores Elétricos
CNAE 27.3	Fabricação de Equipamentos para Distribuição e Controle de Energia Elétrica
CNAE 42.2	Obras de Infraestrutura para Energia Elétrica, Telecomunicações, Água, Esgoto e Transporte por Dutos
CNAE 43.2	Instalações Elétricas, Hidráulicas e Outras Instalações em Construções
CNAE 72.1	Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Físicas e Naturais
CNAE 72.2	Pesquisa e Desenvolvimento Experimental em Ciências Sociais e Humanas

Fonte: elaboração própria.

Foi feita a primeira baixa da base DGP nacional (2016) com base no filtro das categorias CNAE apresentadas. A base censitária do DGP, referente ao ano de 2016, apresenta 37.640 grupos de pesquisas registrados. Com a aplicação do filtro, foi configurada uma amostra de 1.413 grupos de pesquisa, ou seja, 3,7% dos grupos registrados no DGP do CNPq desenvolvem projetos de CT&I relacionados ao setor elétrico nacional.

Na sequência foi realizado uma nova pesquisa com base numa estratégia de conjunto de termos de busca na base original do DGP (2016). Após rodar um script de termos de busca para classificação dos grupos de pesquisa em cada macrotemática, ao todo foram classificados 2.002 grupos de pesquisa que dispõem de infraestrutura para atender ao setor elétrico. As duas baixas foram cruzadas e retiradas as redundâncias. Um pequeno grupos de laboratórios e grupos de pesquisa, oriundos do resultado da primeira baixa na base, não foram identificados pela estratégia da segunda base, portanto ficaram sem a classificação de macrotemática. Este grupo passou por uma análise individual feita por especialistas que validaram se realmente trabalhava com o setor de energia elétrica e em qual macrotemática se encaixava.

Após estes processos foi consolidada uma base para ser utilizada pelo projeto. Com as informações desta base consolidada foi feita uma análise sobre principais laboratórios em cada região que ajudou na definição da amostra a ser visitada na segunda fase.

Segunda fase: levantamento dos dados primários (pesquisa in loco)

A segunda fase do diagnóstico da infraestrutura de CT&I do setor elétrico estará pautada em pesquisa de campo, realizada por meio de visita aos laboratórios, instituições e centros de pesquisa que abrigam os grupos de pesquisa mais proeminentes do setor elétrico e entrevistas com os líderes desses grupos. Metodologicamente, busca-se realizar um diagnóstico atualizado desses grupos e caracterizá-los de forma mais detalhada quanto à estrutura de pesquisa que dispõem.

A construção do formulário, ferramenta principal da pesquisa de campo, foi pautada em questões estruturadas e semi-estruturadas, e foram elaboradas a partir do questionário do Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq e do questionário da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), survey desenvolvida e implementada pelo IBGE desde 1998 e que possui notório reconhecimento pela comunidade científica na área de CT&I. O formulário, apresentado em sua versão final é composto por 24 questões e foi disponibilizado em sistema online, desenvolvido especificamente para esta pesquisa de campo.

A seleção dos olheiros[19] priorizou alunos de pós graduação (mestrado e doutorado), na área de energia, devido ao rigor científico que a pesquisa de campo pressupõe. Uma lista de grupos de pesquisa, por região, foi gerada por meio da amostra da base de dados do DPG para o setor elétrico e passada aos olheiros. Eles deveriam analisar a listagem, verificar a atuação local destes grupos de pesquisa e validá-los, também deveriam verificar se, ocasionalmente, havia algum grupo de pesquisa de referência na região que não constava nesta lista, possivelmente por não ser registrado no CNPq, e incluí-lo. O olheiro também deveria compreender os termos de pesquisa e buscar informações básicas sobre o setor elétrico para melhor posicionamento das questões frente ao entrevistado. Em ordem de prioridade, o entrevistado deveria ser o(s) líder(es) do grupo de pesquisa, os pesquisadores e, por último, estudantes e/ou técnicos. Para minimizar os campos em branco no formulário, o olheiro deveria buscar alternativas às informações momentaneamente não fornecidas pelo entrevistado, se necessário procurando outro integrante do grupo para completar as informações faltantes. As respostas das questões do formulário foram transformadas em variáveis de um banco de dados que passa a integrar, conjuntamente com o da primeira fase, o banco de dados do projeto. Este base complementa a base baixada do DGP, resultado da primeira fase, pois a pesquisa in loco adiciona informações aos dados levantados no DGP. Por exemplo, novas áreas de atuação que ainda não constam na base original do DGP. Outra informação importante adicionada por esta fase são informações que a base do DGP não dispõe, tais como a classificação dos laboratório ou grupo de pesquisa quanto a sua atuação e quanto ao tipo de produção de PD&I classificado na cadeia da inovação.

---

19 Nome dado ao pesquisador que fez o levantamento nos laboratórios. O grupo de olheiros foi composto por 14 pesquisadores, no qual cada um ficou responsável por uma região distinta.

Cálculo dos indicadores

Os indicadores foram calculados com base na informação do banco de dados do projeto que consolida as duas fases de levantamento da informação.

O cálculo dos indicadores fomenta a análise da infraestrutura de CT&I com base nos laboratórios e grupos de pesquisa disponíveis ao setor, discriminando e estabelecendo relações entre as variáveis que compõem a base de dados e as macrotemáticas definidas no projeto prospecção tecnológica, e identificando as potencialidades e as fraquezas da infraestrutura de CT&I do setor elétrico. Informações como o número de pesquisadores e de instituições parceiras indicam o estabelecimento de redes de cooperação, as quais pressupõem maiores esforços de pesquisa e desenvolvimento e maiores possibilidades de inovações, dado que o aprendizado possibilitado nesse ambiente é potencialmente maior. O resultado desses esforços deverá ser validado pelo número de publicações, patentes e software produzidos. Os indicadores propostos deverão configurar e salientar as respectivas macrotemáticas que têm recebido maior esforço de P,D&I e, portanto, sendo fortalecidas nesta infraestrutura. Também deverão indicar macrotemáticas mais estruturadas em redes de cooperação, por meio das relações com instituições parceiras, e em estrutura de pesquisa, por meio dos investimentos em equipamentos superiores a cem mil reais.

Capacitação - Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu*

Para subsidiar a análise da estrutura de CT&I no país, tem-se como um dos fatores importante analisar a atividade de P&D realizada em programas de Pós-Graduação *stricto sensu* (PPGs) nas instituições de ensino superior brasileiras (IEs), informações oriundas da plataforma sucupira da CAPES.

A análise toma como base PPGs que têm linhas de pesquisa e/ou desenvolvem projetos de pesquisa relacionados ao grupo temático em questão. A pesquisa no âmbito acadêmico é o ponto inicial do estudo e do desenvolvimento de novas teorias, metodologias, tecnologias, e assim por diante. Portanto, a atividade de P&D nas instituições de ensino constitui-se como cerne da pesquisa básica sobre os temas trabalhados. Por isso, a importância de analisar a atividade de P&D no âmbito acadêmico. Esta análise compreende estimar, por exemplo, o número de programas de Pós-Graduação que possuem linhas de pesquisa em determinado assunto associado a uma macrotemática. Com o levantamento da quantidade dos programas de pós-graduação é possível se estabelecer as possibilidades de capacitação dos profissionais de cada macrotemática, no intuito de avaliar as oportunidades de qualificação dos profissionais no setor elétrico. Como esta pesquisa está associada a uma formação (mestre, doutor, etc.) permite-se esclarecer o quão presente é a pesquisa de cada macrotemática na formação dos pesquisadores.

a) Indicador

Os indicadores utilizados pelo projeto para analisar programas de pós-graduação *stricto sensu* disponíveis no Brasil para PD&I no setor elétrico por macrotemática, são:

- Distribuição dos programa de pós-graduação nacionais: quantidade por UF de programas de pós-graduação em território nacional por grupo temático;
- Listas das UF com maior número de programas de pós-graduação nacionais: quantidade por UF de programas de pós-graduação (cinco maiores) em território nacional por macrotemática;
- Programas de pós-graduação no Brasil: quantidade de programas de pós-graduação por macrotemática;
- Lista das áreas de avaliação da CAPES dos programas de pós-graduação no Brasil: quantidade de programas de pós-graduação no Brasil por área de avaliação da CAPES e por macrotemática;
- instituições financiadoras de projetos de pesquisa no Brasil: quantidade de instituições (desagregada por sua natureza jurídica) que financiam projetos de pesquisa no Brasil.

b) Operacionalização

Foi feito um levantamento das informações de programas de Pós-Graduação com base nos dados da plataforma Sucupira, desenvolvida e disponibilizada pela CAPES. Para contabilizar os PPGs relevantes para o presente projeto, foram realizadas buscas nos títulos dos projetos de pesquisa e/ou linhas de pesquisa desenvolvidas em cada PPG por meio de um conjunto de palavras-chave definidos pelo projeto projeto que fossem pertinentes às temáticas de cada macrotemática. Feito o levantamento dos PPGs, foram utilizadas informações quanto à UF em que se localiza o PPG, a área de avaliação da CAPES em que se classifica o PPG e os financiadores dos projetos de pesquisa. Foram criadas categorias para os financiadores, de forma a mensurar diferentes formas de apoio às pesquisas. Primeiro, foram consideradas instituições de fomento à pesquisa, a qual inclui instituições cuja missão seja apoiar diretamente a atividade de CT&I no país. Foram consideradas, nessa categoria, o CNPq, a CAPES, a Finep e as FAPs. Em seguida, consideradas as instituições de ensino e as fundações universitárias. A terceira categoria criada é composta por ministérios, autarquias e secretarias. Essa categoria inclui os órgãos de administração pública direta que não têm, estritamente, como missão o fomento a formação de pesquisador. Nela, incluem-se a Aneel, a ANP, o MME, entre outros. Em seguida, uma categoria elencando empresas, públicas, de sociedade mista ou privada, uma categoria de instituições estrangeiras e, por fim, uma categoria de instituições que não se enquadram em nenhuma das anteriores.

É importante salientar que a análise não diz respeito à atividade de ensino dos programas de Pós-Graduação e sim na realização de projetos de pesquisa.

Mecanismos de Fomento

O investimento em PD&I é uma das chaves para se alcançar a inovação e o desenvolvimento econômico. Este é um fator de forte análise proposto por *Frascati*.

O governo brasileiro dispõe de uma série de mecanismos de fomento que subsidiam, de forma direta ou indireta, este tipo de investimento e permitem, assim, o compartilhamento dos riscos inerentes às atividades inovativas. Os principais mecanismos de fomento para CT&I são: incentivos fiscais; programas e chamadas públicas para apoio a PD&I (subvenção econômica); programas e chamadas públicas para capacitação profissional; fomento ao empreendedorismo e à incubação; financiamento para implantação e modernização do setor elétrico; e editais para implantação e modernização da infraestrutura de CT&I.

a) Indicador

Os indicadores utilizados pelo projeto para analisar mecanismos de fomento disponíveis no Brasil para PD&I no setor elétrico, são:

- valores descritivos dos projetos: detalhamento dos valores investidos (valor total de todos os projetos; valor médio; valor mínimo; quartil superior e inferior, mediana e valor máximo) em projetos no setor elétrico por cada agência de fomento em cada grupo temático nos últimos dez anos;
- evolução do número de projetos financiados pelas agências de fomento: quantidade de projetos financiados por cada agência de fomento por grupo temático por ano;
- evolução do investimento total de projetos financiados pelas agências de fomento: valor total do investimento por ano em projetos financiados por cada agência de fomento por grupo temático;
- investimentos total dos projetos financiados por cada agência de fomento: quantidade de valores totais investidos nos projetos financiados por cada agência de fomento por macrotemática nos últimos dez anos.

b) Operacionalização

O estudo elencou um total de quatro agências distintas de fomento à atividade de PD&I: Aneel, CNPq, Finep e BNDES/Funtec. Da Aneel, foram analisados os projetos do Programa de P&D regulado pela Aneel; do CNPq e da Finep, os projetos cujos recursos são oriundos do FNDCT; do BNDES/Funtec foram analisados todos os programas do fundo Funtec. O levantamento do conjunto de projetos relevantes para cada macrotemática foi feito por meio de busca textual com a aplicação de palavras-chave pertinentes às temáticas de cada macrotemática.

A análise tem como informação básica a quantidade de projetos financiados e seus respectivos valores. De forma geral, foram considerados projetos com data inicial entre o começo de 2007 e o fim de 2016. No entanto, os dados dos projetos financiados pela Aneel foram obtidos apenas do período entre 2008 e 2016. Já os dados dos projetos CNPq e Finep foram obtidos apenas do período entre 2007 e 2015. Os dados de projetos do BNDES Funtec foram obtidos para o período entre 2007 e 2016. Para fins de comparação, os valores dos projetos foram atualizados pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 31/12/2016, índice calculado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para um diagnóstico mais realista, foi considerado, como valor dos projetos concluídos dentro do período, o dispêndio consolidado do projeto. Para aqueles considerados em andamento durante o período, considerou-se o valor contratado.

Indústria (Cadeia Produtiva)

A análise sobre a cadeia produtiva visa caracterizar a oferta de bens e serviços associados às macrotemáticas. A produção de novas tecnologias depende de uma sucessão de etapas de transformação de insumos primários e intermediários, os quais levam em conta a produção de outros bens e serviços correlatos. Portanto, diversos são os fatores que impactam a cadeia produtiva de uma tecnologia. Entre esses fatores, podem-se elencar os aspectos de mercado como barreiras à entrada, escala de produção, poder de mercado; aspectos institucionais como regulamentação, segurança jurídica; além de outros fatores. A análise sobre cadeia produtiva é fundamental quando observada a demanda atual e futura por tecnologias relativas ao funcionamento do SEB.

a) Indicador/critérios

Os indicadores ou critérios utilizados pelo projeto para analisar a indústria (cadeia produtiva) associada a macrotemática no setor elétrico brasileiro, são:

- Estrutura da cadeia produtiva: grau de estruturação da cadeia produtiva por macrotemática;
- Insumos para atender às necessidades da cadeia produtiva: disponibilidade ou acesso aos insumos em território nacional para atender às necessidades da cadeia produtiva por macrotemática;
- Itens manufaturados da cadeia produtiva nacional: capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional por macrotemática;
- Serviços técnicos dedicados a cadeia produtiva nacional: nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologia de serviços e operações) dedicados a cadeia produtiva nacional por macrotemática;
- Estabelecimento futuro da cadeia produtiva: nível de dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro por macrotemática.
- Infraestrutura de logística para atender a cadeia produtiva nacional: nível de desenvolvimento da infraestrura de logística no Brasil para atendera a cadeia produtiva associada as macrotemáticas;
- Sinergias entre as cadeia produtivas: identificação das sinergias da cadeia produtiva da macrotemática com outras cadeias produtivas nacionais;
- Normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional: identificação da importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional por macrotemática;
- Regulação específica para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional: identificação da importâncias para se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional por macrotemática;

b) Operacionalização

Os indicadores de cadeia produtiva foram criados para analisar, de maneira geral, a estrutura, acesso a insumos e itens manufaturados, infraestrutura de logística, entre outros aspectos relacionados à cadeia produtiva das tecnologias associadas às macrotemáticas. Para isso, foram consultados, por meio de um questionário, especialistas do setor em relação a vários aspectos da cadeia produtiva nacional. Foram consideradas as respostas dos participantes do 2º Ciclo de Reuniões Técnicas (painéis de especialistas), no qual se reuniram profissionais do setor elétrico relacionados à academia, aos laboratórios, às empresas do setor (concessionárias), à cadeia produtiva (indústria) e à governança (MME, Aneel, EPE, CCEE, ONS, MCTIC, entre outros) em cada macrotemática para debater assuntos relacionados às suas áreas de interesse. As questões utilizadas no cálculo de cada indicador, com suas respectivas métricas, que constam na pesquisa são apresentados a seguir:

- Grau de estruturação da cadeia produtiva para a macrotemática: (1) Inexistente; (2) Pouco estruturada; (3) Mediamente estruturada; (4) Altamente estruturada;
- Disponibilidade ou acesso aos insumos em território nacional para atender às necessidades da cadeia produtiva da macrotemática: (1) Não existe disponibilidade de insumos em território nacional; (2) Existe disponibilidade de insumos, mas seu acesso/obtenção é difícil; (3) Existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil;
- Capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional em suprir à macrotemática: (1) Baixa; (2) Média; (3) Média-alta; (4) Alta;
- Nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologia de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional da macrotemática: (1) Baixa; (2) Média; (3) Alta;
- Nível de dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro da macrotemática: (1) Alta dificuldade; (2) Média-alta dificuldade; (3) Média-baixa dificuldade; (4) Baixa dificuldade
- Nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva da macrotemática: (1) Baixa; (2) Média; (3) Alta;
- Existem sinergias da cadeia produtiva da macrotemática com outras cadeias produtivas nacionais:
    1) Não existem sinergias com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, os bens e os serviços são muito específicos à cadeia produtiva da macrotemática.
    2) Existe sinergia com outras cadeias produtivas nacionais seja nos insumos utilizados, seja nos bens e nos serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias produtivas nacionais.
    3) Existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva da macrotemática.
- Importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional para a macrotemática: (1) Baixa; (2) Média; (3) Alta;
- Importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional para a macrotemática: (1) Baixa; (2) Média; (3) Alta;

Para cada macrotemática, a forma de cálculo de cada indicador é dada pela mediana das respostas dos especialistas da questão em análise.

Mercado

A análise sobre a expectativa da demanda pode representar oportunidade e uma ponto forte para o desenvolvimento das tecnologias associadas a uma determinada macrotemática. Portanto, esta dimensão busca identificar se existe um mercado futuro para o conjunto de tecnologias de uma determinada área.

a) Indicador/ Critérios

Os indicadores ou critérios utilizados pelo projeto para analisar a dimensão mercado associado as macrotemáticas do setor elétrico brasileiro, são:

- Demanda atual de mercado no Brasil: demanda atual no Brasil pelas tecnologias associadas a macrotemática;
- Demanda atual de mercado no mundo: demanda atual no mundo pelas tecnologias associadas a macrotemática;
- Demanda futura de mercado no Brasil: demanda futura no Brasil pelas tecnologias associadas a macrotemática;
- Demanda futura de mercado no mundo: demanda futura no mundo pelas tecnologias associadas a macrotemática;
- Marco regulatório no setor elétrico brasileiro: nível de favorecimento do Marco regulatório no setor elétrico brasileiro ao desenvolvimento da macrotemática;

b) (b) Operacionalização

Assim como outros indicadores que não possuem bases definidas, os indicadores que compõe esta dimensão de análise foram construídos com base nos dados de uma consulta estruturada via web, por meio de um questionário, enviada para especialistas do setor que foram questionados sobre a demanda atual e futura das tecnologias associadas às macrotemáticas, tanto no Brasil quanto no mundo, e também em relação ao marco regulatório do Setor Elétrico Brasileiro.

Foi enviado para profissionais do setor elétrico relacionados à academia, aos laboratórios, às empresas do setor (concessionárias), à cadeia produtiva (indústria) e à governança (MME, Aneel, EPE, CCEE, ONS, MCTIC, entre outros) em cada macrotemática que participaram das reuniões de especialistas. Abaixo estão descritas as questões e possibilidades de respostas utilizadas para calcular os critérios ou indicadores desta dimensão:

- Demanda atual no Brasil pelas tecnologias associadas à macrotemática: (1) Inexistente; (2) Baixa; (3) Alta.
- Demanda atual no mundo pelas tecnologias associadas à macrotemática: (1) Inexistente; (2) Baixa; (3) Alta.
- Demanda no Brasil pelas tecnologias associadas à macrotemática nos próximos 10 anos: (1) Inexistente; (2) Baixa; (3) Alta.
- Demanda no mundo pelas tecnologias associadas à macrotemática nos próximos 10 anos: (1) Inexistente; (2) Baixa; (3) Alta.
- Marco regulatório atual do SEB é favorável ao desenvolvimento da macrotemática: (1) Não Favorável; (2) Pouco Favorável; (3) Favorável; (4) Muito Favorável.

Para cada macrotemática, a forma de cálculo de cada indicador é dada pela mediana das respostas dos especialistas da questão em análise.

Planejamento Estratégico

Os indicadores de planejamento estratégico levam em considerações a prioridade para cada macrotemática, tendo como horizontes as políticas e os estudos de planejamento setorial de médio prazo (2026) e longo prazo (2050).

Essas prioridades foram estabelecidas por meio de debate e consenso dos representantes da governança do setor elétrico, os quais compõem também o comitê estratégico do projeto, que atribuíram baixa, média ou alta prioridade para cada macrotemática tanto para políticas de médio prazo quanto longo prazo.

Mapa conceitual consolidado

Após a apresentação e detalhamento das 14 dimensões e suas respectivas informações que compõe o mapa conceitual, as tabelas a seguir mostram o resultado resumido e consolidado por objetivo de análise.

Tabela 5 - Mapa conceitual consolidado: objetivo socioambiental

D	1º Indicador ou critério de análise	2º indicador	Informação	A	Fonte	F
Ambiental	Impacto no meio ambiente causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas	impacto no ar causado pelas tecnologias	Poluição do Ar	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Impacto na água causado pelas tecnologias	Poluição da Água	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Impacto do som resultante das tecnologias	Poluição Sonora	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Impacto no aumento da temperatura causado pelas tecnologias	Temperatura Local	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Impacto no solo causado pelas tecnologias	Poluição do Solo	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
Social	Geração de Emprego	Extectativa de geração de empregos diretos e indiretos no futuro	Expectativa de geração de empregos no futuro	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Geração de empregos atuais diretos e indiretos associados a área	Número de profissionais atuantes na área	MT	Plataforma Lattes	-
	Remuneração atribuída aos empregos gerados	Expectativa de remuneração atribuída aos empregos gerados no futuro	Expectativa da remuneração dos empregos a serem gerados no futuro	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Remuneração atribuída aos empregos atuais	Média dos salários atuais associados a macrotemática	MT	Base RAIS	RAIS 2014
	Qualificação para ocupação das vagas	Qualificação esperada para ocupação das vagas	Expectativa da qualificação esperada com base na titulação	MT	Pesquisa estrutura (via Web)	-
		Qualificação da ocupação das vagas atuais	Qualificação dos profissionais atuantes na macrotemática com base na titulação	MT	Plataforma Lattes	-

Legenda: D - Dimensão; A - Abrangência; F - Filtros; MT - Macrotemática; GT - Grupo Temático.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 6 - Mapa conceitual consolidado: objetivo produção CT&I

D	1º Indicador ou critério de análise	Informações	A	Fonte	F
Produção científica	Produção de artigos científicos mundial	Quantidade de artigos científicos no mundo publicados na área da macrotemática em revista de alta qualificaçãoI;	MT	Scopus e Web of Science	Período (2007 a 2016) - Qualis (A1 a B2
	Produção de artigos científicos de autores residentes no Brasil	Quantidade de artigos científicos publicado em revistas científicas de alta qualificação, por autores que se identificam como residentes no Brasil, na área da macrotemática;	MT	Scopus e Web of Science	
	Classificação dos países que mais publicam artigos científicos	Ordenamento dos cinco países que mais pulicaram artigos científicas e a colocação do Brasil na lista completa	GT-MT	Scopus e Web of Science	
	Evolução das publicações científicas mundial	Quantidade por ano das publicações cientificas no mundo	MT	Scopus e Web of Science	
	Evolução das publicações científicas de autores residentes no Brasil	Quantidade por ano das publicações cientificas de autores que se identificam como residentes no Brasil	GT-MT	Scopus e Web of Science	
	Distribuição geográfica das publicações científicas de autores residentes no Brasil	Quantidade de publicações de artigos científicos por UF do Brasil de autores identificados como residentes no Brasil	GT-MT	Scopus e Web of Science	
Produção complementar I (eventos nacionais)	Percentual da quantidade de artigos publicados por eventos	Percentual da quantidade de artigos publicados nos eventos	MT	Anais dos eventos	Período (2007 a 2016)
	Percentual da quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE	Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE	MT	Anais dos eventos	
	Produção de artigos pulicados nas edições do CITENEL	Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL	MT	Anais dos eventos	
	Produção de artigos publicados nas edições do SEPOPE	Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE	MT	Anais dos eventos	
	Produção de artigos publicados nas edições do SENDI	Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI	MT	Anais dos eventos	

D	1º Indicador ou critério de análise	Informações	A	Fonte	F
Produção complementar II (projetos do programa PD&I regulado pela Aneel)	Produção de Projetos do programa P&D regulado pela Aneel	Quantidade dos projetos	GT-MT	Programa P&D regulado pela Aneel	Período (2008 a 2016)
	Produção dos projetos por etapa da cadeia de inovação	Quantidade de projetos em cada etapa da cadeia de inovação	MT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução dos projetos do programa P&D regulado pela Aneel	Quantidade por ano dos projetos de P&D desenvolvidos	GT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução dos projetos P&D do projesso normal do programa	Quantidade por ano dos projetos de P&D do processo normal do programa	MT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução de projetos do processo Edital estratégico do programa P&D regulado pela ANEEL	Quantidade por ano do sprojetos de P&D do processo de edital estratégico programa	MT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução dos valores investidos nos projetos do programa P&D regulado pela Aneel	Valores investidos por ano nos projetos	GT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução dos valores investidos nos projetos de P&D do processo normal do programa	Valore investidos por ano dos projetos de P&D do processo normal do programa	MT	Programa P&D regulado pela Aneel	
	Evolução dos valores investidos nos projetos do processo de edital estratégico do programa P&D regulado pela ANEEL	Valores investidos por ano dos projetos do processo de edital estratégico programa	MT	Programa P&D regulado pela Aneel	
Produção tecnológica (patentes)	Patentes depositadas no mundo	Quantidade de patentes depositadas no mundo	MT	Derwent Innovation	Período (2007 a 2016)
	Patentes depositadas no Brasil	Quantidade de Patentes depositadas no Brasil	MT	Derwent Innovation	
	Patentes depositadas no Brasil, por classificação do depositante	Quantidade de patentes depositadas no Brasil por depositante residente no Brasil e por depositante não residente no Brasil	MT	Derwent Innovation	
	Qualidade ou força de patente (família de patentes)	Tamanho da família de patentes	MT	Derwent Innovation	
	Empresas e/ou instituições com patentes depositadas no Brasil	Ordenamento das empresas que mais depositam no Brasil	MT	Derwent Innovation	
EMT	Estágio de maturidade tecnológica (EMT) utilizando como métrica uma adaptação do TRL	Estágio de maturidade tecnológica (baixo; médio, alto)	MT	Percepção de especialistas	-

Legenda: D - Dimensão; A - Abrangência; F - Filtros; MT - Macrotemática; GT - Grupo Temático.

Fonte: elaboração própria

Tabela 7 - Mapa conceitual consolidado: Estrutura de CT&I

D(2)	1° Indicador ou critério de análise	Informação	A	Fonte	F
Recursos Humanos (competências e redes colaborativas)	Distribuição geográfica dos profissionais do setor elétrico	Quantidade por UF dos profisionais do setor elétrico no Brasil	GT-MT	Plataforma Lattes e Base RAIS	RAIS 2014
	Titulação dos profissionais do setor elétrico	Nível de titulação (técnico, graduado, especializado, mestrado e doutorado) dos profissionais do setor elétrico	MT	Plataforma Lattes e Base RAIS	
	Avaliação das redes colaborativas dos profissionais do setor elétrico por redes de coautoria	Número do grau médio de coautores por rede	MT	Plataforma Lattes e Base RAIS	
	Avaliação das redes colaborativas dos profissionais do setor elétrico por redes de similaridade semântica	Número do grau médio de similaridade semântica por rede	MT	Plataforma Lattes e Base RAIS	
Infraestrutura de CT&I (grupo de pesquisa e laboratórios)	Laboratórios e grupos de pesquisa disponíveis ao setor elétrico em território nacional	Quantidade de laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional	GT-MT	Diretório de Grupod e Pesquisa (DGP) e pesquisa in loco	Censo DGP 2016, categorias do CNAE Associadas à energia elétrica
	Distribuição geográfica dos laboratórios e grupos de pesquisa em território nacional	Quantidade por UF de laboratórios e grupos de pesquisa	GT-MT	Diretório de Grupo de Pesquisa (DGP) e pesquisa in loco	
	Tipos de laboratórios e grupos de pesquisa quanto a sua classificação da cadeia de inovação	Classificação quanto a cadeia de inovação dos laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional; (a) pesquisa ásica; (b) pesquisa aplicada; © desenvolvimento experimental; (d) cabeça de série; (e) lote pioneiro e inserção no mercado (classificação utilizada pela base DGP so CNPq)	GT-MT	Pesquisa in loco	-
	Tipos de laboratórios e trupos de pesquisa quanto a sua atuação	Classificação quanto a atuação dos laboratórios e grupos de pesquisa localizados em território nacional; (a) laboratório de teste e certificação; (C) laboratório de desenvolvimento; (d) grupo de estudos	GT-MT	Pesquisa in loco	-
	Pesquisadoes atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa	Quantidade de pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa	MT	Diretório de Grupo de Pesquisa (DGP) e pesquisa in loco	Censo DGP 2016, categorias do CNAE Associadas à energia elétrica
	Qualificação de pesquisadores atuantes nos laboratóris e grupos de pesquisa	Titulação (mestre e doutor) dos pesquisadores atuantes nos laboratórios e grupos de pesquisa	MT	Diretório de Grupo de Pesquisa (DGP)	
	Investimentos em equipamentos nos laboratórios	Valores investidos em equipamentos nos laboratórios	MT	Diretório de Grupo de Pesquisa (DGP)	
	Investimentos em software nos laboratórios	Valores investidos em software nos laboratórios	MT	Diretório deGrupo de Pesquisa (DGP)	
	Produção científica e tecnológica dos laboratórios e grupos de pesquisa	Quantidade de periódicos publicados (nacionais e internacionais) i patentes geradas pelos laboratórios e grupos de pesquisa	MT	Diretório de Grupo de Pesquisa (DGP)	

D(2)	1° Indicador ou critério de análise	Informação	A	Fonte	F
Capacitação (programas de pós-graduação)	Distribuição dos programas de pós-graduação nacionais	Quantidade por UF de programas de pós-graduação em território nacional	GT	Sucupira	Coleta de informações 2016
	Lista das UF com maior número de pós-graduação nacionais	Quantidade por UF de programas de pós-graduação (cinco maiores) em território nacional	MT	Sucupira	
	Programas de pós-graduação no Brasil	Quantidade de programas de pós-graduação	MT	Sucupira	
	Lista das áreas de avaliação da CAPES dos programas de pós-graduação no Brasil	Quantidade de programas de pós-graduação no Brasil por área de avalização da CAPES e por macrotemática	GT-MT	Sucupira	
	Instituições financiadoras de projetos de pesquisa no Brasil	Quantidade de instituições (desagregada por sua natureza no Brasil	MT	Sucupira	
Mecanismos de fomento	Valores descritivos dos projetos	Detalhamento dos valores investidos (valor total de todos os projetos; valor médio; valor mínimo; quartil superior e inferior, mediana e valor máximo) em projetos no setor elétrico por cada agência de formento	GT	CNPq-Finep-Aneel-BNDES	Período (2007 - 2016)
	Evolução do número de projetos financiados pelas agências de formento	Quantidade por ano de projetos financiados por cada agência de fomento	GT	CNPq-Finep-Aneel-BNDES	
	Evolução do investimento total de projetos financiados pelas agências de fomento	Valor total do investimento por ano em projetos financiados por cada agência de fomento	GT	CNPq-Finep-Aneel-BNDES	
	Investimento total dos projetos financiados pelas agências de fomento	Quantidade de valores totais investidos nos projetos financiados por cada agência de fomento	MT	CNPq-Finep-Aneel-BNDES	

Legenda: D - Dimensão; A - Abrangência; F - Filtros; MT - Macrotemática; GT - Grupo Temático.

Fonte: elaboração própria

Tabela 8 - Mapa conceitual consolidado: Industria e Mercado; e Estratégico

D	1º Indicador ou critério de análise	Informação	A	Fonte	F
Cadeia produtiva	Estruturação da cadeia produtiva	Grau de estruturação da cadeia produtiva	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Insumos para atender às necessidades da cadeia produtiva	Disponibilidade ou acesso aos insumos em território nacional para atender às necessidades da cadeia produtiva	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Itens manufaturados da cadeia produtiva nacional	Capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Serviços técnicos dedicados a cadeia produtiva nacional	Nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologia de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Estabelecimento futuro da cadeia produtiva	Nível de dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Infraestrutura de logística para atender a cadeia produtiva nacional	Nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Sinergia entre cadeias produtivas	Identificação das sinergias da cadeia produtiva	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional	Identificação da importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional	Identificação da importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva nacional	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-

D	1º Indicador ou critério de análise	Informação	A	Fonte	F
Marcado (demanda e regulação)	Demanda atual de mercado no Brasil	Demanda atual no Brasil pelas tecnologias	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Demanda atual de mercado no mundo	Demanda atual no mundo pelas tecnologias	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Demanda futura de mercado no Brasil	Demanda no Brasil pelas tecnologias nos próximos 10 anos	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Demanda futura de mercado no mundo	Demanda no mundo pelas tecnologias nos próximos 10 anos	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
	Marco regulatório do setor elétrico brasileiro	Nível de favorecimento do Marco regulatório atual do SEB ao desenvolvimento das tecnologias	MT	Pesquisa estruturada (via Web)	-
Política Setorial (planejamento estratégico setorial)	Política de médio prazo	Grau de priorização da política de médio prazo	MT	Debate e consenso dos representantes da governança do setor elétrico	-
	Política de longo prazo	Grau de priorização da política de longo prazo	MT	Debate e consenso dos representantes da govenança do setor elétrico	-

Legenda: D - Dimensão; A - Abrangência; F - Filtros; MT - Macrotemática; GT - Grupo Temático.

Fonte: elaboração própria

Oportunidades e desafios

A identificação dos desafios e oportunidades para cada macrotemática foi realizada com base nas percepções dos diferente atores especialistas do setor. Para isto foram realizadas reuniões de especialistas para cada macrotemática (as mesmas reuniões utilizadas para montar o mapa do conhecimento) e notas técnicas de pesquisadores no assunto.

2.2.3. Matriz de análise

SWOT é a sigla dos termos: *Strengths* (Forças), *Weaknesses* (Fraquezas), *Opportunities* (Oportunidades) e *Threats* (Ameaças). Consiste em uma ferramenta de análise bastante popular no planejamento

estratégico que consiste em recolher dados importantes que caracterizam o ambiente interno (forças e fraquezas) e externo (oportunidades e ameaças) da empresa. Segundo Jones (2011) se dividem em:

- ambiente interno (Forças e Fraquezas) – são as competências que uma empresa tem sobre as empresas concorrentes (força) ou as competências que sua concorrente tem sobre ela (fraqueza)
- ambiente externo (Oportunidades e Ameaças) – são forças externas à empresa que influenciam positivamente (oportunidade) ou negativamente (ameaça) e não se tem controle sobre elas. Porém devem ser identificados para que se aproveite a oportunidade ou busque tornar uma ameaça em oportunidade.

Baseado na objetividade e simplicidade da análise da SWOT o projeto buscou adaptar esse método para o ambiente da CT&I de um setor específico de um país.

A matriz de análise do projeto caracteriza os pontos fortes e fracos com as informação estruturada levantadas das bases de dados ou pesquisa estruturada. São informações do ambiente interno da CT&I no setor no Brasil. Analisam o que temos hoje com base nos levantamentos pelos critérios e ou indicadores de forma objetiva, por exemplo: produção científica e tecnológica; estrutura de CT&I; impactos ambientais e sociais, etc.

Os desafios e oportunidades seriam as informação não estruturada levantadas pelo projeto, são as informações de entrevistas, debates, que buscam representar as visões gerais da CT&I no setor pelo ponto de vista dos especialistas. Neste caso eles apontam questões de ambiente externos à CT&I do setor que as informações estruturadas não conseguem levantar. Referre-se a regulação, política entre outros.

Esta matriz mostra de forma clara e objetivas estas visões estruturadas e não estruturadas das informações levantadas pelo projeto, concluindo uma análise sobre cada macrotemática.

Capítulo 3

Capítulo 3

CT&I e o Setor Elétrico Brasileiro

3.1. A Produção Técnica Científica no Setor de Energia Elétrica

Para a caracterização do setor de energia elétrica no contexto da produção técnica científica, foram utilizados as seguintes indicadores:

- Patentes brasileiras depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) no período de 2007-2016;
- Projetos submetidos ao Programa de P&D regulamentado pela Aneel no período de 2008-2016;
- Artigos científicos publicados em revistas da base *Web of Science* e *Scopus*, que tenham classificação *qualis* no mínimo de B2, no período de 2007-2016.

Estes indicadores foram registrados para cada um dos grupos temáticos: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia; Transmissão de Energia Elétrica; Distribuição de Energia Elétrica; Eficiência Energética e Assuntos Sistêmicos.

Os aspectos relevantes desta pesquisa foram os seguintes:

3.1.1. Patentes Brasileiras

Analisando os gráficos 1 e 2, pode-se concluir que:

As patentes depositadas relacionadas aos grupos Transmissão de Energia Elétrica e Distribuição de Energia Elétrica apresentam o mesmo padrão de evolução no período observado e termos de composição do total das patentes estes grupos participam, respectivamente, com 8,02% e 9,71%

O grupo Eficiência, com 26,78% do total de patentes depositadas no período, alcançou, no ano de 2011, o seu máximo, decaindo de forma substancial até 2013, e, a partir deste ano, continuando a cair de forma mais suave.

O grupo Geração se mostrou mais promissor em termos de patentes, com 55,49% do total depositado para todos os grupos no período em estudo. Deve-se, entretanto, ressaltar que o grupo alcançou o máximo no ano de 2011 e vem caindo de maneira bastante acentuada até o ano de 2016.

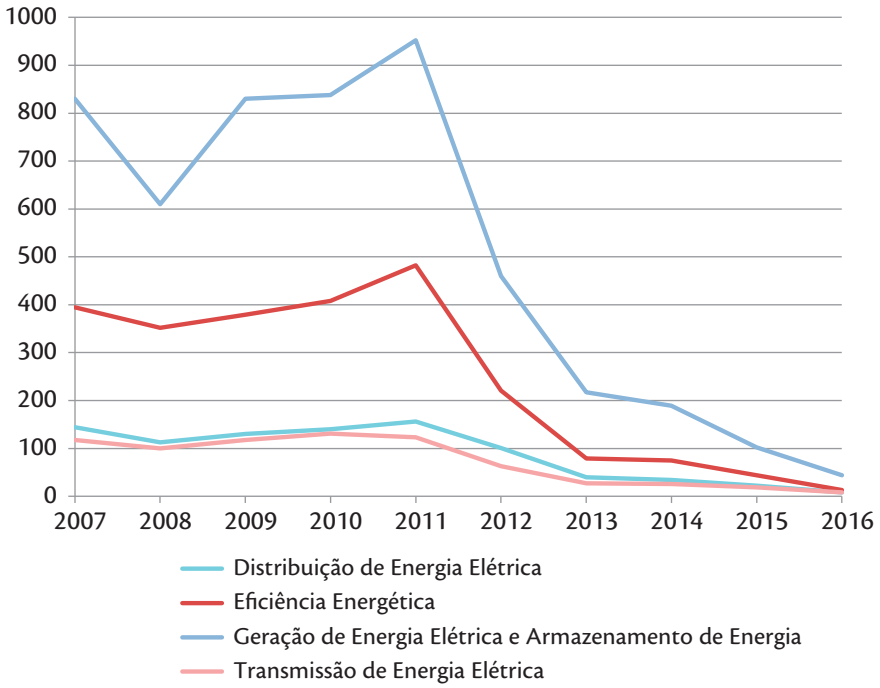


Gráfico 1 - Evolução das patentes depositadas no Brasil referente aos GT

Fonte: elaboração própria.

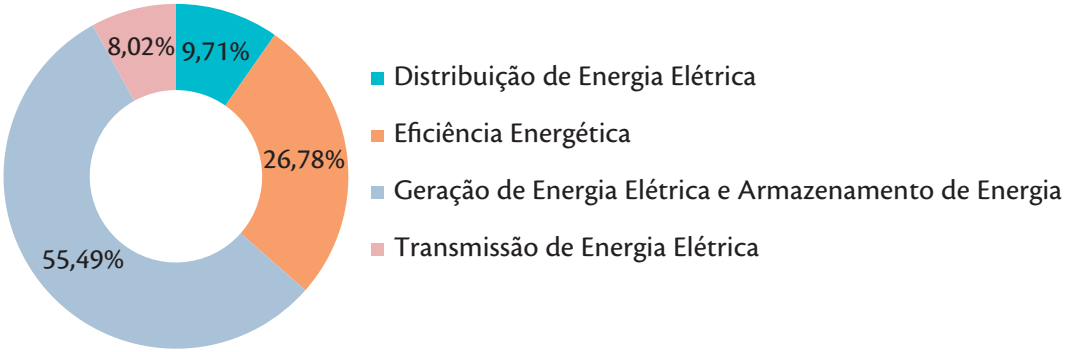


Gráfico 2 - Percentual das patentes depositadas no Brasil referente aos grupos temáticos

Fonte: elaboração própria.

3.1.2. Projetos de P&D

O Gráfico 3, o Gráfico 4 e o Gráfico 5 apresentam a evolução anual dos projetos de P&D no período de 2008-2016, a composição percentual e a composição percentual dos investimentos realizados por grupo temático, em que se pode observar que o GT de Eficiência Energética apresentou número reduzido de projetos ao longo do período de análise. A sua composição percentual em termos de quantidade de projetos foi de 3,81% e igualmente reduzida em termos de investimento. Deve-se ressaltar que estes são projetos de P&D voltados para o tema Eficiência Energética que não consideram os projetos registrados na Aneel especificamente para os projetos de Eficiência Energética das distribuidoras de energia elétrica.

Interessante notar que, em termos de evolução do número de projetos registrados na Aneel, os grupos Assuntos Sistêmicos e Transmissão de Energia Elétrica apresentam o mesmo formato da curva de evolução com pouca variação, ressaltando-se o pico de registro em 2010/2012, chegando em torno de 30 projetos em 2016 . Esta semelhança se confirma em termos da composição percentual do número de projetos (16,19% para Assuntos Sistêmicos e 13,63% para Transmissão de Energia Elétrica) e em termos de investimento o grupo de Transmissão de Energia Elétrica apresentou dois picos de crescimento em 2012 e 2014, com investimento da ordem de R$ 100 milhões para os dois grupos em 2016.

O mesmo comportamento foi observado nos GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia e Distribuição de Energia Elétrica, com diferenças mais marcantes, principalmente, no ano de 2012, quando alcançaram o número máximo de registros e a queda abrupta no ano de 2013,

principalmente para o grupo de distribuição que, em 2013, volta ao patamar do nível do ano de 2008. Esta semelhança se confirma em termos da composição percentual do número de projetos (36,82% para Distribuição e 29,54% para Geração). Embora em menor número de projetos, o Grupo de Geração apresenta um maior grau de investimento, sendo interessante notar que este grupo apresentou investimento da ordem de 2012 de R$ 700 milhões, caindo, em 2014, para R$ 200 milhões e crescendo para cerca de R$1.100 milhão em 2016. O Grupo de Distribuição em menor grau de investimento apresenta, para estes mesmos anos, os valores de R$ 400; R$ 200; e R$ 700 milhões.

O crescimento acentuado em termos de investimentos do Grupo de Geração, saindo do patamar de R$ 200 milhões em 2014 e alcançando o valor de R$ 1.100 milhão em 2016, pode ser explicado pelas chamadas de projetos estratégicos que a Aneel lançou neste período relacionadas aos temas: Geração Heliotérmica e Armazenamento de Energia, que resultou em muitas propostas de altos valores de investimento. Por outro lado, o pico de 2012 foi devido igualmente ao lançamento dos projetos estratégicos voltados para a geração eólica e solar fotovoltaica.

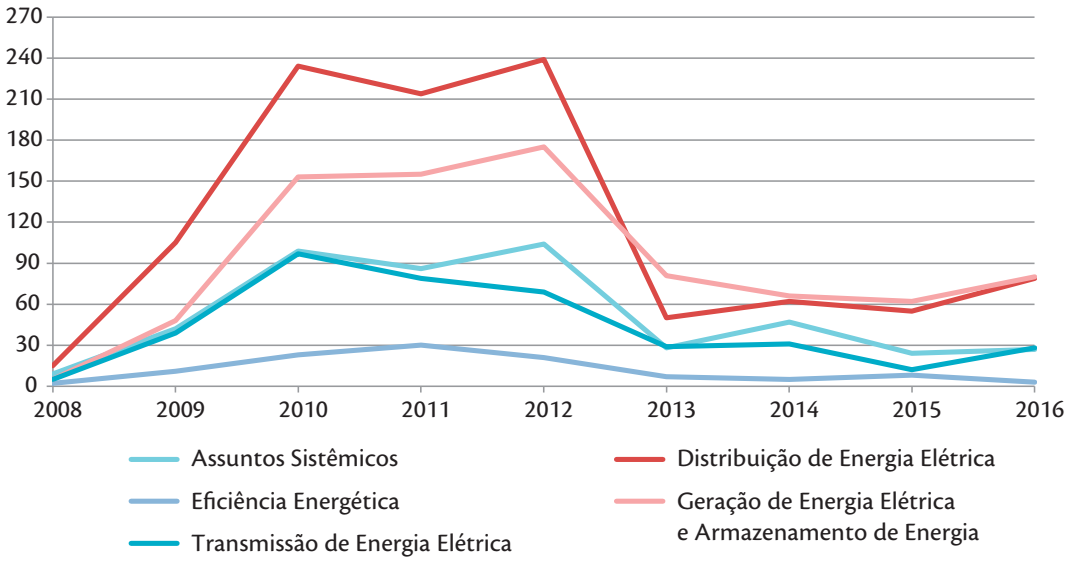


Gráfico 3 - Evolução das quantidades de projetos P&D Aneel em cada GT

Fonte: elaboração própria.

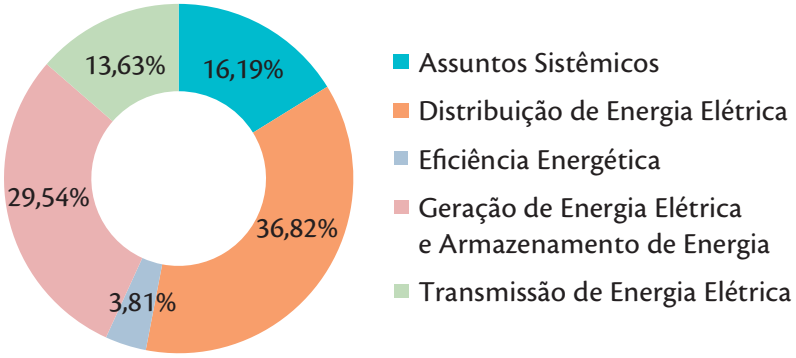


Gráfico 4 - Percentual dos projetos P&D Aneel classificados nos grupos temáticos

Fonte: elaboração própria.

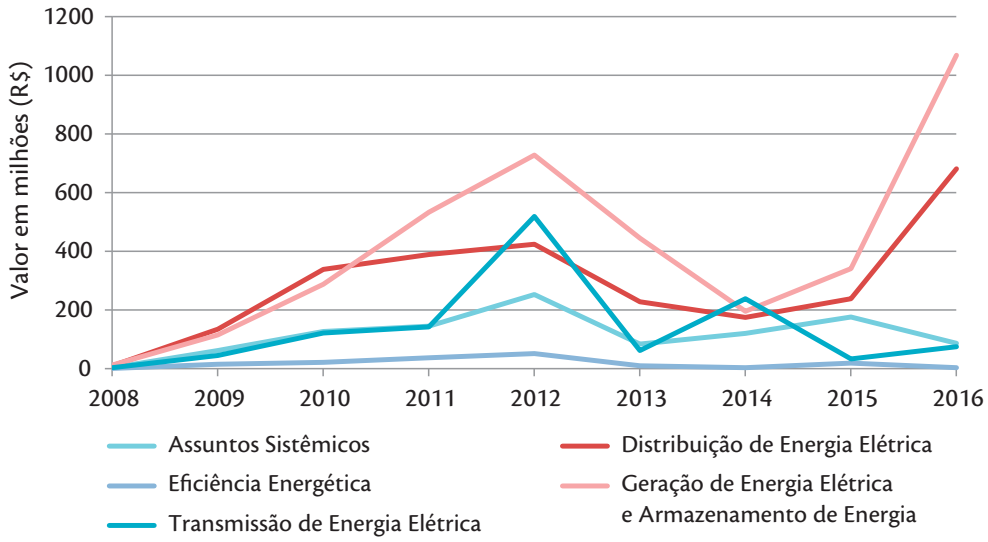


Gráfico 5 - Evolução dos valores investidos nos projetos P&D Aneel em cada GT

Fonte: elaboração própria.

3.1.3. Artigos Científicos

Com relação à evolução dos artigos científicos produzidos no Brasil, o Gráfico 6 mostra uma primazia do Grupo de Geração e Armazenamento de Energia, em constante evolução, alcançada a marca de 600 artigos em 2016. Segue-se, em ordem de crescimento, o Grupo de Distribuição, que apresentou um pequeno decaimento a partir de 2011, se recuperando em 2013/2014, quando apresentou um crescimento acentuado, alcançando cerca de 400 artigos em 2016. Os demais grupos se comportam de maneira semelhante, apresentando artigos na faixa de 150/200 artigos no ano de 2016.

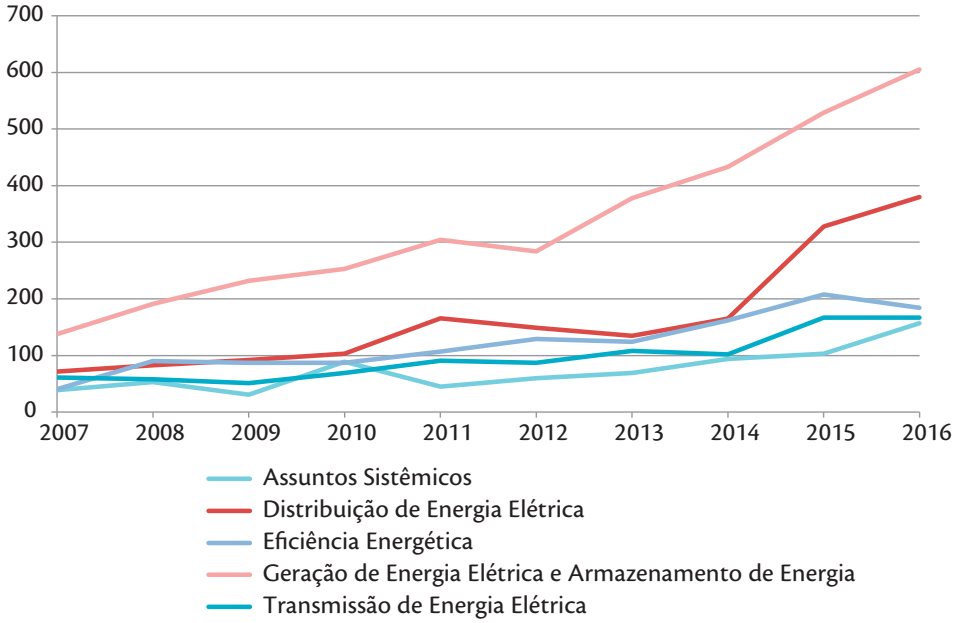


Gráfico 6 - Evolução dos artigos científicos produzidos no Brasil

Fonte: elaboração própria.

Capítulo 4

Capítulo 4

Diagnóstico de PD&I do grupo temático: Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

4.1. Introdução

O grupo temático Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia contempla as fontes energéticas e as formas de geração de energia elétrica, além dos meios de armazenamento de energia no contexto da pesquisa, desenvolvimento e inovação. Inclui os sistemas de geração e armazenamento dedicados à geração em região remotas, além das tecnologias de planejamento, implantação, operação e manutenção de usinas. O grupo é subdividido em macrotemáticas, conforme apresentado na Figura 4.

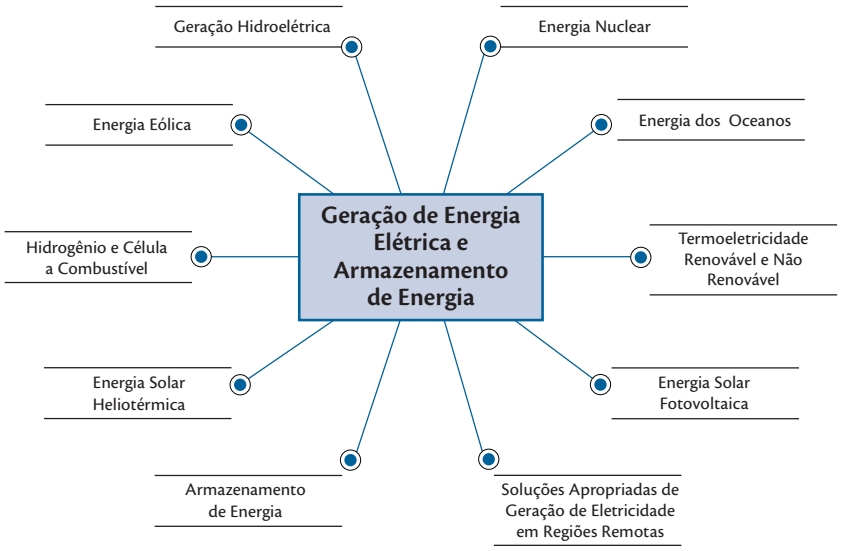


Figura 4 - Macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia
Fonte: elaboração própria.

4.2. Conceitos das Macrotemáticas

As respectivas macrotemáticas são conceituadas conforme apresentado a seguir:

Energia Eólica

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre o processo de conversão da energia cinética dos ventos em energia elétrica. Contempla as tecnologias de previsão e planejamento da operação, implantação, manutenção e descomissionamento de parques eólicos, monitoramento e operação, além das tecnologias de equipamentos e sistemas do parque gerador. As respectivas temáticas são caracterizadas de acordo com o porte (grande ou pequeno), eixo e localização (*onshore* e *offshore*) dos aerogeradores.

Energia Nuclear

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre o processo de conversão da energia térmica, gerada a partir da fissão do urânio, em energia elétrica. Contempla os diferentes tipos tecnológicos dos reatores nucleares, combustíveis, materiais avançados e de alta pureza, segurança, operação, manutenção e descomissionamento de usinas nucleares. A geração de energia elétrica via fusão nuclear é mencionada como uma linha de desenvolvimento, apesar de toda sua complexidade.

Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre tecnologias utilizadas na geração de energia elétrica em regiões remotas. As tecnologias consideradas nesse estudo são soluções para a geração em sistemas isolados (tecnologias para a geração concentrada e geração descentralizada) e em sistemas conectados ao SIN (tecnologias para a geração de ponta de rede e GD rural). A PD&I é abordada em cada um dos sistemas, considerando-se as potencialidades energéticas das regiões remotas, as tecnologias de que se compõem os sistemas de geração, bem como as tecnologias de gestão de ativos.

Armazenamento de Energia

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre tecnologias de armazenamento de energia, com destaque aos tipos eletroquímicos (baterias), mecânicos, elétricos, químicos e térmicos. Também são consideradas na macrotemática as possibilidades de PD&I sobre as tecnologias de O&M dos sistemas de armazenamento, mais especificamente, sobre os sistemas de gerenciamento de armazenamento de energia via baterias (BMS).

Geração Hidroelétrica

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre a conversão da energia hidráulica em energia elétrica. Contempla as diferentes modalidades de usinas hidráulicas considerando-se o tipo do reservatório e a capacidade de produção de energia. São igualmente identificados as diferentes tecnologias do conjunto turbina-gerador, bem como as tecnologias de planejamento, operação e manutenção dos sistemas de conversão de energia.

Geração de energia elétrica via hidrogênio e célula a combustível

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre geração de eletricidade a partir do hidrogênio via célula a combustível. O uso da célula a combustível por meio do uso de outros insumos energéticos também foi considerado, porém com menor enfoque. Também, são apresentadas as tecnologias de produção e armazenamento do hidrogênio.

– Obs: o uso do hidrogênio como insumo para geração térmica não foi considerado em nenhuma macrotemática, por ser uma opção inviável e de difícil possibilidade de aplicação na geração de energia elétrica.

Termoeletricidade renovável e não renovável

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre os sistemas de conversão aplicados na geração termoelétrica (motores alternativos, ciclos a turbinas e sistemas de cogeração), tecnologias de O&M

e geração de ativos, bem como as possibilidades de PD&I sobre a produção, os melhoramentos e os potenciais energéticos de combustíveis (biomassa, resíduos sólidos urbanos e combustíveis fósseis).

– Obs: ressalta-se que, embora os sistemas de conversão heliotérmico e a geração nuclear utilizem máquinas térmicas em seus processos de produção de energia, essas tecnologias serão abordadas especificamente em outras macrotemáticas.

Energia dos Oceanos

A macrotemática aborda as possibilidade de PD&I sobre o processo de conversão dos diferentes recursos oceânicos em energia elétrica. Considera, portanto, como recursos oceânicos a energia das ondas, amplitude das marés, correntes e marés oceânicas, gradiente de temperatura e gradiente de salinidade.

– Obs: são enfatizados os processos de conversão da energia das ondas e das marés.

Energia Solar Fotovoltaica

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre o processo de conversão da energia irradiada pelo sol em energia elétrica, por meio do efeito fotoelétrico. Compõem estudos sobre componentes dos sistemas fotovoltaicos (módulo de silício cristalino, módulo de filmes finos, módulo de tecnologias emergentes e BoS – sistema de monitoramento e operação), sobre recurso solar e sobre aplicação dos sistemas fotovoltaicos na GD, central fotovoltaica e em sistemas isolados.

Energia Solar Heliotérmica

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre o processo de conversão da energia irradiada pelo sol em energia elétrica, por meio da concentração solar (CSP) na geração de vapor. Compõem estudos sobre os sistemas CSP (sistema heliotérmico de linha focal, ponto focal e tecnologias auxiliares à geração heliotérmica – armazenamento de energia, GD, química solar e hibridização) e sobre o mapeamento do recurso solar.

4.3. Diagnóstico: análise por indicadores

4.3.1. Dimensão Ambiental

A Tabela 9, a seguir, apresenta uma descrição do impacto que as futuras tecnologias acerca do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia terão sobre o meio ambiente. Sob esse aspecto, foi considerada a influência da operação dessas tecnologias sobre a qualidade do ar e da água, nível de ruído, temperatura local e fertilidade do solo.

Tabela 9 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Impacto Ambiental
Energia Eólica	Baixo impacto
Energia Solar Fotovoltaica	Sem impacto
Energia Solar Heliotérmica	Impacto positivo
Energia dos Oceanos	Baixo impacto
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	Moderado impacto
Hidrogênio e Célula a Combustível	Impacto positivo
Geração Hidroelétrica	Baixo impacto
Energia Nuclear	Impacto positivo
Armazenamento de Energia	Sem impacto
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	Baixo impacto

Fonte: elaboração própria.

Considerando-se o ano de 2050, estima-se que 34% da energia elétrica gerada no mundo ocorrerá pelo uso das fontes renováveis, o que resultará na diminuição dos atuais 500 gCO_2/kWh para 40 gCO_2/kWh de energia consumida (IEA-ETP 2016). No Brasil, esse cenário será ainda mais favorável, dada a natureza renovável da matriz elétrica nacional e o desenvolvimento tecnológico dos sistemas de geração e armazenamento. Nesse contexto, a P&D possui elevada importância para mitigar os danos ao meio ambiente.

No cenário futuro da matriz elétrica brasileira, o impacto de tecnologias associadas à macrotemática Energia Eólica sobre o meio ambiente será baixo. A geração de ruído deve ser considerada no uso dessa tecnologia. Nesse sentido, as linhas de pesquisa têm focado no desenvolvimento de configuração de rotores, a partir de novos materiais, permitindo uma maior diversidade de aerogeradoes, menos ruidosos e com maior eficiência, para atender às demandas da matriz elétrica (geração centralizada e GD).

Em relação à macrotemática Energia dos Oceanos, atribui-se o baixo impacto à geração de ruído. Porém, a atividade de P&D tem desenvolvido soluções viáveis para o uso de usinas oceânicas na costa brasileira, conferindo a essa tecnologia a capacidade de gerar impacto positivo ao meio ambiente. As futuras instalações serão constituídas de materiais resistentes à fadiga e à corrosão, além de serem desenhadas para brigarem vida marinha, como um coral artificial. O local de instalação deve ser estratégico para aproveitar ao máximo a energia disponível pelo oceano, sem prejudicar rotas migratórias e berçários naturais. A geração de ruído e o risco de contaminação por agentes químicos poderão ser mitigados.

Com o desenvolvimento da P&D, as tecnologias aplicadas à macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável tendem a emitir menos particulados poluentes e a ser mais eficientes sob o ponto de vista de consumo de combustível e performance. Ainda que gere um impacto moderado, os assuntos abordados no âmbito da pesquisa e desenvolvimento apontam para tecnologias dedicadas ao uso da bioenergia, ao processamento e à produção de insumos energéticos (elevação da capacidade calorífica), às tecnologias de combustão, ao uso de sistemas de cogeração, O&M avançados e ao uso combinado dos sistemas térmicos com outras tecnologias de geração via fontes renováveis.

Embora a geração de eletricidade relativa à macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível gere como produto H_2O, a produção desse insumo envolve processos que fazem uso de outras fontes energéticas. Ou seja, esse vínculo tecnológico é um fator importante para a caracterização dos níveis de poluição do meio ambiente, associados à geração via hidrogênio em célula a combustível. Nesse caso, o uso de sistemas de cogeração para a produção do hidrogênio fará com que a tecnologia via célula a combustível se torne não apenas mais competitiva como também favorável à manutenção do meio ambiente. O uso de tecnologias como a química solar (heliotérmica aplicada a produção de combustível) também favorecerá o uso de células a combustível que trabalhem com outros insumos, além do hidrogênio.

Os sistemas de geração associados à macrotemática Energia Nuclear demandam um volume relativamente grande de fluxo de água para a troca de calor no ciclo de geração termoelétrica (*Rankine*) da usina, fato que justifica as instalações das plantas nucleares próximos aos oceanos e a grandes reservatórios hídricos. Por isso, a P&D tem se concentrado em mitigar os impactos da geração de

calor sobre o ambiente, por meio do aumento de eficiência do ciclo termodinâmico e da cogeração em serviços auxiliares da usina. Além disso, o uso da energia nuclear em substituição a outras fontes térmicas pode contribuir com a diminuição das emissões de particulados ao meio.

As tecnologias de Armazenamento de Energia apresentam-se como soluções viáveis para mitigar os impactos que a geração de energia elétrica pode causar ao meio ambiente. A P&D tem contribuído na caracterização de sistemas de armazenamento modulares e de grande porte (como reservatórios hidráulicos) para atenderem à demanda dos variados sistemas de geração. As tecnologias de integração entre sistemas de armazenamento e sistemas de geração, O&M e monitoramento serão fundamentais à operação eficiente na geração de eletricidade. Essas questões, somadas ao desenvolvimento de usinas reversíveis, permitirão maior segurança e flexibilidade ao despacho de energia. Outro importante ponto diz respeito à mitigação das emissões de particulados poluentes na geração de eletricidade pelo uso dos sistemas de armazenamento.

No contexto da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas, a atividade de P&D tem investigado a melhor configuração de sistemas híbridos de geração e armazenamento de energia, adequada à região de implantação. É considerado o uso eficiente dos insumos disponíveis, visando à segurança e à qualidade no atendimento às regiões beneficiadas, com foco na conservação do meio ambiente. O desenvolvimento de sistemas de O&M e monitoramento adequados a esses sistemas é fundamental para uma operação coerente.

4.3.2. Dimensão Social

No que diz respeito à Dimensão Social no contexto do projeto, foram levados em conta os seguintes temas de análises: geração de empregos, remuneração e qualidade do emprego. Conforme mencionado na metodologia, a Tabela 10, a seguir, apresenta uma caracterização situacional futura das questões sociais relacionadas ao setor elétrico brasileiro, considerando-se a P&D como meio indutor do desenvolvimento das tecnologias presentes nas macrotemáticas.

No quesito geração de empregos, o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro pode proporcionar uma expectativa de média a alta empregabilidade para a maioria das macrotemáticas. Para o caso dessas macrotemáticas, os seguintes pontos devem ser considerados: desenvolvimento e crescimento da cadeia produtiva para o atendimento das demandas fabris, tanto das novas tecnologias quanto da ampliação dos parques tecnológicos já existentes; necessidade de mão de obra dedicada aos processos de planejamento, implantação e comissionamento das plantas de geração; aumento da mão de obra para a operação; e manutenção das plantas novas e repotenciadas. Nesse quesito, as

macrotemáticas cuja expectativa seja de baixa ou média de geração de empregos diretos e indiretos justificam-se pelo fato de haver um pré aproveitamento das estruturas fabris e de plantas já existentes. Além disso, deve-se levar em conta a atual estrutura de Recursos Humanos relativa ao grupo temático. Por exemplo, atualmente, há um número significativamente menor de trabalhadores/pesquisadores nas macrotemáticas Energia dos Oceanos, Hidrogênio e Célula a Combustível e Armazenamento de Energia, vide a análise de Recursos Humanos do grupo temático.

Tabela 10 - Indicadores de Dimensão Social do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Energia Eólica	2	1	3
Energia Solar Fotovoltaica	3	1	3
Energia Solar Heliotérmica	2	3	3
Energia dos Oceanos	1	1	3
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	3	2	3
Hidrogênio e Célula a Combustível	1	3	3
Geração Hidroelétrica	2	2	3
Energia Nuclear	2	3	3
Armazenamento de Energia	1	3	3
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	2	3	3

Legenda: Geração de Empregos: (1) Expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos; (2) Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos; (3) Expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos. **Remuneração**: (1) Expectativa de geração de empregos de baixa remuneração; (2) Expectativa de geração de empregos de média remuneração; (3) Expectativa de geração de empregos de alta remuneração. **Qualificação**: (1) Expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; (3) Expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

Fonte: elaboração própria.

Sobre a questão de remuneração, observa-se uma expectativa de geração de empregos diretos e indiretos de alta e média remuneração para a maioria das macrotemáticas. As questões de projeto de engenharia e gerenciais agregariam a maior renda *per capita* em todas as macrotemáticas. Uma importante questão observada nesse quesito é a necessidade de mão de obra mais qualificada para as

atividades de fabricação e montagem de equipamentos e sistemas (cadeia produtiva) e de operação e manutenção de plantas de geração, dado ao nível de sofisticação dos processos afins. Principalmente no que se refere às macrotemáticas Energia nuclear e Hidrogênio e Célula a Combustível.

No que tange à qualificação predominante nos empregos gerados, foi indicado, para as quatro macrotemáticas deste grupo, a expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

4.3.3. Produção de CT&I

A Produção de CT&I caracteriza o panorama das publicações científicas e de patentes brasileiras relacionados às macrotemáticas desse grupo, considerando-se o período de 2007 a 2017. Primeiramente, é apresentada uma comparação entre a evolução das publicações científicas brasileiras e a evolução das publicações científicas realizadas no mundo. Em seguida, é apresentado o panorama das publicações complementares e projetos Aneel. E, por fim, é apresentado um diagnóstico sobre patentes, considerando-se as publicações nacionais e internacionais.

Produção científica

O Gráfico 7, o Gráfico 8, o Gráfico 9, o Gráfico 10 e a Tabela 11 apresentam o panorama das publicações geradas no mundo, com destaque à posição do Brasil no *ranking* de maiores publicadores.

Do montante de 194.317 trabalhos científicos publicados no mundo, no período de 2007 a 2016, praticamente 50% dizem respeito à energia solar fotovoltaica, hidrogênio e célula a combustível e termoeletricidade renovável e não renovável (ver Gráfico 7). O Brasil, comparado aos demais países do G20, ocupa a 14º posição no *ranking* dos países que mais publicam no GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia (ver Gráfico 8) e os Estados Unidos da América e a República Federativa da China são as nações com o maior número de publicações, apresentando trabalhos em praticamente todas as macrotemáticas (ver Gráfico 8 e Tabela 11).

O tema geração termoelétrica desponta, nos últimos 10 anos, como uma das áreas mais exploradas no âmbito da P&D (ver Gráfico 9). Embora haja uma inegável tendência pelo uso da energia limpa, a intermitência das fontes renováveis exige a complementaridade térmica para assegurar a estabilidade e a resposta adequada à demanda de energia elétrica, tal qual ocorre no Brasil. Cabe destacar que,

em diversos países, a geração termoelétrica é a fonte primária de energia elétrica. Nesse contexto, as linhas de P&D têm se concentrado, principalmente, em tecnologias de captura de carbono, na mitigação de emissões, aumento da eficiência dos ciclos termodinâmicos, aproveitamento de resíduos térmicos (cogeração), uso de novos combustíveis de natureza renovável e aumento da eficiência de processos de queima (tecnologias de uso do carvão pulverizado, por exemplo).

A geração de energia elétrica via energia solar emerge no mundo como uma das fontes energéticas mais promissoras a partir da década de 1970. Os sistemas fotovoltaicos apresentam vantagens como a mobilidade dos painéis às estações de geração de energia elétrica (telhados, paredes, postes de rua, dentre outros), além da falta de ruído e emissão de gases de efeito estufa (se não considerarmos o ciclo de vida da tecnologia). Na última década, a questão energia solar tem apresentado grande interesse aos centros de pesquisas no mundo (ver Gráfico 9). As linhas de pesquisa e desenvolvimento concentram-se, principalmente, no aumento da eficiência das placas solares e na diminuição dos custos da tecnologia ao consumidor final (sistemas mais eficientes de fabricação). Além dessas questões, observam-se pesquisas voltadas à integração dos sistemas fotovoltaicos a outras fontes de energia e o aumento da confiabilidade (manutenção da eficiência no domínio do tempo). As linhas de P&D relacionadas à tecnologia de geração heliotérmica têm apresentado foco, principalmente, no aprimoramento do ciclo *Rankine* Orgânico, sistemas de rastreamento dos raios solares, desenvolvimento de novos materiais refletores, sistemas de limpeza das placas refletoras e na integração dessa tecnologia a outras fontes de energia. A maioria das pesquisas tem se concentrado nos Estados Unidos da América e na China (ver Tabela 11), contudo, o volume de publicações no mundo sobre essa macrotemética não é expressivo (ver Gráfico 7 e Gráfico 9), haja vista o interesse pelas tecnologias de módulos fotovoltaicos.

Com a possibilidade de produção de hidrogênio a partir da cogeração, o hidrogênio e as células a combustível têm se destacado entre as macrotemáticas (ver Gráfico 9). As questões relacionadas ao armazenamento e à produção do hidrogênio também estão presentes no meio científico no que diz respeito, principalmente, ao aumento de eficiência dessas tecnologias. Sobre as células a combustível, as pesquisas têm avançado para garantir menor custo de operação, elevar eficiência e permitir o uso de outros insumos como o metanol. Essas questões têm sido discutidas, com maior ênfase, pelas instituições de ensino e pesquisa presentes nos Estados Unidos da América e em países como Coreia do Sul, Japão, Canadá e China (ver Tabela 11).

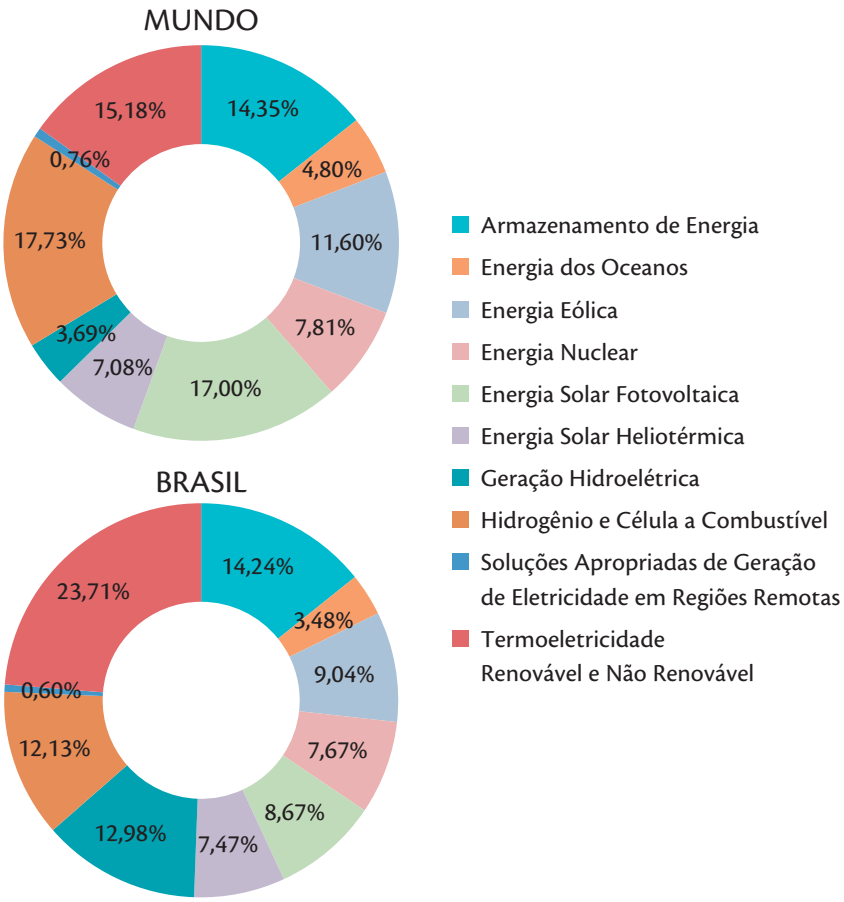


Gráfico 7 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

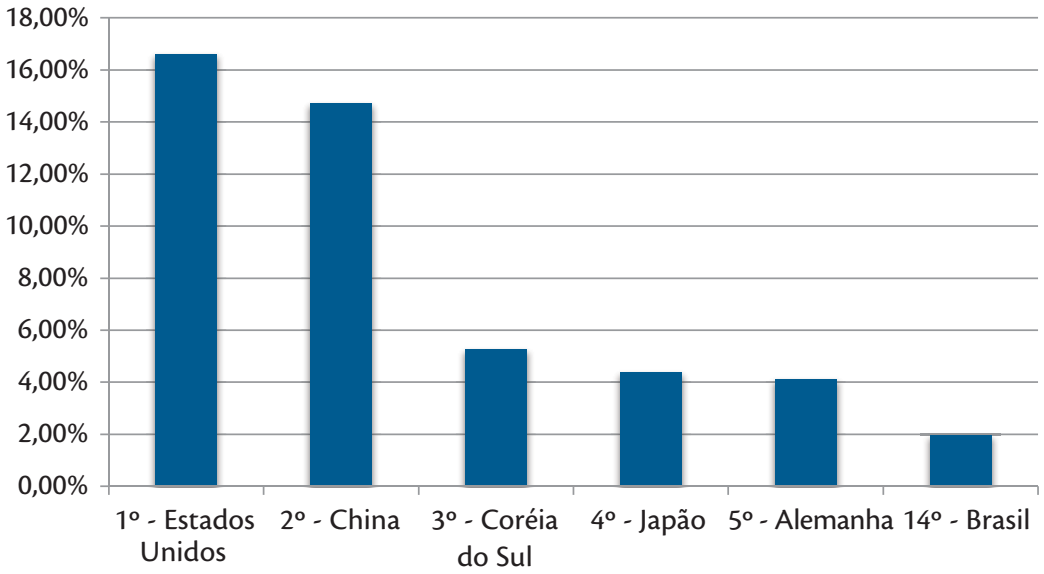


Gráfico 8 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

A geração eólica e os sistemas de armazenamento de energia também apresentam destaque nos assuntos científicos (ver Gráfico 7, Gráfico 9). A energia eólica é relativamente madura e tem passado por um processo de aprimoramento das suas tecnologias. As linhas de P&D mais promissoras permeiam as questões envolvidas à O&M, ao aumento de eficiência dos aerogeradores e aos sistemas de integração dos sítios eólicos a outros sistemas de geração e à rede (sistemas do tipo *smart grid*).

As tecnologias de armazenamento despontam, no cenário científico, como o meio de se garantir a estabilidade da geração, da transmissão e da distribuição de energia elétrica (ver Gráfico 7 e Gráfico 9). As linhas de P&D estão focadas no aumento da capacidade de armazenamento de energia, diversificação dos meios de armazenamento e, principalmente, na integração entre as tecnologias de geração, armazenamento, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Conforme apresentado no Gráfico 9, o decréscimo de publicações sobre o tema geração via energia nuclear ocorre no período do acidente da usina nuclear de Fukuchima, provocado pelo tsunami que devastou grandes áreas no Japão, em 2011. Após o acontecimento, observou-se que algumas questões sobre segurança nuclear precisariam ser respondidas, mas não foi possível, uma vez que as reais causas do acidente ainda não haviam sido divulgadas. Fato que influenciou imediatamente a projeção de

crescimento da participação da energia nuclear no campo da geração elétrica, culminando em uma expectativa, no cenário mais otimista, de capacidade instalada de 34 GW.

Tabela 11 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	1º	2º	3º	4º	5º	Colocação Brasil
Energia Eólica	Estados Unidos	China	Espanha	Alemanha	Dinamarca	19º
Energia Solar Fotovoltaica	Estados Unidos	China	Coreia do Sul	Taiwan	Alemanha	22º
Energia Solar Heliotérmica	Estados Unidos	China	Espanha	Alemanha	França	14º
Energia dos Oceanos	Estados Unidos	China	Reino Unido	França	Austrália	20º
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	Estados Unidos	China	Itália	Índia	Espanha	9º
Hidrogênio e Célula a Combustível	China	Estados Unidos	Coreia do Sul	Japão	Canadá	16º
Geração Hidroelétrica	China	Estados Unidos	Brasil	Canadá	Índia	
Energia Nuclear	Estados Unidos	Japão	China	França	Índia	12º
Armazenamento de Energia	Estados Unidos	China	Coreia do Sul	Japão	Espanha	15º
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	China	Estados Unidos	Índia	Espanha	Irã	19º

Fonte: elaboração própria.

Independente desse cenário, observa-se que a produção científica sobre o tema, ao longo da última década, é expressiva em relação a outras fontes renováveis como a hidroeletricidade e os oceanos. Nesse contexto, as linhas de P&D mais evidentes abordam o desenvolvimento de reatores nucleares mais modernos (maiores eficiência e confiabilidade – nova geração de reatores), descomissionamento de usinas, sistemas mais avançados de produção de novos combustíveis, cogeração (produção de hidrogênio), novas metodologias de planejamento e implantação de usinas nucleares e o desenvolvimento da geração via fusão nuclear.

Com relação à geração hidroelétrica, observa-se um volume menor de pesquisas, no período considerado (ver Gráfico 7 e Gráfico 9). As tecnologias de geração hidroelétrica estão bem difundidas e a sua aplicação é limitada às regiões com potencialidades específicas (grande volume de precipitação e disponibilidade de fluxos ou cursos d'água com desníveis adequados), como observado nas Américas do Sul e do Norte e na China, por exemplo. As linhas de pesquisa e desenvolvimento estão relacionadas ao aumento da confiabilidade do conjunto turbina-gerador, modernização dos sistemas de operação, controle e manutenção, ás Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) e ao desenvolvimento das turbinas hidrocinéticas.

A geração de energia elétrica via energia dos oceanos é um assunto relativamente novo e caracteriza-se por ser uma fonte limpa, de alta densidade energética e amplamente disponível. Embora países como os Estados Unidos, Reino Unido e França liderem as pesquisas sobre a energia oceânica (ver Tabela 11), o volume de pesquisas no mundo, comparado às demais macrotemáticas, é baixo (ver Gráfico 9) e boa parte dessas tecnologias ainda apresenta maturidade tecnológica de baixa para média, como é o caso dos conversores baseados no gradiente de salinidade da água e na presença de correntes oceânicas. Tecnologias baseadas na conversão da energia térmica oceânica, energia das ondas e na conversão da energia contida nas correntes de maré em energia elétrica encontram-se em um nível de maturidade moderado. Apenas os sistemas de geração oceânica via amplitude de maré encontram-se em nível de comercialização. Considerando-se esse cenário, as linhas de P&D têm se concentrado em estudos de viabilidade dos diferentes tipos de conversores, pesquisa na área de implantação das tecnologias, novos meios de testes laboratoriais, estudos para a integração de sistemas de armazenamento de energia aos conversores oceânicos, entendimento dos impactos ambientais e meios de transmissão submarina de eletricidade. Para as tecnologias em teste ou em funcionamento pleno, observam-se estudos com foco no aumento da eficiência na conversão da energia oceânica em eletricidade e sobre operação e manutenção.

Com a elevação do nível de maturidade das tecnologias de geração termoelétrica, hidroelétrica, eólica e solar, os sistemas voltados às tecnologias de geração de energia elétrica em regiões remotas têm evoluído (ver Gráfico 9). Embora não haja destaque dessa macrotemática no universo pesquisado, os trabalhos dedicados ao tema têm se concentrado na integração entre os respectivos sistemas de geração com sistemas de armazenamento e com a rede de transmissão e distribuição. Outra importante linha de P&D está na área de O&M e controle, já que dentre os grandes desafios, gerenciar a oferta e demanda de energia elétrica sobre os sistemas híbridos de geração de eletricidade exige especial desenvolvimento tecnológico. Fato potencializado pela intermitência das fontes renováveis.

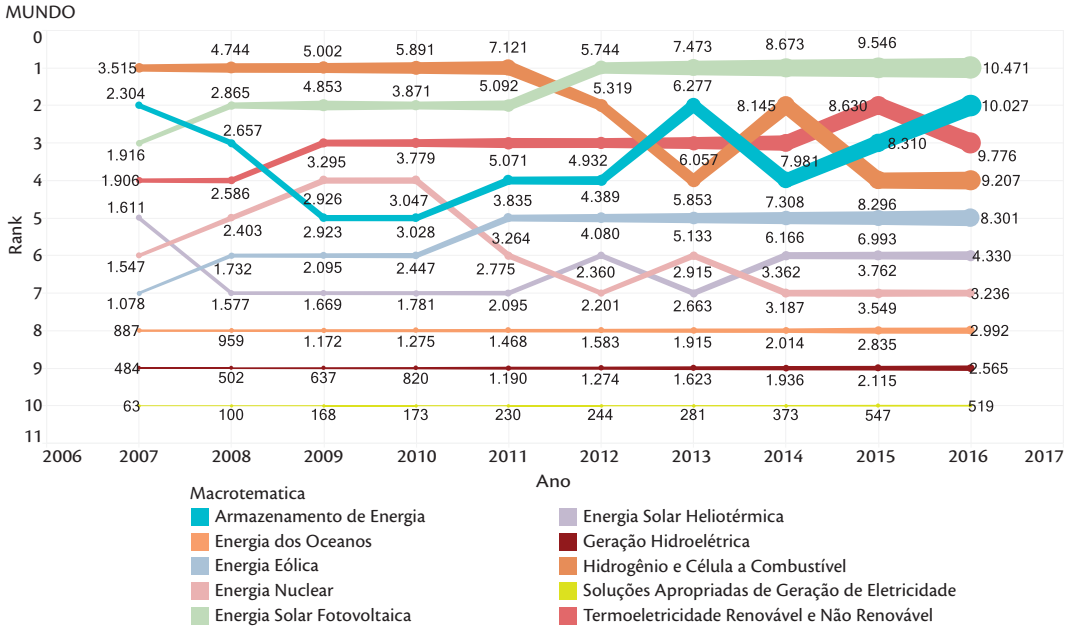


Gráfico 9 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

No contexto Brasil, aproximadamente 50% das publicações realizadas nesse período dizem respeito à termoeletricidade renovável e não renovável, geração hidroelétrica e armazenamento de energia (ver Gráfico 7). A maioria das publicações nacionais está concentrada nas regiões Sudeste e Sul do país, provavelmente em função da presença das principais instituições de ensino superior, institutos de tecnologias, laboratórios e em função da presença maciça da cadeia produtiva nacional (ver Figura 5 e Tabela 12).

A vocação nacional para a geração de energia elétrica fundamenta-se no uso de hidroelétricas e a fonte principal de geração complementar ainda é a termoelétrica, dada a sua capacidade de oferecer segurança e estabilidade ao fornecimento de eletricidade. Esse fato, aliado à valorizada gama de insumos renováveis presentes no Brasil, tem oportunizado o desenvolvimento de diversas pesquisas no contexto da geração termoelétrica, na última década (ver Gráfico 10). Em sua maior parte, as linhas de P&D estão voltadas ao desenvolvimento de novos combustíveis e à adaptação ou elevação de eficiência dos conversores que fazem uso desses insumos. Além disso, as pesquisas brasileiras abordam os sistemas de cogeração, uso de resíduos sólidos urbanos e industriais. Observa-se, também, que o desenvolvimento da geração distribuída tem oportunizado estudos sobre o uso do álcool em

motores de elevada performance, com aplicação estacionária (conceito *downsizing*). No contexto dos insumos não renováveis, as linhas de P&D estão focadas no melhor aproveitamento energético do gás natural e do carvão, bem como na produção e no processamento desses combustíveis. As publicações geradas no Brasil originam-se, em sua maioria, nas instituições federais de ensino como a USP, Unicamp, UFRJ, UFMG (ver Tabela 12) e em centros de pesquisa, como o Lactec, dedicados ao desenvolvimento contínuo de tecnologias.

Conforme mencionado, a geração hidroelétrica é uma vocação nacional e as tecnologias associadas a esse tema apresentam-se consolidadas. Contudo, as particularidades hidrológicas e a evolução da matriz elétrica nacional abrem espaço para pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de turbinas hidrocinéticas, aprimoramento de PCHs, com reservatórios e a fio d'água, uso sustentável dos reservatórios de água das usinas, diminuição da mortalidade de peixes, pesquisas nas áreas sociais, além de estudos voltados à O&M (sistemas de monitoramento, automação e projetos de manutenção). Outra importante linha de P&D relacionada à macrotemática diz respeito à integração das tecnologias de geração hidroelétrica em sistemas híbridos de geração de eletricidade. Esse cenário é corroborado com o aumento de publicações observado ao longo da última década (ver Gráfico 10), realizadas em quase todos os estados da federação (ver Tabela 12).

A inclusão de novas fontes de energia é necessária ao desenvolvimento de uma matriz energética nacional que possa atender com segurança e qualidade às demandas da sociedade. Nessa vertente, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) observa que os sistemas de armazenamento de energia serão essenciais à promoção do desenvolvimento das fontes renováveis intermitentes (eólica e solar, principalmente) e, portanto, é necessário que os sistemas de armazenamento apresentem capacidade de rápida resposta às flutuações de rede (oferta e demanda de energia elétrica). Nesse contexto, as linhas de P&D observadas no Brasil relacionam-se ao aumento da capacidade de armazenamento de energia (hídrica, elétrica e biomassa) e ao desenvolvimento de sistemas de integração entre as respectivas fontes e os sistemas de armazenamento. A evolução das pesquisas apresentada no Gráfico 10 é fundamentada nessas observações e tem cabido às instituições sediadas no sul e sudeste do país o maior volume de publicações (ver Tabela 12).

O desenvolvimento de linhas de P&D dedicadas ao uso do hidrogênio têm apresentado destaque no Brasil, nos últimos 10 anos (ver Gráfico 10). Conforme mencionado, o uso comercial do hidrogênio como vetor energético esbarra nas questões tecnológicas da produção, do armazenamento e do transporte. Fatos que corroboram a investida em pesquisas nacionais que tratam, em sua maioria, sobre a produção do hidrogênio via cogeração, sistemas de armazenamento, uso de células a combustível em sistemas estacionários (combinados com outras fontes) e a aplicação desse insumo para a mobilidade

urbana. A maior parte das pesquisas sobre esse tema concentra-se na região Sudeste do país (A USP e a Unicamp são referências) e na região Sul (ver Tabela 12).

A P&D sobre os sistemas de geração via energia solar no Brasil também é objeto de destaque entre as linhas mais pesquisadas no período de 2007 a 2016 (ver Gráfico 10). As pesquisas sobre o tema estão disseminadas em praticamente todo o território nacional (ver Tabela 12), porém o maior volume de estudos concentra-se nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina e dizem respeito, em sua maioria, ao desenvolvimento de sistemas de rastreamento solar (sistemas fotovoltaicos), aos conversores e à integração dessa tecnologia com a geração de hidrogênio e com outros sistemas de geração de eletricidade. A geração heliotérmica ainda é incipiente no contexto da P&D nacional, entretanto as pesquisas relacionadas focam-se na tropicalização das tecnologias existentes e na integração dos sistemas heliotérmicos a outras fontes de geração. As pesquisas sobre esse tema concentram-se nas regiões Nordeste (UFC, UFPE e UFBA) e Sudeste do país (Unifei, USP e Unicamp).

As primeiras políticas de inclusão da energia eólica na matriz energética oportunizaram o desenvolvimento de linhas de P&D voltadas ao planejamento e à implantação de parques eólicos, utilizando aerogeradores importados. Com a ampliação dos parques eólicos, a necessidade de adaptação das máquinas geradoras às condições dos ventos nacionais e a conveniência da interligação entre fontes permitiram à P&D nacional explorar questões mais intrínsecas aos aerogeradores, como novos perfis de pás, desenvolvimento de materiais leves, resistentes e flexíveis às questões vibracionais. Além disso, observou-se no país o estímulo à caracterização do mapa eólico nacional e ao desenvolvimento de tecnologias de integração das plantas eólicas à rede e aos demais sistemas de geração de eletricidade, fatos que amparam o aumento de publicações a partir de 2010 (ver Gráfico 10). Esse cenário possibilitou o desenvolvimento ou a adaptação de instituições como o Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (Cerne) e as universidades brasileiras (laboratórios dedicados à questão), em sua maioria localizada nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país (ver Tabela 12).

Na última década, as linhas de P&D destinas à geração via energia nuclear concentraram-se no desenvolvimento do *Brazilian Utility Requirements* (BRU), que são tecnologias avançadas de seleção de sítios para a implantação de novas usinas nucleares, e no aprimoramento de sistemas de operação e manutenção (inspeção robótica, diagnóstico, segurança na operação, dentre outros) e automação das usinas nucleares. No que se refere ao desenvolvimento de reatores, a pesquisa nacional tem concentrado esforços nos sistemas de propulsão de submarinos nucleares. A maior parte das publicações tem origem na região Sudeste, principalmente no Rio de Janeiro, já que as usinas e o porto de desenvolvimento dos submarinos nucleares concentram-se nesse estado (ver Tabela 12). As pesquisas na área nuclear também dizem respeito ao uso dessa natureza em aplicações da área médica, fato disseminado em instituições e centros especializados em outros estados brasileiros.

O Brasil tem um significante potencial a ser explorado para a geração de energia oceânica, dada a vasta costa litorânea e pelo gradiente favorável de temperatura do mar. As pesquisas sobre energias oceânicas têm sido tratadas no Laboratório de Tecnologia Submarina e no Laboratório de Tecnologia Oceânica, ambos na Universidade Federal do Rio de Janeiro, e por grupos de pesquisas localizados nas Universidades Federais do Maranhão, Pará e do Rio Grande do Sul (ver Tabela 12). O volume de pesquisas é, portanto, restrito a poucos laboratórios e/ou institutos, o que justifica a baixa produção científica no Brasil (ver Gráfico 10). Nos últimos 10 anos, as linhas de P&D se concentraram em temas relacionados à geração via energia das marés e das ondas, no que dizem respeito à influência da variabilidade do clima no comportamento das ondas, avaliação econômica dos recursos energéticos, avaliação de sistemas de conversão de energia, aspectos regulatórios, avaliação do potencial das energias das ondas e das marés e em O&M. A partir dos estudos realizados no país, foi possível instalar um protótipo em escala real de um conversor de energia das ondas, no litoral do Ceará.

No Brasil, a diversificação das fontes renováveis, bem como a disponibilidade de insumos energéticos oferecem um quadro absolutamente favorável ao desenvolvimento e implantação de arranjos tecnológicos para a geração de energia (sistemas híbridos). Apesar disso, o volume de pesquisas nessa área ainda é discreto, no contexto nacional (ver Gráfico 10). A maior parte dos projetos foi desenvolvida nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do país (ver Tabela 12), dada a variabilidade das fontes energéticas observadas, principalmente, na região Nordeste (solar e eólica). As linhas de P&D, portanto, estão concentradas na configuração de sistemas híbridos a partir de motores a diesel operando com sistemas fotovoltaicos, eólico e com banco de baterias. Observou-se, também, a necessidade de adaptação dos motores a diesel para operarem junto às respectivas fontes, desenvolvimento ou aprimoramento dos sistemas de conexão de rede, sistemas avançados de O&M e controle, além do uso de sistemas combinados à produção de hidrogênio e à geração de energia via células a combustível.

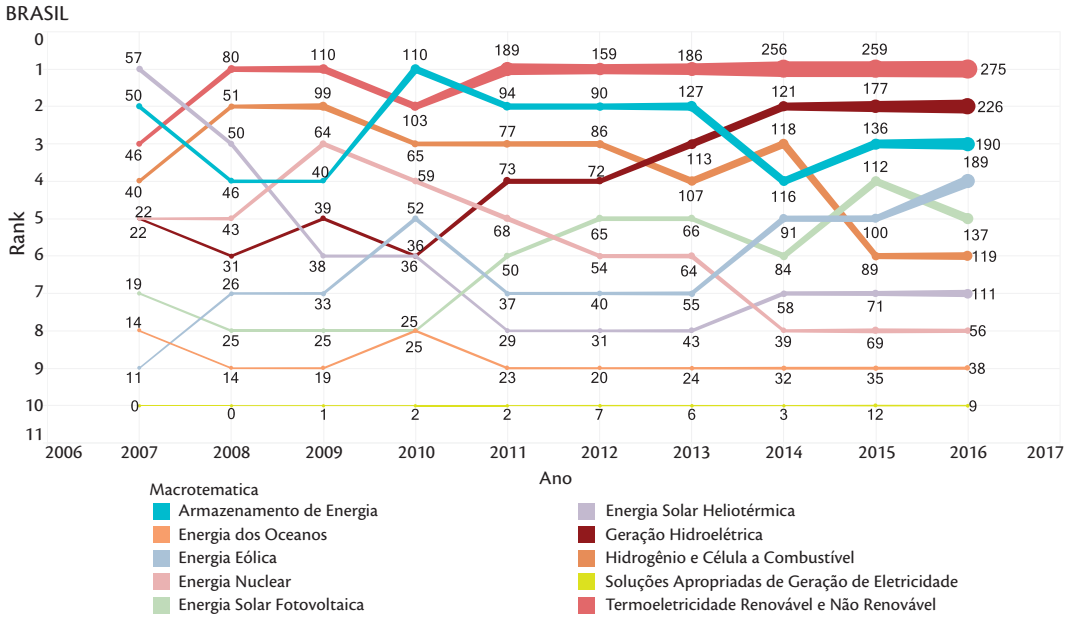


Gráfico 10 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

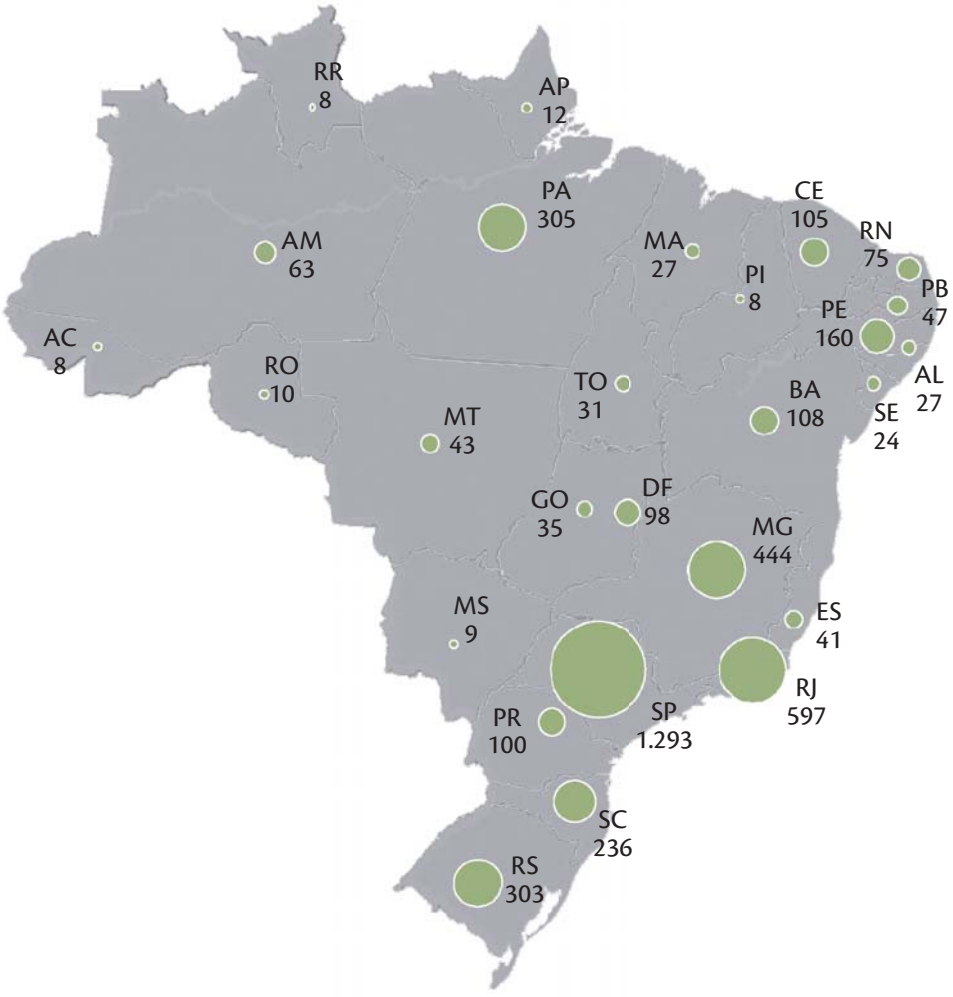


Figura 5 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Tabela 12 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática, por UF, para o GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	GA01 (%)	GA02 (%)	GA03 (%)	GA04 (%)	GA05 (%)	GA06 (%)	GA07 (%)	GA08 (%)	GA09 (%)	GA10 (%)
SP	24,92	27,96	32,44	22,13	38,06	48,06	22,53	23,23	25,73	16,67
RJ	11,99	6,74	8,59	20,49	13,77	15,04	13,74	37,73	16,52	11,90
MG	8,20	13,98	3,05	0,41	9,44	6,23	13,08	11,15	14,11	11,90
RS	5,68	7,57	11,45	20,08	5,65	5,99	7,36	4,28	6,71	7,14
PA	6,31	12,34	7,06	6,97	6,19	3,64	8,13	2,04	7,01	19,05
SC	5,36	7,24	4,20	9,84	4,45	3,76	3,74	0,74	5,21	4,76
PE	4,73	3,13	12,79	2,46	3,73	0,71	1,87	6,88	1,70	0,00
CE	10,41	3,13	1,91	1,23	1,86	0,71	1,10	1,49	2,10	0,00
BA	3,63	2,14	1,15	3,28	2,89	2,94	1,65	1,86	2,20	0,00
PR	0,95	4,11	0,76	0,41	3,13	2,00	2,42	0,19	3,00	0,00
DF	2,21	1,48	0,19	0,41	2,59	1,41	3,63	0,93	1,40	7,14
RN	3,47	0,66	4,39	0,41	1,14	2,70	0,99	0,74	1,00	0,00
AM	0,47	0,33	2,29	0,82	0,30	0,35	6,37	0,37	0,20	0,00
MT	0,16	0,49	0,76	2,87	0,18	0,47	3,41	0,74	1,30	0,00
ES	0,95	1,64	0,38	2,46	0,90	0,47	0,77	0,37	1,00	4,76
PB	1,42	0,82	2,10	0,00	0,42	0,59	0,22	0,37	2,10	2,38
TO	0,95	1,64	0,00	0,00	0,30	0,35	2,09	0,00	0,80	9,52
GO	0,32	0,49	0,38	0,00	0,72	0,82	0,55	0,93	0,90	0,00
MA	1,89	0,49	1,34	0,82	0,24	0,12	0,22	0,19	0,40	4,76
AL	0,16	0,49	0,00	0,00	0,54	0,59	0,44	0,93	0,60	0,00

	GA01 (%)	GA02 (%)	GA03 (%)	GA04 (%)	GA05 (%)	GA06 (%)	GA07 (%)	GA08 (%)	GA09 (%)	GA10 (%)
SE	0,00	0,33	0,19	0,00	0,24	1,06	0,66	0,19	0,30	0,00
RO	0,00	0,49	0,38	0,00	0,06	0,24	0,99	0,00	0,00	0,00
AP	0,47	0,49	0,95	0,41	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
PI	0,47	0,16	0,00	0,00	0,06	0,00	0,11	0,00	0,60	0,00
MS	0,00	0,00	0,19	0,00	0,18	0,00	0,44	0,00	0,20	0,00
AC	0,16	0,16	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,10	0,00
RR	0,16	0,33	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00
ND*	4,57	1,15	2,29	4,51	2,77	1,76	3,30	4,46	4,60	0,00
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: **GA01** - Energia Eólica; **GA02** - Energia Solar Fotovoltaica; **GA03** - Energia Solar Heliotérmica; **GA04** - Energia dos Oceanos; **GA05** - Termoeletricidade Renovável e Não Renovável; **GA06** - Hidrogênio e Célula a Combustível; **GA07** - Geração Hidroelétrica; **GA08** - Energia Nuclear; **GA09** - Armazenamento de Energia; **GA10** - Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas; **ND*** - UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Produção complementar

A pesquisa e o desenvolvimento não estão restritos aos centros de pesquisa e aos laboratórios de instituições de ensino. A partir da Lei 9.991/2000, a P&D se estendeu às responsabilidades das empresas do setor elétrico, com foco na evolução tecnológica dos parques de geração, na transmissão e na distribuição de energia elétrica. Além disso, os leilões de energias limpas promovidos nos últimos 10 anos pelo Governo Federal impulsionaram o desenvolvimento de tecnológicas por parte das empresas da cadeia produtiva e por parte das empresas do setor elétrico.

Como consequência, foram realizados diversos estudos por essas empresas, cujos resultados são apresentados em eventos do setor elétrico. Nesse contexto, o Gráfico 11 apresenta a distribuição dos estudos nos respectivos eventos, nos quais as empresas do setor elétrico nacional, as instituições

de P&D e as empresas da cadeia produtiva expõem os seus trabalhos e apresentam as tendências tecnológicas.

Conforme descrito na metodologia, os dados são relativos ao período compreendido entre 2007 e 2016 e dizem respeito ao Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citenel), Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi), Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) e ao Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (Sepope), que são os principais eventos do setor elétrico brasileiro.

Como esperado, mais de 80% dos trabalhos de geração e armazenamento de energia são apresentados no SNPTEE e no Citenel (ver Gráfico 11, Gráfico 12 e Gráfico 13). Nos dois eventos, a quantidade de trabalhos sobre hidroeletricidade é um destaque enquanto os trabalhos de geração termoelétrica parecem ter foco no Citenel e os trabalhos de energia eólica, no SNPTEE.

Os trabalhos sobre energia eólica, solar fotovoltaica e geração hidroelétrica também são destaque no Sepope (Gráfico 14), dada a possibilidade de pesquisas sobre o planejamento do setor com a entrada dos parques eólicos e a implantação de novas usinas hidroelétricas, principalmente PCHs. Como esperado, menos de 6% das publicações do grupo geração e armazenamento são apresentados no Sendi (ver Gráfico 15), cujos estudos possuem maior foco na distribuição de energia elétrica. Nesse caso, os trabalhos relacionados à geração e ao armazenamento de energia ocorrem no contexto da GD.

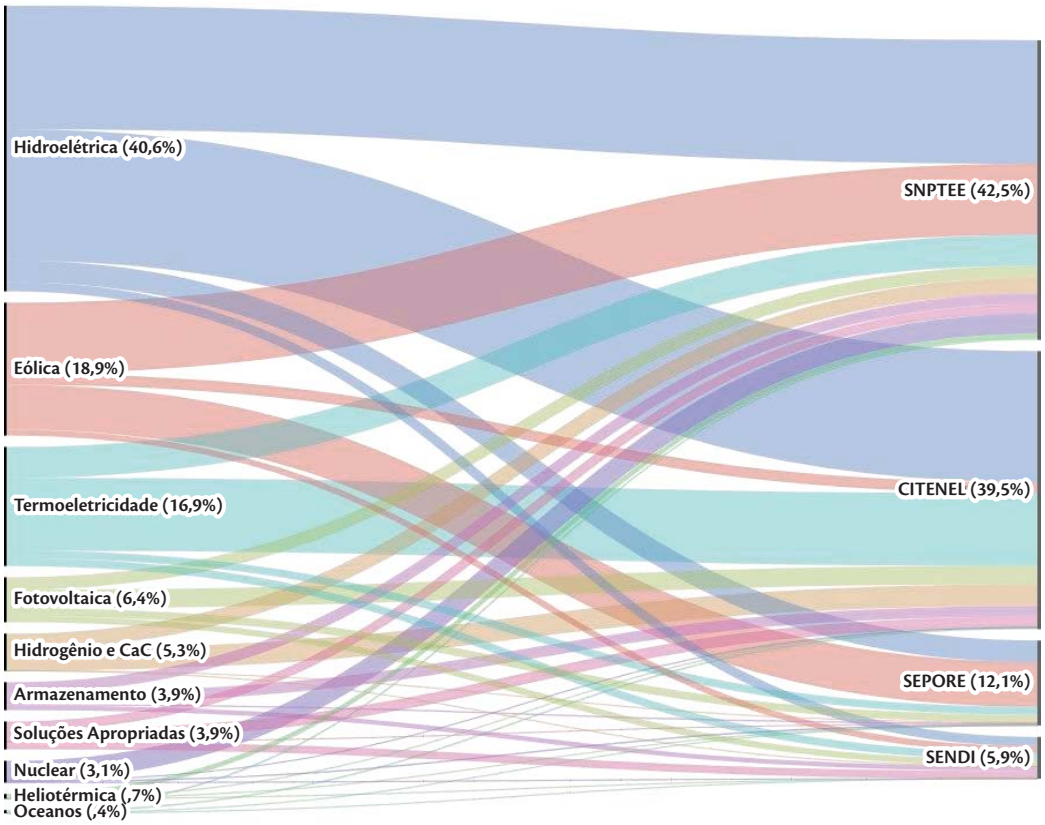


Gráfico 11 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

As publicações complementares permitem inferir sobre as expectativas dos expositores (empresas) com relação ao mercado de energia nacional. Questão, normalmente, não levada em conta no meio academicista. À vista disso, os respectivos trabalhos dizem respeito, em sua maioria, ao desenvolvimento de protocolos de operação e monitoramento de máquinas; à gestão de patrimônio, materiais, aumento da eficiência de máquinas e processos; às questões ambientais; às tecnologias de implantação; aos modelos numéricos de previsão do recurso; à implantação de sistemas de geração na rede; e ao desenvolvimento de combustíveis.

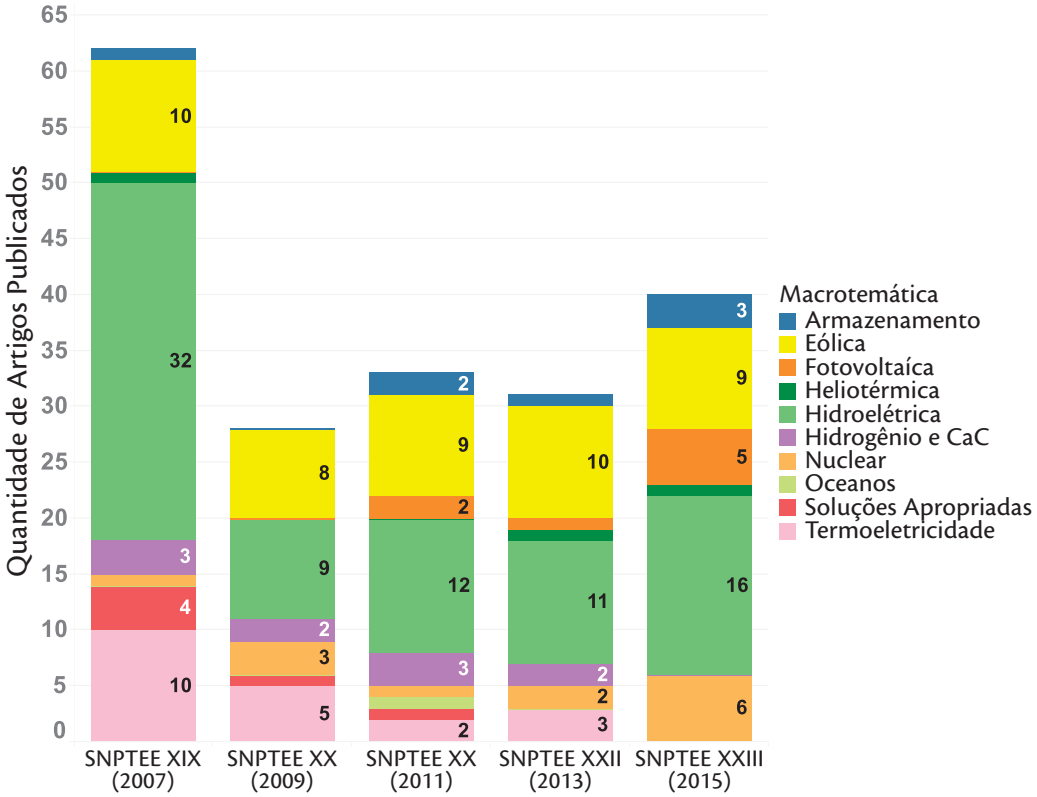


Gráfico 12 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

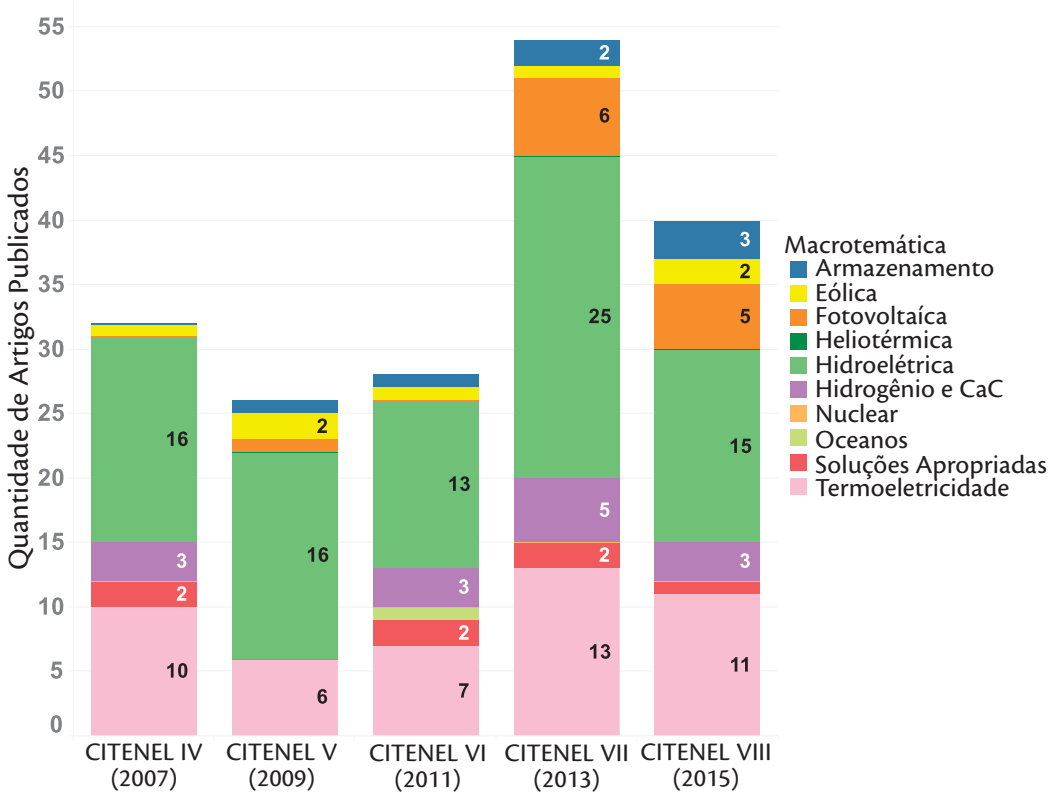


Gráfico 13 - Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

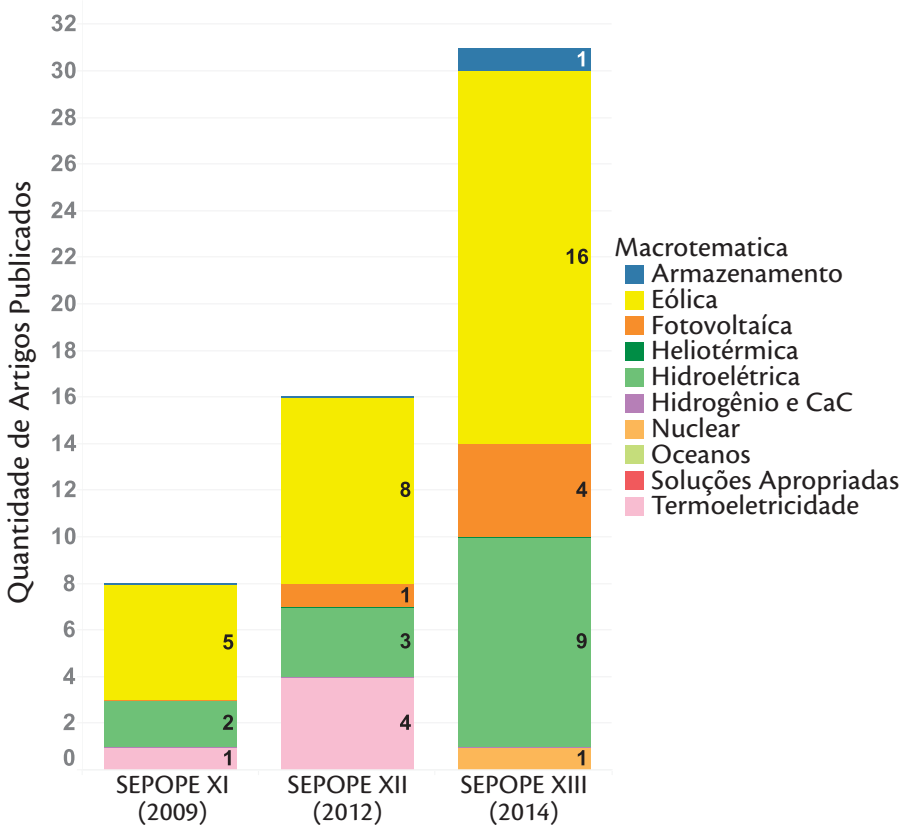


Gráfico 14 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

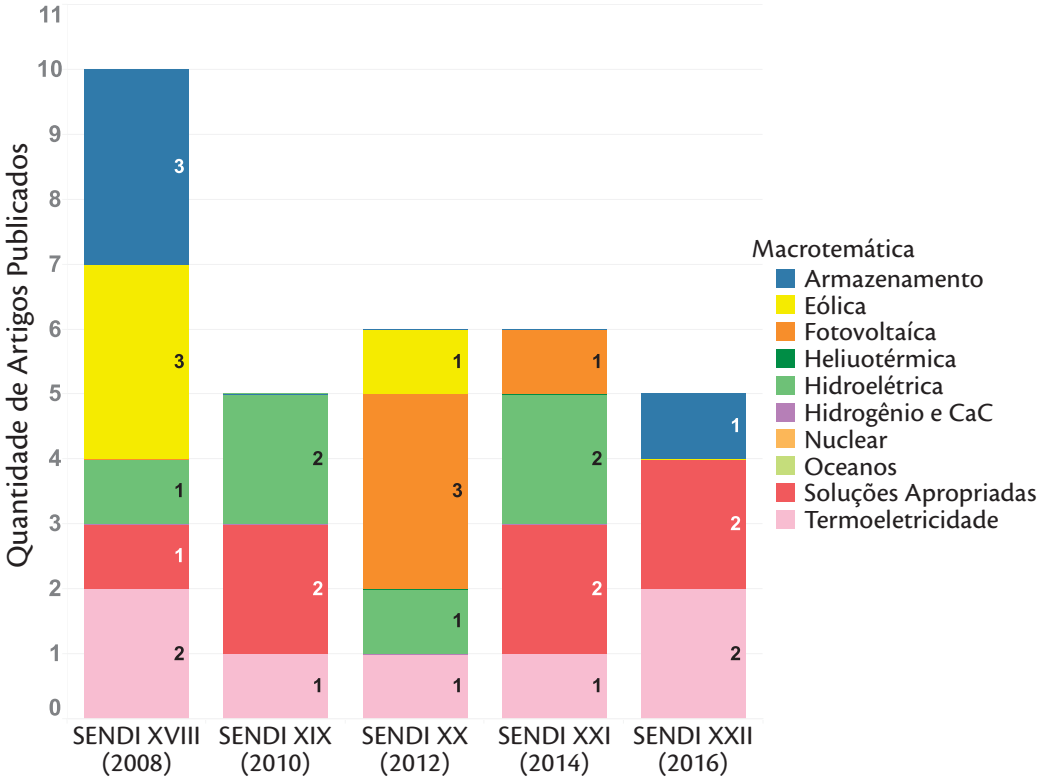


Gráfico 15 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Projetos Aneel

Conforme estabelecido no manual do programa de pesquisa e desenvolvimento regulado pela Aneel, os projetos elaborados pelas empresas do setor elétrico deverão, tal qual estabelece a lei nº 9.991/2000, "estar pautados pela busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. O projeto de P&D no setor de energia elétrica deve ser original e inovador. No entanto, diferentemente da pesquisa acadêmica pura que se caracteriza pela liberdade de investigação, deverá ter metas e resultados previstos".

A realidade almejada nesse trecho não se reflete de fato nos resultados dos projetos de P&D regulados pela Aneel. O cumprimento da cadeia de inovação e a inserção de um produto original no mercado ainda não é uma realidade, conforme constatado no Gráfico 16.

A maioria dos projetos desenvolvidos no Programa de P&D regulado pela Aneel é finalizado enquanto pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental (ver Gráfico 16). Os poucos projetos no universo da geração e armazenamento que alcançaram a inovação (viraram mercado) dizem respeito às macrotemáticas Energia Solar Fotovoltaica e Geração Hidroelétrica (Gráfico 16).

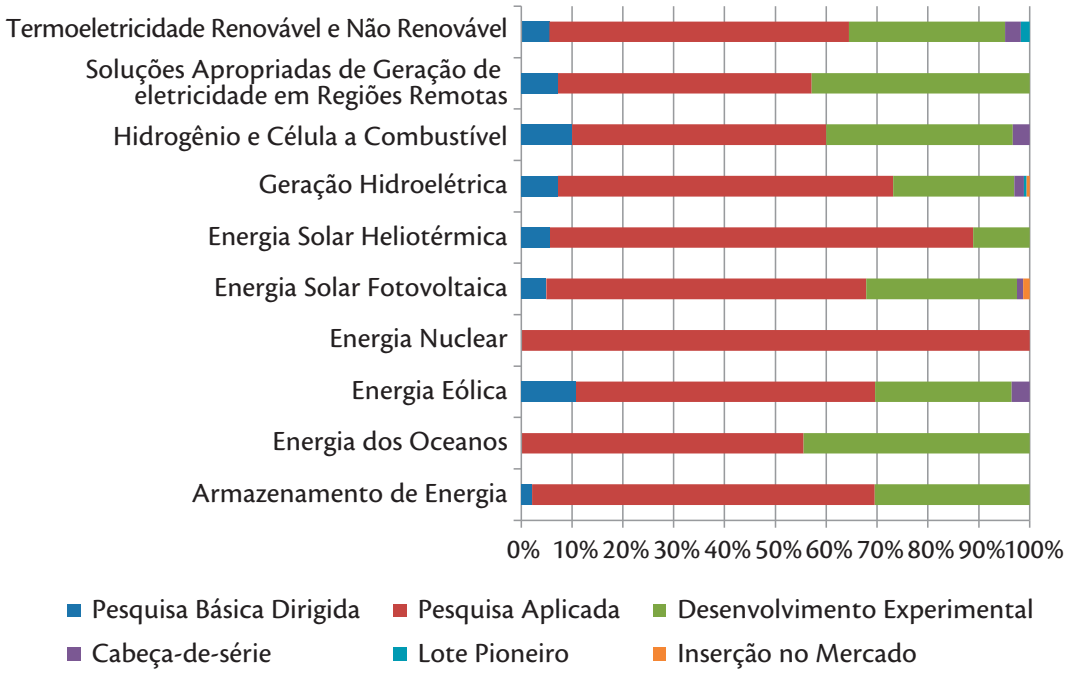


Gráfico 16 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

O montante de projetos e a quantidade de investimentos em determinada macrotemática parece não ter uma relação direta com a inovação. Os projetos dedicados à energia solar fotovoltaica correspondem a menos de 9% dos 818 projetos realizados no período de 2008 a 2016, no Programa de P&D regulado pela Aneel (ver Gráfico 17), enquanto os projetos dedicados à termoeletricidade renovável e não renovável corresponde a praticamente 40% dos projetos e nenhum se tornou mercado. Os investimentos na macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável correspondem a

aproximadamente R$ 900.000.000 nesse mesmo período, enquanto foram investidos R$ 411.000 em Solar Fotovoltaica (ver Gráfico 22).

A relação entre investimentos e quantidade de projetos parece ser mais direta com a realização de projetos que alcançaram as fases cabeça-de-série e lote pioneiro (ver Gráfico 16).

A inovação parece depender não só de investimentos e estrutura de CT&I como também de planejamento de negócio da empresa e coordenação entre empresas do setor elétrico e entidades do setor produtivo e de CT&I. Nesse sentido, o Figura 6, a Tabela 13, e a Tabela 14 caracterizam a rede de RH responsável pelo desenvolvimento dos projetos de P&D realizados no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel.

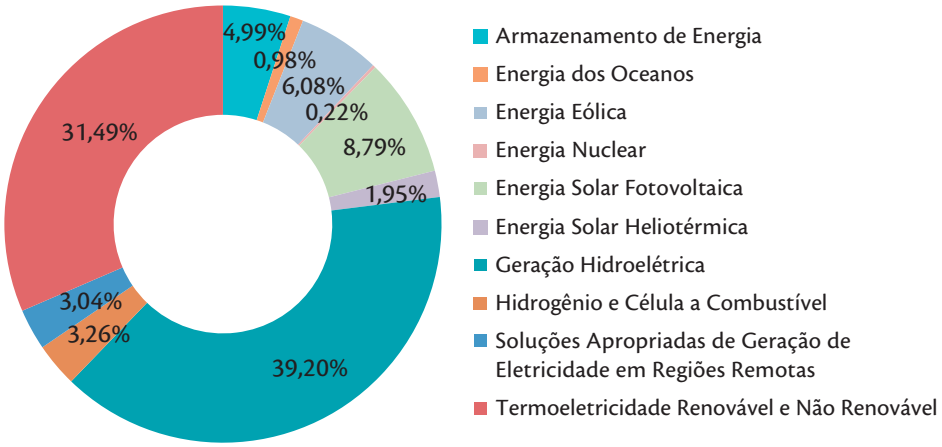


Gráfico 17 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

No contexto de rede[20], observa-se que a maioria dos desenvolvimentos permeiam tecnologias de controle, TI, conexões entre fontes e sistemas observados em GD e projetos civis (barragens). Praticamente, os assuntos ligados ao desenvolvimento ou inovação em grandes maquinários (conversores de energia, por exemplo) inexistem. A princípio, o setor elétrico parece desenvolver trabalhos de menor risco.

Vários motivos parecem determinar o nível de risco ao qual as empresas estão dispostas a se submeterem, dentre eles: a falta de estrutura interna para desenvolvimentos de elevadas magnitudes; a falta da

20 Ou seja, todos as macrotemáticas estão sendo consideradas nesse universo.

cultura da inovação; o receio em não atingir o grau de originalidade requerido pelo Programa de P&D regulado pela Aneel; e a carência de apoiadores técnicos (CT&I e indústria). No entanto, todas essas questões não passam de suposições.

O que pode ser inferido nesse sentido diz respeito à falta de colaboração entre desenvolvedores do setor. A Tabela 6 apresenta os valores de Grau Médio de coautorias[21] e de Grau Médio de similaridade semântica[22] da rede de colaboradores do setor elétrico brasileiro. Observe que a quantidade de trabalhos similares nesse universo é relativamente grande. Ou seja, boa parte do setor tende a desenvolver trabalhos nos mesmos assuntos. Por outro lado, se for considerada a razão[23] entre o Grau Médio de coautoria pelo Grau Médio de similaridade semântica, observa-se que menos de 9% dos colaboradores do universo das pessoas que publicam de forma semelhante trabalham em regime colaborativo.

O setor elétrico brasileiro, de uma forma geral, desenvolve trabalhos semelhantes, de pouco risco tecnológico, em áreas voltadas ao universo da eletrônica, do controle, de TI, de O&M e em obras civis, conforme mencionado, com baixa inovação e pouca cooperação entre empresas. Constata-se, também, que os investimentos mais expressivos ocorrem quando há chamadas estratégicas pela Aneel, nas quais há um direcionamento mais claro dos investimentos garantidos em lei, com menor risco de glosa[24]. Por outro lado, o Programa de P&D regulado pela Aneel tem promovido a qualificação dos profissionais do setor elétrico brasileiro que trabalham os P&Ds nas empresas (ver Gráfico 28).

À vista disso, pode-se inferir que há necessidade de uma maior participação da cadeia de CT&I e da indústria nacional para o desenvolvimento conjunto de projetos inovadores. É, portanto, imprescindível que sejam criadas políticas para apoiar o Programa de P&D regulado pela Aneel, no sentido de dar o direcionamento mais eficiente dos recursos garantidos em lei e de apoiar o desenvolvimento tecnológico pelo setor via programas de coordenação entre CT&I, cadeia produtiva e empresas do setor elétrico.

---

21 Grau Médio de coautoria: quantidade de arestas de coautoria dividida pela quantidade de colaboradores (RH), tudo isso multiplicado por 2. Reflete a quantidade de RH envolvidos em conteúdos feitos de forma colaborada, no universo considerado.

22 Grau Médio de similaridade semântica: quantidade de arestas de similaridade dividida pela quantidade de colaboradores (RH), tudo isso multiplicado por 2. Reflete a quantidade de RH que possuem trabalhos similares, mas não trabalham de forma colaborada, no universo considerado.

23 Oferece o percentual de RH que trabalha de forma colaborada no universo dos pesquisadores que publicam trabalhos semelhantes.

24 Nesse caso, observa-se uma maior segurança na aplicação dos recursos destinados pela Lei 9.992/2000, pois o projeto é pré avaliado por uma comissão da Aneel.

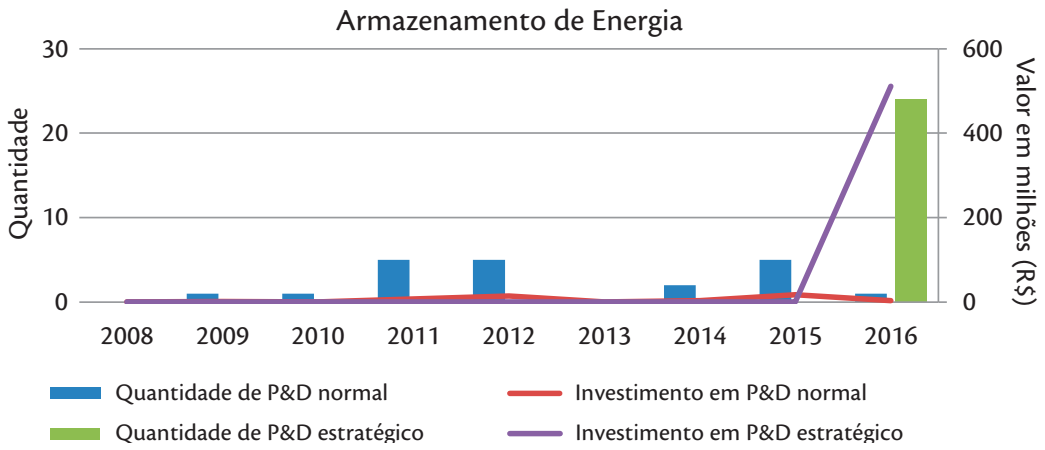


Gráfico 18 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Armazenamento de Energia, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

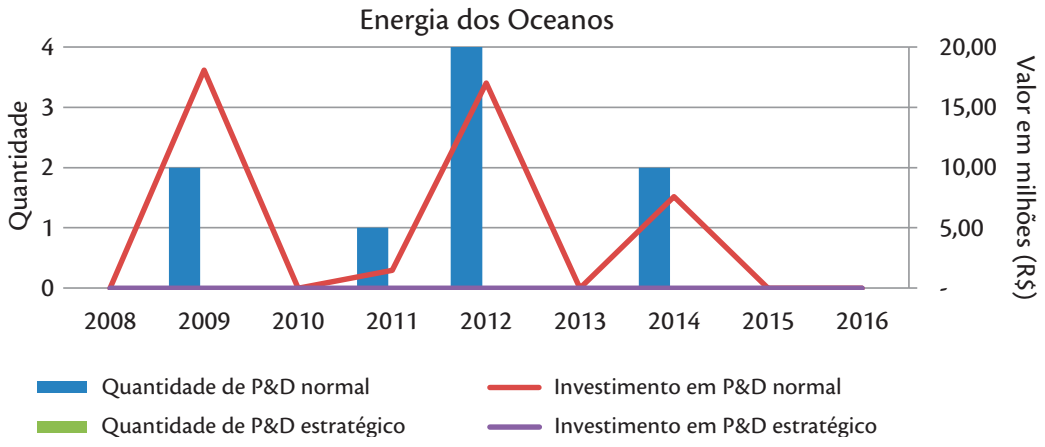


Gráfico 19 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia dos Oceanos, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

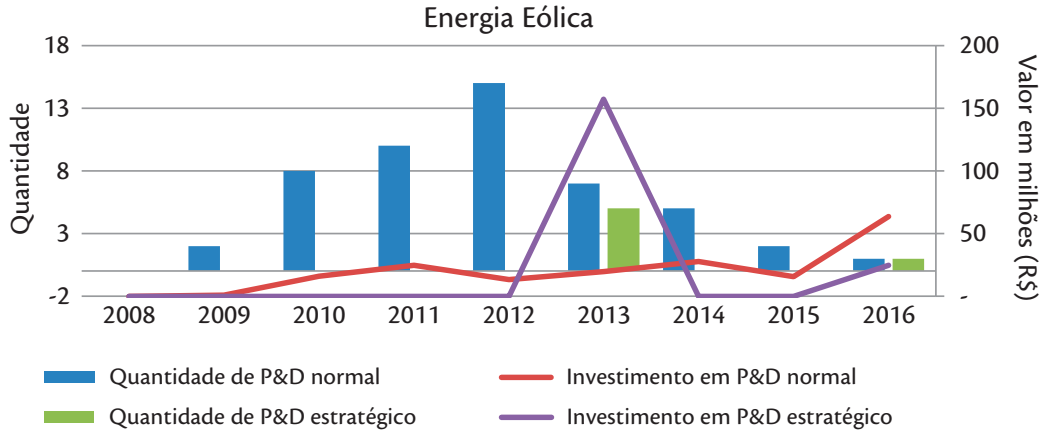


Gráfico 20 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Eólica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

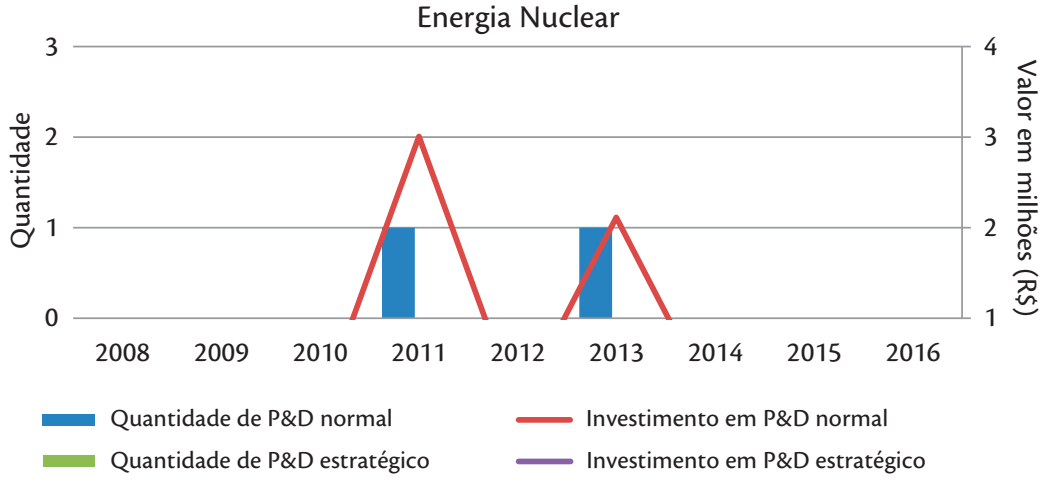


Gráfico 21 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia no Nuclear, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

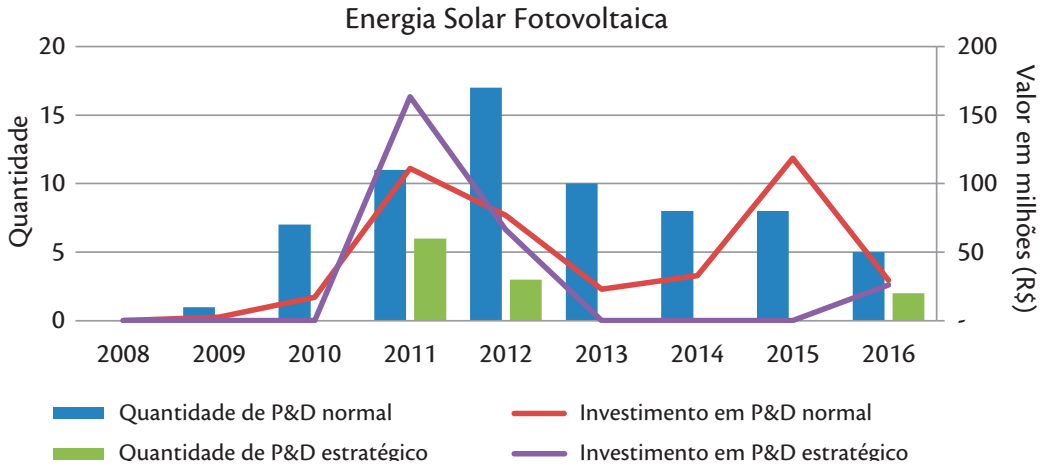


Gráfico 22 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Solar Fotovoltaica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

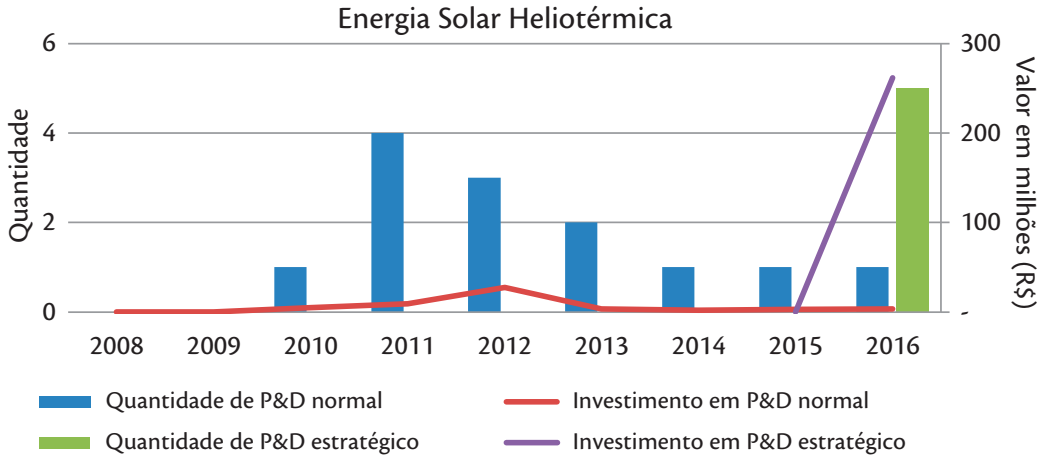


Gráfico 23 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Solar Heliotérmica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

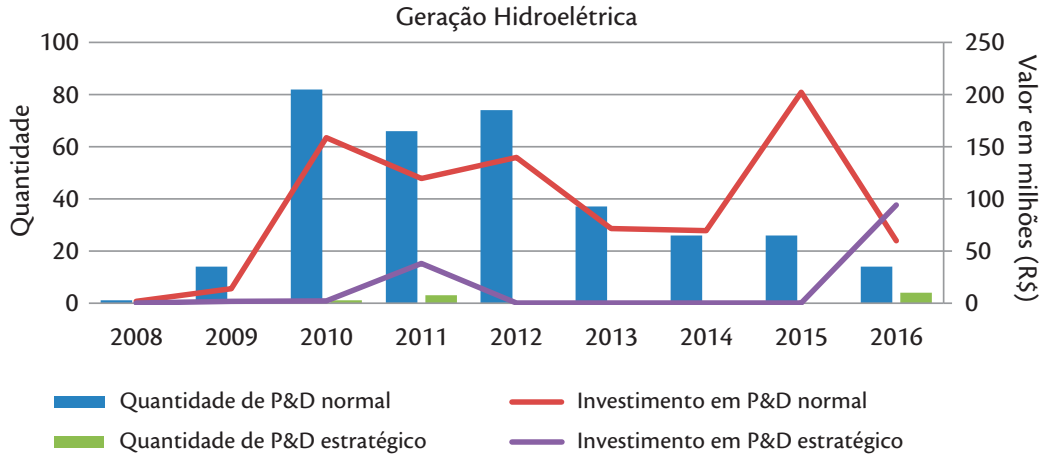


Gráfico 24 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Geração Hidroelétrica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

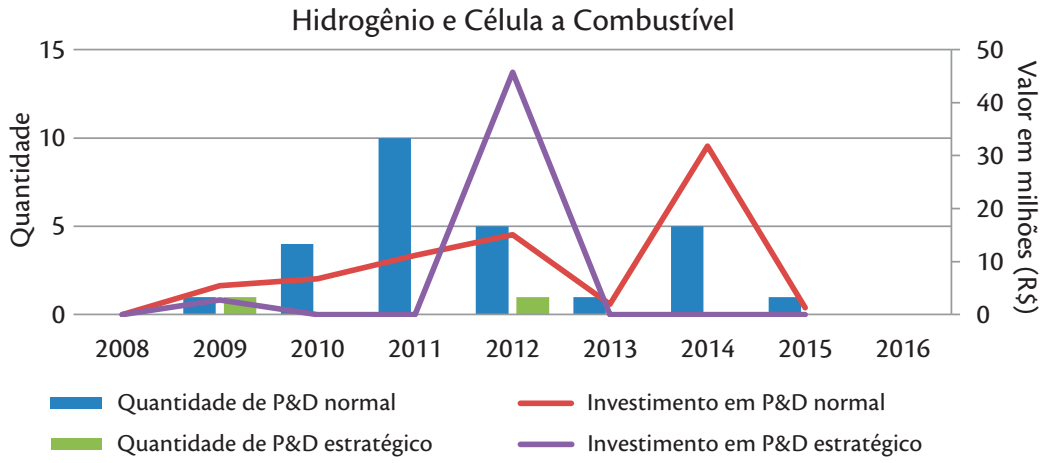


Gráfico 25 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

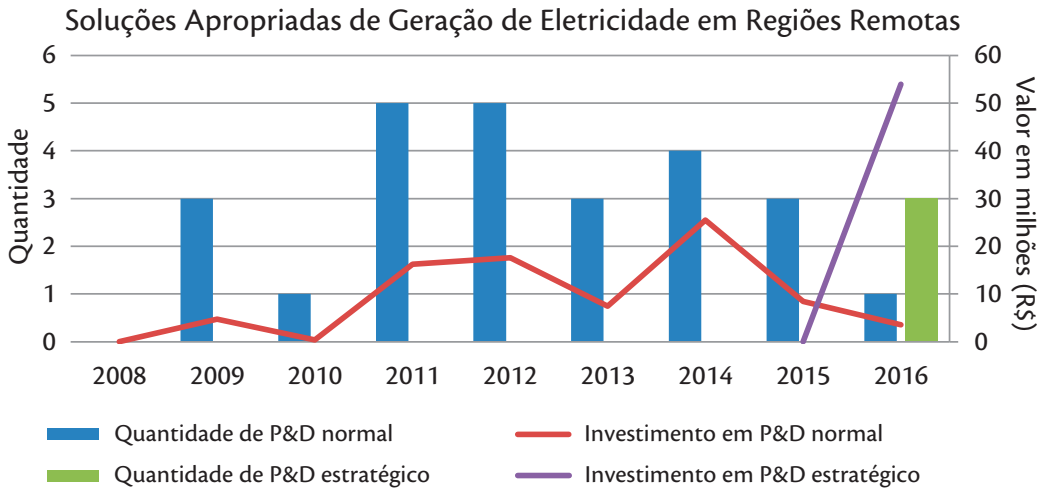


Gráfico 26 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Energia Elétrica em Regiões Remotas no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

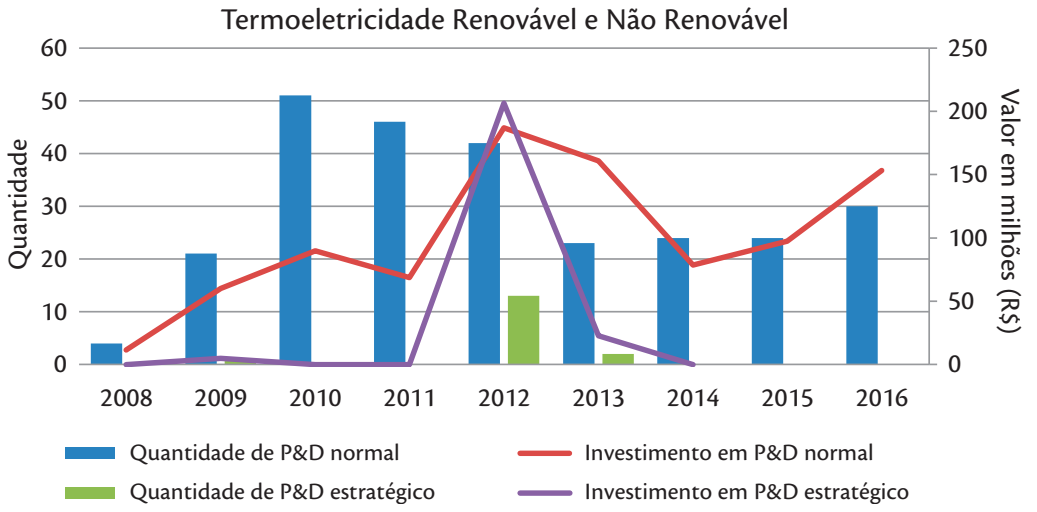


Gráfico 27 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

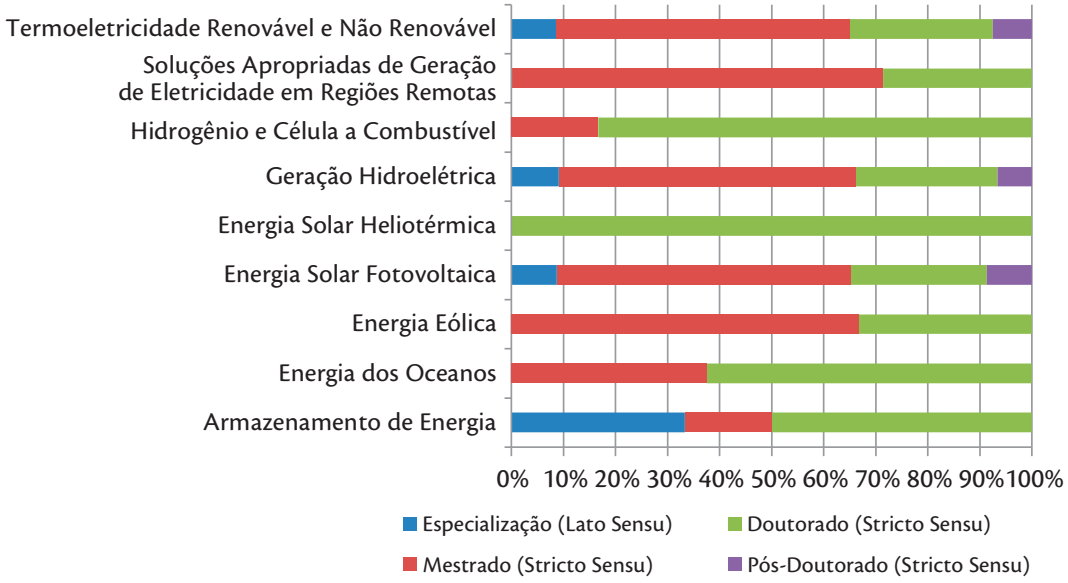


Gráfico 28 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

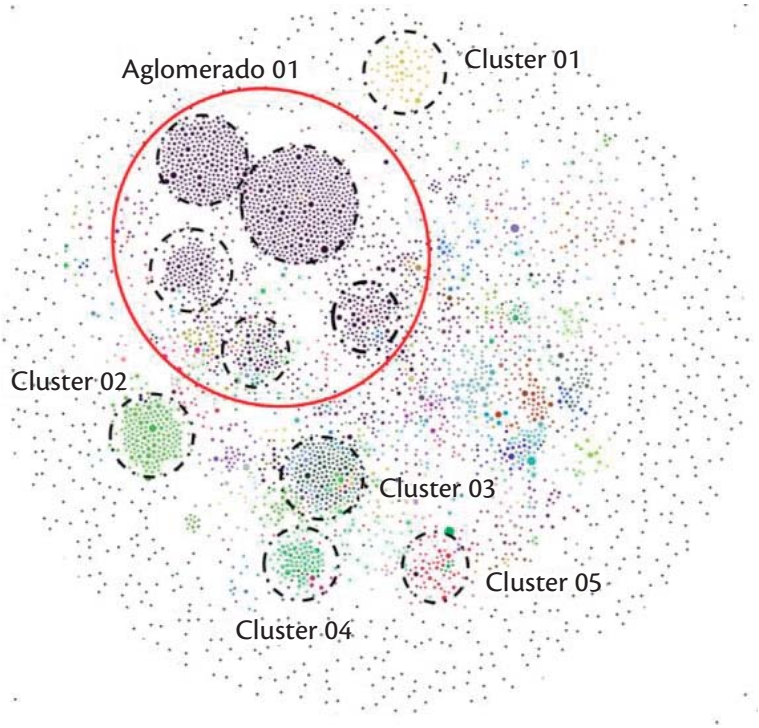


Figura 6 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

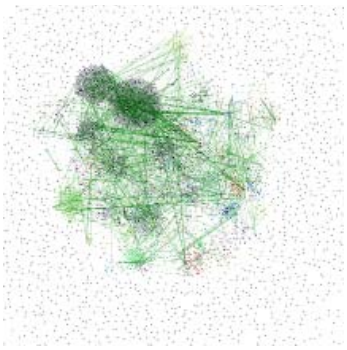
Fonte: elaboração própria.

Tabela 13 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Aglomerado 01: Integração entre fontes e redes	*Cluster 01:* Tecnologia de medição e comunicação	*Cluster 02:* Tecnologias civis	*Cluster 03:* Integração entre fontes e redes	*Cluster 04:* Meio ambiente	*Cluster 05:* Integração entre fontes e redes
1.Eficiência energética. 2. Energia solar. 3. Otimização. 4. Energia eólica. 5. GD. 6.Redes neurais. 7. Modelagem. 8. Qualidade da energia. 9. Biomassa. 10. Cogeração.	1. Fibra óptica. 2. Sensor óptico. 3. Telecomunicações. 4. Redes de bragg. 5. Fiber bragg gratings. 6. Sensor brillouin. 7. Sensor raman. 8. Redes ópticas. 9. Biosensor. 10. Sensor de temperatura.	1. Concreto. 2. Concreto armado. 3. Elementos finitos. 4. Durabilidade. 5. Reciclagem. 6. Estruturas. 7. Construção civil. 8. Barragens. 9. Fundações. 10. Propriedades mecânicas.	1. Eficiência energética. 2. Otimização. 3. Modelagem. 4. Energia solar. 5. Energia eólica. 6. GD. 7. Redes neurais. 8. Biomassa. 9. Automação. 10. Qualidade da energia.	1. Cerrado. 2. Ecologia. 3. Fitossociologia. 4. Biodiversidade. 5. Educação ambiental. 6. Meio ambiente. 7. Sensoriamento remoto. 8. Mata Atlântica. 9. Diversidade. 10. Recuperação de áreas degradadas.	1. Eficiência energética. 2. Energia solar. 3. Energia eólica. 4. Otimização. 5. Geração distribuída. 6. Redes neurais. 7. Qualidade da energia. 8. Automação. 9. Biomassa. 10. Controle.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 14 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Rede Aneel	0,823		9,209	

Fonte: elaboração própria.

Patentes

Face ao Gráfico 29, nota-se a predominância de depósitos de patentes na macrotemática Termoeletricidade, sendo ela renovável ou não. Este dado encontra correlação direta com o efeito China, que é traduzido no (1) intensivo desenvolvimento desta trajetória tecnológica de geração de energia elétrica e também, pela estratégia deliberada deste país em alcançar a liderança de propriedade intelectual, traduzida no seu plano *China's National Patent Development Strategy (2011-2020)*[25].

25 Ver, a esse respeito, http://www.wipo.int/edocs/mdocs/mdocs/en/wipo_ssc_cai_13/wipo_ssc_cai_13_roundtable_on_patent_and_innovation_strategies_zhicheng_zhang.ppt

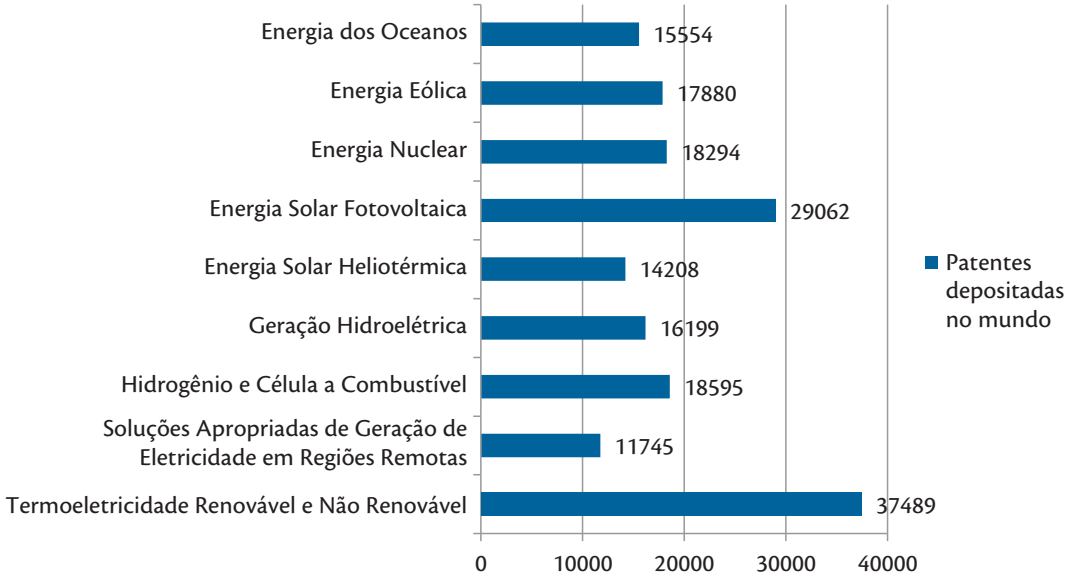


Gráfico 29 - Patentes depositadas no mundo por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Ainda que seja uma fonte amplamente utilizada pelos países, a termoeletricidade não renovável, isto é, baseada na queima de carvão e outros compostos para a produção de energia, é um movimento que vai na contra mão da agenda ambiental e da sustentabilidade. Trata-se mais de uma continuidade de uma trajetória tecnológica já estabelecida (DOSI, 1982)em detrimento da prospecção de novas alternativas, como as renováveis, que é o fio condutor de países/estados/nações que ratificaram a COP 21. Esta "dependência de trajetória" tem ligação direta com um estado de *lock-in* tecnológico, em outras palavras, ao travamento e aprisionamento de trajetória, que conforma anos de aprendizado, redes de fornecedores estabelecidos e outros mecanismos reforçantes, que no caso em questão, envolvem a termoeletricidade (UNRUH, 2000, 2001).

Dando continuidade à análise, encontram-se as patentes relacionadas às tecnologias de geração fotovoltaica (29.062 patentes). O desenvolvimento das tecnologias relacionadas aos painéis fotovoltaicos dialoga diretamente com o comportamento de mercado desta tecnologia.

Com participações menos expressivas, porém importantes no âmbito da geração, encontram-se patentes depositadas em energia eólica, dos oceanos, nuclear, heliotérmica. Deve-se sublinhar o aparecimento de fontes emergentes e na fronteira tecnológica como células a combustível, sendo

uma nova entrante neste contexto de busca por soluções, o que pode demonstrar uma possível reestruturação setorial no que toca a matriz energética mundial.

Trazendo esta discussão para o caso brasileiro, a dinâmica muda expressivamente, conforme atesta o Gráfico 30. Não entrando no mérito quantitativo, ou seja, se são volumosos os pleitos por patentes no país, ou não, verifica-se que a ênfase das patentes depositadas no Brasil também é calcada nas fontes termoelétricas. Isto demonstra um claro alinhamento do comportamento brasileiro ao internacional, que pode ser entendido de diversas maneiras, por exemplo, os mesmos atores e empresas que depositam suas patentes em seus países de origem, também o fazem em outros, via acordo PCT[26], por exemplo.

Por outro lado, nota-se que, no Brasil, os esforços em patentes para fotovoltaicas apresentam papel de menor destaque. Isto acaba por colocar o país numa posição diferente da vanguarda desta tecnologia, apresentada na análise geral. Pode, por sua vez, apresentar implicações no futuro, como fazer com que o Brasil se abstenha de uma janela de oportunidades em aberto para esta tecnologia.

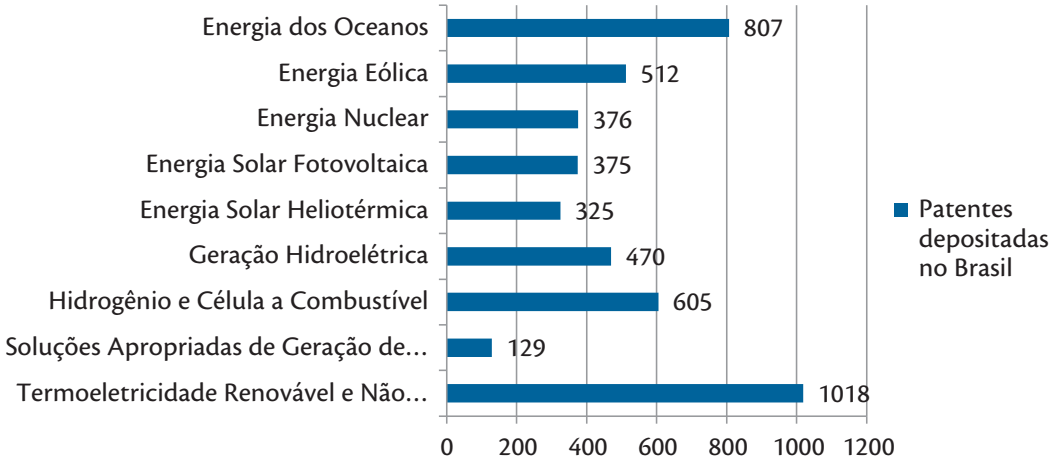


Gráfico 30 - Patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

26 O Tratado de Cooperação de Patentes (PCT) é um acordo internacional celebrado pelos países que fazem parte da Convenção de Paris e gerido pela OMPI. Mediante a apresentação de um pedido de patente internacional sob o PCT, os candidatos podem procurar simultaneamente a proteção de uma invenção em mais de 145 Estados Contratantes, ao invés de realizar o pedido, depositam-se vários pedidos separados de patentes nacionais ou regionais. A concessão de patentes continua sendo competência dos Escritórios nacionais ou regionais de patentes no que se denomina "Etapa Nacional". Ver, a esse respeito, http://www.wipo.int/pct/pt/treaty/about.html

Já o Gráfico 31 demonstra os mesmos dados apresentados no gráfico anterior, só que na perspectiva de porcentagem, com vistas a dar a ideia de proporção de patenteamento de cada macrotemática.

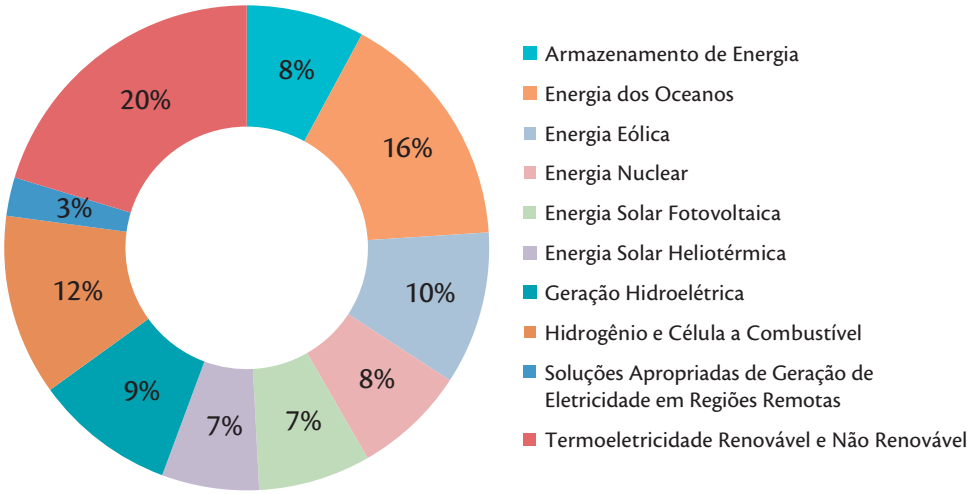


Gráfico 31 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 32, por sua vez, faz um contraponto entre as patentes cujo endereço do inventor localiza-se no Brasil, com aqueles registrados no exterior. Retomando as afirmações colocadas na seção conceitual/metodológica, esta perspectiva de análise que olha o quesito localização, fornece pistas da dinâmica tecnológica de um determinado país.

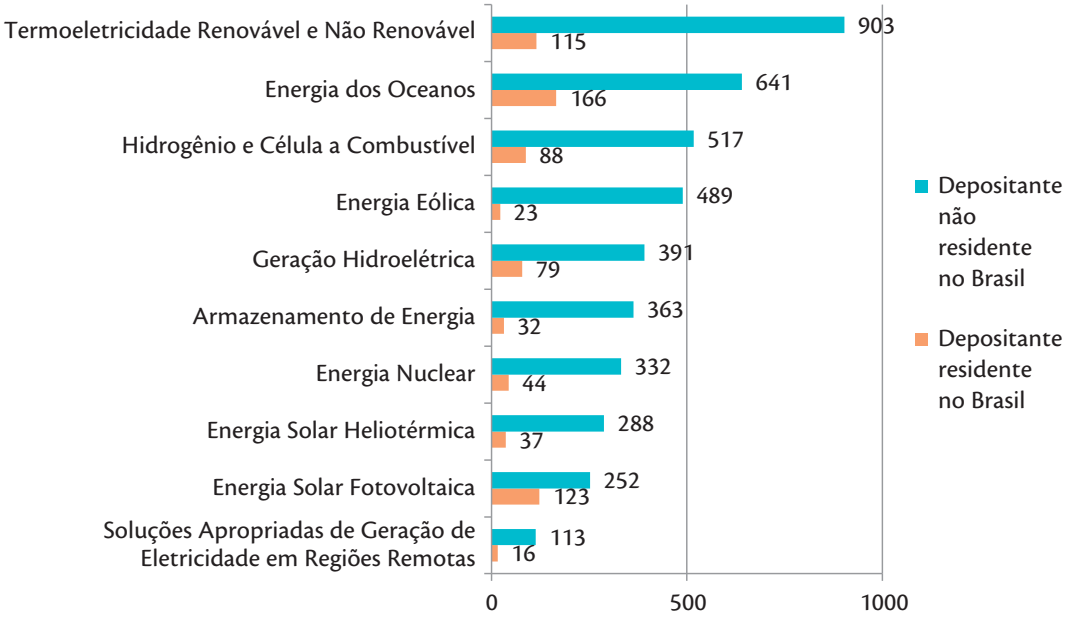


Gráfico 32 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil por depositante residente ou não no Brasil por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Ao extrair as informações contidas no referido gráfico, conclui-se que a participação de patentes desenvolvidas no país (residentes BR) é substancialmente inferior se comparada às internacionais. Verifica-se, assim, que grande parte da tecnologia que é patenteada no país foi desenvolvida em outras localidades. Este movimento pode ser entendido sob diversos olhares, como (1) a atração do mercado brasileiro para o investimento estrangeiro direto (IED)[27], traduzido pela expressiva demanda interna de energia elétrica e no consumo (das famílias, instituições e empresas) de energia. Há que se ponderar, também, o papel das empresas internacionais com subsidiárias no Brasil, que, por sua vez, querem proteger suas tecnologias desenvolvidas em outros países, para que possam ser comercializadas aqui no país.

As razões para explicar este comportamento podem ser de ordens diversas. Deve ser refletido, aqui, o fato de que, adotando os indicadores de patentes como uma *proxy* da atividade inventiva, o Brasil carece de esforços e recursos para a ampliação de sua capacidade tecnológica. Os caminhos para

27 Investimento estrangeiro direto (IED) é todo aporte de dinheiro oriundo do exterior que é aplicado na estrutura produtiva doméstica de um país, isto é, na forma de participação acionária em empresas já existentes ou na criação de novas empresas (WOLFFENBÜTTEL, A., 2006).

tal ampliação podem ser de naturezas diferentes, como uma maior instrumentalização de políticas públicas para a inovação (ampliação dos instrumentos, para além do P&D Aneel, por exemplo) e incentivo à indústria local. Também outras questões podem emergir, levando a algumas reflexões do tipo: será viável desenvolver localmente ou importar tecnologias já fechadas e estabelecidas?

Enfim, não caberá à presente análise discorrer acerca dos condicionantes para o quadro atual mapeado, tampouco a viabilidade de aperfeiçoamento da capacidade produtiva local via esforços em C&T, mas o fato do país estar numa posição de retaguarda alerta para possíveis implicações, como não participar de uma cadeia tecnológica em escala global junto às tecnologias renováveis.

O Gráfico 33 refere-se ao tamanho das famílias das patentes. As classes expressas nas 5 classificações de cores da legenda demonstram o tamanho da família das patentes, partindo da menor (laranja) para a maior (vermelha). Já a extensão que a barra representa para cada macrotemática, isto é, o volume ante as demais, diz respeito à participação desta em porcentagem de famílias de patentes que fazem parte daquele determinado tamanho.

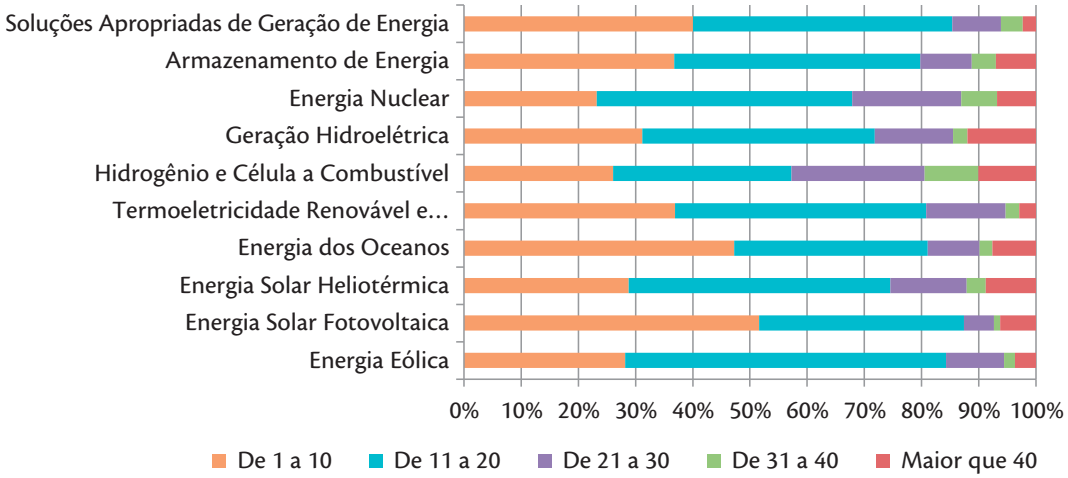


Gráfico 33 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Nota-se a tendência geral de que são poucas as invenções cujas famílias de patentes superam a casa das 40 unidades. Retomando a ideia elencada na seção metodológica, de que o tamanho das famílias é um indicador de valor de patentes, pois reflete o interesse do inventor em depositar em

outros escritórios e acreditar no valor econômico desta invenção, verifica-se que este tipo de "valor patentário" existe em menor escala no país.

A macrotemática que se destaca na Geração de Energia Elétrica é a Geração Hidroelétrica, com maior proporção de famílias de patentes[28] acima de 40. Este dado possui correlação direta com a tradição do Brasil no desenvolvimento de tecnologias junto a esta trajetória de tecnológica. O país apresenta mais de 100 anos de aprendizado científico e tecnológico junto à geração a partir de hidrelétricas, e esta competência está explícita ao atestar que as patentes dessas tecnologias são as que apresentam mais pedidos também no exterior.

Quando se visualiza e percebe-se esta divisão entre macrotemáticas, uma questão emerge: quais são os atores por trás do patenteamento destas tecnologias? Esta questão é respondida por meio da Tabela 15, que identifica as empresas, instituições e demais tipos de organizações que patentearam tecnologias nas macrotemáticas observadas.

Ao observar a respectiva tabela, é possível tirar algumas constatações. A primeira delas aponta que são as empresas de capital internacional, tradicionais e líderes em seus segmentos, que possuem a maior quantidade de patentes para cada macrotemática. Isto é comprovado quando olha-se a liderança da empresa ALSTOM, em energia eólica e hidroelétrica; Toyota, em Hidrogênio e Célula a Combustível e Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas e as demais citadas.

Este dado reforça os fatos que serão apresentados a respeito da baixa taxa de inventividade brasileira. A maioria destas patentes requeridas por estas empresas não foi produzida ou teve qualquer relação com suas subsidiárias no Brasil. Trata-se de um patenteamento feito em outro lugar de origem, no caso, fora dos países que abrigam os centros de P&D das referidas empresas. Pode-se explicar este movimento como forma de manutenção e desenvolvimento de suas estratégias competitivas para assegurar seus direitos de exploração econômica e anti concorrencial no Brasil. Ainda sobre a tabela, nenhuma das empresas apontadas têm a origem de seu capital nacional (são brasileiras).

---

28 Considera-se uma família de patentes o conjunto de documentos de patente publicados em diferentes países relacionados com uma mesma invenção. Nos países contratantes da Convenção de Paris, estes documentos podem ser identificados pela reivindicação de prioridade comum a todos eles. Fonte: Extraído de INPI (2017).

Tabela 15 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Instituição	Número de Patentes
Energia Eólica	ALSTOM RENEWABLE ENERGY SOURCES SPANISH	14
	MITSUBISHI HEAVY IND CO LTD	13
	WOBBEN A	12
Energia Solar Fotovoltaica	DOW GLOBAL TECHNOLOGIES INC	8
	SAINT-GOBAIN GLASS	8
	COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE	6
Energia Solar Heliotérmica	WOBBEN	9
	SIEMENS	7
	COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE	6
Energia dos Oceanos	SCHLUMBERGER CANADA LTD	23
	PGS GEOPHYSICAL AS	16
	WHIRLPOOL	9
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	IFP	23
	CTC CENT TECNOLOGIA CANAVIEIRA	9
	DSM INTELLECTIAL PROPERTY ASSETS MANAGE	9
Hidrogênio e Célula a Combustível	TOYOTA	16
	COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE	8
	GENERAL ELECTRIC CO	7
Geração Hidroelétrica	ALSTOM	33
	MITSUBISHI HEAVY IND CO LTD	13
	NTT DOCOMO	11

	Instituição	Número de Patentes
Energia Nuclear	IFP	15
	AREVA GMBH	13
	WESTINGHOUSE ELECTRIC	10
Armazenamento de Energia	YANG	10
	BASF	9
	GENERAL ELECTRIC CO	9
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	TOYOTA	16
	HONDA	8
	GENERAL ELECTRIC CO	4

Fonte: elaboração própria.

4.3.4. Estrutura de CT&I

Recursos Humanos

A base de currículos *Lattes* foi utilizada para levantar os profissionais correlatos ao GT de Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. Embora a base não compreenda todos os profissionais atuantes no grupo, é possível utilizá-la como amostragem para verificar as tendências de distribuição em cada estado da unidade federativa, assim como o nível de titulação do RH em suas respectivas macrotemáticas.

Conforme apresentado no Gráfico 34, mais de 90% do RH do grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia trabalha nas macrotemáticas Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, Energia Solar Fotovoltaica, Geração Hidroelétrica, Energia Eólica e Nuclear e está concentrado nas regiões Sudeste e Sul do país (ver Figura 7).

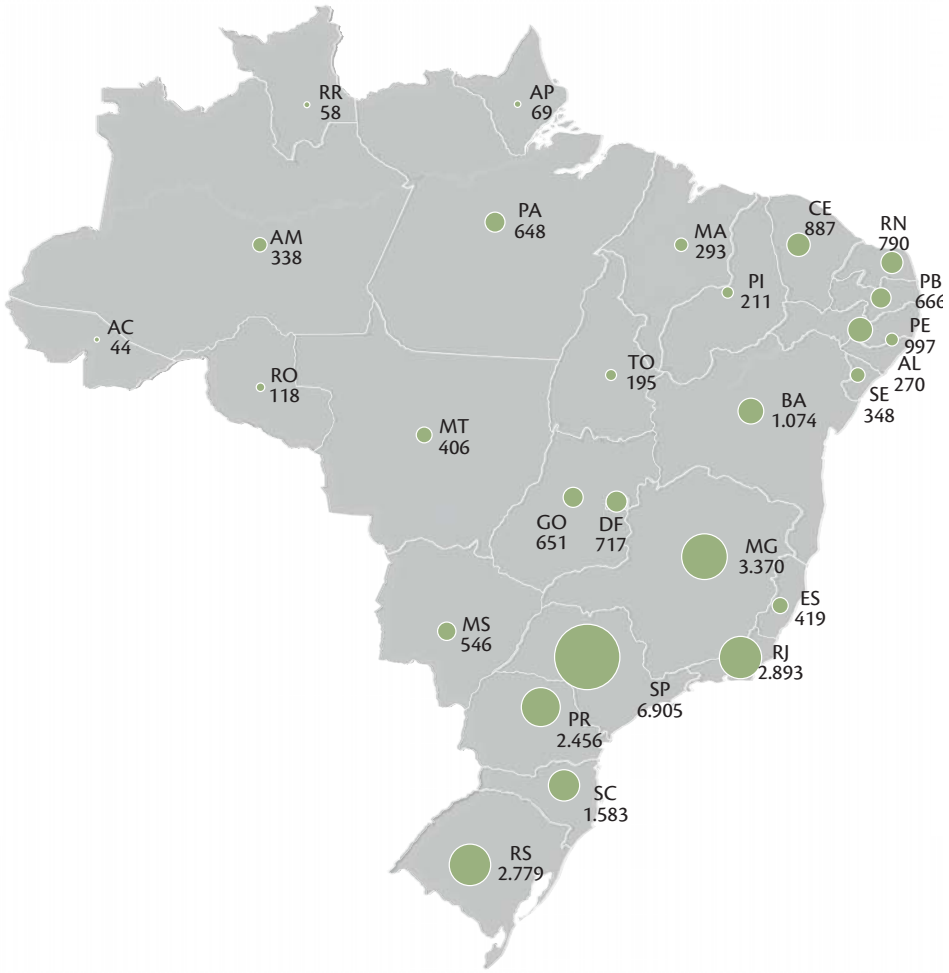


Figura 7 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, as macrotemáticas Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, Geração Hidroelétrica, Energia Eólica e Energia Solar Fotovoltaica possuem RH em praticamente todos os estados, guardadas as suas proporções, e se destacam em quantidade de especialistas sobre as demais (ver Gráfico 36). Um montante significante de profissionais que atua com a geração hidroelétrica e termoelétrica está concentrado nas empresas do setor elétrico. A despeito dessas questões, pode ser observada a presença de empresas geradoras de eletricidade como a Eletronorte e Furnas, que contribuem com os números apresentados nas respectivas figuras. Além das empresas do setor elétrico, os empreendimentos da

cadeia produtiva e de geradores independes de energia elétrica contribuem para a concentração de profissionais nas regiões Sul e Sudeste.

A maturidade tecnológica dos sistemas fotovoltaicos, questões ambientais, disponibilidade de equipamentos e o aumento da confiabilidade técnica têm induzido a abertura de mercado da energia fotovoltaica no Brasil. Este mercado é voltado, principalmente, para a geração local (residencial e industrial), tendo como objetivo mitigar, quando possível, os gastos com energia elétrica no horário de pico (durante o dia) de consumo elétrico, por exemplo. É importante destacar que a disponibilidade de recursos observada nessas regiões é, dentre os principais, o vetor de maior contribuição ao desenvolvimento do mercado da geração fotovoltaica. Somam-se a esse fato os incentivos fiscais oferecidos aos empreendimentos e aos consumidores das tecnologias, além da inclusão de profissionais das empresas do setor elétrico, que participam do Programa de P&D, regulado pela Aneel.

Pelos mesmos motivos, a atuação de profissionais no segmento da energia solar também se estende às demais regiões do país, mas em proporções menores, se comparado às regiões Sul e Sudeste (ver Tabela 16). Contudo, a participação de profissionais atuando na geração solar, supera o número de profissionais atuando, separadamente, em outras fontes.

No contexto da geração eólica, as regiões Sudeste, Sul e Nordeste (principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará) apresentam a maior concentração de profissionais que atuam nessa área. Nas regiões Sul e Nordeste, esse fato pode ser atribuído ao número de empreendimentos eólicos instalados nesses estados (ver Tabela 16). Em especial, nas regiões Sul e Sudeste, observa-se uma maior concentração de profissionais, dada a existência de uma cadeia produtiva local.

O montante de profissionais atuando nas demais macrotemáticas (Hidrogênio – Célula a Combustível, Soluções Apropriadas, Energia Nuclear e Energia dos Oceanos) é relativamente pequeno, em comparação às demais áreas do segmento de geração, em parte pela natureza da matriz energética nacional, pelo nível de maturidade tecnológico (é o caso da energia dos oceanos) e em parte pela aplicação ainda não convencional no contexto Brasil (Hidrogênio – Célula a Combustível). No contexto da energia nuclear, as ocupações ocorrem em maior peso no estado do Rio de Janeiro, dada a presença de plantas nucleares nessa região.

A presença de profissionais atuando no tema energia nuclear em outros estados permite inferir que o banco de dados utilizado nessas análises tenha trazido profissionais que trabalhem na área nuclear médica, segmento presente em quase todos os estados da federação. O número de profissionais alocados no segmento Soluções Apropriadas possui representação considerável nas regiões Sudeste (São Paulo, principalmente), Sul e Nordeste do país (ver Tabela 8). Os sistemas são fundamentados,

principalmente, nas combinações fotovoltaico/bateria, diesel/bateria, eólica/bateria, fotovoltaico/diesel/bateria e a presença desses profissionais nos mercados se deve, por inferência, à participação das empresas do setor elétrico no Programa de P&D regulado pela Aneel e à presença de institutos de pesquisas e empresas que estejam investindo nessa natureza de geração de eletricidade.

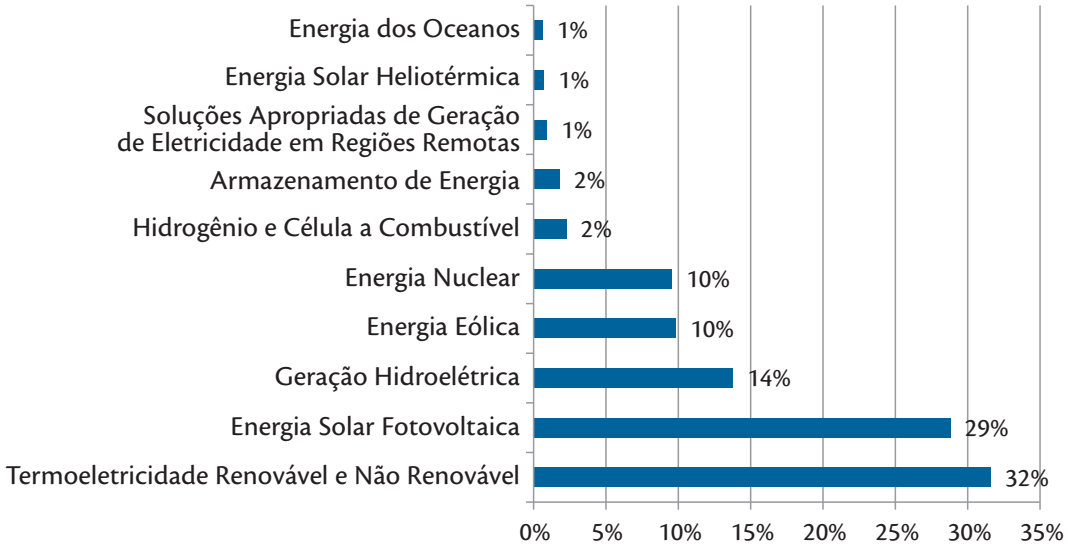


Gráfico 34 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Tabela 16 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	GA01 (%)	GA02 (%)	GA03 (%)	GA04 (%)	GA05 (%)	GA06 (%)	GA07 (%)	GA08 (%)	GA09 (%)	GA10 (%)
SP	16,24	25,27	22,47	15,25	22,90	28,55	11,59	26,87	29,66	19,65
MG	8,20	11,58	13,86	5,08	10,53	6,28	12,52	8,41	11,03	9,38
RJ	9,56	8,38	7,87	16,95	7,07	12,44	7,03	21,21	8,49	12,90
RS	11,87	8,80	11,24	30,93	9,04	7,35	7,42	4,21	10,28	5,87
PR	5,84	7,31	3,37	4,24	9,61	6,99	8,79	2,89	6,41	4,69
SC	4,89	5,17	9,36	5,93	4,33	5,81	6,65	1,83	4,92	6,45
BA	4,36	3,11	3,37	2,97	4,16	2,13	1,81	2,29	3,58	4,69

	GA01 (%)	GA02 (%)	GA03 (%)	GA04 (%)	GA05 (%)	GA06 (%)	GA07 (%)	GA08 (%)	GA09 (%)	GA10 (%)
PE	3,95	3,26	4,49	5,08	3,58	1,42	1,01	3,55	2,24	5,28
CE	8,34	3,07	3,37	1,27	2,20	1,30	0,36	1,03	2,38	3,52
RN	7,03	3,15	2,62	1,27	1,86	1,78	0,28	0,69	1,49	1,47
DF	1,92	1,78	2,25	0,85	2,54	1,42	2,96	2,15	1,49	2,05
PA	2,14	1,46	1,12	1,69	2,89	1,54	2,46	1,00	1,04	6,74
PB	2,95	2,69	5,62	0,00	2,14	0,83	0,40	0,94	2,09	1,17
GO	1,64	1,39	0,37	0,85	2,32	0,59	3,57	1,20	1,34	0,88
MS	0,92	1,33	0,75	0,00	2,73	1,30	1,25	0,69	1,49	1,47
ES	1,25	1,33	0,75	1,27	1,32	2,25	1,53	0,43	0,30	0,29
MT	0,33	0,96	0,75	0,00	1,52	0,47	2,42	0,43	0,30	0,00
SE	1,28	1,41	0,37	0,00	1,03	0,36	0,38	0,97	0,60	0,59
AM	0,31	1,17	0,75	0,00	1,38	1,90	0,75	0,49	1,04	1,17
MA	1,20	1,23	1,12	0,85	0,86	1,42	0,24	0,29	1,79	2,93
AL	0,70	0,68	1,12	0,42	1,13	0,12	0,40	0,37	0,60	1,17
PI	0,75	1,01	0,00	0,42	0,61	0,12	0,14	0,17	0,30	0,59
TO	0,19	0,42	0,00	0,00	0,84	0,24	0,93	0,20	0,00	1,17
RO	0,11	0,20	0,00	0,00	0,38	0,00	0,93	0,06	0,30	0,00
AP	0,17	0,17	0,00	0,00	0,23	0,00	0,46	0,03	0,00	0,29
RR	0,08	0,12	0,00	0,42	0,26	0,24	0,18	0,06	0,00	0,00
AC	0,06	0,09	0,00	0,00	0,23	0,12	0,10	0,06	0,00	0,00
ND*	3,73	3,47	3,00	4,24	2,34	13,03	23,46	17,49	6,86	5,57
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: **GA01** - Energia Eólica; **GA02** - Energia Solar Fotovoltaica; **GA03** - Energia Solar Heliotérmica; **GA04** - Energia dos Oceanos; **GA05** - Termoeletricidade Renovável e Não Renovável; **GA06** - Hidrogênio e Célula a Combustível; **GA07** - Geração Hidroelétrica; **GA08** - Energia Nuclear; **GA09** - Armazenamento de Energia; **GA10** - Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas; **ND*** – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Considerando-se o nível de qualificação dos profissionais que atuam no grupo Geração e Armazenamento (ver Gráfico 35), é possível inferir que, dentre os cargos que exigem a presença de profissionais mais qualificados, a maioria dos atores possui, pelo menos, graduação completa, nas áreas de conhecimentos afins. A distribuição das qualificações pode ser considerada homogênea no grupo, tendo, como a maioria, pessoas com o título de doutor. Cabe observar que a natureza do banco de dados utilizado nessas análises (currículos *Lattes*) e do banco de dados dos projetos de pesquisa e desenvolvimento, realizados no âmbito do Programa de P&D, regulado pela ANEEL, trouxe pouca informação a respeito dos profissionais ligados às ações de nível mais operacional.

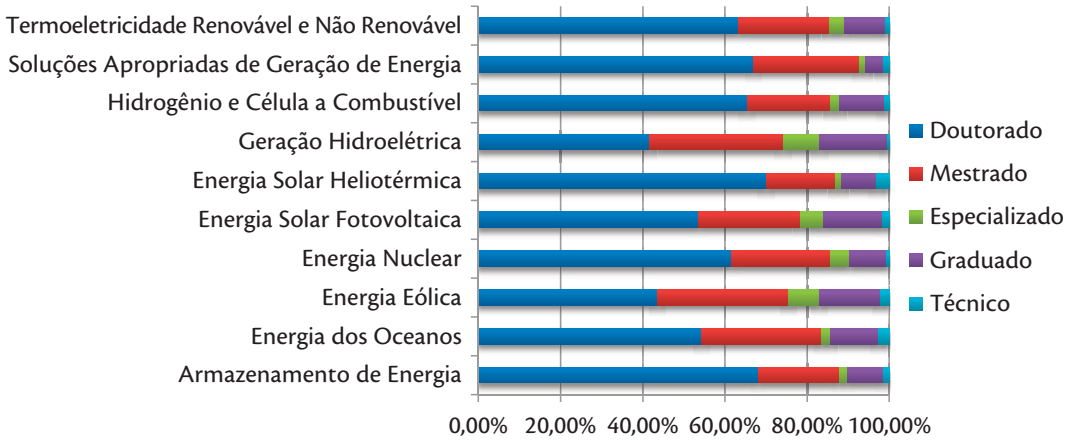


Gráfico 35 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

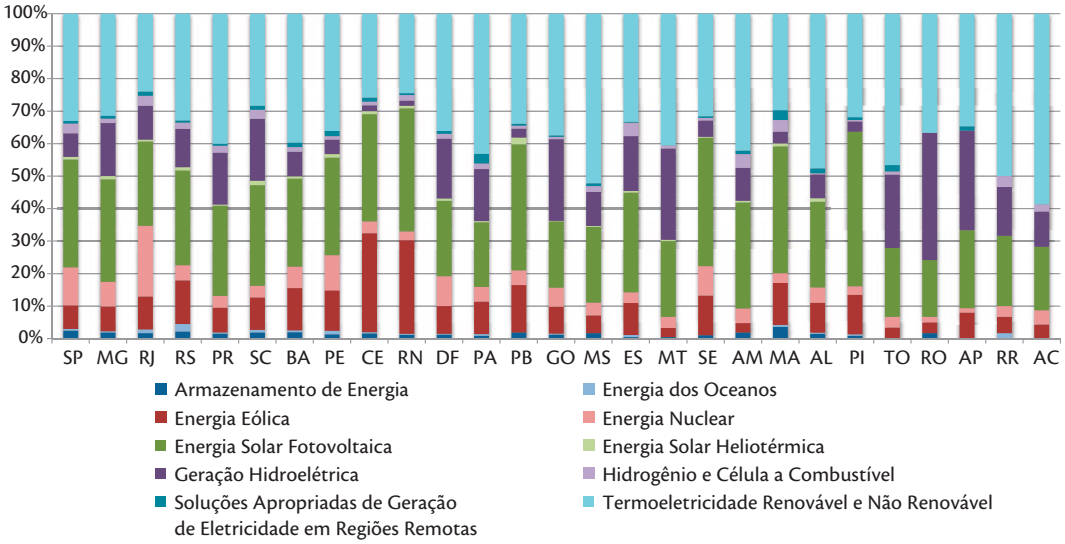


Gráfico 36 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Redes colaborativas

Conforme mencionado no capítulo de metodologia, será apresentada, nesse item, a caracterização das redes colaborativas do grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. Essa questão será proposta em dois momentos: i) apresentação dos temas de P&D principais associados às redes de pesquisadores, bem como a leitura que pode ser feita em cima desses temas, no contexto do projeto; e ii) uma visão do relacionamento entre os atores da CT&I, no que diz respeito à similaridade dos assuntos tratados nesse âmbito e ao nível de relacionamento entre os respectivos entes (coautorias).

Caracterização dos campos de estudo

Energia Eólica

Nessa macrotemática, foram classificados 10 *clusters*, cujos termos mais frequentes observados estão apresentados na Tabela 17 e na Tabela 18. Observa-se que o universo no qual os especialistas dessa

área estão inseridos diz respeito, principalmente, às questões de planejamento da energia eólica no mercado e na matriz elétrica brasileira, tecnologias de controle, incluindo controle de operação e qualidade da energia, além das tecnologias de aerogeradores.

A energia eólica está se desenhando como uma vocação nacional à matriz elétrica. Nesse contexto, é notória a elevada quantidade de estudos no segmento do planejamento da inserção dessa tecnologia no mercado. A energia eólica tem espaço, não só na chamada grande geração, por meio de parques eólicos de elevada capacidade de produção de energia, como também na GD e em locais remotos. Fatos que exigem estudos de planejamento da aplicação dos recursos e estudos próprios de caracterização desse recurso no Brasil.

Os estudos de planejamento têm influenciado os esforços para o desenvolvimento de novos desenhos de pás e rotores e de tecnologias de materiais, com foco na adaptabilidade das turbinas às condições dos ventos brasileiros e às condições operativas para cada aplicação. Nesse sentido, é plausível que ocorra o desenvolvimento de sistemas de controle em O&M. Essa tecnologia deve suprir as necessidades do operador nacional do sistema, bem como a operação local. Levará em conta a complexidade do despacho de energia elétrica na GD e na geração centralizada, principalmente, levando em conta a intermitência na geração e a presença de sistemas de armazenamento de energia elétrica, nesses ambientes.

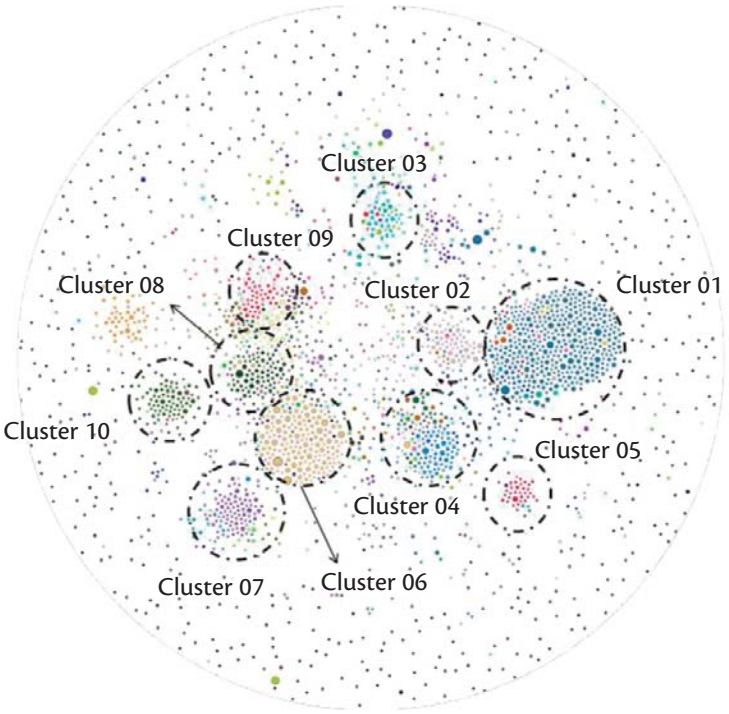


Figura 8 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Eólica

Fonte: elaboração própria.

Tabela 17 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Eólica

Cluster 01: Controle	*Cluster 02:* Planejamento energético	*Cluster 03:* Tecnologias de desenvolvimento	*Cluster 04:* Planejamento energético	*Cluster 05:* Controle
1.Controle. 2. Controle de velocidade. 3. Lógica Fuzzi. 4. Aquisição de dados. 5. Automação. 6. Circuitos digitais. 7. Comportamento dinâmico. 8. Controlador lógico programável.	1. Planejamento energético. 2. Cenários energéticos. 3. Climatologia. 4. Modelagem numérica. 5. Previsão de carga. 6. Política energética.	1. Energia eólica. 2. Micro turbina. 3. Aerodinâmica, formulação e modelagem. 4. Modelagem numérica. 5. Aerodinâmica de asas e corpos. 6. Aerodinâmica experimental.	1. Planejamento energético. 2. Eficiência energética. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Gestão ambiental. 5. Regulação. 6. Regulamentação.	1. Controle de velocidade. 2. Lógica Fuzzy. 3. Controle robusto. 4. Eficiência energética. 5. Redes neurais. 6. Simulação numérica. 7. Modelos matemáticos.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 18 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Eólica (continuação)

Cluster 06: Planejamento	*Cluster 07:* Controle	*Cluster 08:* Planejamento	*Cluster 09:* Tecnologias de aerogeradores	*Cluster* 10: Tecnologias de aerogeradores
1. Eficiência energética. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Planejamento energético. 4. Viabilidade econômica. 5. Fontes alternativas. 6. Meio ambiente.	1. Controle. 2. Qualidade da energia. 3. Eletrônica de potência. 4. Sistemas de potência. 5. Correção de fator de potência. 6. Redes neurais. 7. Harmônicos. 8. Redes elétricas. 9. Microrredes. 10. Supervisão e controle.	1. Implementação de parques eólicos. 2. Planejamento energético. 3. Dados de vento. 4. Matriz energética. 5. Energia renovável.	1.Turbina eólica. 2. Aerogeradores. 3. Aerodinâmica. 4. Desempenho operacional. 5. Modelagem aerodinâmica. 6. Novos materiais. 7. Velocidade do vento.	1. Turbina eólica. 2. Aerogeradores. 3. Energia eólica. 4. Energias renováveis. 5. Aerodinâmica. 6. Eficiência energética.

Fonte: elaboração própria.

Energia Solar Fotovoltaica

A Figura 9 e a Tabela 19 caracterizam as temáticas nas quais os especialistas dessa macrotemática estão inseridos. São observadas, basicamente, as temáticas sistemas auxiliares à geração fotovoltaica e o desenvolvimento em placas fotovoltaicas do tipo filmes finos, principalmente à base de silício.

A participação da energia fotovoltaica na matriz elétrica brasileira é inegável e terá espaço principalmente na GD, em médio prazo, e na geração centralizada, como em usinas solares, em longo prazo. Nesse cenário, é factível o desenvolvimento de sistemas auxiliares cujo foco seja o desenvolvimento de novas tecnologias de inversores, sistemas de controle e O&M e tecnologias de conexão com a rede e com sistemas de armazenamento de energia (principalmente na GD).

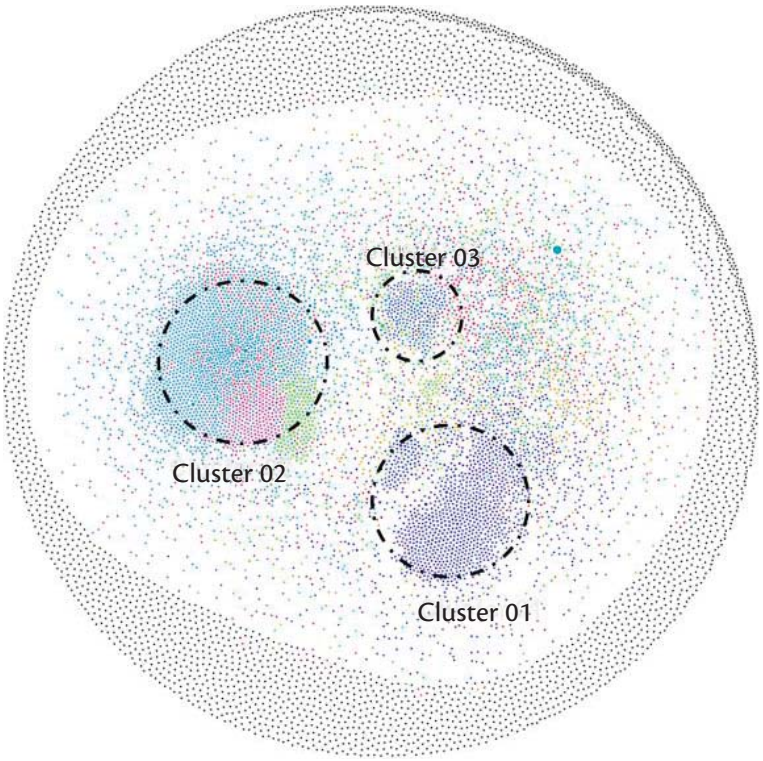


Figura 9 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica

Fonte: elaboração própria.

Tabela 19 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica

Cluster 01: BoS	*Cluster 02:* Tecnologias de placas solares	*Cluster 03:* Tecnologias de placas solares
1. Eletrônica de potência. 2. Geração distribuída. 3. Qualidade da energia. 4. Controle. 5. Smart grid. 6. Redes neurais. 7. Cogeração. 8. Sistemas híbridos. 9. Inversores de frequência. 10. Inteligência artificial.	1. Filmes finos. 2. Polianilina. 3. Nanocompósitos. 4. Adsorção.5. Dopagem. 6. Corrosão. 7. Perovskitas. 8. Engenharia de materiais. 9. Caracterização de materiais. 10. Silício poroso.	1. Filmes finos. 2. Propriedades elétricas. 3. Nanoestruturas. 4. Compósitos. 5. Nanocompósitos. 6. Processo sol-gel. 7. Adsorção. 8. Propriedades estruturais. 9. Materiais híbridos. 10. Biomateriais.

Fonte: elaboração própria.

Energia Solar Heliotérmica

A rede de pesquisadores da macrotemática Energia Solar Heliotérmica é apresentada na Figura 7. Foram identificados 7 *clusters* em cujas temáticas os especialistas estão inseridos, presentes na Tabela 12 e na Tabela 13.

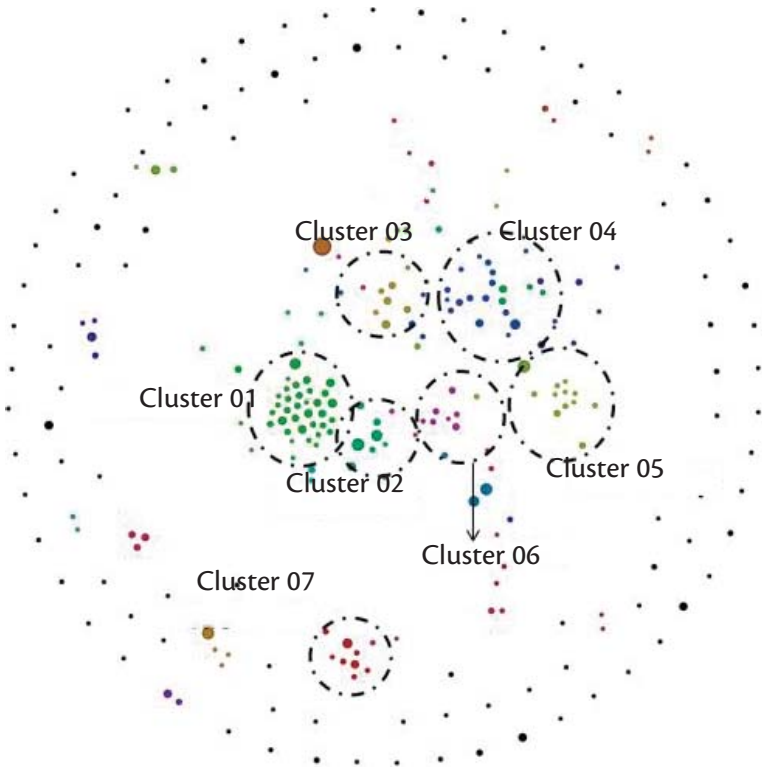


Figura 10 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Solar Heliotérmica

Fonte: elaboração própria.

Conforme observado nas respectivas tabelas, os assuntos de maior frequência na rede colaborativa dessa macrotemática dizem respeito, basicamente, aos estudos sobre o recurso solar, à aplicação da termodinâmica e transferência de calor, às tecnologias de sistemas heliotérmicos e à geração distribuída. Um sistema heliotérmico para a geração de energia elétrica é composto por espelhos concentradores da radiação solar, sistemas de transporte e transferência de calor ao fluido de trabalho e sistemas térmicos, como a turbina a vapor. A tecnologia heliotérmica é madura, contudo, há como

elevar a eficiência termodinâmica dessa tecnologia, por meio de novos materiais condutores de calor, resistentes à fadiga térmica e mecânica. Nesse sentido, observa-se um esforço dos pesquisadores brasileiros em conduzir estudos sobre o tema, ou um processo de nacionalização da tecnologia heliotérmica, nas temáticas de meio competência nacional.

A segunda opção é plausível, haja vista que o Brasil ainda realiza estudos sobre a caracterização do recurso solar e a aplicação da tecnologia heliotérmica na matriz elétrica, como insumo para a produção de combustíveis. Em suma, a tecnologia de geração heliotérmica nacional ainda possui de baixo a médio nível de maturidade. Essa caracterização corrobora com o planejamento dessa tecnologia na matriz elétrica brasileira.

A geração de energia elétrica via sistemas heliotérmicos deve fazer parte da matriz elétrica em médio e longo prazo para atender às regiões remotas, como solução em sistemas híbridos e à GD, em sistemas de cogeração e na química solar, para a produção de combustíveis. Considerando-se esse cenário. A médio prazo (2030-2040) a entrada dessa fonte na geração de eletricidade de grande porte deve começar a ser amadurecida no Brasil.

Tabela 20 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Heliotérmica

Cluster 01: Meio ambiente e energia	*Cluster 02:* GD	*Cluster 03:* Termodinâmica e transferência de calor	*Cluster 04:* Tecnologias de sistemas heliotérmicos
1. Fontes alternativas de energia. 2. Conversão da energia solar. 3. Energia e meio ambiente. 4. Sustentabilidade. 5. Produção de energia solar renovável.	1. Geração distribuída. 2. Eficiência energética. 3. Redes de distribuição. 4. Smart grid. 5. Gerenciamento de energia. 6. Qualidade da energia. 7. Cogeração. 8. Planejamento energético.	1. Estudo experimental. 2. Análise térmica.3. Transferência de calor. 4. Carga térmica. 5. Armazenamento de energia térmica. 6. Termoeletricidade. 7. Máquinas térmicas. 8. Performance térmica.	1. Coletor solar. 2. Transferência de calor. 3. Coletor solar parabólico. 4. Refletor solar. 5. Escoamento e análise térmica. 6. Transferência de calor em tubos. 7. Desenvolvimento de tubos de calor. 8. Escoamento e transferência de calor em tubos de calor. 9. Supercondutividade térmica. 10. Eficiência térmica. 11. Rastreador solar.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 21 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Heliotérmica (continuação)

Cluster 05: Recurso solar	*Cluster 06:* Química solar	*Cluster 07:* Recurso solar
1. Radiação solar. 2. Mapa da radiação solar. 3. Energia solar no Brasil. 4. Medida de radiação solar. 5. Recursos renováveis.	1. Desinfecção solar da água. 2. Sistema solar-hidrogênio. 3. Gaseificação da biomassa 4. Geração de hidrogênio. 5. Reforma a vapor do entanol. 6. Secagem solar.	1. Solarimetria. 2. Potencial solar-eólico. 3. Radiação solar. 4. Recurso solar. 5. Distribuição de energia solar.

Fonte: elaboração própria.

Energia dos Oceanos

A Figura 11 e a Tabela 22 caracterizam a rede de pesquisadores nacional sobre a macrotemática Energia dos Oceanos. Tal qual observado na macrotemática Energia Solar Heliotérmica, a tecnologia de geração via energia das ondas e das marés é madura no mundo, porém é provável que haja um esforço da CT&I brasileira em desenvolver e nacionalizar essa tecnologia.

A vocação nacional para a geração oceânica é via energia das ondas e marés. O país possui protótipos de geração oceânica em operação, contudo demonstrar a aplicabilidade dessa tecnologia não é o suficiente para a sua introdução na matriz elétrica brasileira. O primeiro passo é caracterizar a fonte de energia ao longo da costa oceânica. Em paralelo, o país precisa desenvolver a RH (rede pequena) e a cadeia produtiva para tornar essa tecnologia competitiva.

Parte das pesquisas sobre o tema fundamentam-se em tecnologias *offshore* provenientes dos parques eólicos. Nesse contexto, são observados estudos relativos à transmissão de eletricidade em cabos oceânicos, estudos de comportamento da dinâmica das ondas e das correntes de marés, bem como estudos relativos à fixação das usinas oceânicas nas costas e em alto mar.

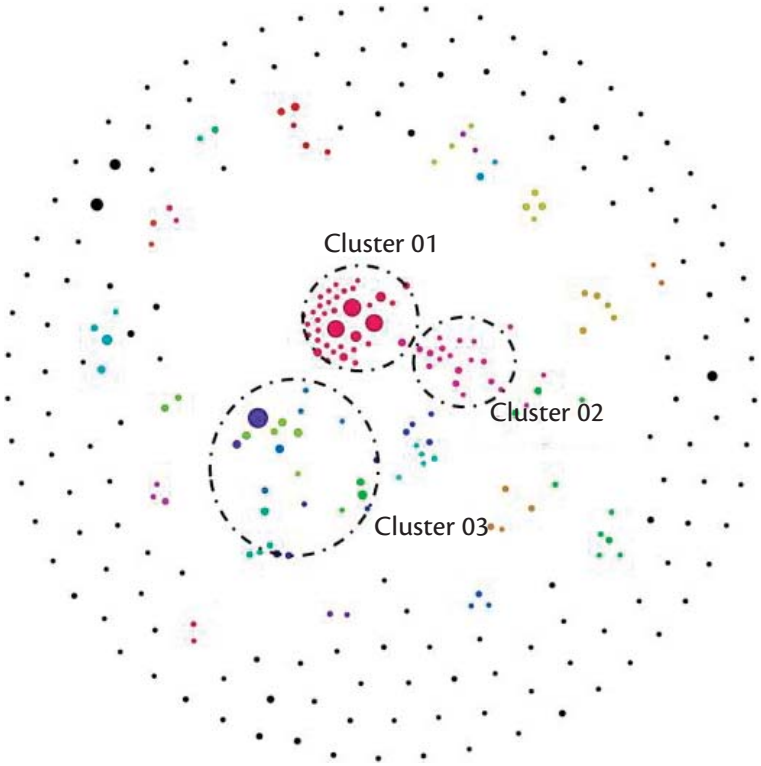


Figura 11 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia dos Oceanos

Fonte: elaboração própria.

Tabela 22 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia dos Oceanos

Cluster 01: Energia das ondas e das marés	*Cluster* 02: Estudo do recurso	*Cluster* 03: Energia das ondas e das marés
1. Energia das ondas. 2. Coluna d'água oscilante. 3. Conversor *overtopping.* 4. Simulação numérica. 5. Modelagem numérica. 6. Otimização geométrica. 7. Método de elementos finitos. 8. Dinâmica dos fluidos computacionais. 9. Cálculo numérico. 10. Fenômenos de transporte.	1. Geoprocessamento. 2. Perfil praial. 3. Linha de praia. 4. Sedimentologia. 5. Previsão de ondas. 6. Oceanografia. 7. Dinâmica costeira. 8. Morfodinâmica costeira. 9. Hidrodinâmica. 10. Padrões de ondas. 11. Hidrodinâmica.	1. Energia das ondas. 2. Energia das marés. 3. Sistemas de controle. 4. Monitoramento. 5. Redes neurais. 6. Eletrônica de potência. 7. Monitoramento ambiental. 8. Automação. 9. Confiabilidade operativa.

Fonte: elaboração própria.

Termoeletricidade Renovável e Não Renovável

A termoeletricidade garante "despachabilidade" ao sistema interligado nacional e segurança no atendimento à demanda. Considerando-se esse cenário, bem como a possibilidade do uso de combustíveis renováveis e da diversificação dos sistemas térmicos na GD, geração de grande porte e em regiões remotas, muitos especialistas, no Brasil, conferem a essa macrotemática o foco em suas pesquisas (ver Figura 12).

Na Figura 12, observa-se um número elevado de *clusters* que foram agrupados a fim de facilitar a análise dessa rede de pesquisadores. Essa abordagem foi possível, pois os *cluster*s pertencentes ao mesmo agrupamento dizem respeito a temáticas semelhantes.

As temáticas principais observadas nessa rede dizem respeito, basicamente, às questões ambientais e climáticas, tecnologias de processamento de insumos renováveis, eficiência energética, planejamento e estudos de aplicabilidade (ver Tabela 23). Dentre as temáticas citadas, o desenvolvimento de novos combustíveis provenientes da biomassa e de resíduos sólidos tem sido o foco de pesquisas no Brasil.

Como consequência a esse cenário, são realizadas pesquisas sobre o desenvolvimento de tecnologias de processamento de combustíveis e sobre o aperfeiçoamento de sistemas térmicos, adaptados ao uso desses insumos renováveis. Não obstante, a busca por elevar a eficiência térmica desses sistemas também é foco de muitas pesquisas no Brasil.

Nesse sentido, é plausível que haja incentivos ao desenvolvimento da cadeia produtiva nacional e da CT&I para que as pesquisas não saiam do âmbito das empresas estrangeiras instaladas no país e passem a ser de domínio nacional. Isso se dá, porque as pesquisas realizadas com capital brasileiro dificilmente ultrapassam o âmbito acadêmico.

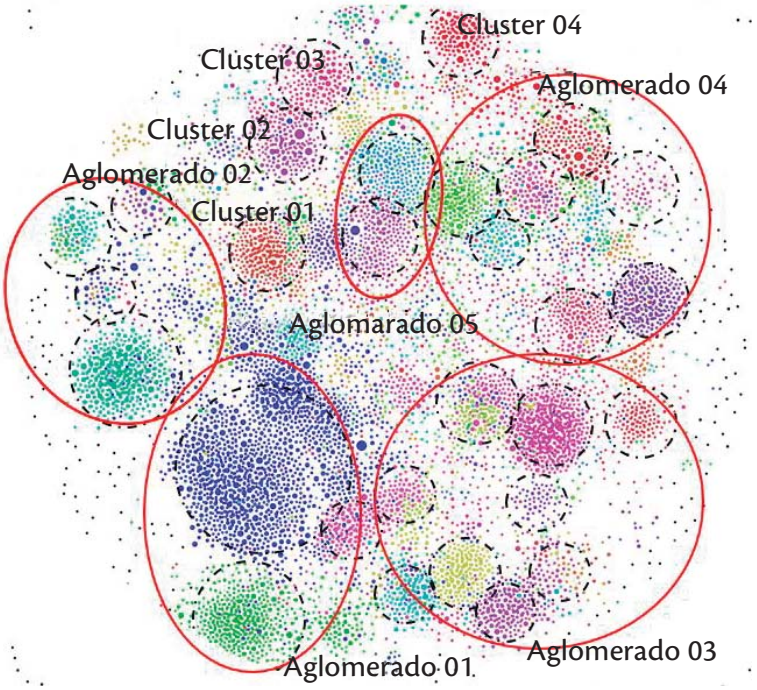


Figura 12 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável

Fonte: elaboração própria.

Tabela 23 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável

Aglomerado 01: Meio ambiente	Aglomerado 02: Clima	Aglomerado 03: Insumos energéticos renováveis	Aglomerado 04: Produção ou beneficiamento de combustível renovável	Aglomerado 05: Sustentabilidade
1. Mudanças climáticas. 2. Meio ambiente. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Qualidade da água. 5. Resíduos sólidos urbanos. 6. Aquecimento global. 7. Contaminação. 8. Qualidade ambiental. 9. Planejamento ambiental.	1. Mudança climática. 2. Desastres naturais. 3. Temperatura do ar. 4. Poluição atmosférica. 5. Previsão climática. 6. Aquecimento global. 7. Alterações climáticas. 8. Eventos climáticos. 9. Desafios climáticos.	1. Biogás. 2. Biomassa. 3. Vinhaça. 4. Bagaço de cana. 5. Resíduos sólidos urbanos. 6. Biomassa para termoeletricidade. 7. Gás natural. 8. Bioetanol. 9. Bagaço de cana. 10. Hidrogênio.	1. Reforma do etanol. 2. Aproveitamento energético. 3. Tratamento de gases. 4. Processamento de óleos vegetais. 5. Potencial energético. 6. Reforma de hidrogênio. 7. Beneficiamento dos resíduos sólidos. 8. Gaseificação da biomassa. 9. Reação de reforma.	1. Sustentabilidade. 2. Eficiência energética. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Tecnologias limpas. 5. Análise de ciclo de vida.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 24 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável (continuação)

Cluster 01: Planejamento e meio ambiente	*Cluster 02:* Eficiência térmica e planejamento energético	*Cluster 03:* Eficiência térmica	*Cluster 04:* Estudos de aplicabilidade
1. Planejamento energético. 2. Impacto ambiental. 3. Energias renováveis. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Conservação de energia.	1. Desempenho energético. 2. Desempenho térmico. 3. Desempenho operacional de usinas. 4. Eficiência termodinâmica. 5. Gestão da energia. 6. Gerenciamento pelo lado da demanda. 7. Planejamento de expansão da geração.	1. Eficiência energética. 2. Conservação da energia. 3. Sustentabilidade. 4. Cogeração. 5. Planejamento energético. 6. Avaliação de ciclo de vida. 7. Consumo de energia elétrica.	1. Sistemas energéticos. 2. Sistemas solar-biomassa. 3. Sistemas isolados no Brasil. 4. Eletricidade híbrida. 5. Fontes renováveis alternativas. 6. Estudo técnico econômico ambiental. 7. GD.

Fonte: elaboração própria.

Hidrogênio e Célula a Combustível

A geração de energia elétrica via hidrogênio em células a combustível passa a ser viável pelo uso do hidrogênio produzido a partir da cogeração. Qualquer aplicação do hidrogênio originado pelo uso direto da energia elétrica é justificada em circunstâncias especiais como na tentativa de mitigar a emissão de particulados em centros urbanos. Nesse sentido, foram identificados oito *clusters de pesquisadores (ver Figura* 13) dedicados ao aprimoramento de tecnologias de geração do hidrogênio, células a combustível e armazenamento do insumo (ver Tabela 25).

A aplicação de células a combustível que utilizam como fonte energética o etanol, o metanol, o gás natural e o Syngas emerge como alternativa à geração de eletricidade, dada a disponibilidade do insumo e da tecnologia. O aprimoramento dessas tecnologias e de células do tipo alcalina (AFC), membrana polimérica (PEMFC), ácido fosfórico (PAFC), carbonatos fundidos (MCFC) e cerâmicos (SOFC) tem como foco mitigar os custos operacionais. Nesse sentido, a pesquisa relacionada a essa temática diz respeito ao melhoramento ou adequação de materiais, aumento da confiabilidade e da eficiência energética.

Os estudos sobre o armazenamento do hidrogênio focam o mesmo objetivo, mitigar custos operacionais. Nesse sentido, as pesquisas nacionais têm dado ênfase ao aprimoramento de tanques pressurizados que façam uso de novos materiais, como fibra de carbono e polímeros para elevadas pressões. A

vantagem do uso dessa tecnologia decorre da possibilidade de adequação do porte dos sistemas de armazenamento aos sistemas de geração (modularidade). O desenvolvimento de compressores de maior eficiência e menor custo operacional também é foco dessas pesquisas.

No que diz respeito à geração do hidrogênio, a tecnologia de eletrólise de insumos não renováveis e renováveis é foco das pesquisas nessa área. Não diferente das tecnologias de geração e armazenamento do hidrogênio, o aprimoramento das tecnologias de produção vai ao encontro da redução do custo operacional, por meio da aplicação de novos materiais.

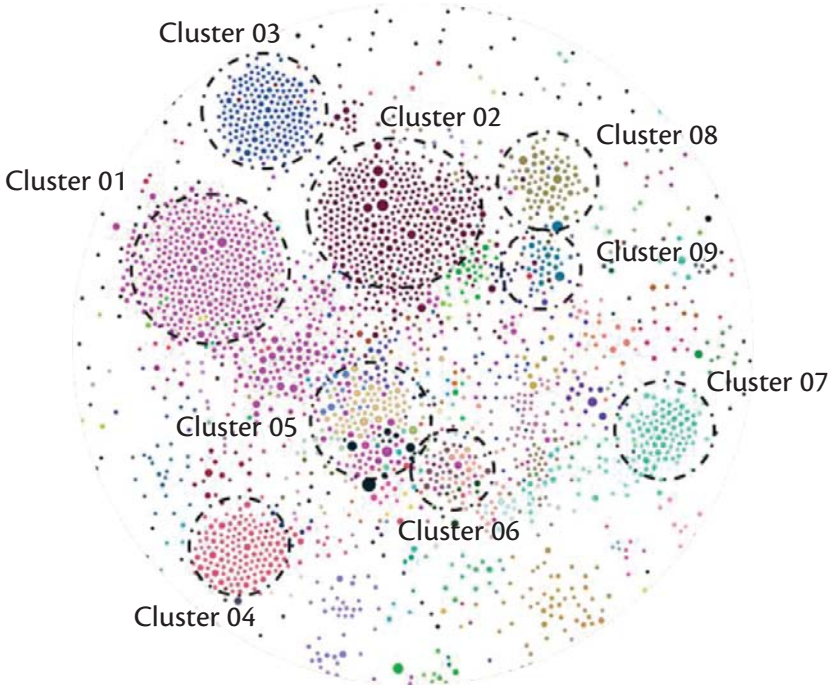


Figura 13 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível

Fonte: elaboração própria.

Tabela 25 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível

Cluster 01: Tecnologias de célula a combustível	*Cluster 02:* Tecnologias de célula a combustível	*Cluster 03:* Produção de hidrogênio	*Cluster 04:* Armazenamento de hidrogênio	*Cluster 05:* Armazenamento de hidrogênio
1. Célula a combustível. 2. Oxidação. 3. Nanotecnologia. 4. Eletroquímica. 5. Célula combustível a óxido sólido. 6. Membranas. 7. Células de combustível da membrana de troca de prótons.	1. Célula a combustível. 2. Polímeros. 3. Célula a combustível a óxido sólido. 4. Eletrodeposição. 5. Terras raras. 6. Células de combustível da membrana de troca de prótons. 7. Novos materiais. 8. Membranas. 9. Zeólita.	1. Produção do hidrogênio. 2. Etanol. 3. Reforma a vapor. 4. Pirólise. 5. Gás de síntese. 6. Melhoramento na produção do hidrogênio. 7. Produção do hidrogênio solar. 8. Produção e armazenamento de hidrogênio. 9. Termólise. 10. Eletrólise.	1. Armazenamento de hidrogênio. 2. Produção do hidrogênio. 3. Pirólise. 4. Pirólise solar. 5. Tanque de armazenamento.	1. Armazenamento do hidrogênio. 2. Hidrogênio de elevada pureza. 3. Hidrogênio eletrolítico. 4. Hidrogênio líquido. 5. Tanques pressurizados.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 26 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível (continuação)

Cluster 06: Tecnologias de célula a combustível	*Cluster 07:* Produção de hidrogênio	*Cluster 08:* Tecnologias de célula a combutível	*Cluster 09:* Tecnologias de célula a combustível
1. SOFC. 2. Compósitos. 3. Membranas. 4. PEMFC. 5. Nanomateriais.	1. Célula a combustível a etanol direto. 2. DEFC. 3. Célula a combustível a metanol direto. 4. Eletrodos modificados. 5. SOFC.	1. Célula a combustível. 2. Encapsulamento. 3. Catalisadores. 4. Corrosão. 5. Reciclagem. 6. SOFC. 7. Compósitos. 8. Membranas.	1. Célula a combustível. 2. Catalisadores. 3. Nanotecnologia. 4. Compósitos. 5. SOFC. 6. Membranas. 7. Microestrutura. 8. Nanocompósitos. 9. PEMFC. 10.Materiais.

Fonte: elaboração própria.

Geração Hidroelétrica

Tal qual observado na macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, a rede de especialistas da macrotemática Geração Hidroelétrica apresenta um número elevado de *clusters* que foram agrupados a fim de facilitar a sua análise (ver Figura 14). Essa abordagem foi possível, pois os *clusters* pertencentes ao mesmo agrupamento dizem respeito a temáticas semelhantes.

A vocação nacional para a geração hidroelétrica é inegável, embora as tecnologias envolvidas nessa macrotemática sejam tipicamente estrangeiras. O desenvolvimento de turbinas hidráulicas de grande porte não faz parte do planejamento da CT&I e da cadeia produtiva nacional. Por outro lado, há o interesse em outras tecnologias como PCHs, usinas reversíveis e em tecnologias de construção civil e O&M. As questões que envolvem o uso eficiente dos reservatórios, bem como a preservação ambiental também são foco da CT&I nacional (ver Tabela 27).

O desenvolvimento tecnológico, o uso racional da energia e o planejamento estratégico da geração hidroelétrica ocorrem de forma complementar (ver Tabela 27). As temáticas de planejamento estratégico dizem respeito à presença da hidroeletricidade em sistemas do tipo GD e em sistemas de menores portes. Nesse contexto, são observados estudos no campo da análise econômica, energização rural e aplicações de PCHs. Além do planejamento energético, o estudo do recurso hidráulico é observado dentre as temáticas da rede. O objetivo desses estudos é garantir a aplicabilidade da geração hidroelétrica em grande, médio e em pequeno porte. Em grande e médio porte, os estudos estão voltados à aplicação de usinas de baixa queda e elevado volume. Em pequeno porte, há um esforço em se mapearem as possibilidades de uso do recurso hidráulico para atender às demandas do planejamento.

No contexto ambiental, a preocupação é voltada à preservação de peixes (ver Tabela 27). São realizados estudos com foco nas características migratórias de espécies e com foco no desenvolvimento de turbinas do tipo *fishfriendly*. O controle de mexilhões dourados nas instalações das usinas também é foco das pesquisas nessa macrotemática. O molusco é responsável pelo entupimento de encanamentos em equipamentos da usina e é um vetor para o desequilíbrio ambiental. É natural da Ásia e foi trazido acidentalmente na água utilizada como lastro de navios. Dentre os estudos para mitigar as ações desse molusco, estão a injeção de hipoclorito em baixas concentrações, o uso de tintas anti incrustações e a aplicação do gás ozônio em baixas concentrações.

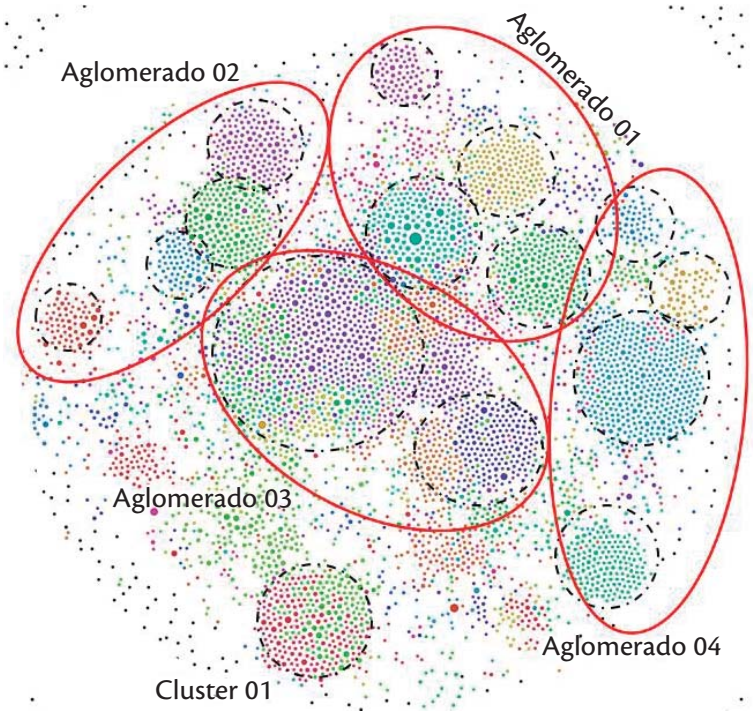


Figura 14 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Geração Hidroelétrica

Fonte: elaboração própria.

Tabela 27 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Hidroelétrica

Aglomerado 01: Meio ambiente	Aglomerado 02: Tecnologias	Aglomerado 03: Recurso energético	Aglomerado 04: Eficiência energética	*Cluster 01:* Planejamento energético
1. Impactos ambientais. 2. Mexilhão dourado. 3. Mecanismos de transposição de peixes. 4. Proteção da ictiofauna. 5. Escada para peixes. 6. Infestação de mexilhões dourados. 7. *Limnoperna fortunei.* 8. Mortandade de peixes.	1. PCH. 2. Turbinas hidráulicas – modelos reduzidos. 3. Sistemas de bombeamento. 4. Bombas funcionando como turbinas. 5. Medição de grandes vazões. 6. Medidores digitais de vazão. 7. Diagnóstico estrutural de reservatórios. 8. Tecnologias de concretos. 9. GD. 10. *Smart grid* – modelagem.	1. Balanço hídrico. 2. Recursos hídricos.3. Planejamento energético. 4. Modelos de simulação. 5. Aquisição de dados. 6. Precipitação pluviométrica. 7. Balanço hídrico. 8. Modelos de simulação. 9. Déficit hídrico. 10. Climatologia.	1. Eficiência energética. 2. Uso racional da energia. 3. Conservação de energia elétrica. 4. Armazenamento de energia. 5. Eficiência na geração. 6. Energia elétrica – conservação. 7. PCH.	1. GD. 2. PCH. 3. Otimização. 4. Planejamento energético. 5. Modelagem. 6. Análise econômica. 7. Eletrificação rural. 8. Automação. 9. Geração em pequeno porte. 10. Energização rural.

Fonte: elaboração própria.

Energia Nuclear

As preocupações com as alterações climáticas, a qualidade do ar, a segurança no abastecimento de eletricidade e com a ininterrupta volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis indicam a tendência de utilização crescente da fonte nuclear. A energia nuclear garante "despachabilidade" e segurança no atendimento à demanda de eletricidade. Possui espaço no planejamento energético nacional em médio e longo prazo e planeja-se o uso de tecnologias de reatores e combustíveis de segunda e terceira gerações. Considerando-se esse cenário, foram identificados 6 *clusters* de pesquisadores (ver Figura 15) dedicados ao aprimoramento ou desenvolvimento de tecnologias de segurança, operacionalidade de usinas, tecnologias para reatores e combustíveis nucleares (ver Tabela 28).

Dentre as temáticas observadas no contexto meio ambiente, estão o planejamento ambiental e a gestão dos resíduos nucleares, assuntos chave para a manutenção e a implantação de novas usinas.

Considerando-se uma participação mais expressiva dessa fonte na matriz elétrica brasileira, são observadas na rede as temáticas relativas à prospecção de possíveis regiões para a implantação de usinas nucleares. Nesse contexto, são levados em conta a estabilidade geológica dos terrenos, o impacto da presença dessas usinas ao meio ambiente e as normas e leis para a implantação de usinas.

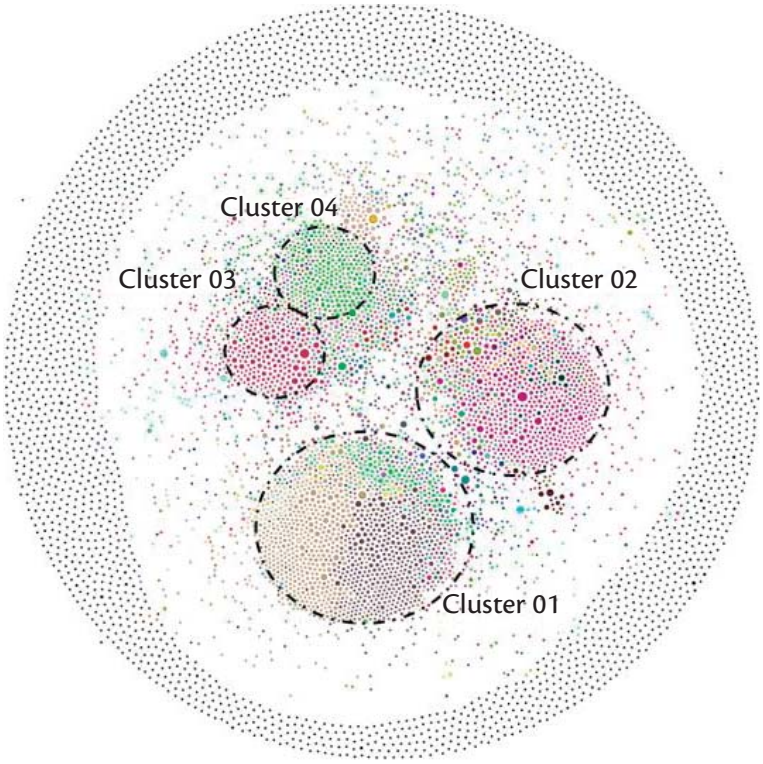


Figura 15 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Nuclear

Fonte: elaboração própria.

Tabela 28 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Nuclear

Cluster 01: Tecnologias para reatores	*Cluster* 02: Meio ambiente	*Cluster* 03: Usina nuclear	*Cluster* 04: Combustível nuclear	*Cluster* 05: Tecnologias para reatores	*Cluster* 06: BUR
1. Reatores nucleares. 2. Aço de reator. 3. Corrosão sob tensão. 4. Gerenciamento de vida de reatores nucleares. 5. Propriedades mecânicas. 6. Reator nuclear de pesquisa. 7. Física de reatores. 8. Tensões residuais. 9. Comportamento mecânico. 10. Análise de falhas. 11. Envelhecimento de reatores nucleares.	1. Meio ambiente. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Licenciamento ambiental. 4. Impactos ambientais. 5. Monitoramento ambiental. 6. Legislação ambiental. 7. Planejamento energético. 8. Sustentabilidade ambiental. 9. Gestão dos resíduos nucleares. 10. Controle ambiental.	1. Usina nuclear. 2. Segurança. 3. Custo operacional de usinas nucleares. 4. Garantia física de usinas. 5. Repotenciação de usinas. 6. Planejamento da operação.	1. Elemento combustível. 2. Combustível nuclear. 3. Bocal de elemento combustível. 4. Ciclo do combustível nuclear. 5. Elemento combustível nuclear.	1. Reatores nucleares. 2. Integridade estrutural. 3. Tensões residuais. 4. Propriedades mecânicas. 5. Mecânica da fratura. 6. Comportamento mecânico.	1. Instalações nucleares. 2. Geoprocessamento. 3. Avaliação ambiental.4. Licenciamento ambiental. 5. Geotecnia. 6. Seleção de local. 7. Riscos ambientais.8. Georreferenciamento. 9. Antropotecnologia.10. Risco geológico.

Fonte: elaboração própria.

Armazenamento de Energia

As tecnologias de armazenamento de energia permitirão uma maior eficiência operativa dos sistemas elétricos, confiabilidade e qualidade no fornecimento da energia, resiliência, integração de fontes renováveis intermitentes, aumento do nível de co-geração (produção de eletricidade e calor) e deverão desempenhar um papel importante na descarbonização do sistema energético. Nesse sentido, no Brasil, as temáticas observadas na rede de especialistas dessa macrotemática (ver Figura 16) dizem respeito, basicamente, às tecnologias de armazenamento via reservatórios hídricos e baterias (ver Tabela 29).

Os reservatórios hídricos representam a forma mais adequada de estoque de energia existente no Sistema Interligado Nacional (SIN). Entretanto, como novas fontes de energia vêm sendo inseridas na matriz elétrica brasileira, os reservatórios assumem maior importância na segurança do sistema elétrico nacional, no sentido de garantir atendimento ao mercado de energia ao longo dos anos. Nesse

contexto, os estudos observados na temática dizem respeito à segurança operacional e estrutural,às tecnologias de sistemas reversíveis, às tecnologias de integração entre fontes e aos sistemas de armazenamento e planejamento estratégico

A vantagem do uso de baterias decorre da possibilidade de *clusterização*. Dessa forma, é possível utilizar o sistema de armazenamento com variação de portes para o uso na GD e em regiões remotas, por exemplo.

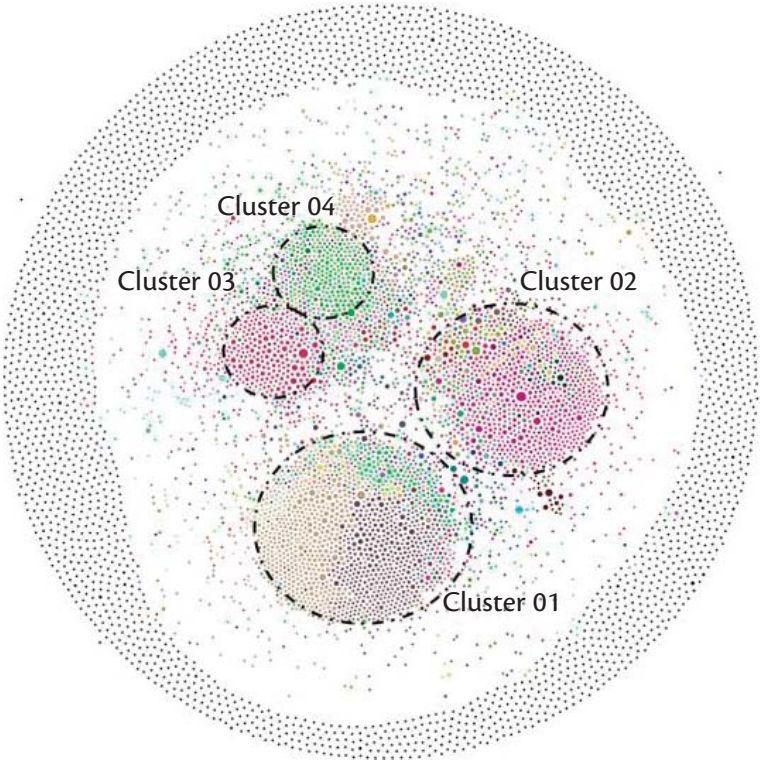


Figura 16 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Tabela 29 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Armazenamento de Energia

Cluster 01: Tecnologias de armazenamento	*Cluster 02:* Tecnologias de armazenamento	*Cluster 03:* Tecnologias de armazenamento e planejamento	*Cluster 04:* Tecnologias de armazenamento e planejamento
1. Armazenamento térmico. 2. Armazenamento de energia elétrica. 3. Armazenamento de calor. 4. Armazenamento em calor latente. 5. Armazenamento de calor sensível. 6. Gelo-armazenamento. 7. Armazenamento com baterias. 8. Armazenamento via baterias chumbo-ácido. 9. Armazenamento eletroquímico de energia. 10. Sistema de armazenamento de frio e calor.	1. Baterias. 2. Baterias de lítio. 3. Baterias secundárias. 4. Modelagem de baterias. 5. Bateria chumbo-ácido. 6. Reprocessamento de cadotos de baterias. 7. Projeto de baterias. 8. Reprocessamento de baterias. 9. Monitoramento de baterias chumbo-ácido. 10. Baterias, O&M.	1. Armazenamento hídrico. 2. Sistemas de armazenamento de águas. 3. Planejamento hídrico. 4. Planejamento energético. 5. Intensidade de precipitação. 6. Recursos hídricos.	1. Armazenamento hídrico. 2. Sistemas de armazenamento de águas. 3. Planejamento hídrico. 4. Planejamento energético. 5. Intensidade de precipitação. 6. Recursos hídricos.

Fonte: elaboração própria.

Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

A rede de pesquisadores dessa macrotemática é apresentada na Figura 17. Embora seja uma rede cujos nós estejam relativamente dispersos, foi possível observar a formação de três *clusters*. O foco das pesquisas diz respeito às tecnologias voltadas à distribuição de energia elétrica, como monitoramento; e diz respeito aos arranjos técnicos de sistemas de geração. Os arranjos, a partir das fontes biomassa, solar fotovoltaica, PCH e diesel, têm destaque nesse grupo. Por outro lado, não foram detectados temas, nesse meio, relativos ao uso de sistemas de armazenamento de energia. A aplicação de sistemas híbridos no país parece ser um pouco incipiente, contudo, com a caracterização dos recursos energéticos no país, o desenvolvimento da química solar e a mitigação dos custos de operação de tecnologias como os painéis solares e as células a combustível, espera-se uma maior participação desses arranjos tecnológicos na matriz elétrica brasileira.

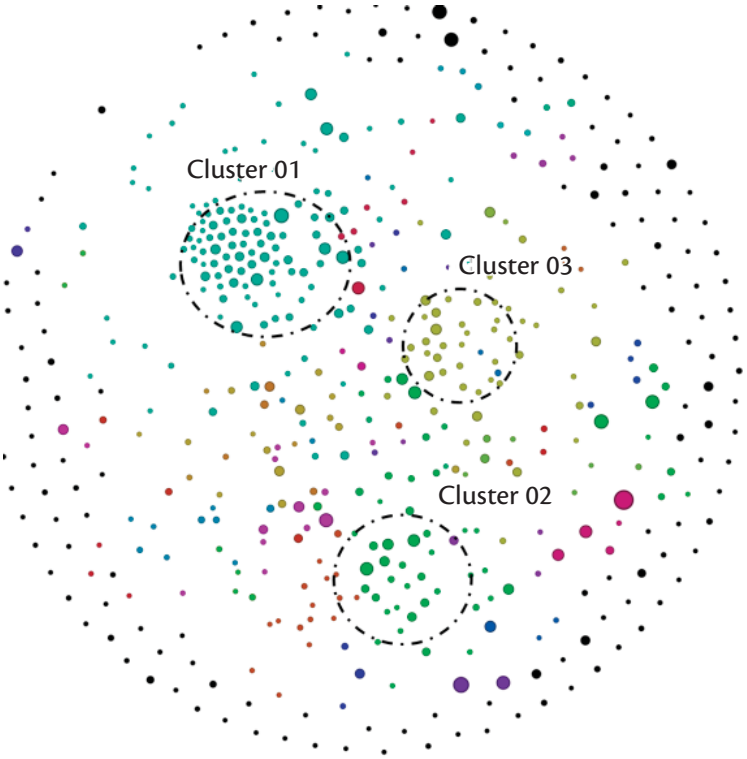


Figura 17 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

Fonte: elaboração própria.

Tabela 30 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

Cluster 01: Distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Fontes de energia	*Cluster* 03: Arranjos tecnológicos para a geração de eletricidade
1. Geração distribuída. 2. Distribuição de energia elétrica. 3. Eletrificação rural. 4. Atendimento em localidades isoladas. 5. Sistemas de distribuição de eletricidade. 6. Gerenciamento da demanda de energia elétrica. 7. Operação de sistemas elétricos.	1. Sistemas híbridos. 2. Geração solar. 3. Geração eólica. 4. Biomassa. 5. Grupo moto gerador a diesel. 6. Alternativas energéticas. 7. Arranjos energéticos. 8. PCH. 9. Óleo vegetal combustível.	1. Sistemas híbridos. 2. Eólico/solar/diesel. 3. Diesel/eólico/fotovoltaico. 4. Diesel/eólico. 5. Híbrido – hidroelétrico fotovoltaico.

Fonte: elaboração própria.

Relações de similaridade semântica e coautoria

A Tabela 31 apresenta as redes de pesquisadores com destaque à similaridade semântica (arestas vermelhas) e coautoria (arestas verdes), associadas ao respectivo Grau Médio[29]. Conforme mencionado na metodologia, as redes de similaridade semântica apresentam o relacionamento entre pesquisadores, por meio de trabalhos cujos títulos apresentem, no mínimo, 85% de similaridade. As redes de coautoria dizem respeito às ligações entre pesquisadores que compartilharam publicações. Nesse contexto, quanto maior o valor do Grau Médio, maior a relação de similaridade e coautoria.

As macrotemáticas Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, Hidrogênio e/ou Célula a Combustível e Energia Solar Fotovoltaica, apresentam, dentro do seu universo de pesquisadores, o maior número de RH atuando nos mesmos assuntos e o maior número de pesquisadores trabalhando de forma colaborativa, ao serem comparadas às outas macrotemáticas. Contudo, também se observa que o grau de similaridade dessas macrotaméticas é expressivamente maior que o grau de coautoria.

A atratividade da pesquisa na geração termoelétrica vem da elevada possibilidade de estudos, principalmente com a biomassa. Os trabalhos de pesquisas estão envolvidos desde o processo de produção do insumo primário até a sua aplicação. No campo dos recursos não renováveis, por

29 Grau Médio: número de arestas dividido pelo número de nós, vezes dois.

exemplo, os estudos estão focados na queima do carvão pulverizado e na obtenção de combustores de baixa emissão de NOx.

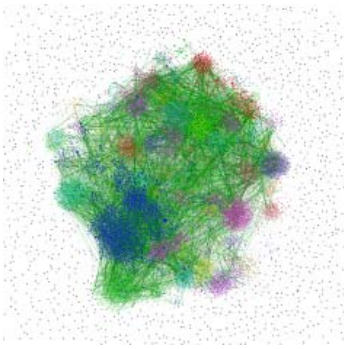
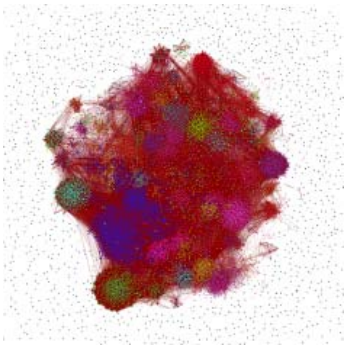
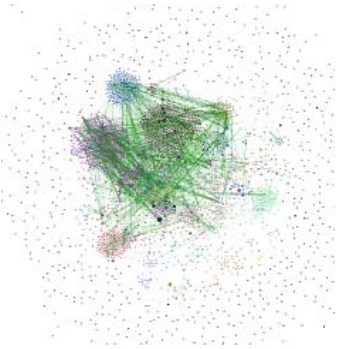
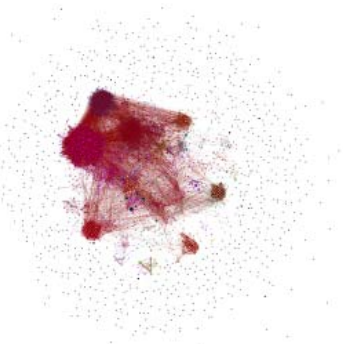
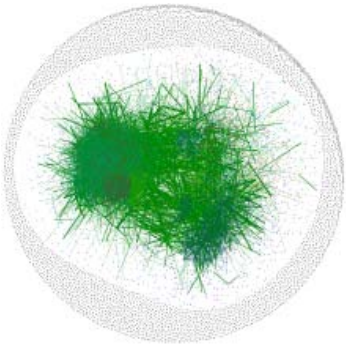
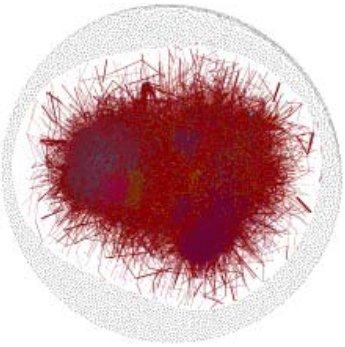
O mercado da geração fotovoltaica é uma realidade e tem mostrado segurança, da mesma forma que o mercado de eólica. Dessa forma, a entrada dessa tecnologia na matriz tem incentivado pesquisas nacionais para o desenvolvimento ou aprimoramento de inversores, sistemas de conexão entre módulos fotovoltaicos e rede, controle e monitoramento para o uso na DG e em regiões remotas. As pesquisas voltadas à geração solar de grande porte também estão avançadas, tal qual os estudos para o uso da fotovoltaica integrada a outras fontes de energia e a sistemas de armazenamento.

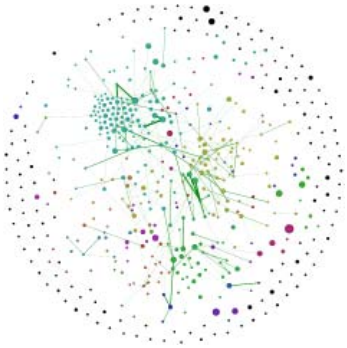
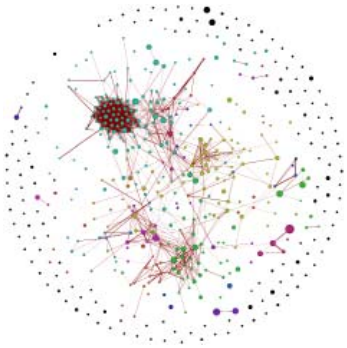
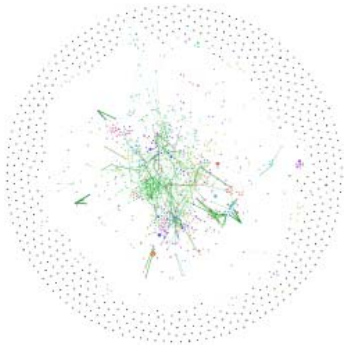
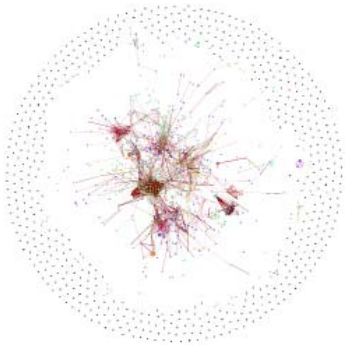
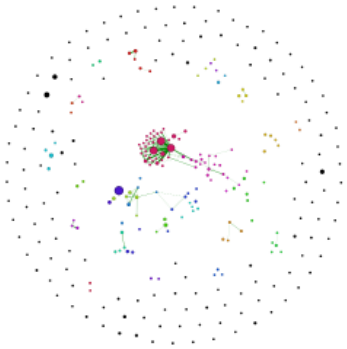
O uso do hidrogênio na geração ganhou espaço significante nas pesquisas nacionais, principalmente, pela sua aplicação na GD. O hidrogênio, como vetor energético, pode armazenar energia e ser utilizado em conjunto a qualquer fonte energética. O uso de células a combustível promete um mercado promissor no Brasil. A possibilidade da aplicação de outros insumos, como o etanol, estimulou o aumento das pesquisas para elevar a eficiência, a confiabilidade e, principalmente, para adequar os custos de fabricação e operação desses sistemas. Outros pontos que trouxeram o interesse do RH a essa macrotemática, dizem respeito ao desenvolvimento de sistemas de armazenamento com melhores custos operacionais e ao aprimoramento das tecnologias de cogeração para a produção do hidrogênio.

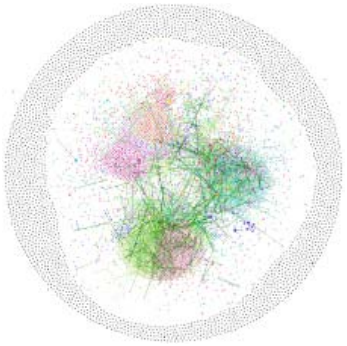
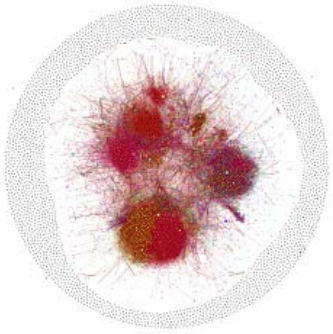
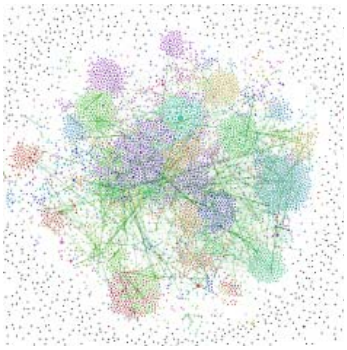
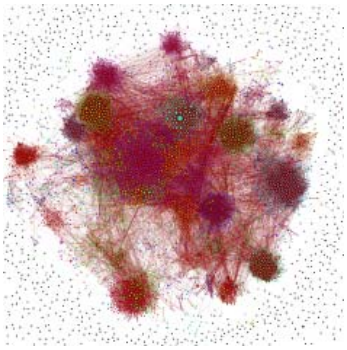
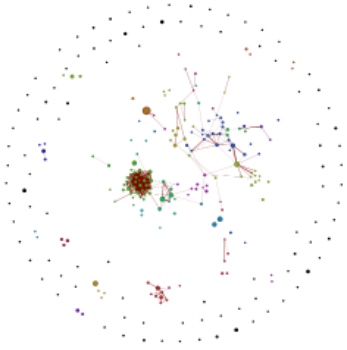
Embora o universo de pesquisadores nas macrotemáticas Energia Eólica e Geração Hidroelétrica seja relativamente elevado, as suas redes demonstram um nível de similaridade menor e, consequentemente, menores coautorias, fato que pode ser atribuído à maturidade mercadológica dessas fontes. A geração via Energia dos Oceanos e Solar Heliotérmica ainda é incipiente, no Brasil. Em solar heliotérmica, por exemplo, a chegada recente dessa tecnologia, aliada ao fato do planejamento energético considerá-la em médio e longo prazo, em aplicações específicas, justifica um universo de pesquisadores menor.

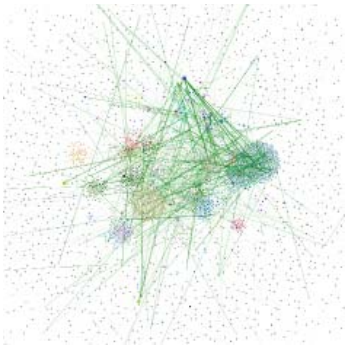
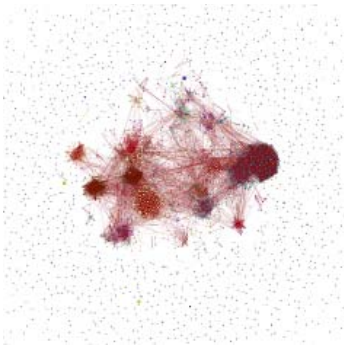
Essa constatação permite inferir que, embora sejam observados esforços concentrados acerca de determinados temas, pode ser que não haja uma coordenação entre entes da CT&I no sentido de direcionar esforços para o desenvolvimento de determinadas tecnologias. A falta de coordenação com um foco em comum pode levar ao desperdício do financiamento público de pesquisa. É necessário construir uma diretriz para a pesquisa no setor que tenha foco no desenvolvimento colaborativo para resolver problemas que impactem diretamente a economia do SEB.

Tabela 31 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	1,742		23,3	
Hidrogênio e Célula a Combustível	1,502		14,847	
Energia Solar Fotovoltaica	1,309		16,853	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	0,836		4,939	
Energia Nuclear	0,83		2,798	
Energia dos Oceanos	0,662		0,973	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Armazenamento de Energia	0,561		14,339	
Geração Hidroelétrica	0,542		11,015	
Energia Solar Heliotérmica	0,502		2,609	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Energia Eólica	0,465		7,886	

Fonte: elaboração própria.

Infraestrutura de CT&I

No que diz respeito à estrutura de CT&I, estão, à disposição do setor elétrico brasileiro, inúmeros laboratórios, que cercam praticamente todas as áreas do grupo de Geração e Armazenamento de Energia. Quase 50% dos laboratórios são dedicados à geração solar fotovoltaica e à termoeletricidade renovável e não renovável (ver Gráfico 37).

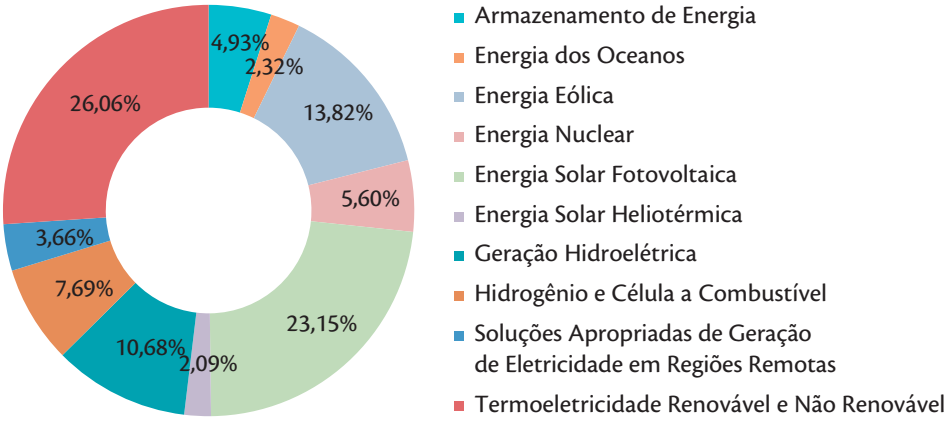


Gráfico 37 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Conforme apresentado na Figura 18, a maior parte dos laboratórios está sediada nas regiões Sudeste e Sul do país, tendo as maiores disponibilidades nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul (ver Gráfico 38).

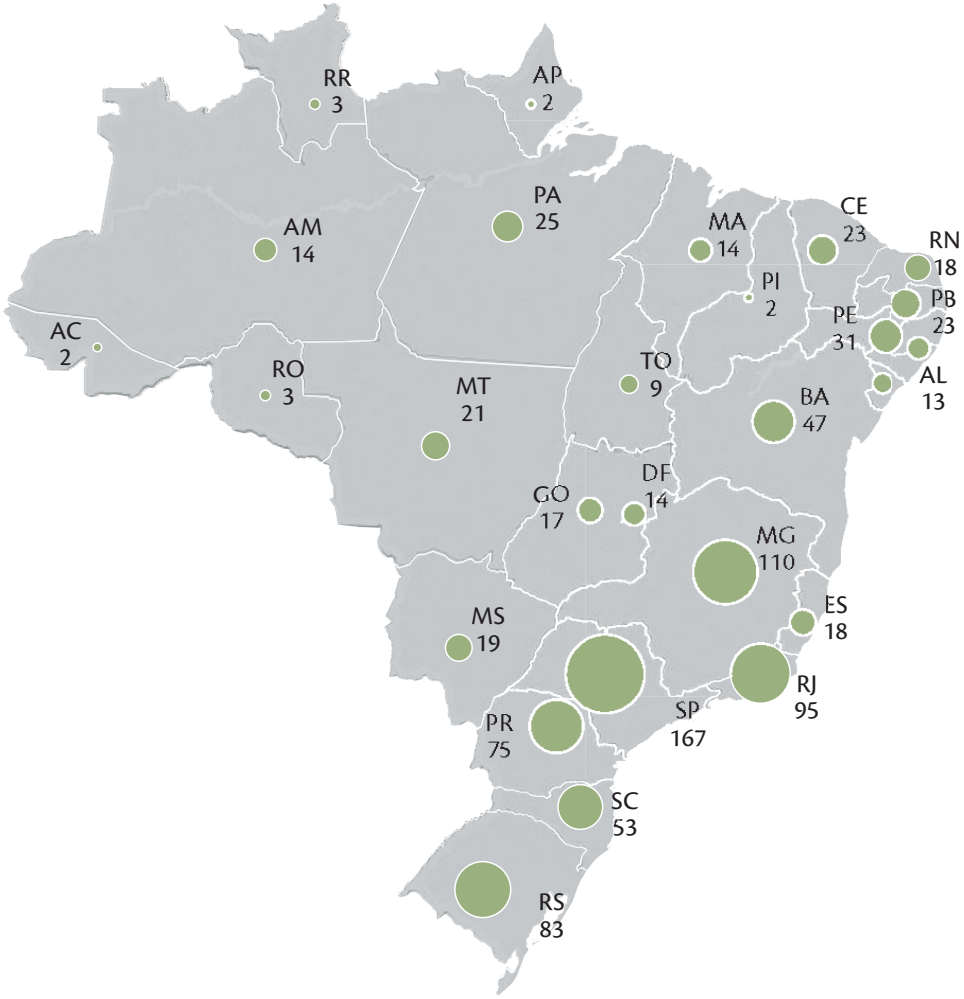
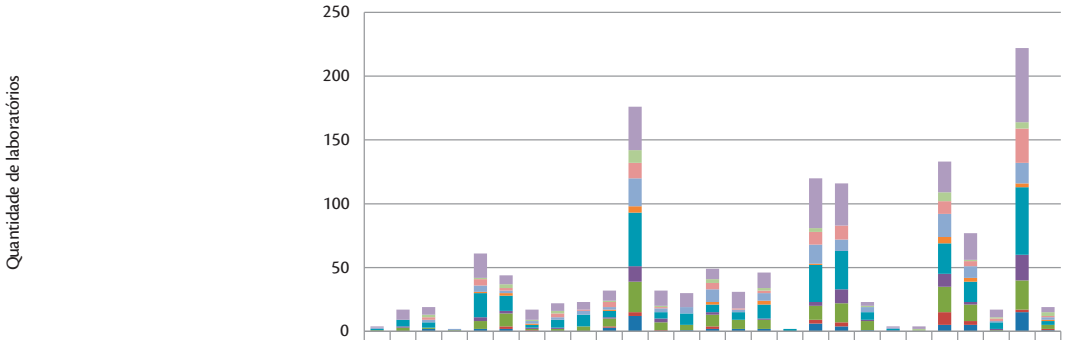


Figura 18 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.



	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	1	8	6	0	19	7	8	6	6	8	34	12	11	8	13	12	0	39	33	3	1	2	24	21	6	58	4
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	0	0	2	0	1	3	1	2	0	1	10	1	0	3	0	2	0	3	0	1	0	2	7	1	1	5	3
Hidrogênio e Célula a Combustível	0	0	2	0	5	2	0	3	1	4	12	1	0	5	1	2	0	10	11	0	0	0	10	4	2	27	1
Geração Hidroelétrica	1	0	2	1	5	2	2	2	3	2	22	3	5	10	2	6	0	15	9	4	1	0	18	9	1	16	2
Energia Solar Heliotérmica	0	0	0	0	1	2	1	0	0	1	5	0	0	2	0	3	0	1	0	0	0	0	5	3	0	3	1
Energia Solar Fotovoltaica	1	5	4	0	19	12	2	6	9	5	42	5	9	6	6	11	2	29	30	6	1	0	24	16	5	53	3
Energia Nuclear	0	1	0	0	3	2	1	1	0	1	12	3	0	2	0	1	0	3	11	1	0	0	10	2	1	20	0
Energia Eólica	1	3	1	1	6	10	1	2	4	6	24	6	4	9	7	7	0	11	15	7	0	0	20	13	1	23	3
Energia dos Oceanos	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	3	1	0	2	0	0	0	3	3	0	0	0	10	3	0	2	1
Armazenamento de Energia	0	0	2	0	2	2	0	0	0	3	12	0	1	2	2	2	0	6	4	1	1	0	5	5	0	15	1

Gráfico 38 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Os laboratórios nacionais que desenvolvem trabalhos associados às macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia caracterizam-se como entidades certificadoras e calibradoras, instituições dedicadas ao desenvolvimento de tecnologias e grupo de estudos, na proporção apresentada no Gráfico 39. Na média, as instituições brasileiras são dedicadas, em maior parte, a ensaios e calibrações e a grupos de estudos, evidenciando a baixa produção de tecnologias para o setor elétrico, se comparado a países como o Japão, Estados Unidos da América, Alemanha e Coreia do Sul.

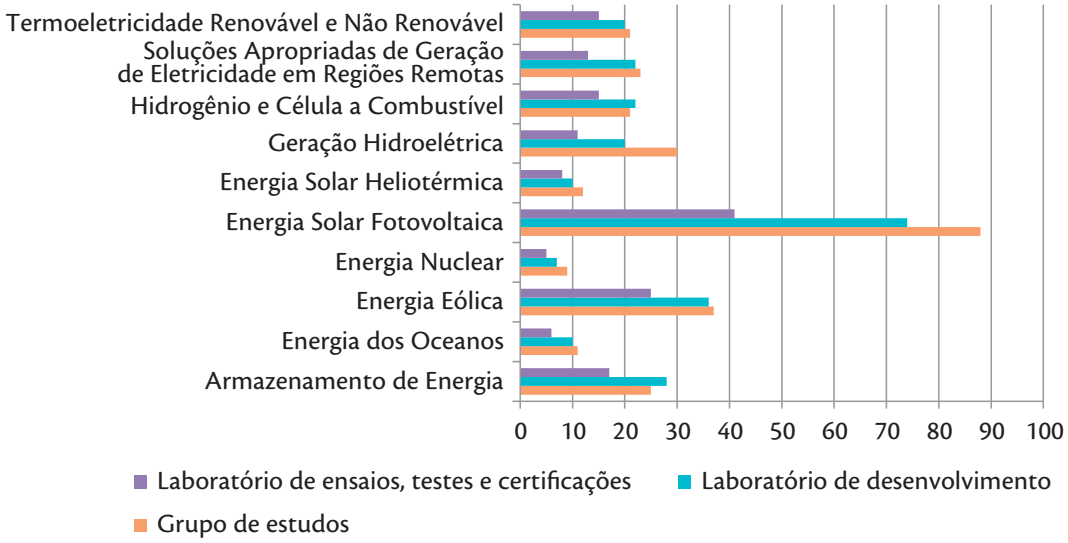


Gráfico 39 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados aos GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Trabalhando nesses laboratórios, observa-se que a maior parte dos pesquisadores possuem doutorado e estão dedicados ao desenvolvimento das macrotemáticas Termoeletricidade Renovável e Não Renovável e Energia Solar Fotovoltaica (ver Gráfico 40).

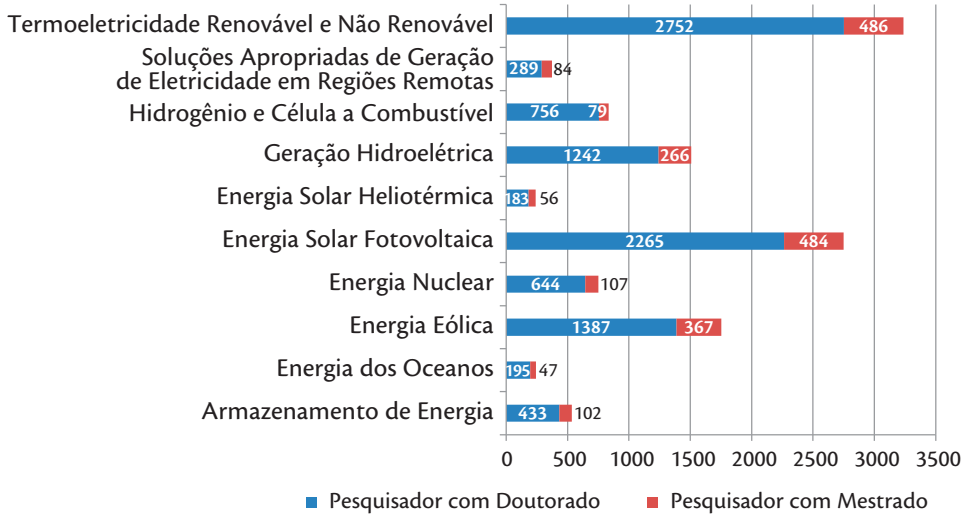


Gráfico 40 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Outro importante fato a ser mencionado diz respeito ao montante financeiro investido em ativos. O Gráfico 41 e Gráfico 42 mostram que a maior parte dos investimentos laboratoriais está relacionada a equipamentos. A simulação computacional é importante ao desenvolvimento de tecnologias e à mitigação dos custos experimentais, contudo o uso de equipamentos para testes, simulações, calibrações e aferições é indispensável, uma vez que a experimentação expressa a realidade. Equipamentos experimentais como túneis de vento e equipamentos de medição são dispendiosos, contudo, necessários. Embora os investimentos em equipamentos nesses laboratórios sejam relativamente elevados em relação aos investimentos em *softwares*, se comparados aos investimentos realizados em instituições sediadas na Alemanha e Japão, por exemplo, o país está aquém dos valores praticados em países tecnologicamente mais avançados. A condição nacional é reflexo da baixa participação dos laboratórios e das instituições de pesquisa na vida da cadeia produtiva nacional.

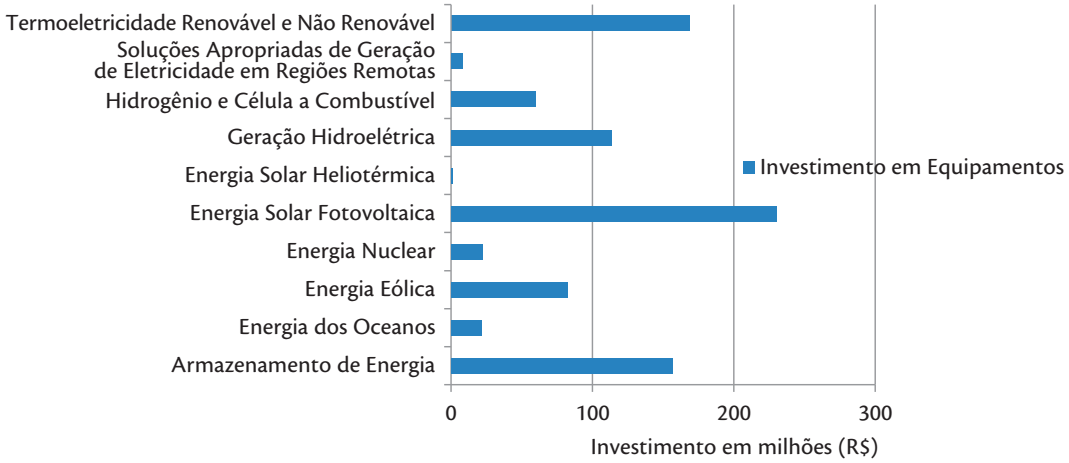


Gráfico 41 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

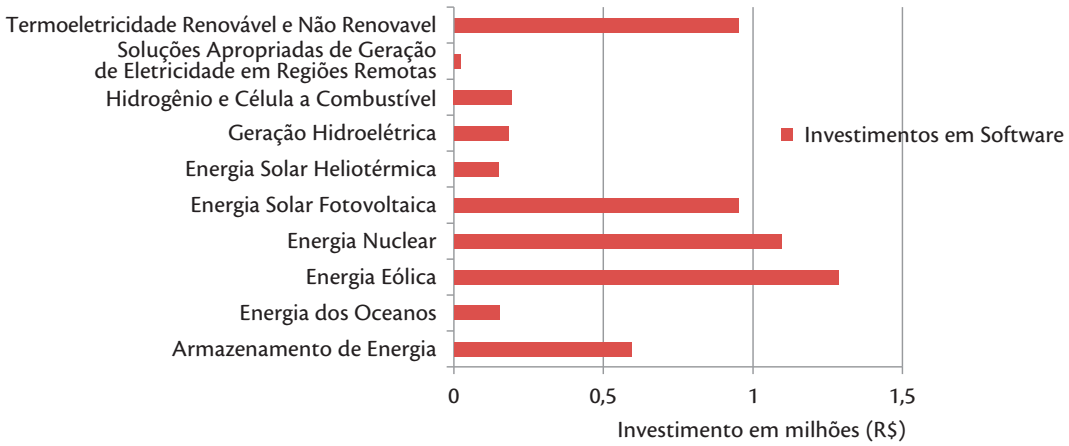


Gráfico 42 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Os baixos investimentos e a baixa produção científica voltada aos propósitos da indústria nacional refletem-se na baixa produção de patentes por esses laboratórios (Gráfico 43). Essa questão também influencia a cadeia de inovação brasileira do setor elétrico. Conforme apresentado no Gráfico 44, a maior parte dos laboratórios atua nas fases de pesquisa básica, aplicada e de desenvolvimento experimental. Trabalhar com desenvolvimentos de cabeça de série, lote pioneiro e tecnologias para a aplicação em mercado exige da CT&I nacional maiores investimentos e, principalmente, diretrizes que incluam a prestação de serviços por parte dos laboratórios à cadeia produtiva.

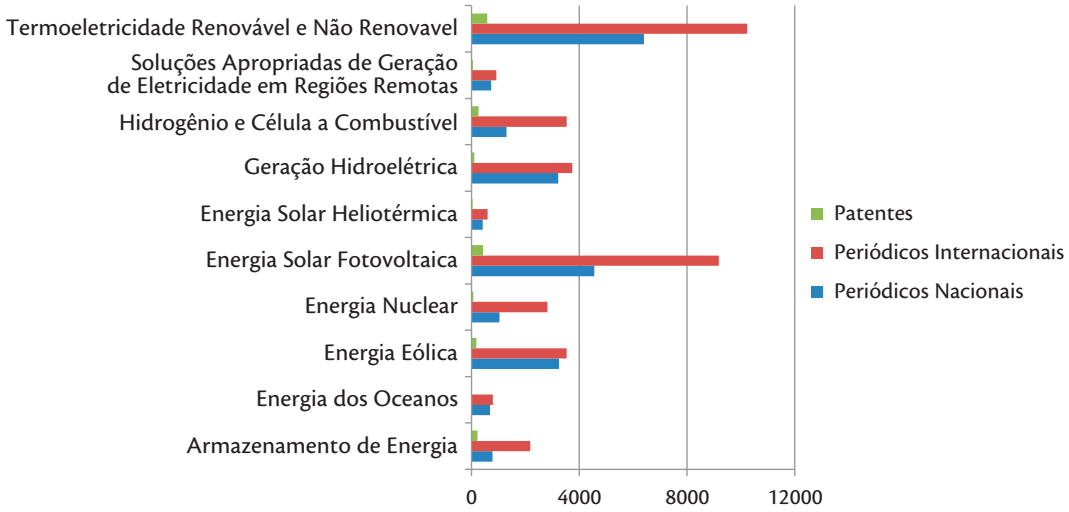


Gráfico 43 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

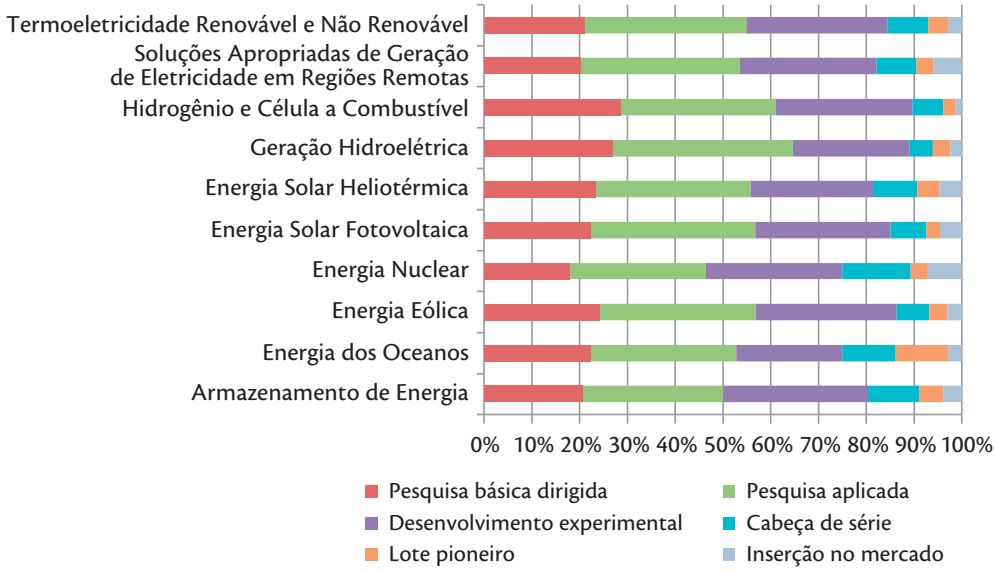


Gráfico 44 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu

A atividade de P&D nas instituições de ensino superior (IEs) acerca do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia é, em geral, bem desenvolvida e diversificada entre diferentes áreas de avaliação dos respectivos programas de Pós-Graduação (PPGs). Foram contabilizados 433 distintos PPGs que desenvolvem, atualmente, projetos de pesquisa relativos ao grupo. A Figura 19, a seguir, apresenta a distribuição dos PPGs pelas UFs no Brasil.

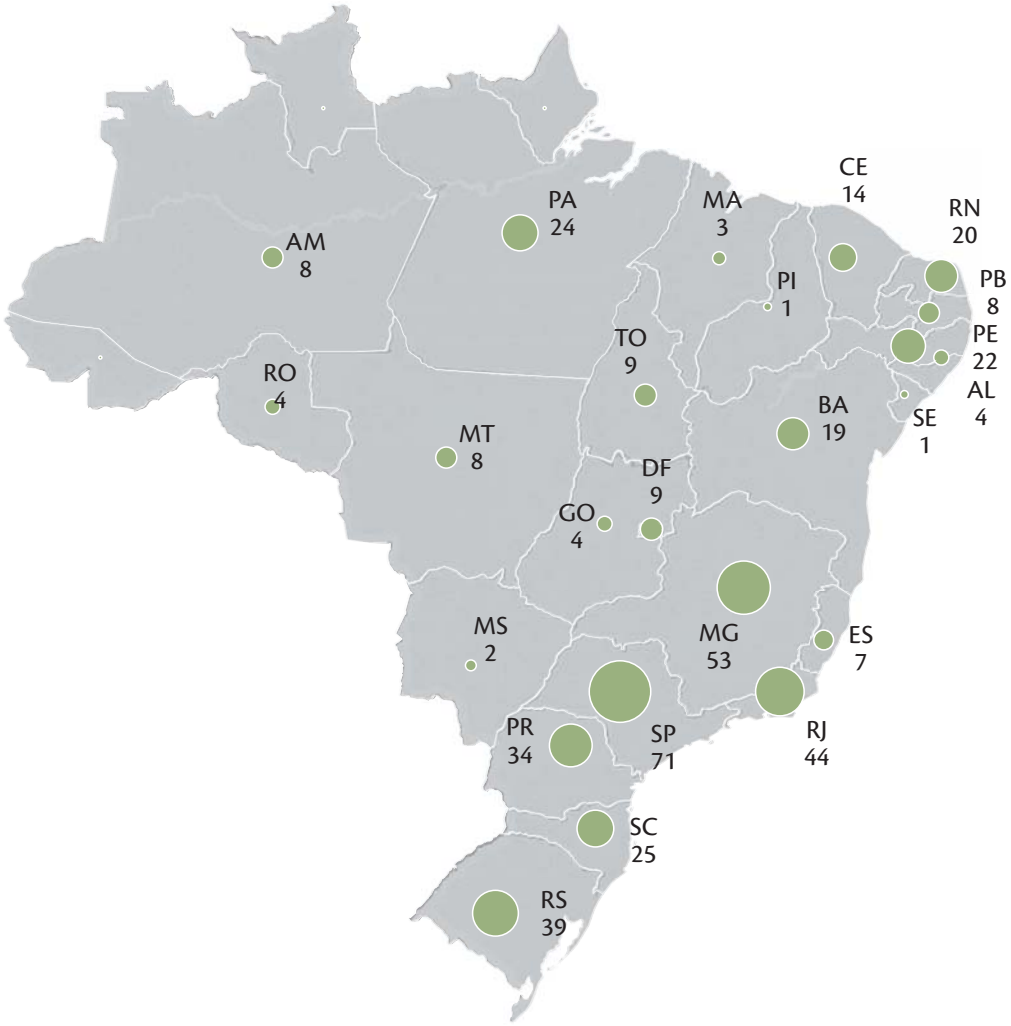


Figura 19 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser visto na figura, praticamente todas as UFs do país possuem PPGs que realizam, atualmente, atividade de P&D relacionada ao GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. As exceções são os estados do Acre, do Amapá e de Roraima. No grupo, a média é de, aproximadamente, 16 PPGs por UF. Como esperado, a região Sudeste apresenta o maior número de programas, representando cerca de 40% do total no país. As regiões Sul e Nordeste representam cerca

de 23% e 21%, respectivamente, do total. A diferença entre as duas regiões é a de que o número de programas na região Sul é bem distribuído entre seus estados, enquanto no Nordeste esse número é concentrado em alguns estados. Na região Norte, o destaque é o estado do Pará, com o total de 24 programas, o estado fora das regiões Sul e Sudeste com o maior número de programas.

O estado de São Paulo é o que apresenta o maior número de PPGs associados ao grupo, com um total de 71 programas. Destacam-se os programas dos diversos campi da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Campinas (Unicamp), com o desenvolvimento de um elevado número de projetos de pesquisa relativos ao grupo. Em Minas Gerais, a quantidade de PPGs é também bastante expressiva, tendo como grande destaque o programa de Pós-Graduação de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Além deste, vale destacar os diversos programas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJV). No estado do Rio de Janeiro, há diversos programas contabilizados, os quais desenvolvem uma quantidade expressiva de projetos de pesquisa relativos ao grupo. Vale destacar os PPGs da Coppe – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Na região Nordeste, o estado de Pernambuco apresenta o maior número de PPGs associados. O grande destaque do estado é o programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), com um elevado número de projetos de pesquisa acerca do grupo temático. Na região, destacam-se o programa de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará (UFC) e o programa de Energias Renováveis da Universidade Federal da Paraíba (UFPB). No estado do Rio Grande do Norte, destacam-se diversos programas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Na região Sul, um dos principais destaques é o programa de Pós-Graduação de Engenharia e Tecnologia de Materiais da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS) com um elevado número de projetos de pesquisa. Vale destacar os diversos programas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Nas regiões Norte e Centro-Oeste, destacam-se, no estado do Pará, a Universidade Federal do Pará (UFPA) com um total de 12 programas associados; e, no Distrito Federal, a Universidade de Brasília, representando a totalidade dos PPGs contabilizados na UF.

Apesar de haver um grande número de PPGs contabilizados no grupo, há uma grande variabilidade de PPGs quando analisados por macrotemática. O Gráfico 45 apresenta essas quantidades. É importante salientar que um mesmo PPG pode ser associado a mais de uma macrotemática, portanto contabilizado

mais de uma vez para essa análise. Dessa forma, a soma das quantidades apresentadas a seguir é maior que o número total de PPGs do grupo.

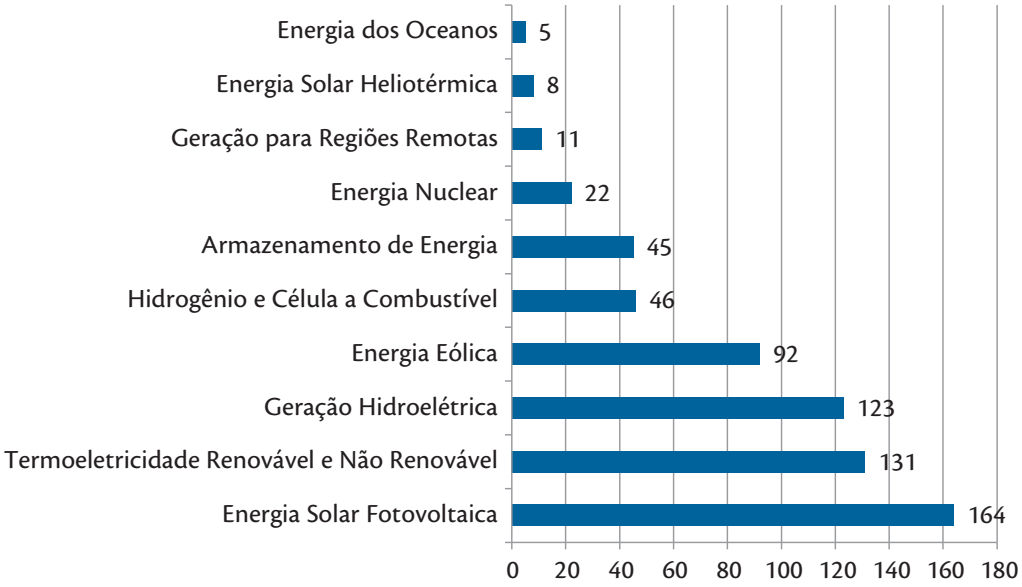


Gráfico 45 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

O gráfico anterior mostra que há poucos programas de Pós-Graduação no país que desenvolvem projetos de pesquisa acerca das macrotemáticas Energia dos Oceanos e Energia Solar Heliotérmica. A pesquisa acerca das tecnologias relativas a essas macrotemáticas ainda é muito incipiente no país e depende consideravelmente de sofisticada estrutura de CT&I, o que limita bastante o desenvolvimento de projetos de pesquisa. Em contrapartida, a quantidade de programas que pesquisam sobre as macrotemáticas Energia Solar Fotovoltaica, Termoeletricidade, Geração Hidroelétrica e Energia Eólica é bastante expressiva. Em parte, isso se deve ao grande interesse da manutenção da matriz energética nacional em relação às energias renováveis citadas. No caso da primeira, destaca-se o grande interesse e estudo da inserção de sistemas fotovoltaicos na geração distribuída.

A distribuição de PPGs no país varia significativamente de acordo com a macrotemática analisada no grupo temático. Pelo fato deste grupo abordar tecnologias bem distintas entre si e terem diferentes impactos entre as regiões do país, muitas vezes isso se reflete na quantidade de PPGs por UF em se que se desenvolve atividade de P&D. Nesse intuito, a Tabela 32 a seguir ordena as cinco UFs com

maior número de programas para cada macrotemática, além de apresentar a proporção que cada UF listada representa do total de PPGs associados a cada macrotemática.

Tabela 32 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Energia Eólica	RN (14)	MG (10)	RS (10)	SP (10)	RJ (9)
Energia Solar Fotovoltaica	SP (15)	MG (15)	RS (11)	RJ (10)	PR (9)
Energia Solar Heliotérmica	MG (38)	PE (25)	PR (13)	RS (13)	SC (13)
Energia dos Oceanos	RS (60)	PE (20)	RJ (20)		
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	RJ (15)	SP (15)	MG (13)	PR (10)	RS (10)
Hidrogênio e Célula a Combustível	RJ (20)	SP (17)	MG (9)	MG (9)	MG (9)
Geração Hidroelétrica	SP (18)	MG (15)	PA (14)	RS (8%)	SC (7)
Energia Nuclear	SP (41)	RJ (18)	BA (14)	MG (9)	CE (5)
Armazenamento de Energia	SP (31)	MG (22)	PR (9)	SC (9)	AM (7)
Geração para Regiões Remotas	AM (18)	MG (18)	SC (18)	PR (9)	RJ (9)

Fonte: elaboração própria.

Como esperado, os estados das regiões Sudeste e Sul detêm proporção significativa de boa parte dos PPGs associados a cada macrotemática. No caso da macrotemática Energia dos Oceanos, destacam-se os programas de Pós-Graduação de Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). No caso de Energia Nuclear, os programas de Pós-Graduação de Tecnologia Nuclear, Ciência e Tecnologia Nuclear e Engenharia Nuclear da Universidade de São Paulo (USP), do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN) e do Instituto Militar de Engenharia (IME), respectivamente, são destaques no Brasil, sendo estes dois últimos localizados no estado do Rio de Janeiro. No Nordeste, o estado do Rio Grande do Norte detém o maior número de programas associados à pesquisa em energia eólica, com um total de 13 PPGs.

Um fato interessante em relação aos PPGs contabilizados é que há uma grande diversificação quanto à área de avaliação de cada programa. Isso revela uma alta interdisciplinaridade em relação à atividade de P&D do grupo temático. Nesse intuito, o Gráfico 46 apresenta as cinco áreas de avaliação em que há mais PPGs associados no grupo temático.

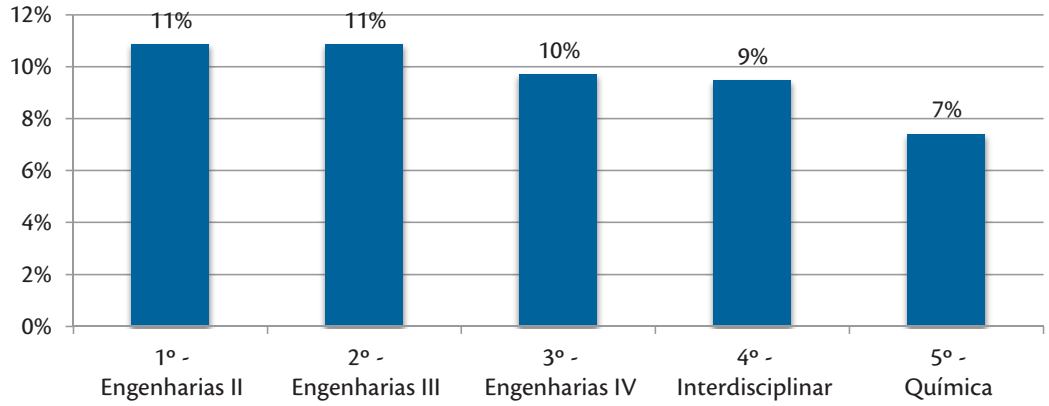


Gráfico 46 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento

Fonte: elaboração própria.

Conforme os dados do gráfico apresentado, a distribuição de PPGs é bem diversificada entre diversas áreas de avaliação. As mais representativas são as Engenharias II, III e IV, variando entre 11 e 10% do total de PPGs contabilizados. A área de avaliação Engenharias II abrange programas relativos, principalmente, às engenharias química, nuclear, de materiais e metalúrgica. Engenharias III abrange programas relativos, principalmente, às engenharias mecânica, mecatrônica e de energia. Por fim, Engenharias IV abrange programas relativos, principalmente, às engenharias elétrica, de automação e de sistemas. Quanto à área de avaliação interdisciplinar, destacam-se programas relativos às áreas de energia, bioenergia e planejamento de sistemas energéticos.

As áreas de avaliação contempladas no grupo temático variam consideravelmente conforme a natureza da macrotemática a se pesquisar. Nesse intuito, a Tabela 33, a seguir, apresenta as áreas de avaliação com maior número de PPGs associados para cada macrotemática.

Como é de se esperar, as áreas de avaliação de Engenharias II, III e IV destacam-se na maioria das macrotemáticas. No entanto, algumas particularidades despontam dentre as macrotemáticas. Por exemplo, os PPGs associados à macrotemática Geração Hidroelétrica diferem-se bastante do restante do grupo. Há um menor número de projetos de pesquisa em áreas tecnológicas, como exemplo, estudos sobre turbinas hidrocinéticas, porém existe um grande número de projetos de pesquisa acerca dos impactos socioambientais da instalação de usinas hidrelétricas. É natural essa constatação, tendo em vista a consolidação da geração hidroelétrica na matriz energética nacional. Em contraste, há um volume considerável de projetos de pesquisa acerca de tecnologias de geração ainda incipientes na matriz energética, como é o caso de pesquisa sobre aerogeradores, em relação à macrotemática

Energia Eólica, uso de filmes finos em células fotovoltaicas, em relação à "Energia Solar Fotovoltaica", e estudo sobre conversão de biomassa, no caso da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável. No caso da última macrotemática citada, destaca-se, ainda, a área de avaliação Ciências Agrárias I, que contempla principalmente cursos relativos à engenharia florestal e agroenergia, com grande ênfase no estudo sobre biomassa. Como é de se esperar, as macrotemáticas Hidrogênio e Células à Combustível e Armazenamento de Energia são concentradas em áreas tecnológicas, com ênfase nas áreas de avaliação de Química, Materiais e as Engenharias II, III e IV.

Tabela 33 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Energia Eólica	Engenharias IV (29)	Engenharias III (20)	Interdisciplinar (12)	Engenharias I (8)	C. Ambientais (8)
Energia Solar Fotovoltaica	Engenharias IV (22)	Engenharias III (15)	Engenharias II (10)	Química (10)	Materiais (9)
Energia Solar Heliotérmica	Engenharias III (63)	Engenharias II (25)	Engenharias IV (13)		
Energia dos Oceanos	Engenharias III (80)	Interdisciplinar (20)			
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	Engenharias II (22)	Engenharias III (18)	C. Agrárias I (11)	Engenharias I (8)	Interdisciplinar (8)
Hidrogênio e Célula a Combustível	Engenharias II (30)	Química (28)	Engenharias III (13)	Materiais (13)	Engenharias IV (7)
Geração Hidroelétrica	Interdisciplinar (15)	C. Ambientais (10)	Engenharias I (9)	Geografia (8)	Biodiversidade (7)
Energia Nuclear	Engenharias II (45)	Interdisciplinar (14)	Engenharias III (9)	Materiais (9)	Astronomia/ Física (5)
Armazenamento de Energia	Química (22)	Engenharias IV (18)	Engenharias III (16)	Materiais (16)	Engenharias II (9)
Geração para Regiões Remotas	Engenharias III (36)	Engenharias IV (27)	Materiais (18)	Interdisciplinar (9)	Química (9)

Fonte: elaboração própria.

Dentre os projetos de pesquisa realizados nos programas de Pós-Graduação, vários são financiados por instituições das mais diversas categorias. O levantamento da quantidade de instituições financiadoras gera uma medida do interesse que há com a pesquisa associada a cada macrotemática. Além disso, é interessante ressaltar a natureza das instituições elencadas. Por exemplo, muitas empresas financiam

projetos de pesquisa com interesses específicos na obtenção de uma nova tecnologia ou capital humano para posterior utilização destes. De forma distinta, o interesse estratégico do financiamento de instituições de fomento à pesquisa, como CNPq ou Finep, faz parte de uma política nacional de fomento à atividade de CT&I. Nesse intuito, o Gráfico 47 apresenta a quantidade de instituições por categoria e por macrotemática que financiaram projetos de pesquisas realizados nos PPGs contabilizados no GT de Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. Vale ressaltar que os valores apresentados por categoria não somam a mesma quantidade que a dos valores apresentados por macrotemática. Isso se deve ao fato de que uma mesma instituição financiadora pode estar associada a mais de uma macrotemática se esta estiver financiando projetos em macrotemáticas diferentes. Portanto, a soma dos valores por macrotemática é maior que a dos valores por categoria.

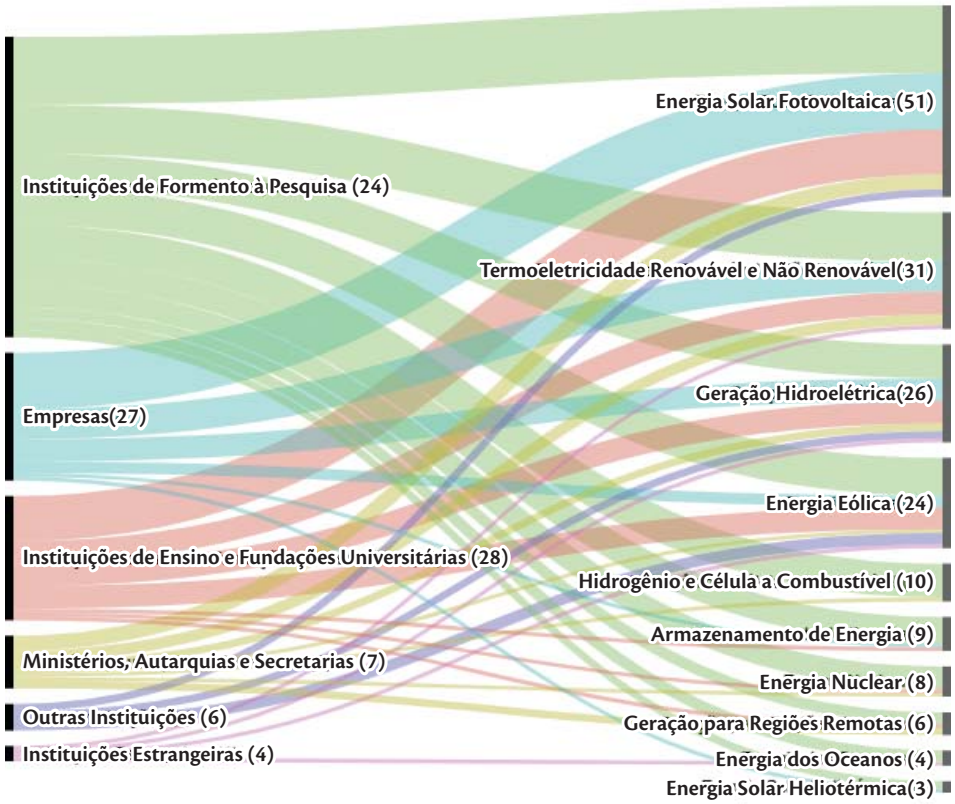


Gráfico 47 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

As instituições financiadoras somam um total de 96 instituições distintas, das mais variadas categorias. Como é de se esperar, as instituições de fomento à pesquisa, constituídas por CNPq, Capes, Finep e as FAPs estaduais, são as que mais financiam projetos nas macrotemáticas do grupo. Ainda que haja um menor número de distintas instituições dessa natureza do que instituições de ensino e fundações universitárias, estas financiam projetos em mais macrotemáticas. É importante ressaltar que, em geral, as instituições das duas categorias citadas financiam um número elevado de projetos de pesquisa, majoritariamente por meio de concessão de bolsas de estudos. Por sua vez, as instituições das outras categorias elencadas financiam um número reduzido de projetos, de maneira geral financiando projetos que são estratégicos para elas. Nesse sentido, destaca-se um número considerável de empresas financiando projetos de pesquisa relacionados ao grupo temático. Dentre as listadas, destacam-se a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras), Eletrosul Centrais Elétricas S.A., Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE) e a Companhia Energética de São Paulo (CESP).

É interessante notar que há instituições estrangeiras financiando diretamente projetos de pesquisa relativos ao grupo temático nas instituições de ensino superior do país. Dentre elas estão o Departamento de Pesquisa Naval dos EUA, com financiamento em um projeto sobre dinâmica das pás de turbinas eólicas; a Fundação para a Ciência e a Tecnologia de Portugal, financiando um projeto sobre conversores de energia das ondas; a Comissão Europeia da União Europeia, com financiamento em um projeto sobre transformação da biomassa em blocos químicos; e, por fim, a Universidade da Flórida, financiando um projeto sobre impactos socioambientais da usina de Belo Monte.

Mecanismos de Fomento

Conforme descrito na metodologia, nesta seção faz-se uma análise acerca de projetos de P&D relativos ao GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento, financiados por quatro distintas agências de fomento: Aneel, CNPq, Finep e BNDES Funtec. É importante ressaltar que os projetos analisados do CNPq e Finep são apenas aqueles cujos recursos foram oriundos do FNDCT. Além disso, os dados obtidos de projetos da Aneel são aqueles cuja data de início compreende-se entre os anos de 2008 e 2016, enquanto os dos projetos do CNPq e Finep estão entre 2007 e 2015.

A Tabela 34 apresenta as principais estatísticas descritivas dos projetos analisados por cada agência de fomento no período de 2007 a 2016.

Tabela 34 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia por agência de fomento – 2007-2016

	Aneel	CNPq	Finep	BNDES Funtec
Quantidade de Projetos	816	490	92	9
Valor Total dos Projetos (R$ mil)	4.672.196,56	96.040,98	340.680,41	112.978,14
Valor Médio (R$ mil)	5.725,73	196,00	3.703,05	12.553,13
Valor Mínimo (R$ mil)	105,93	0,98	55,57	3.453,00
Quartil Inferior dos Valores (R$ mil)	1.127,30	33,20	785,08	5.872,36
Mediana dos Valores (R$ mil)	2.108,35	78,98	1.602,04	6.838,98
Quartil Superior dos Valores (R$ mil)	4.133,95	259,07	3.111,72	18.515,17
Valor Máximo (R$ mil)	108.401,43	8.481,04	74.056,85	41.647,27

Valores atualizados pelo IPCA em 31/12/2016

Fonte: elaboração própria.

Observa-se um montante expressivo de investimento em projetos relativos ao grupo temático no período considerado. O valor total dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel superou o montante de R$ 4,67 bilhões em valor corrente. Interessante notar a diferença entre o valor máximo e o valor do quartil superior da distribuição. O quartil superior de uma distribuição é o valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados da distribuição. Portanto, 75% dos projetos registrados tiveram custo inferior ou igual a, aproximadamente, R$ 4,13 milhões em valor corrente. No entanto, o projeto de máximo valor custou aproximadamente R$ 108,40 milhões. Isso mostra que uma grande proporção de projetos teve valores compreendidos dentro de uma faixa relativamente pequena de valores, enquanto uma parcela menor, justamente a dos projetos de maior valor, têm valores dispersos em uma faixa grande. Este fato explica o porquê de o valor médio dos projetos serem mais que o dobro do valor mediano.

Os valores dos projetos financiados pelo CNPq são naturalmente baixos quando comparados aos dos projetos das outras agências de fomento. Apesar disso, há uma grande quantidade de projetos registrados, representando cerca de 35% dos projetos das quatro instituições elencadas. Por sua vez, há uma menor quantidade de projetos financiados pela Finep em comparação ao CNPq, porém projetos com valores consideravelmente maiores. O valor médio dos projetos financiados pela Finep é aproximadamente 19 vezes maior que o valor médio dos projetos financiados pelo CNPq. Destaca-se que há uma proporção consideravelmente maior de projetos desenvolvidos por empresas, por meio

do instrumento de subvenção econômica, financiados pela Finep do que pelo CNPq. Este caracteriza-se por financiar projetos quase que exclusivamente demandados por universidades e/ou ICTs.

Finalmente, nota-se que o BNDES Funtec apoiou poucos projetos em relação ao grupo no período. No entanto, os projetos têm um valor médio muito alto se comparado ao valor médio dos projetos financiados pelas outras agências de fomento. Esse valor é mais que o dobro do valor médio dos financiados pela Aneel.

Analisando os projetos financiados pela Aneel ao longo do período estabelecido, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 48 abaixo.

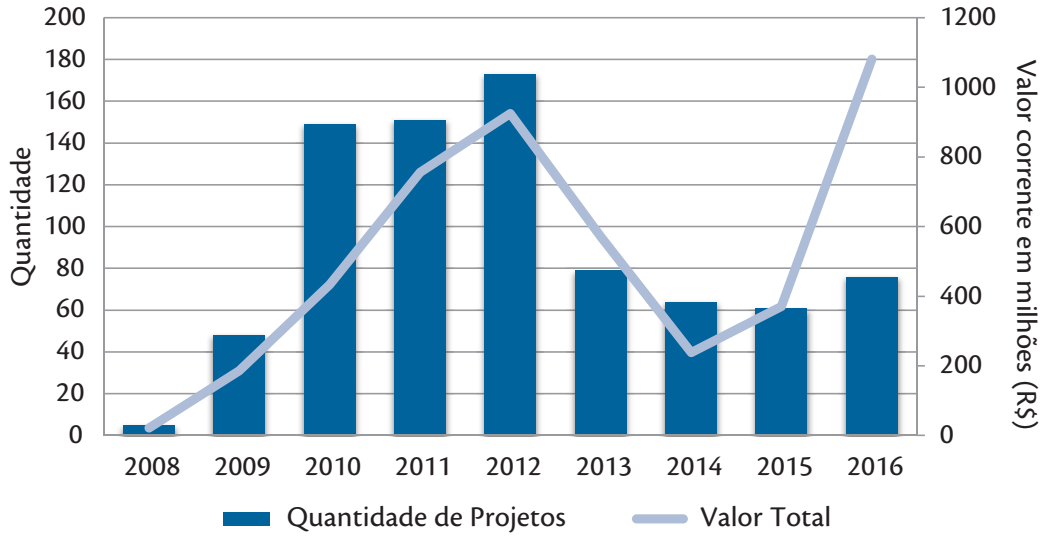


Gráfico 48 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um crescimento tanto do número de projetos quanto do valor total nos anos iniciais do período em análise, seguido de um grande declínio nos anos seguinte. No entanto, o valor médio dos projetos cresce expressivamente entre 2014 e 2016, dado que o valor total dos projetos aumenta consideravelmente no período, enquanto o número de projetos mantém-se relativamente estável, entre 60 e 80 projetos por ano. Ressalta-se que houve diversas chamadas de P&D estratégicos no período que se refere ao grupo temático.

Em relação aos valores investidos pela Aneel em projetos relativos a cada macrotemática do grupo, temos os seguintes valores, apresentados no Gráfico 49.

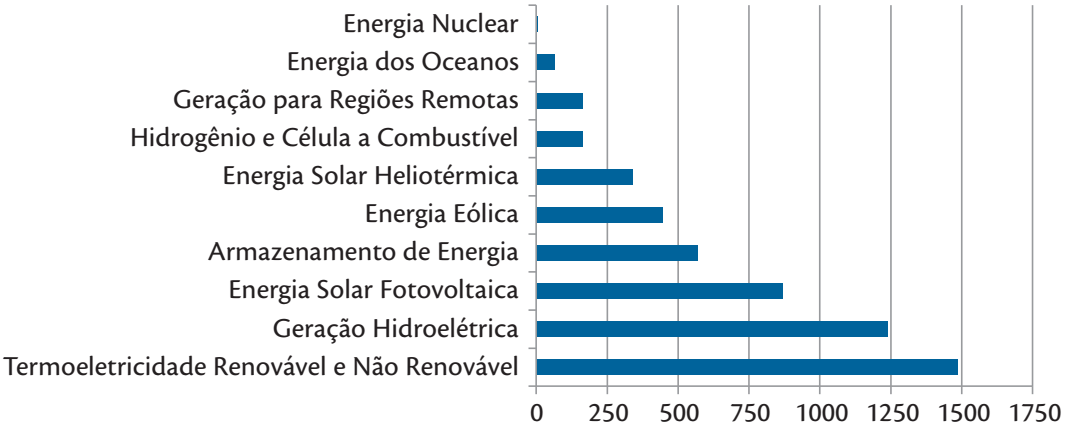


Gráfico 49 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que, para as macrotemáticas Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, Geração Hidroelétrica e Energia Solar Fotovoltaica, o montante investido pela Aneel em projetos é superior à R$ 1 bilhão. Em contrapartida, o valor total investido em projetos acerca de Energia Nuclear não superou R$ 7 milhões.

Analisando os dados dos projetos investidos pelo CNPq, no Gráfico 50, temos os seguintes valores anuais de quantidade e valor total investido.

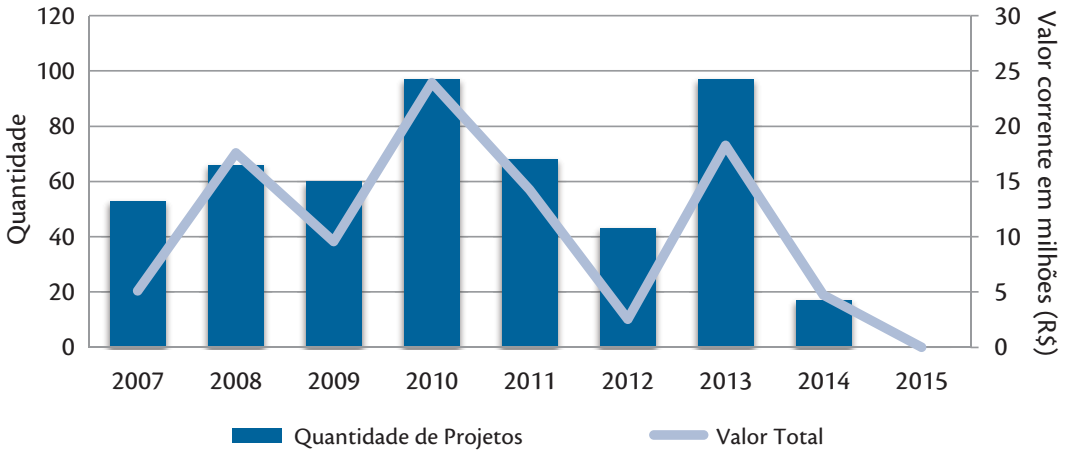


Gráfico 50 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Nota-se, pelo gráfico, que os valores anuais têm um comportamento cíclico, atingindo valor máximo em 2010, próximo a R$ 24 milhões e valor mínimo em 2015, período em que não houve projetos. Quanto ao número de projetos, nota-se uma ciclicidade, mas em menor intensidade do que a volatilidade dos valores. Nos anos 2010 e 2013, houve um número expressivo de projetos, totalizando 97 em cada ano.

Em relação aos projetos financiados pelo CNPq relativos às macrotemáticas, temos os seguintes valores no Gráfico 51.

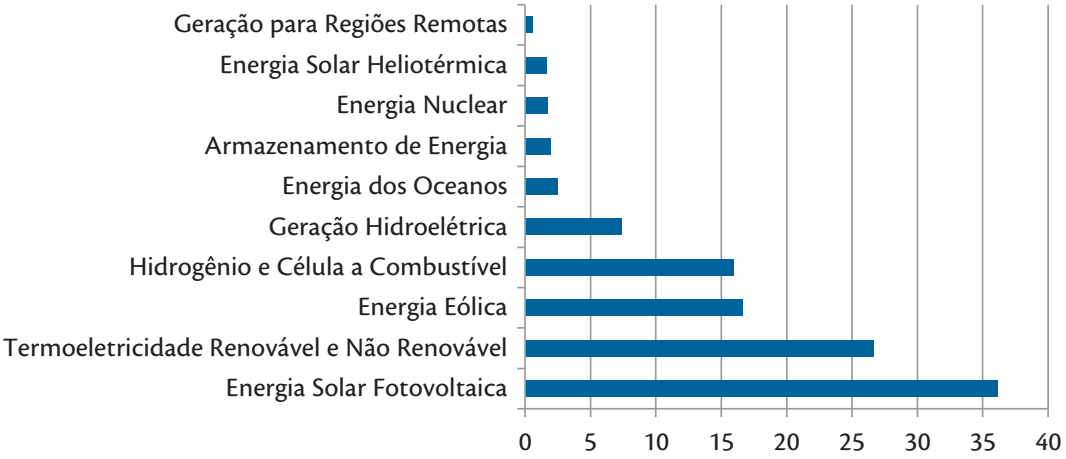


Gráfico 51 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente dos valores dos projetos Aneel, os projetos CNPq tiveram maior montante investidos em projetos acerca de Energia Solar Fotovoltaica. Nota-se, também, uma proporção significativa de valores em relação às macrotemáticas Energia Eólica e Hidrogênio e Célula a Combustível, superiores a R$ 16 milhões.

Quanto aos projetos da Finep, vimos na tabela que estes foram em menor número, porém com um maior montante se comparados aos projetos do CNPq. No Gráfico 52, apresentamos a quantidade de projetos e o valor total por ano.

Assim como nos projetos CNPq, temos um pico no ano de 2010. Nesse ano específico, o número de projetos foi de 31, com valor total de aproximadamente R$ 152 milhões. No entanto, os valores apresentados aqui não tiveram grande volatilidade quando comparados aos dados dos projetos CNPq. Nota-se que, em 2015, não houve projetos.

Os valores por macrotemática dos projetos Finep são apresentados no Gráfico 53.

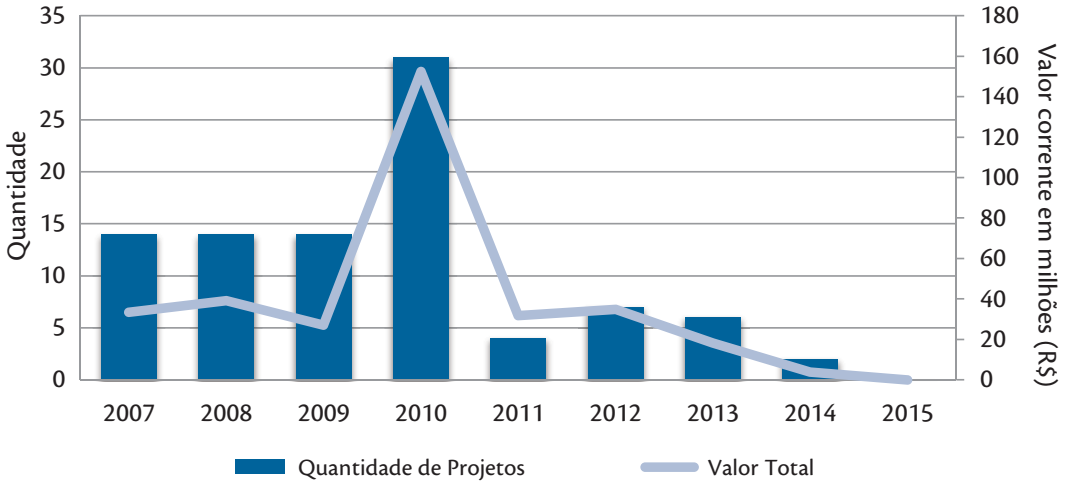


Gráfico 52 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

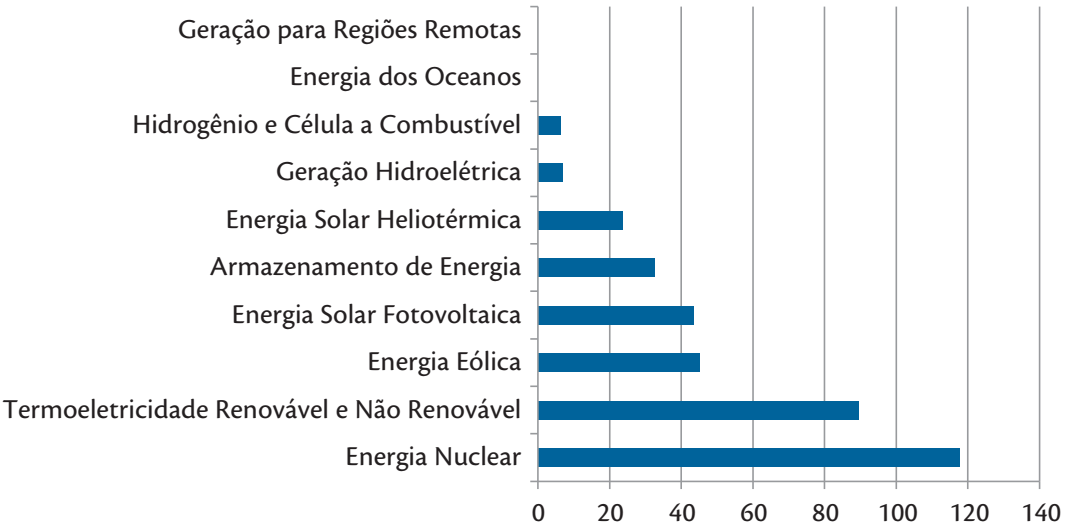


Gráfico 53 - Valor total dos projetos financiados pela Finep, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente da Aneel e do CNPq, houve um grande investimento em projetos relativos à Energia Nuclear. Nota-se que em Termoeletricidade também houve bastante investimento, assim como por meio da Aneel e do CNPq.

O BNDES Funtec foi a instituição com menor número de projetos. As quantidades e valores são apresentados no Gráfico 54.

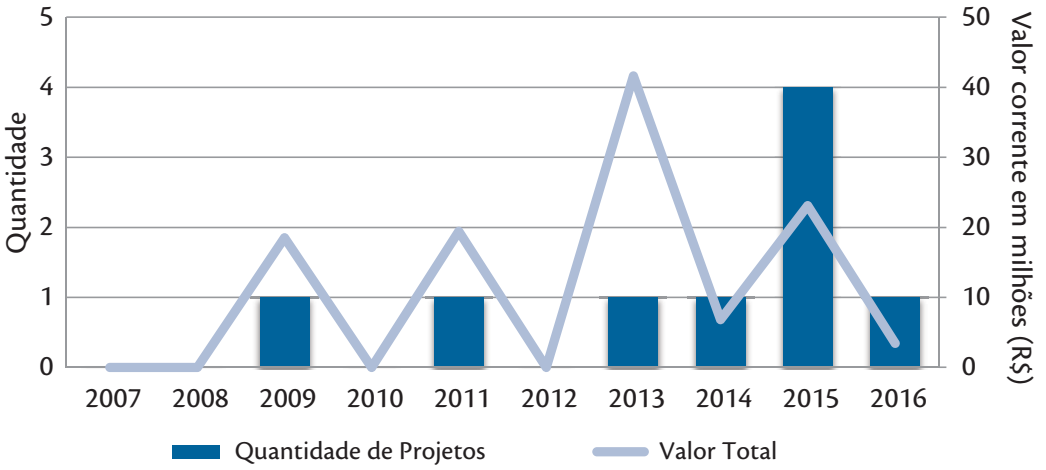


Gráfico 54 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

Fonte: elaboração própria.

Em quase todos os anos em que houve algum projeto, apenas um foi contabilizado. A exceção foi o ano 2015, no qual houve 4 projetos, totalizando um valor de R$ 23 milhões. Curiosamente, o projeto do ano de 2013 custou quase o dobro do valor total de 2013.

No Gráfico 55, a seguir, são apresentados os valores, por macrotemática, dos projetos BNDES Funtec.

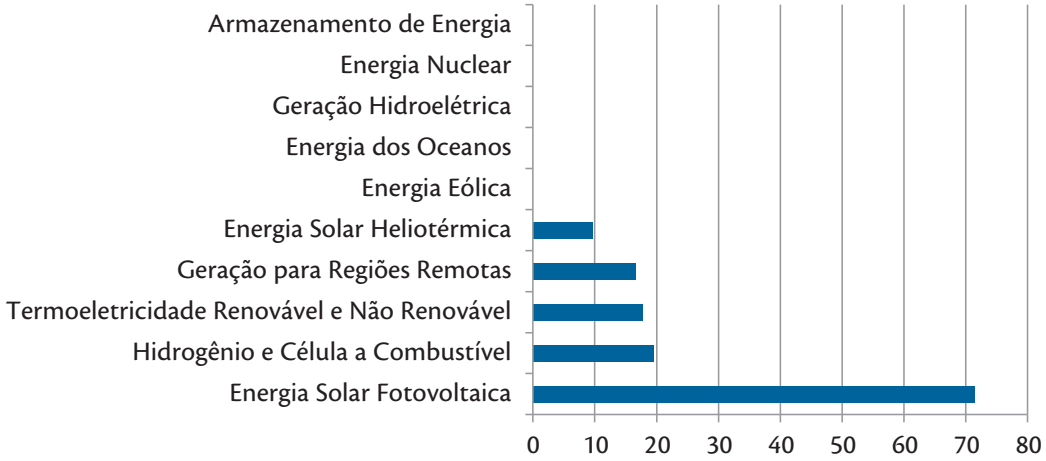


Gráfico 55 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria

Nota-se que houve grande investimento em Energia Solar Fotovoltaica, com um valor pouco acima de R$ 70 milhões. Curiosamente, Hidrogênio e Célula a Combustível foi a macrotemática com o segundo maior volume de investimento.

Considerando-se os projetos das quatro agências de fomento, temos, no Gráfico 56, as proporções entre valores investidos por cada agência em cada macrotemática.

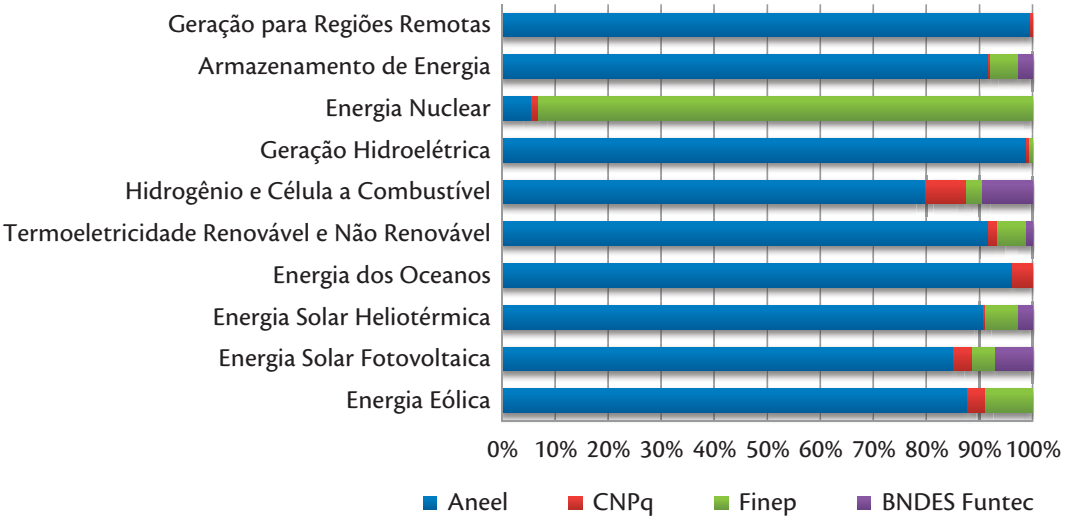


Gráfico 56 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Conforme mostrado ao longo da análise, o valor total dos projetos Aneel em cada macrotemática é de fato expressivamente superior ao valor total do restante. A exceção no grupo é o caso da macrotemática Energia Nuclear, na qual vimos que os projetos Aneel não somaram R$ 7 milhões, enquanto os projetos Finep superaram um valor total de R$ 115 milhões, representando, aproximadamente, 93% do valor investido em projetos relativos à macrotemática. A macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível foi a que teve, proporcionalmente, maior investimento do BNDES e do CNPq, com, aproximadamente, 9 e 8%, respectivamente, do total investido na macrotemática. No caso dos investimentos da Finep, além de Energia Nuclear podemos citar os investimentos nas macrotemáticas Energia Eólica e Energia Solar Heliotérmica.

4.3.5. Dimensão de Mercado

Conforme mencionado na metodologia, o indicador mercado caracteriza a demanda atual e futura das tecnologias desse grupo temático, nos contextos Brasil e mundo (ver Gráfico 30).

Tabela 35 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Demanda Atual no Brasil	Demanda Atual no Mundo	Demanda Futura no Brasil	Demanda Futura no Mundo	Marco Regulatório do SEB
Energia Eólica	3	3	3	3	3
Energia Solar Fotovoltaica	2	3	3	3	2
Energia Solar Heliotérmica	2	3	3	3	2
Energia dos Oceanos	2	2	3	3	2
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	3	3	3	3	3
Hidrogênio e Célula a Combustível	2	3	3	3	2
Geração Hidroelétrica	3	3	3	3	3
Energia Nuclear	2	3	3	3	3
Armazenamento de Energia	3	3	3	3	2
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	3	3	3	3	2

Legenda: Demanda Atual/Futura no Brasil/Mundo: (1) Inexistente; (2) Baixa demanda; (3) Alta Demanda. **Marco Regulatório do SEB**: (1) Não favorável; (2) Pouco favorável; (3) Favorável; (4) Muito favorável.

Fonte: elaboração própria.

A demanda por tecnologias na área de geração de energia elétrica depende da forma como o mercado é estruturado ou incentivado no país. A princípio, todas as tecnologias de geração que contribuam para mitigar as emissões de particulados e o consumo de energéticos são bem-vindas à matriz elétrica nacional. Contudo, algumas tecnologias são mais favoráveis à penetração de mercado, graças às políticas do setor, ao *marketing* e à aprovação popular. A energia eólica, por exemplo, possui elevada demanda e projeção em escala regional e mundial. Observa-se que a questão regulatória sobre essa macrotemática favorece a introdução dessas tecnologias no Brasil, principalmente as de grande porte de geração.

As tecnologias voltadas às macrotemáticas Geração Hidroelétrica, Energia Nuclear e Termoeletricidade Renovável e Não Renovável estão consolidadas na matriz elétrica nacional. Essa questão reflete na demanda por tecnologias mais eficientes dos pontos de vista de consumo e emissões, o que garantirá

a permanência dessas fontes no contexto do mercado de energia. Dessa forma, o consumo de equipamentos tende a aumentar, mas o mercado de tecnologias a ser favorecido será o externo, caso não haja desenvolvimento de massa crítica e das cadeias produtiva e de CT&I nacionais. O aprimoramento dessas questões elevaria o mercado interno de tecnologias, com consequente atendimento às demandas da matriz elétrica nacional, com razoabilidade nos custos.

Embora a geração solar seja favorável para o Brasil, as tecnologias relativas à Energia Solar Fotovoltaica ainda precisam de incentivos para a sua afirmação no mercado nacional, em função do elevado custo da tecnologia e da baixa eficiência de conversão. Em relação ao desenvolvimento de tecnologias relativas à Energia Solar Heliotérmica, a demanda ainda é incipiente no Brasil, muito voltada para testes-piloto e num contexto mais laboratorial. Contudo, a demanda por essas tecnologias tende a aumentar, conforme a matriz elétrica nacional precise expandir. Entretanto, para isso, observa-se a necessidade do aprimoramento das políticas e regulações, voltadas a essas tecnologias, com foco no mercado de energia e de equipamentos.

No caso de Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas, haverá demanda pelo mercado com a expansão da matriz elétrica nacional e com o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil. Nesse contexto, a adaptabilidade dos sistemas híbridos à disposição de insumos renováveis e de tecnologias regionais fortaleceria a afirmação dessas tecnologias no mercado. Outro ponto a ser explorado é a questão regulamentar, que precisa ser desenvolvida ou adaptada à natureza dessa forma de geração.

As tecnologias de Armazenamento de Energia terão forte apelo comercial com a introdução das fontes renováveis, como a solar, a eólica e os híbridos; e com o desenvolvimento da geração distribuída. Nesse contexto, a demanda pelo armazenamento estaria fundamentada na necessidade de apoio aos sistemas de geração intermitente, para garantir o fornecimento seguro de energia elétrica às redes. Embora o uso das tecnologias de armazenamento esteja assegurado no mercado de energia e de componentes, observa-se a necessidade de políticas e regulações que subsidiem o desenvolvimento dessa macrotemática no setor elétrico nacional.

A demanda por tecnologias da macrotemática Hidrogênio e Células a Combustível é notoriamente viável em sistemas de cogeração, uma vez que a obtenção do hidrogênio solicita um gasto inicial de energia. Para a introdução dessa tecnologia no mercado, é preciso que a cultura da eficiência energética seja consolidada na cadeia produtiva e na matriz elétrica nacional. A criação de políticas para o uso do hidrogênio em sistemas de geração distribuída e em locais de intensa atividade humana traria o benefício da mitigação das emissões de particulados, fato a ser ponderado, embora sejam observados os elevados custos para a produção e transporte do hidrogênio a esses lugares.

O uso da Energia dos Oceanos é algo extremamente vantajoso à matriz elétrica nacional, dada a disponibilidade dos recursos energéticos e dada a maturidade de algumas tecnologias, já viáveis do ponto de vista comercial. Contudo, ainda faltam políticas e uma cadeia produtiva (e de CT&I) consistente para suportarem a introdução dessas tecnologias em território nacional, questões que justificam a baixa demanda por essa macrotemática, atualmente.

Conforme apresentado na Tabela 35, as respectivas tecnologias apresentam elevada demanda no contexto mundial, para atenderem à diversificada matriz elétrica. A demanda futura por essas tecnologias aumentará naturalmente, em função da necessidade de introdução de novas fontes energéticas, com consequente impacto no mercado de componentes.

No que diz respeito à regulação vigente no Brasil, de uma forma geral, as normas e regulamentos não propiciam o desenvolvimento de boa parte das tecnologias de geração. Essa condição é reversível a partir do momento em que o planejamento estratégico da matriz elétrica nacional levar em conta a introdução de novas tecnologias. Outro ponto a ser observado é que tanto as políticas do setor quanto as normas e as regulamentações sirvam de instrumentos para o fomento do desenvolvimento tecnológico nacional.

4.3.6. Cadeia Produtiva

A Tabela 28 indica as classificações dos indicadores de cadeia produtiva para as dez macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. Os indicadores trabalhados foram: grau de estruturação, acesso aos insumos, itens manufaturados, serviços técnicos, dificuldade futura, infraestrutura de logística, sinergia, normas e regulações. As classificações, de acordo com a numeração atribuída, são explicitadas na legenda da Tabela 36.

A macrotemática que apresentou os melhores resultados, considerando-se os nove indicadores e a comparação entre todas as macrotemáticas do grupo, foi Geração Hidroelétrica. Na sequência de destaque, aparece a macrotemática Termoeletricidade Renovável e não Renovável. Ao comparar esses resultados à análise dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e na quantidade de patentes em nível mundial e nacional, percebe-se que essas duas macrotemáticas também se destacam nesses indicadores. Essa situação demonstra que o desenvolvimento da cadeia produtiva e sua estruturação são fundamentais para se atingirem resultados expressivos em termos de produtos nacionais. Esses temas são mais tradicionais no contexto da geração de energia elétrica, e a pesquisa e o desenvolvimento já vêm se consolidando ao longo do tempo, o que pode ter ajudado na apresentação de melhores resultados em termos de cadeia produtiva.

Já as macrotemáticas Energia Solar Heliotérmica e Hidrogênio e Célula a Combustível apresentaram resultados menos expressivos em termos de cadeia produtiva, o que indica que esses temas ainda necessitam de aporte da PD&I para que se estruturem melhor no âmbito do SEB, com desenvolvimento de componentes e produtos nacionais. Vale lembrar que esses temas são relativamente novos no contexto da geração de energia elétrica no Brasil e necessitam de melhores definições em termos de marcos regulatórios, planejamento energético e priorização de linhas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), para que possam atingir um nível mais robusto de cadeia produtiva que irá gerar melhores resultados em termos de produtos nacionais.

Tabela 36 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Grau de Estruturação	Acesso aos insumos	Itens Manufaturados	Serviços Técnicos	Dificuldade futura	Infraestrutura de Logística	Sinergia	Normas	Regulações
Energia Eólica	4	2	3	2	3	2	2	3	3
Energia Solar Fotovoltaica	3	2	2	2	3	2	2	3	3
Energia Solar Heliotérmica	2	2	1	2	3	2	2	2	3
Energia dos Oceanos	2	3	2	1	3	2	3	3	2
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	3	3	3	2	4	2	3	3	3
Hidrogênio e Célula a Combustível	2	2	2	1	3	1	2	3	3
Geração Hidroelétrica	4	3	4	3	3	3	2	3	3
Energia Nuclear	3	2	3	3	3	3	2	3	3
Armazenamento de Energia	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	3	3	4	2	4	3	2	2	2

Legenda: Grau de Estruturação: (1) Grau de estruturação inexistente da cadeia produtiva nacional; (2) Grau de estruturação baixo da cadeia produtiva nacional; (3) Grau de estruturação médio da cadeia produtiva nacional; (4) Grau de estruturação alto da cadeia produtiva nacional. **Acesso aos insumos**: (1) Não há disponibilidade de insumos em território nacional para atender às necessidades atuais da cadeia produtiva; (2) Existe disponibilidade de insumos, mas seu acesso/obtenção é difícil; (3) Existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil. **Itens Manufaturados**: (1) Baixa capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia

produtiva nacional; (2) Média capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (3) Média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (4) Alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional. **Serviços técnicos**: (1) Baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (2) Médio nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (3) Alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional. **Dificuldade Futura**: (1) Alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (2) Média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (3) Média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (4) Baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro. **Infraestrutura de Logística**: (1) Baixo nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (2) Médio nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (3) Alto nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; **Sinergia**: (1) Não existem sinergias com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, bens e serviços são muito específicos à cadeia produtiva; (2) Existe sinergia com outras cadeias produtivas nacionais quer seja nos insumos utilizados quer seja nos bens e serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias produtivas nacionais; (3) Existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva. **Normas**: (1) Baixa importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local. **Regulações**: (1) Baixa importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.

Fonte: elaboração própria.

4.3.7. Planejamento Estratégico

A Tabela 37 sumariza a prioridade da participação das fontes energéticas na matriz elétrica brasileira conforme os apontamentos dos representantes da governança do setor elétrico, como o MME, EPE, CCEE, Aneel e ONS. De acordo com a EPE, a capacidade instalada de geração de energia elétrica deve passar dos atuais 150 GW para algo entre 400 GW a 480 GW, em 2050. Esse cenário dependerá de como será a matriz elétrica que atenderá à demanda de ponta. Espera-se, também, um estreitamento do uso do petróleo na matriz elétrica com esgotamento no período considerado. Nesse sentido, torna-se coerente o aumento da participação das fontes com maior disponibilidade energética, cujo mercado tenha condições de suportá-las de forma sustentável.

Na questão de mercado, é prioritária a perpetuidade de fontes como a hidro, a eólica, a biomassa e a solar, e a introdução de fontes como a oceânica e o hidrogênio. Nesse cenário, é imprescindível o desenvolvimento contínuo das tecnologias de conversão de energia, com foco na eficiência energética e na mitigação dos custos de implantação, operação e manutenção, além do foco em mitigar os efeitos negativos ao meio ambiente. A CT&I, o setor elétrico e a cadeia produtiva precisam, *a priori*, trabalhar

de forma coordenada e terem estabelecido diretrizes de desenvolvimento, com foco na política de segurança, no atendimento com energia elétrica e na modicidade tarifária. A questão ambiental é importante à perpetuidade da fonte, tal qual a questão de mercado.

Tabela 37 - Priorização das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia no contexto do planejamento estratégico

	Política de médio prazo (2026)	Política de longo prazo (2050)
Energia Eólica	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Energia Solar Fotovoltaica	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Energia Solar Heliotérmica	Média Prioridade	Média Prioridade
Energia dos Oceanos	Baixa Prioridade	Média Prioridade
Termoeletricidade Renovável e Não Renovável	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Hidrogênio e Célula a Combustível	Média Prioridade	Média Prioridade
Geração Hidroelétrica	Média Prioridade	Alta Prioridade
Energia Nuclear	Média Prioridade	Média Prioridade
Armazenamento de Energia	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Soluções Apropriadas para a Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	Média Prioridade	Alta Prioridade

Fonte: elaboração própria.

Nesse sentido, a fonte hidroelétrica continuará sendo uma fonte estratégica para a matriz elétrica nacional, pelo menos nas próximas duas décadas. A expansão dessa fonte deve ocorrer até o ano de 2040, quando alcançará o seu limite inventariado de 172 GW de capacidade de produção de energia elétrica. Nessa perspectiva, deve haver o uso de tecnologias de baixas quedas a grandes volumes de água, além da implantação das PCHs. A participação das usinas reversíveis é imprescindível para a despachabilidade e a segurança no atendimento à demanda, tendo como foco a maximização da geração hidroelétrica, eólica e solar, principalmente.

A fonte eólica possui importante papel na constituição da matriz elétrica nacional e deve se desenvolver, em maior parte, na geração *offshore* de médio a grande porte (fazendas eólicas) e de pequeno porte para o atendimento à GD. A disponibilidade do recurso eólico é uma vantagem à matriz elétrica nacional, porém ainda há de se inventariar a capacidade de produção de eletricidade a partir dessa fonte em todo o território nacional. Um cenário similar é esperado para a geração solar. No que diz respeito à geração fotovoltaica, espera-se um crescimento considerável de grandes

centrais fotovoltaicas, no período atual até 2030, na matriz elétrica nacional. A geração em médio e, principalmente, pequeno porte é imprescindível na GD e no uso em regiões remotas (ponta de rede ou sistemas isolados). Fato atribuído à possibilidade de integração dessa fonte com outras fontes de energia (sistemas híbridos) e com os sistemas de armazenamento. A fonte solar heliotérmica, embora seja atrativa sob o ponto de vista da renovabilidade energética, terá uma participação mais discreta no setor elétrico. O seu uso deve ser mais restrito às regiões remotas e na proposta de desenvolvimento da química solar, em longo prazo.

A possiblidade do uso da biomassa na geração de energia elétrica, a sua diversificação, qualidade e quantidade de recurso disponível não só permitirá a manutenção da geração termoelétrica como prioritária na complementaridade energética como abrirá espaço para um mercado promissor de energia renovável. A fonte térmica é segura e despachável. Junto aos sistemas de armazenamento de energia, a geração termoelétrica contribuirá com a inserção das fontes eólica e solar, no sentido de mitigar a intermitência dessas fontes, e com a segurança no atendimento à demanda, considerando-se a sazonalidade da fonte hidráulica. A possibilidade de novos desenvolvimentos no segmento de combustíveis tem atraído a atenção da CT&I e da cadeia produtora desse insumo. Uma vez que seja fato a substituição dos insumos não renováveis por combustíveis à base da biomassa. O uso do gás natural e dos resíduos sólidos urbanos (RSUs) também são considerados na matriz elétrica nacional. No caso dos RSUs, há a perspectiva do uso de novas tecnologias em seu processamento e posterior produção de combustível via plasma. Tecnologia considerada para tornar o uso de insumo competitivo. Embora seja dada prioridade à utilização da biomassa na geração termoelétrica, o país fará uso das suas reservas de carvão, que crescerá em menor escala. Nesse sentido, estão sendo desenvolvidas as rotas tecnológicas mais apropriadas ao uso desse insumo, contudo é plausível assumir que haverá restrições à expansão das termoelétricas a carvão, por conta das emissões e dos custos tecnológicos para uma queima eficiente.

No contexto termonuclear, essa fonte, embora seja energeticamente eficiente e ambientalmente limpa, do ponto de emissões de particulados, deve continuar pouco competitiva, frente às outras fontes, como eólica, hidro, solar e biomassa. A sua expansão será vinculada por questões de segurança energética. Sob esse aspecto, a geração via energia nuclear se apresenta menos prioritária frente às respectivas fontes energéticas.

Embora a energia oceânica seja abundante na costa brasileira, não há uma perspectiva a médio prazo para a sua inserção na matriz elétrica, em função da sua competitividade frente às outras fontes. A cadeia produtiva reservada a esse tipo de geração é incipiente no Brasil e a CT&I está sendo amadurecida para o desenvolvimento das tecnologias de geração via energia das ondas e marés. Por hora, competir com a energia eólica, solar e biomassa não é factível. Porém, espera-se que, em longo

prazo, a geração oceânica tenha se desenvolvido no país e se tornado justificável, do ponto de vista de mercado.

O uso do hidrogênio na geração termoelétrica é impraticável, dados os custos de operação. Por outro lado, a geração de hidrogênio via cogeração e o desenvolvimento de células a combustível com tecnologias comercialmente competitivas abre portas para o uso desse insumo na matriz elétrica nacional, principalmente no ambiente da GD. Outra importante aplicação das células a combustível diz respeito à possibilidade do uso de combustíveis renováveis, como o etanol. Nesse contexto, essas tecnologias seriam dotadas de competitividade, o que garantiria a elas uma prioridade mediana, frente às demais fontes energéticas.

Os sistemas de armazenamento de energia, por natureza, são essenciais à manutenção da matriz elétrica nacional, principalmente no papel de regulador da oferta e demanda de energia elétrica em um sistema dotado de geração intermitente. Os sistemas de armazenamento estarão presentes nos parques de geração de grande porte, via reservatórios hídricos, e em sistemas como GD e em regiões remotas, via banco de baterias. O uso de baterias tem como vantagem a possibilidade de modularização desses dispositivos, para atender à amplitude variada da demanda por energia estocada. Nesse sentido, os sistemas de armazenamento ora trabalham como geradores, ora trabalham como armazenadores de energia e reguladores das demandas.

As soluções apropriadas para a geração de energia elétrica em regiões remotas por hora não são contempladas no planejamento de médio e longo prazos da expansão da matriz elétrica brasileira. Contudo, essas soluções têm atraído o interesse do mercado de energia, principalmente biomassa, fotovoltaica, heliotérmica e eólica e, por isso, se mantém como uma fonte importante ao setor elétrico. Basicamente, o atendimento à demanda em regiões remotas (isoladas, principalmente) ocorrerá por sistemas de geração híbrido, assistido, quando couber, por sistemas de armazenamento de energia. É importante que sejam mapeados os recursos energéticos e desenvolvidos sistemas tecnológicos de integração entre fontes e sistemas de armazenamento de energia. O uso desses sistemas passa a ser promissor quando os desafios de mercado forem superados.

4.4. Matriz de análise

Conforme mencionado no capítulo metodológico, serão apresentados nesse item os pontos fortes e os fracos, além dos desafios e da oportunidade observados em cada macrotemática do grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia.

4.4.1. Energia Eólica

A geração via energia eólica no Brasil é uma realidade. Faz parte da matriz elétrica nacional e, em alguns lugares do país, é a principal fonte energética. Possui elevada prioridade no planejamento do setor e a sua tecnologia é objeto de estudos em muitos centros de pesquisa espalhados pelo mundo, inclusive no Brasil. É uma fonte limpa e o seu desenvolvimento nacional seria capaz de conduzir a evolução tecnológica da cadeia industrial nacional.

Embora as tecnologias de geração eólica tenham um elevado grau de maturidade, no Brasil, esses equipamentos são pouco explorados do ponto de vista da pesquisa e desenvolvimento de aerogeradores nacionais, conforme mostrado na Tabela 38. A cadeia produtiva é dotada de empresas que montam os componentes e o próprio aerogerador, mas ainda não é capaz de desenvolver, sob o ponto de vista competitivo, essas tecnologias.

Ainda há oportunidade de desenvolvimento nessa macrotemática no que diz respeito às tecnologias de integração dos aerogeradores e dos parques eólicos à rede e a outras tecnologias de geração (sistemas híbridos). Outro ponto essencial ao fortalecimento da P&D no Brasil é a prática da engenharia reversa, que pode ser um marco para a adaptação dos aerogeradores às condições dos ventos nacionais. Assim, será possível obter maior eficiência do processo de conversão da energia eólica em energia elétrica.

Para que o país se torne referência nessas questões, ainda são necessários mais investimentos nas cadeias de CT&I e produtiva, além de aproximar as instituições de pesquisa e laboratórios à cadeia de produção e ao setor elétrico. Um ponto a ser ressaltado é a necessidade de centros de testes em escala e em escala de protótipo.

Tabela 38 - Matriz de análise da macrotemática Energia Eólica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Projetos Aneel – Ainda não houve inserção no mercado de algum P&D gerado no Programa de P&D regulado pela Aneel. Corresponde a 6% do total de projetos.	Dimensão Ambiental – Sem impacto à qualidade do ar e da água, sem impacto às questões relacionadas à temperatura local e à fertilidade do solo. Baixo impacto à questão sonora.
Patentes – 0,05% das patentes são originárias de depositantes residentes no Brasil. Por volta de 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Estratégico – Elevada prioridade.
	Mercado – Elevada demanda futura pela macrotemática.
RH – 6% dos pesquisadores que publicam os mesmos assuntos trabalham de forma colaborativa.	Dimensão Social – Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos e expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
	Produção científica – 8% das questões pesquisadas no mundo, no período compreendido entre 2007 e 2016. Média tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.
Laboratório – Baixos investimentos em equipamentos. Representa 13% dos laboratórios que podem realizar trabalhos para as macrotemáticas do grupo Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia. 90% dos laboratórios dessas macrotemáticas fazem trabalhos somente nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental da cadeia de inovação.	RH – Há profissionais em todos os estados brasileiros. Extensa rede colaborativa.
	Laboratório – A macrotemática possui laboratórios que podem atuar em toda a cadeia de inovação.
	Produção científica nacional – 9% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Media tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Melhorar a regulação de mercado.	Elaborar regulações de leilões que favoreçam as novas tecnologias, fazendo com que os parques eólicos catalisem o desenvolvimento de aerogeradores.
Competência nacional – Integrar as competências com foco no desenvolvimento tecnológico e de mercado (integração estratégica).	Construir uma rede de conhecimento e desenvolvimento voltada à consolidação das tecnologias nacionais no mercado externo (para se alcançar o mercado externo, precisa-se alcançar a excelência tecnológica).
Estrutura física de CT&I – Ampliar os grupos (centros de pesquisas, laboratórios) dedicados ao desenvolvimento tecnológico do segmento Energia Eólica.	Oportunizar a criação de grupos de excelência nacionais, devidamente integrados, coordenados e focados nas questões do mercado nacional e internacional (melhor tecnologia).
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar as ações de fomento.	Novos canais de fomento para garantir a continuidade dos incentivos à P&D
Infraestrutura – Desenvolver estruturas de testes.	Desenvolvimento de laboratórios de teste de equipamentos em escala e em protótipos
Cadeia produtiva – Aumentar a capacidade de produção e de se diversificar.	Oportunidade em se modernizarem com foco no desenvolvimento de uma cadeia produtiva preparada para a engenharia reversa.
Mercado – Mitigar a incerteza de mercado, para que haja investimentos assegurados.	Ampliar o mercado de aerogeradores para outros países da América Latina.
Obstáculos tecnológicos – Redução dos custos de implantação (*offshore*), mitigação de ruídos, elevar a segurança da operação (fadiga dos equipamentos).	Desenvolvimento de tecnologias apropriadas às condições de ventos nacionais, dominar as tecnologias *onshore* e *offshore* de pequeno e grande portes.

Fonte: elaboração própria.

4.4.2. Energia Solar Fotovoltaica

Conforme apresentado na Tabela 39, as tecnologias de sistemas fotovoltaicos podem ser vetores de desenvolvimento à cadeia produtiva nacional. A macrotemática é prioridade no planejamento de políticas para o crescimento do setor elétrico, possui RH dedicado em todos os estados, é considerada tecnologia limpa[30], possui laboratórios que atuam nas fases da cadeia de inovação e o montante de publicações indicam forte tendência de desenvolvimento tecnológico nacional. Por isso, a solar fotovoltaica é promissora, sob o ponto de vista de mercado. Uma das oportunidades de desenvolvimento pela cadeia de CT&I nacional tem foco nos sistemas de rastreamento solar, integração das tecnologias aos pontos de implantação (casas, edifícios, GD) e a outras fontes de geração (sistemas híbridos).

Apesar disso, ainda são necessários investimentos financeiros e vantagens fiscais aos consumidores e às instituições geradoras e comercializadoras das tecnologias para que a fonte fotovoltaica faça parte de forma permanente da matriz energética nacional. Também, são necessárias políticas que facilitem, ao setor elétrico, desenvolver os projetos de P&D junto à cadeia produtiva e à CT&I nacional. Ou seja, há a necessidade da coordenação entre as entidades produtoras de conhecimento, as entidades fabricantes das tecnologias e as instituições de governo responsáveis pelas políticas públicas e de regulação de mercado. Essa questão é fundamental ao desenvolvimento de uma matriz elétrica diversificada e limpa. Também é relevante ao fortalecimento da cadeia produtiva nacional e ao fortalecimento da estrutura de CT&I, frente ao mundo. Dessa forma, é possível desenvolver os mercados nacional e internacional de energia, oportunizando a liderança da tecnologia brasileira, questão indutora do desenvolvimento social e cultural.

30 Por outro lado, é preciso considerar toda a cadeia de produção dos sistemas fotovoltaicos para se avaliar com mais propriedade as respectivas questões.

Tabela 39 - Matriz de análise da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Projetos Aneel – 9% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática. Por outro lado, dentre as outras macrotemáticas, a Solar Fotovoltaica, junto à Geração Hidroelétrica, apresenta projetos que foram inseridos no mercado (inovação).	Dimensão Ambiental – As tecnologias de sistemas fotovoltaicos não apresentam impacto positivo à qualidade do ar e no que diz respeito às questões relacionadas à poluição sonora e a temperatura local. A tecnologia não apresenta impacto à qualidade do ar e, por outro lado, apresenta impacto moderado sobre a fertilidade do solo.
Laboratórios – 90% dos laboratórios dessas macrotemáticas fazem trabalhos somente nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental da cadeia de inovação.	Dimensão Social – No contexto das tecnologias fotovoltaicas, existe uma expectativa média de geração de empregos diretos e indiretos e expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
Patentes – Por volta de 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	RH – Elevada qualificação dos pesquisadores presentes nessa macrotemática. Há presença elevada de RH em todos os estados brasileiros, ao se comparado com o montante de RH das demais macrotemáticas. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Energia Solar Fotovoltaica apresenta um elevado nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.
Produção complementar (congressos do setor elétrico) – Apenas 6% de apresentações em congressos brasileiros são dedicados à macrotemática.	Produção científica nacional – Elevada tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.
	Projetos Aneel – Inserção de tecnologias no mercado (inovação). Elevado investimentos em P&D.
	Patentes – 50% das patentes depositadas no Brasil são de inventores brasileiros.
	Laboratórios – 23,15% dos laboratórios que podem fazer trabalhos às macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia são dedicados à energia solar fotovoltaica. Possuem elevados investimentos em relação às demais macrotemáticas. Possui laboratórios trabalhando em todas as etapas da cadeia de inovação.
	Mercado – Elevada demanda futura.
	Estratégico – Elevada prioridade.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Estabelecer um quadro regulatório específico para a tecnologia.	Oportunizará a penetração da tecnologia no mercado e os benefícios da sua aplicação.
Estrutura física de CT&I – Criar massa crítica nas instituições nacionais e articular uma integração eficiente entre elas.	Favorece a P&D e a aplicação da tecnologia no BR.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar os incentivos fiscais para a penetração da tecnologia no mercado de energia.	Possibilita o desenvolvimento da tecnologia nacional com foco nas questões estratégicas da matriz energética.
Infraestrutura – Desenvolver a plataforma de testes.	Desperta o interesse comercial pela tecnologia.
Cadeia produtiva – Criar uma cadeia nacional. Formatação de parcerias com a cadeia produtiva internacional. Nesse caso, serve para as tecnologias de sistemas fotovoltaicos.	Mitigaria as incertezas atribuídas aos processos de desenvolvimento dos produtos.
Obstáculos tecnológicos – Desenvolver a tecnologia nacional e tecnologias para a tropicalização de elementos dos sistemas fotovoltaicos.	Oportunizaria a tropicalização de parte da cadeia produtiva e fomentaria a abertura de novos segmentos industriais no Brasil (fabricante nacionais).
	Disponibilidade de soluções e aplicações de geração de energia elétrica limpa para a matriz energética nacional. Formação de massa crítica, desenvolvimento da cadeia nacional de tecnologias e produção.

Fonte: elaboração própria.

4.4.3. Energia Solar Heliotérmica

Conforme apresentado na Tabela 40, a geração heliotérmica é uma fonte limpa e, ao contrário da geração fotovoltaica, apresenta elevado nível de confiabilidade técnica. As tecnologias dessa macrotemática são recentes no Brasil e têm sido aportadas por um corpo técnico de elevada capacidade, porém pequeno em relação ao RH de outras macrotemáticas. Dada a sua maturidade no setor elétrico brasileiro, na indústria e na CT&I nacional, espera-se que a abertura de mercado seja de médio a longo prazo e proporcione postos de trabalho com elevada capacidade técnica e boa remuneração. Em função da maturidade de fontes como eólica e biomassa, a geração heliotérmica apresenta média prioridade ao planejamento energético nacional.

Por outro lado, ainda há muito a se fazer para que essa tecnologia tenha penetração de mercado brasileiro. São necessários: maior volume de massa crítica, estrutura adequada de fomento, regulação, além de centros de pesquisa e testes de tecnologias. Há a necessidade de ampliar a estrutura de CT&I, integrar as empresas do setor elétrico à cadeia produtiva e à própria CT&I, incentivar a produção científica nacional e trazer a cultura da inovação ao setor heliotérmico.

Tabela 40 - Matriz de análise da macrotemática Energia Solar Heliotérmica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica nacional – 7% do montante produzido no Brasil, fato atribuído à quantidade de pesquisadores dedicados à macrotemática.	Dimensão Social – Existe uma expectativa mediana de geração de empregos diretos e indiretos, porém de alta remuneração e demandando graduação e/ou especialização.
Patentes – Apenas 13% das patentes depositadas no Brasil são de inventores brasileiros. Por volta de 7% das famílias de patentes são consideradas fortes.	RH – Dos profissionais disponíveis para a macrotemática, mais de 60% possuem doutorado.
Laboratórios – 2% dos laboratórios que podem realizar trabalhos para as macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia são dedicados à energia solar heliotérmica. Os investimentos em equipamentos nesses laboratórios praticamente inexistem, se comparados aos montantes dedicados aos laboratórios de outras macrotemáticas. Dos poucos laboratórios que existem para essa macrotemática, 5% trabalham com tecnologias na fase de inserção no mercado, da cadeia de inovação.	Mercado – Elevada demanda mercadológica para o futuro.
RH – Presente em poucos estados brasileiros. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática solar heliotérmica apresenta um baixo nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.	Dimensão Ambiental – As tecnologias de geração heliotérmica não apresentam impactos no que diz respeito à poluição sonora, à temperatura local, à fertilidade do solo, à qualidade do ar e da água. Considera-se uma conversão limpa da energia solar concentrada em eletricidade, contribuindo para mitigar emissões. Por isso, de uma forma geral, o impacto ao meio é considerado positivo.
Projetos Aneel – 2% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática. A maioria dos projetos são finalizados na fase de pesquisa aplicada, da cadeia de inovação.	Estratégico – Média prioridade, segundo o planejamento estratégico do setor elétrico.
Produção complementar (congressos do setor elétrico) – Apenas 7% de apresentações em congressos brasileiros, dedicados à macrotemática.	Produção complementar (congressos do setor elétrico) – 20% de apresentações em congressos brasileiros, dedicados à macrotemática.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Estabelecer um quadro regulatório específico para a tecnologia heliotérmica.	Oportunizaria a penetração da tecnologia no mercado e os benefícios da sua aplicação.
Competência nacional – Formar profissionais voltados, principalmente, à questão heliotérmica e integrar os conhecimentos.	Favoreceria a P&D e a aplicação da tecnologia de geração heliotérmica no BR.
Estrutura física de CT&I – Criar massa crítica nas instituições nacionais e articular uma integração eficiente entre elas.	Possibilitaria o desenvolvimento da tecnologia nacional com foco nas questões estratégicas da matriz energética
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar os incentivos fiscais para a penetração da tecnologia no mercado de energia heliotémica.	Elevaria o interesse comercial pela tecnologia.
Infraestrutura - Desenvolver a plataforma de testes (heliotérmica).	Mitigaria as incertezas atribuídas aos processos de desenvolvimento dos produtos.
Cadeia produtiva – Criar uma cadeia nacional. Formatação de parcerias com a cadeia produtiva internacional. Nesse caso, serve para as tecnologias de sistemas heliotérmicos.	Oportunizaria a tropicalização de parte da cadeia produtiva e fomentaria a abertura de novos segmentos industriais no Brasil (fabricantes nacionais).
Mercado - Criar (Heliotérmica).	Disponibilizaria soluções e aplicações de geração de energia elétrica limpa para a matriz energética nacional.
Obstáculos tecnológicos – Desenvolver tecnologia nacional e tecnologias para a tropicalização de elementos dos sistemas heliotérmicos.	Haveria formação de massa crítica, desenvolvimento da cadeia nacional de tecnologias e produção.

Fonte: elaboração própria.

4.4.4. Energia dos Oceanos

A macrotemática Energia dos Oceanos, embora tenha respaldo como fonte inesgotável de energia, ainda é pouco pesquisa no mundo e no Brasil, frente a outras fontes de energia, como a solar e a eólica (ver Tabela 41), fato que pode ser atribuído à pouca característica de penetração no mercado, dada a complexidade dos conversores utilizados na geração oceânica. Por outro lado, as questões ambiental e social garantiriam a participação dessa fonte na maioria das matrizes energéticas, principalmente no Brasil, onde a costa oceânica é ampla e a possibilidade de se trabalhar com energias das ondas, marés e correntes de marés é factível.

Para o desenvolvimento dessas tecnologias no Brasil, ainda é preciso formar massa crítica. Existem poucos centros de pesquisa tratando esse assunto em território nacional e, por isso, a estrutura física de CT&I ainda é incipiente. Há a necessidade de instalações capazes de realizarem testes experimentais em equipamentos em escala e em protótipos. Outro ponto a ser mencionado é a cadeia produtiva que praticamente não existe no país.

No que diz respeito ás ações de fomento, existe a necessidade de a sociedade observar a importância dessas tecnologias no país e, assim, justificar canais de investimento nessa macrotemática. Desenvolvendo políticas de financiamento de tecnologias próprias dessa macrotemática, será possível alavancar níveis de competência tecnológica da qual o país precisa para se desenvolver nesse segmento. Ainda é uma grande oportunidade para o Brasil seguir na ponta como referência tecnológica em energias dos oceanos e, assim, trazer desenvolvimento à cadeia produtiva nacional e uma projeção comercial robusta, no contexto internacional.

Apesar da pouca produção científica e técnica na CT&I e setor elétrico, a longo prazo, essa fonte de energia pode ser considerada na matriz elétrica nacional.

Tabela 41 - Matriz de análise da macrotemática Energia dos Oceanos

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Dimensão Social – Baixa expectativa de geração de empregos e remuneração, porém haverá a exigência de elevada qualificação.	Dimensão Ambiental – Baixo impacto à qualidade do ar e da água, e sem impactos para as questões relacionadas à poluição sonora, à temperatura local e à fertilidade do solo.
Patentes – Por volta de 7% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Patentes – 25% das patentes depositadas no Brasil pertencem a depositantes brasileiros.
RH – Praticamente concentra-se na região Sudeste do país e corresponde a 1%, aproximadamente, do montante de especialistas que podem realizar trabalhos relacionados às macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Energia dos Oceanos apresenta um baixo nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.	Estratégico – Média prioridade em longo prazo.
Laboratórios – 2% dos laboratórios que podem realizar trabalhos para as macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia tratam dos assuntos relacionados à geração oceânica. Há pouco investimento em ativos, se comparado a outras macrotemáticas. A maior parte dessas instituições trabalha nas fases de pesquisa básica e pesquisa aplicada da cadeia de inovação.	Mercado – Demanda futura reconhecida.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica nacional – 3,5% das questões pesquisadas, no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Baixa tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.	RH – Embora haja poucos especialistas no Brasil dedicados à macrotemática, o nível de instrução desses profissionais é elevado (60% de doutores e 20% de mestres). Aproximadamente, 70% dos especialistas que publicam trabalhos similares, desenvolvem pesquisas de forma cooperada.
Produção complementar – 4% da produção científica do grupo Geração e Armazenamento de Energia em congressos do setor elétrico dizem respeito à macrotemática Energia dos Oceanos.	
Projetos Aneel – Menos de 1% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – O setor possui um órgão regulador que executa, com qualidade, as suas funções.	Incluir na regulação as políticas e diretrizes para a utilização e a exploração dos serviços de energia elétrica provenientes da geração oceânica com foco no incentivo às novas tecnologias e na criação de ambiente de negócios atrativos.
Competência nacional – Ampliar a competência nacional a outros centros de pesquisa e laboratórios, pois a capacitação nacional em energia oriunda de fontes oceânicas tem maior concentração na COPPE e em menor escala na UFPA, UFMA e UFRG.	Valorizar os cursos de engenharia oceânica, com foco na formação do profissional dedicado à geração via fontes oceânicas. Disseminar o aprendizado em, pelo menos, todos os estados cuja fonte oceânica seja conveniente.
Estrutura física de CT&I – Ampliar a estrutura física de CT&I que está, basicamente, concentrada na COPPE e, em menor escala, na UFPA, UFMA e UFRG.	Oportunizar a criação de centros de pesquisas e, principalmente, de centros de testes tanto em escala laboratorial quanto em escala de protótipo, ao longo da costa nacional, com foco nas principais fontes oceânicas.
Estrutura de fomento à CT&I – Estender as ações de fomento.	Fomentar as atividades de campo, que são primordiais ao desenvolvimento das tecnologias.
Infraestrutura – Adequar a logística para atender aos campos de testes.	Desenvolver práticas e tecnologias de infraestrutura de testes das tecnologias.
Cadeia produtiva – Formar parte da cadeia produtiva e adequar a existente	Gerar competência técnica e estrutura de desenvolvimento e fabril.
Mercado – Fomentar o mercado de energia dos oceanos.	Ampliar a competitividade tecnológica e de mercado no segmento energético, garantindo, assim, maior disponibilidade de recursos tecnológicos, com impacto na conta de luz.
Obstáculos tecnológicos – Com relação às energias das ondas e das marés (foco Brasil), há de se superar o desenvolvimento de tecnologias de avaliação dos recursos, projeto de conversores e análise/teste experimental de parques de energia oceânica.	Desenvolver capacidades nacionais e abrir o mercado para o Brasil.

Fonte: elaboração própria.

4.4.5. Termoeletricidade Renovável e Não Renovável

A geração termoelétrica ainda representa uma fonte primária em boa parte dos países. No Brasil, essa fonte é essencial para a garantia da segurança energética e, por isso, apresenta-se com elevado nível de participação na matriz energética nacional e possui elevada prioridade a médio e longo prazo. Dada a questão da segurança energética e dadas as condições favoráveis para a produção de insumos energéticos de qualidade e renováveis, pode ser observado, nessas características, um ponto forte ao desenvolvimento da P&D. Fato corroborado pela quantidade de publicações observadas no Brasil (ver Tabela 42).

O desenvolvimento de tecnologias de produção de energéticos renováveis e de conversores de energia adaptados aos novos combustíveis é o indutor principal do desenvolvimento tecnológico nessa macrotemática. Conforme apresentado na Tabela 42, ainda é necessário investimento tanto na cadeia produtiva quanto na de CT&I, além de aproximação da cadeia produtiva e CT&I com as empresas do setor elétrico. Os esforços concentrados nos desenvolvimentos certos oportunizarão a garantia de uma matriz elétrica segura e limpa, além de uma geração de massa crítica favorável e um mercado fortalecido.

Tabela 42 - Matriz de análise da macrotemática Térmica Renovável e Não Renovável

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Projetos Aneel – Embora haja um número de projetos relativamente elevado em relação às demais macrotemáticas, a maioria dos projetos dessa área são caracterizados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, considerando-se a cadeia de inovação.	Dimensão Ambiental – Baixo impacto à qualidade do ar e da água, sem impacto a respeito da questão relacionada à poluição sonora e baixo impacto a respeito das questões relacionadas à temperatura local e à fertilidade do solo. De forma geral, a macrotemática promoverá um impacto moderado ao meio ambiente.
Patentes – Do montante de depósitos de patentes no Brasil, apenas 12% dos pedidos de patentes são realizados por depositantes residentes no Brasil. Por volta de 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Mercado – Elevada demanda futuro de mercado.
Laboratórios – Praticamente 90% dos laboratórios que podem desenvolver trabalhos nos contextos dessa macrotemática atuam nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Apenas uma parcela reduzida de laboratórios (menos de 5%) teria competência para desenvolver produtos de inserção no mercado (inovação).	Estratégico – Elevada prioridade em médio e longo prazos.
	Laboratórios – Mais de 26% dos laboratórios que podem prestar serviços ao grupo Geração e Armazenamento de Energia trabalham com as questões desenvolvidas na macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável. Em relação às demais macrotemáticas, os investimentos em laboratórios dessa macrotemática são significativos, sendo menores, apenas, que os investimentos registrados na macrotemática Energia Solar Fotovoltaica
	RH – 32% do RH que trabalha no grupo Geração e Armazenamento de Energia são dedicados à macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável. Há presença de RH dessa macrotemática em todos os estados brasileiros e representam, em média, 30% da massa crítica do grupo Geração e Armazenamento de Energia nesses estados. Mais de 60% desse RH possui doutorado. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável apresenta um elevado nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.
	Dimensão Social – Expectativa elevada de geração de empregos diretos e indiretos de média remuneração e expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
	Produção complementar – 17% dos trabalhos apresentados nos eventos do setor elétrico dizem respeito à macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	Projetos Aneel – 32% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	Produção científica nacional – Mais de 23% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Elevada tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Regulações devem vir atreladas ao desenvolvimento de tecnologias.	Incentivaria o desenvolvimento tecnológico.
Competência nacional – Formar mais especialistas e técnicos, com dedicação ao desenvolvimento tecnológico nacional.	Desenvolveria uma massa crítica nacional, voltada ao mercado brasileiro.
Estrutura física de CT&I – Ampliar a estrutura de CT&I (centros de desenvolvimento e de testes), criar um centro de coordenação de atividades e informações tecnológicas e fomentar as parcerias internacionais.	Oportunizaria a fluência ao desenvolvimento tecnológico com foco nas questões relevantes à matriz elétrica nacional.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar os investimentos em RH e em estrutura de CT&I.	Aumento da massa crítica, qualidade da pesquisa e mitigação de incertezas inerentes aos processos de desenvolvimento. Além de aumentar o volume de tecnologias pesquisadas.
Infraestrutura – Desenvolver centros de testes e parcerias técnicas internacionais.	Incentivaria o desenvolvimento de tecnologias nacionais.
Cadeia produtiva – Ampliar a cadeia produtiva nacional por meio de incentivos fiscais e firmar parcerias com a cadeia internacional (foco nas tecnologias de produção de insumos renováveis e nas tecnologias de conversão desses insumos).	Tropicalizaria a cadeia existente e criaria uma estrutura adicional. Tornaria a tecnologia mais forte, do ponto de vista comercial (foco em renováveis – combustíveis e conversores de energia).
Mercado – Desenvolver um planejamento energético que garanta a manutenção do mercado, principalmente da produção e fornecimento de insumos renováveis. Incentivar a produção de insumos renováveis.	Abriria a comercialização de insumos renováveis e a mitigação do uso de combustíveis não renováveis na matriz elétrica nacional. Favorecimento do produto nacional.
Obstáculos tecnológicos – Desenvolver da tecnologia nacional.	Oportunizaria o desenvolvimento das tecnologias que podem ser competitivas no mercado energético internacional.

Fonte: elaboração própria.

4.4.6. Hidrogênio e Célula a Combustível

A geração de eletricidade via hidrogênio em célula a combustível apresenta todas as vantagens que uma fonte limpa precisa para se firmar em uma matriz energética. Contudo, observa-se que o seu uso é conveniente quando a produção de hidrogênio é realizada a partir de um processo de cogeração (aproveitamento de energias residuais para a geração do H_2). Nesse contexto, a geração via hidrogênio é importante como fonte energética em sistemas do tipo GD e em sistemas híbridos de geração de energia.

O uso dessa tecnologia abre uma excelente oportunidade para o desenvolvimento nacional de sistemas de geração de H_2, armazenamento e geração de eletricidade a partir de células a combustível, com o uso variado de insumos energéticos (além do H_2, o etanol, por exemplo). Essa característica tecnológica abre portas para a demanda de mercado futuro e para a sua inserção na matriz elétrica. A P&D deve se concentrar nos sistemas de integração entre tecnologias (cogeração e sistemas híbridos) e na otimização dos custos de fabricação, operação e manutenção dos sistemas envolvidos nessa macrotemática. Nesse sentido, há a necessidade de mais investimentos em todos os setores da cadeia de CT&I e da cadeia produtiva, além da promoção da cooperação entre o setor elétrico, CT&I e indústria (ver Tabela 43). A formação de massa crítica é essencial para o desenvolvimento proposto e os incentivos para a comercialização dessas tecnologias precisam ser revistos, de forma a garantirem a penetração de fonte no mercado nacional.

Tabela 43 - Matriz de análise da macrotemática Hidrogênio Célula a Combustível

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica nacional – 12% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Por outro lado, há a tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.	Dimensão Ambiental – Impacto nulo à qualidade do ar, da água, à poluição sonora, à temperatura local e à fertilidade do solo. Como é possível evitar a emissão de carbono com o uso do hidrogênio de cogeração, na média, o impacto ao meio ambiente é positivo, por evitar a emissão de carbono.
Patentes – Das patentes depositadas no Brasil, apenas 17% dos depositantes são residentes no país. Por volta de 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	RH – Mais de 60% do RH dedicado à macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível possui doutorado. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível apresenta um elevado nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.
RH – Do universo de RH dedicado às macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia, apenas 2% fazem trabalhos no contexto da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível.	Dimensão de Mercado – Elevada demanda no futuro.
	Estratégico – Média prioridade ao planejamento energético.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Laboratórios – Menos que 8% dos laboratórios que podem prestar serviços ao grupo Geração e Armazenamento de Energia podem se dedicar às questões da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível. Os investimentos em ativos dos laboratórios dessa macrotemática não são expressivos, se comparados aos investimentos em outros laboratórios dedicados às demais macrotemáticas. 90% dos laboratórios dessa macrotemática fazem trabalhos somente nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, da cadeia de inovação.	Dimensão Social – Embora a expectativa de geração de empregos diretos e indiretos seja pequena, a remuneração será elevada e existe a expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
Projetos Aneel – 3,5% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática. 85% dos projetos foram caracterizados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, conforme a cadeia de inovação.	
Produção complementar (congressos do setor elétrico) – 5,3% de apresentações em congressos brasileiros, dedicados à macrotemática.	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Trabalhar a regulação de leilão, de forma que favoreça o desenvolvimento de novas tecnologias.	Oportunizaria o desenvolvimento de novas tecnologias, com consequente desenvolvimento da cadeia de CT&I e produtiva nacionais.
Competência nacional – Integrar conhecimentos.	Propiciaria foco às pesquisas. Trabalho em equipe para o desenvolvimento nacional.
Estrutura física de CT&I – Ampliar a estrutura de CT&I.	Desenvolveria novos centros de pesquisa integrados e dedicados às questões de mercado nacional e internacional (foco no conhecimento como meio de competir no mercado).
Estrutura de fomento à CT&I – Eliminar a falta de continuidade dos incentivos para a pesquisa e possibilitar ao agente financiador da P&D maiores benefícios.	Oportunizaria o desenvolvimento contínuo e o consequente poder de competição no mercado internacional, além de mitigar a descontinuidade na cadeia de inovação.
Infraestrutura – Ampliar.	Oportunizaria o desenvolvimento de campos de testes de estruturas dedicadas à geração de H_2 via cogeração e dedicadas aos sistemas de armazenamento.
Cadeia produtiva – Eliminar a retração da cadeia produtiva e ampliá-la com elementos nacionais (desenvolver a cadeia nacional).	Oportunizaria o atendimento da cadeia produtiva do hidrogênio ao setor elétrico nacional e aos demais setores industriais (principalmente no que se refere à geração de H_2 via cogeração e ao armazenamento e transporte do hidrogênio).
Mercado – Ampliar o mercado via disseminação da cultura do uso do H_2 na cadeia energética. Mitigar as barreiras de mercado com foco no aumento de escala.	Disponibilizaria insumo energético, a custo razoável e competitivo. Incentivaria o desenvolvimento tecnológico nacional.
Obstáculos tecnológicos – Diminuir os custos dos processos de fabricação dos sistemas de geração de H_2, armazenamento e geração de EE. Diminuir os custos energéticos vinculados à geração de H_2.	Propiciaria maior penetração de mercado das tecnologias envolvidas, ampliação do uso do H_2 (maior segmentação), melhor aproveitamento dos sistemas de cogeração para a produção de H_2.

Fonte: elaboração própria.

4.4.7. Geração Hidroelétrica

A geração hidroelétrica é uma vocação nacional e, por isso, corresponde à fonte de maior participação na matriz elétrica brasileira. É uma fonte caracteristicamente dependente das condições hídricas da região onde será implantada e, por isso, o uso dessa fonte, como base energética significativa, é restrito a alguns países, como o Brasil, a China e os Estados Unidos da América. As tecnologias empregas para a geração hidroelétrica são consideradas com elevado nível de maturidade, o que pode explicar a baixa produção científica a respeito do tema. Contudo é uma fonte extremamente vantajosa do ponto de vista ambiental e do ponto de vista da segurança energética, fatos que conferem à macrotemática elevada demanda mercadológica no futuro, além de prioridade no planejamento estratégico de longo prazo. Onde há instalações hidroelétrica de médio a grande porte, há desenvolvimento social às suas margens.

Embora as tecnologias de geração hidroelétrica estejam consolidadas, o Brasil não é detentor do conhecimento que cerca essas tecnologias. Ainda é possível aprimorar a cadeia de CT&I e produtiva para o desenvolvimento de tecnologias como para as turbinas hidrocinéticas, as turbinas para baixas quedas e grande volumes, as máquinas para a geração em PCHs e, principalmente, para o desenvolvimento de sistemas híbridos de geração de energia e seus componentes de integração entre fontes. A questão do armazenamento é essencial para o funcionamento de boa parte das tecnologias de geração hidráulica e, por isso, o seu desenvolvimento deve ser levado em conta como estratégia de fomento à cadeia produtiva e à de CT&I .

Nesse contexto, oportuniza-se ampliar a cadeia produtiva com empreendimentos e tecnologias nacionais, voltados aos pontos discutidos acima. Para tanto, são necessários mais investimentos em CT&I, cadeia produtiva, formação de massa crítica e na integração entre todos os setores interessados, incluindo o setor elétrico (ver Tabela 44).

Tabela 44 - Matriz de análise da macrotemática Geração Hidroelétrica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
RH – Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Geração Hidroelétrica apresenta um baixo do nível de colaboração entre pesquisadores, se comparado às demais macrotemáticas.	Dimensão Ambiental – Baixo impacto à qualidade do ar e da água, sem impacto com respeito às questões relacionadas à poluição sonora, à temperatura local e à fertilidade do solo.
Laboratórios – Do montante dos laboratórios que podem atender ao grupo Geração e Armazenamento de Energia, 11% realizam trabalhos no contexto da macrotemática Geração Hidroelétrica. No que diz respeito aos investimentos, essa macrotemática apresenta um montante mediano de investimentos em ativos, ao ser comparado à fotovoltaica, armazenamento de energia e termoeletricidade. 90% dos laboratórios dessa macrotemática fazem trabalhos somente nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, da cadeia de inovação.	Dimensão de Mercado – Elevada demanda no futuro.
Patentes – Por volta de 7% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Estratégico – Elevada prioridade no longo prazo.
	Dimensão Social – Expectativa média de geração de empregos diretos e indiretos de média remuneração e expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
	Produção complementar – 41% dos trabalhos apresentados em eventos tecnológicos do setor elétrico brasileiro dizem respeito à macrotemática Geração Hidroelétrica.
	Patentes – 20% das patentes deponsitadas no Brasil são de depositantes brasileiros. Por volta de 12% das famílias de patentes são consideradas fortes.
	RH – Do montante de profissionais dedicados ao grupo regação e armazenamento de energia, 14% estão dedicados à macrotemática Geração Hidroelétrica. Existem profissionais dessa macrotemática atuando em todos os estados do país. Na proporção entre mestres e doutores, essa macrotemática possui praticamente os mesmos números.
	Projetos Aneel – 40% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática Geração Hidroelétrica. Dentre as outras macrotemáticas, a Geração Hidroelétrica, junto à Solar Fotovoltaica, apresenta projetos que foram inseridos no mercado (inovação).
	Produção científica – 13% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Porém, a macrotemática apresenta uma elevada tendência de aumento das publicações nesse período.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Adaptar a uma forma de mercado livre.	Fortalecimento do mercado livre (todos os consumidores possam ser livres – inclusive o residencial).
Competência nacional – Integração entre pesquisas.	Integração das competências com foco no desenvolvimento contínuo das tecnologias de geração eólica.
Estrutura física de CT&I – Integração entre centros de pesquisas e laboratórios.	Integração das atividades entre laboratórios. Promoção de atividades coordenadas e a formação de redes colaborativas com foco no desenvolvimento tecnológico.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar os programas de incentivo à P&D às instituições que não estejam contempladas nos programas atuais de financiamento da pesquisa e desenvolvimento.	Ampliação do financiamento dedicado às pesquisas no segmento da hidroeletricidade, nos centros de pesquisas e laboratórios que não estejam no contexto de ações como o Programa de P&D, regulado pela Aneel.
Infraestrutura – Ampliar e modernizar (mais laboratórios e centros de testes).	Desenvolvimento de novas instalações de testes e pesquisas em escala de protótipo. Novos centros para a avaliação performática dos elementos de geração (turbinas e geradores).
Cadeia produtiva – Aumentar a participação de empresas nacionais na cadeia produtiva.	Tropicalização ou criação de segmentos nacionais de cadeia produtiva, que sejam essenciais ao desenvolvimento econômico brasileiro. Ou seja, não precisamos ter uma cadeia completa nossa, podemos ser *experts* em ramos que realmente contribuirão com o desenvolvimento econômico nacional.
Mercado – Desenvolver uma cadeia produtiva nacional, com foco no desenvolvimento tecnológico interessante ao mercado nacional, com impacto nos custos operacionais e de fabricação.	Oportunidade de ampliar postos de trabalho diretos e indiretos. Oportunidade de competir no mercado externo (excelência tecnológica) e de colocar, no mercado, tecnologias com menor custo e mais competitivas.
Obstáculos tecnológicos – Aumentar a eficiência tecnológica das máquinas geratrizes.	Elevação do sistema de geração (turbinas, geradores e O&M). Incremento da capacidade de regularização de vazões. Integração das tecnologias de geração hidroelétrica com outros sistemas de geração (hibridização). Novas tecnologias de planejamento e implantação de usinas.

Fonte: elaboração própria.

4.4.8. Energia Nuclear

Embora a fonte nuclear traga, como vantagens, a segurança no fornecimento da energia elétrica e a mitigação das emissões poluentes, infelizmente, no Brasil, essa macrotemática não tem tido espaço nas questões de P&D, tal qual a eólica e a solar (ver Tabela 45).

Há de se rever a importância dessa fonte na participação da matriz energética brasileira, já que o país detém uma das tecnologias mais eficientes de reatores nucleares e de geração de combustíveis nucleares.

A P&D nacional tem-se focado nas técnicas de prospecção de locais para a instalação de usinas nucleares no Brasil. São trabalhadas as questões voltadas à medicina nuclear e a questão da segurança de operação e manutenção de plantas nucleares. O mercado da energia nuclear no Brasil pode ser promissor, dada as qualidades oferecidas por essa fonte. Contudo, são necessários mais investimentos, principalmente, em massa crítica e na cadeia de CT&I e produtiva. A excelência brasileira como detentora de tecnologias de ponta no contexto nuclear veio de um investimento maciço ocorrido nas décadas de 1970 e 1980, em formação de especialistas. Essa questão precisa ser mantida e, por isso, há a necessidade de novos investimentos. A cadeia produtiva existe, mas está focada em outras questões. Basta ser revitalizada e reativada. A geração nuclear nesse país ainda é uma grande oportunidade, como uma questão estratégica à segurança da matriz energética e como meio de desenvolvimento das respectivas cadeias de CT&I e de produção.

Tabela 45 - Matriz de análise da macrotemática Energia Nuclear

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – 7% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Baixa tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.	Dimensão Ambiental – Sem impacto à qualidade do ar e da água, sem impacto no que diz respeito às questões relacionadas à temperatura local e à fertilidade do solo. Sem impacto no que diz respeito à questão poluição sonora. Considerando-se que a geração de eletricidade não emite particulados, a substituição de outras fontes pela nuclear pode proporcionar a mitigação da emissão de carbono. Nesse caso, de uma forma geral, a macrotemática contribui com impacto positivo ao meio.
Laboratórios – Do montante dos laboratórios que podem realizar trabalhos para as macrotemáticas do grupo Geração e Armazenamento de Energia, 5% estão dedicados a realizar pesquisas no contexto da geração nuclear. 90% dos laboratórios dessa macrotemática fazem trabalhos somente nas fases de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e cabeça de série da cadeia de inovação. O investimento nesses laboratórios é relativamente baixo, se comparados às outras macrotemáticas.	Dimensão Social – Expectativa média de geração de empregos diretos e indiretos de elevada remuneração e expectativa de empregos que demandem graduação e/ou especialização.
Projetos Aneel – 2% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática. Praticamente, os projetos foram classificados como pesquisa aplicada, considerando-se a cadeia de inovação.	RH – Mais de 60% dos profissionais dedicados a realizarem trabalhos no contexto da macrotemática Energia Nuclear possuem doutorado. Embora a proporção de RH dessa macrotemática não seja elevada em relação às demais, exitem especialistas trabalhando em todos os estados brasileiros. Uma quantidade relativamente importante de pesquisadores dessa macrotemática realiza trabalhos cooperados, em relação a outras macrotemáticas.
Patentes – Do montante de patentes depositadas no Brasil, no contexto do grupo Geração e Armazenamento de Energia, apenas 13% dos depositários de patentes da macrotemética Energia Nuclear são residentes no Brasil. Por volta de 7% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Mercado – Elevada demanda no futuro.
RH – Do montante de profissionais dedicados ao grupo Geração e Armazenamento de Energia, 10% desenvolvem trabalhos no contexto da macrotemática Energia Nuclear. Do universo do grupo Geração e Armazenamento de Energia, a macrotemática Energia Nuclear apresenta um nível de colaboração entre pesquisadores considerado mediano, se comparado às demais macrotemáticas.	Estratégico – Média prioridade em médio e longo prazo.
Produção complementar (congressos do setor elétrico) – Por outro lado, 3% de apresentações em congressos brasileiros, dedicados à macrotemática.	

Desafios	Oportunidades
Regulação – Modernizar com foco na mitigação do tempo de licenciamento para a construção de usinas. Criar uma agência exclusiva para as questões nucleares.	Oportunizaria o processo de planejamento e a implantação das usinas nucleares, levando em conta as questões ambientais e sociais. E, com a criação de uma agência exclusiva, é possível ter foco total nas questões nucleares, que merecem atenção especial por serem algo estratégico ao país, do ponto de vista da segurança energética e do ponto de vista da manutenção da soberania nacional.
Competência nacional – Incentivar a formação de competências.	Oportunizaria a manutenção do conhecimento nacional (que é de excelência) e o desenvolvimento das tecnologias, adaptadas às realidades nacionais, que exigem a ampliação do parque gerador via energia nuclear.
Estrutura física de CT&I – Ampliar a estrutura e repotenciar os centros nacionais, principalmente para o desenvolvimento de reatores nucleares.	Oportunizaria o aumento da capacidade de desenvolvimento nacional, principalmente, no que se refere ao desenvolvimento de reatores nucleares.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar o fomento público (fomento maciço) para o desenvolvimento tecnológico e da indústria. Fomentar a participação de empreendimentos particulares na geração de energia elétrica via energia nuclear.	Oportunizaria o desenvolvimento dos reatores, que apresentam o custo mais elevado de desenvolvimento, dentre as tecnologias. O fomento à revitalização da cadeia produtiva também seria essencial ao desenvolvimento de tecnologias com maior confiabilidade e menor custo. A entrada de empreendimentos privados permitiria a criação de mercados mais consolidados, com garantia do atendimento ao consumidor além da modicidade tarifária.
Infraestrutura – Ampliar a infraestrutura de testes e experimentações.	Melhoraria a capacidade de experimentação e testes em reatores nucleares com elevados níveis de segurança. Oportunizaria o desenvolvimento tecnológico nacional e a segurança no atendimento com eletricidade proveniente da energia nuclear.
Cadeia produtiva – Revitalizar, reestruturar a cadeia produtiva nacional.	A cadeia produtiva nacional existe, mas opera de forma tímida, já que não há mais o incentivo ao desenvolvimento e à manufatura de produtos que atendam ao setor. Porém, essa questão depende da abertura de mercado.
Mercado – Retomar o mercado da geração via nuclear (diversificar a matriz). Mitigar os custos de construção das plantas geradoras e fomentar a aceitação pública sobre as tecnologias.	Desenvolveria a cadeia produtiva nacional, as tecnologias estratégicas à geração de eletricidade e à questão de soberania.
Obstáculos tecnológicos – Desenvolver reatores de IV geração e sistemas de O&M, com foco na segurança e na eficiência operacional.	Desenvolveria tecnologias nacionais voltadas aos reatores e à O&M. Sobre a operação, torna-se oportuna a entrada das tecnologias nacionais no mercado internacional.

Fonte: elaboração própria.

4.4.9. Armazenamento de Energia

Conforme observado na Tabela 46 o desenvolvimento da macrotemática Armazenamento de Energia é favorável não só às questões ambiental e social como também é fundamental para a garantia do fornecimento de energia elétrica. Essa questão é corroborada, já que a introdução de novas fontes de energia renováveis na matriz elétrica nacional demandará uma reserva de energia para garantir os *déficit* ocasionados pela intermitência dessas fontes.

O país possui competência técnica para o desenvolvimento da PD&I nesse contexto, porém, para sustentar o crescimento da demanda por tecnologias de armazenamento no Brasil, serão necessários mais profissionais, além de um sistema robusto de CT&I e de fomento das atividades de pesquisa.

Oportuniza-se, de forma geral, a garantia do abastecimento energético da matriz elétrica nacional, com o uso de tecnologias de ponta criadas no Brasil e competitivas no contexto do mercado mundial. Contudo, precisa-se desenvolver a cadeia produtiva nacional além de incentivar a questão de mercado. Fatos dependentes de uma caracterização robusta do planejamento energético nacional.

Tabela 46 - Matriz de análise da macrotemática Armazenamento de Energia

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção complementar – Menos de 4% dos trabalhos apresentados em eventos do setor elétricos dizem respeito à macrotemática Armazenamento de Energia.	Dimensão Ambiental – Impacto positivo à qualidade do ar e sem impactos relacionados à água, à poluição sonora, à temperatura local e à fertilidade do solo.
Projetos Aneel – 5% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática Armazenamento de Energia. Esses projetos foram classificados como pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, conforme a escala da cadeia de inovação. Os investimentos realizados nesses P&D são relativamente baixos, tendo destaque, apenas, quando da publicação de uma chamada estratégica pela Aneel, no ano de 2016.	RH – Embora haja poucos profissionais atuando na área de armazenamento de energia, o grau de instrução desses trabalhadores é elevado (mais de 70% de doutores).
Patentes – Comparativamente a macrotemáticas como Termoeletricidade Renovável e Não Renovável, há poucas patentes depositadas no Brasil, com relação a essa macrotemática e apenas 8% dos depósitos são realizados por depositantes residentes no Brasil. Aproximadamente, 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Laboratórios – Os investimentos em ativos são considerados expressivos, em comparação aos investimentos realizados em outras macrotemáticas.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
RH – Do montante de profissionais dedicados aos trabalhos no grupo Geração e Armazenamento de Energia, apenas 2% desenvolvem trabalhos na macrotemática Armazenamento de Energia. No que diz respeito à rede de colaboração entre pesquisadores da área, o nível de coautorias é considerado baixo, entre as macrotemáticas.	Dimensão Social – Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização, baixa geração de empregos diretos e indiretos com elevada remuneração.
Laboratórios – Menos de 5% dos laboratórios nacionais que podem atender às demandas da macrotemática trabalha em pesquisas sobre armazenamento de energia. Menos de 5% dos laboratórios dedicados às pesquisas nessa macrotemática trabalham projetos com foco na inserção no mercado da tecnologia. 80% dos laboratórios desenvolvem trabalhos classificados como pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, na escala da cadeia de inovação.	Produção científica nacional – 14% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Elevada tendência de crescimento das publicações confirmada nesse período.
	Mercado – Elevada demanda futura.
	Estratégico – Elevada prioridade em médio e longo prazo.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – No contexto da P&D, o Manual é autoexplicativo, e a regulação é bastante conhecida do setor, porém pode melhorar.	Dois pontos relevantes devem ser relembrados: as pesquisas podem ser realizadas em todas as etapas da cadeia de desenvolvimento de um novo produto ou sistema, desde a pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento de protótipo, cabeça de série, lote pioneiro e/ou inserção de mercado, sendo que os três últimos devem, obrigatoriamente, ser os que deem continuidade a projetos desenvolvidos fora do Programa de P&D regulado pela Aneel.
Competência nacional – O Brasil tem competência nacional (pesquisadores e centro de pesquisas e até empresas pesquisando o assunto) no contexto de cada rota tecnológica e linhas de P&D, mas precisa de mais massa crítica.	Com o desenvolvimento de tecnologias nacionais, surge uma excelente oportunidade de ampliar o conhecimento nacional e formar mais técnicos e especialistas para o mercado nacional e internacional.
Estrutura física de CT&I – Criar coordenação entre entidades de todos os *stakeholders* do setor elétrico.	Criação de novos grupos nacionais de pesquisa para atender à demanda desenvolvimentista (no caso da expansão dos sistemas de armazenamento de energia) e a integração entre os respectivos atores com foco no desenvolvimento centrado nas questões mais importantes ao país.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar as possibilidades de fomento à estrutura de CT&I nacional.	Fomento de empresas do setor e de instituições de ensino superior para desenvolverem projetos com foco na mitigação dos efeitos causados pela intermitência das fontes renováveis (Ex: grande concentração de eólicas no Nordeste pico de demanda no período da tarde, no verão).

Desafios	Oportunidades
Cadeia produtiva – Desenvolver a cadeia produtiva na medida em que as novas demandas de mercado forem aparecendo.	Há oportunidades de desenvolvimento da Cadeia Produtiva nos aspectos relacionados às partes essenciais dos sistemas de armazenamento, por exemplo, (i) baterias de alto desempenho, que atendam aos requisitos já relacionados no Capítulo 2, e sistemas de gestão das baterias; e (ii) *hardware* e *software* necessários à gestão dos ciclos de carga e descarga das baterias, essenciais à sua operação segura e garantia de desempenho durante sua vida útil.
Mercado – Desenvolver o mercado, criar demandas. Não há, no setor elétrico, capacitação e interesse para o desenvolvimento de rotas cuja aplicação comercial ainda esteja distante, cuja pesquisa e desenvolvimento requeiram infraestrutura complexa e cara, ou que não possam ser suportadas por uma cadeia produtiva previamente existente.	Elevado potencial de implantação de sistemas de armazenamento de energia na GD (aumento do uso de painéis fotovoltaicos) para acomodar os fluxos de potência no SEP – especialmente nos níveis sistemas de distribuição – reduzindo os efeitos de oscilações e rampa de carga.
Obstáculos tecnológicos – Desenvolvimento de tecnologias e práticas de engenharia reversa, voltada para o tema armazenamento de energia.	Adaptação de tecnologias conhecidas ao mercado nacional; disponibilidade de matéria-prima, capacidade de suprimento em toda a cadeia produtiva, adequação às condições ambientais e legais, são requisitos para dirigir os esforços de PD&I voltados aos SAE.

Fonte: elaboração própria.

4.4.10. Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

As soluções apropriadas para a geração de energia elétrica em regiões remotas apresentam inúmeras vantagens para a sua aplicação. Vantagens que vão desde a garantia da segurança da geração (diversificação da rede em nível de geração centralizada e em nível de GD) à mitigação das emissões poluentes. Contudo, observa-se que a P&D sobre esse tema ainda é incipiente (ver Tabela 47).

Para que as tecnologias de geração via sistemas híbridos sejam promissoras, é necessário criar mercado. O mercado de energia para essa fonte em sistemas do tipo GD é promissor e pode ser o primeiro passo da introdução dessa macrotemática na matriz energética, haja vista a natureza das tecnologias. Havendo essa abertura, é possível investir em laboratórios e centros de demonstração e na cadeia produtiva. A P&D é promissora no sentido de integrar as fontes energéticas aplicadas aos sistemas híbridos e também é promissora no mapeamento de oportunidades de geração, por região. Uma vantagem ao desenvolvimento dessas tecnologias é que a massa crítica nacional é consolidada, basta ser incentivada a trabalhar nessa questão.

Tabela 47 - Matriz de análise da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas

Pontos Fracos	Pontos Fortes
RH – Dos profissionais que atuam no grupo Geração e Armazenamento de Energia, 1% desenvolvem trabalhos na macrotamética Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas.	Dimensão Ambiental – Baixo impacto à qualidade do ar e à mitigação da poluição sonora, sem impactos à qualidade da água e no que diz respeito às questões relacionadas à temperatura local e à fertilidade do solo.
Laboratórios – Menos de 4% dos laboratórios que atuam nos assuntos do grupo Geração e Armazenamento de Energia podem realizar trabalhos na macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas. Os investimentos em ativos são considerados baixos, frente a outras macrotemáticas. 80% dos laboratórios que trabalham no âmbito dessa macrotemática desenvolvem trabalhos nos níveis de pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental.	Dimensão Social – Expectativa média de geração de empregos diretos e indiretos de elevada remuneração e expectativa de geração de empregos que demandem ensino especializado.
Patentes – Comparativamente, a quantidade de patentes depositadas no Brasil sobre essa macrotemática é a menor (129 patentes – 2,5%). Do montante de patentes depositadas no Brasil nessa área (129), 14% são de depositantes residentes no país. Menos de 5% das famílias de patentes depositadas sobre essa macrotemática são consideradas fortes.	RH – Mais de 95% dos profissionais que atuam nessa área possuem doutorado e mestrado. Comparativamente a outras macrotemáticas, os pesquisadores que atuam nessa área apresentam um nível de colaboração considerado mediano.
Projetos Aneel – 3% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática. A maior parte dos projetos (97%) é caracterizada como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Comparativamente a outras macrotemáticas, os investimentos nos projetos de P&D sobre essa macrotemática são relativamente baixos.	Dimensão de Mercado – Elevada demanda no futuro.
Produção científica nacional – Menos de 1% das questões pesquisadas no Brasil, no período compreendido entre 2007 e 2016. Baixa tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.	Estratégico – Elevada prioridade em longo prazo.
Produção complementar (congressos do setor elétrico) – 3,9% das apresentações em eventos do setor elétrico dizem respeito à macrotemática.	

Desafios	Oportunidades
Estrutura física de CT&I – Estabelecer ações coordenadas entre as diferentes entidades de gerência de pesquisa no Brasil.	Focar as ações de P&D naquilo que é mais interessante ao desenvolvimento da macrotemática, com consequente elevação da capacidade produtora e intelectual nacional.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar as carteiras de crédito (disponibilizar mais recursos).	Maior retorno da P&D, dada a falta de restrições.
Infraestrutura – Desenvolver estruturas capazes de simular, testar equipamentos em escala e em nível de protótipo.	Elevar a qualidade da pesquisa, mitigando as incertezas atribuídas ao desenvolvimento da P&D.
Cadeia produtiva - Criar núcleos de desenvolvimento associados à cadeia produtiva.	Oportunizar o desenvolvimento da cadeia, bem como permite a entrega do produto com maior rapidez ao mercado.
Mercado – Mitigar incertezas de mercado por meio de um planejamento conciso do setor.	Aumentar a comercialização das soluções, a melhoria dos processos de distribuição e a disponibilidade de produtos.
Obstáculos tecnológicos – Dar foco à P&D.	Direcionar o P&D às questões mais importantes.

Fonte: elaboração própria.

Capítulo 5

Capítulo 5

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Transmissão de Energia Elétrica

5.1. Introdução

O grupo temático Transmissão de Energia Elétrica contempla diversas linhas de pesquisa com foco no aprimoramento de processos já existentes e no desenvolvimento de novas tecnologias para o setor de transmissão de energia elétrica nas seguintes vertentes: sistemas de transmissão em corrente alternada e contínua, cabos isolados e supercondutores, subestações e equipamentos de alta tensão, redes elétricas inteligentes aplicadas à transmissão, proteção, automação e controle. No tocante às diferentes etapas de implantação: planejamento, projeto, construção, operação, manutenção e comercialização.

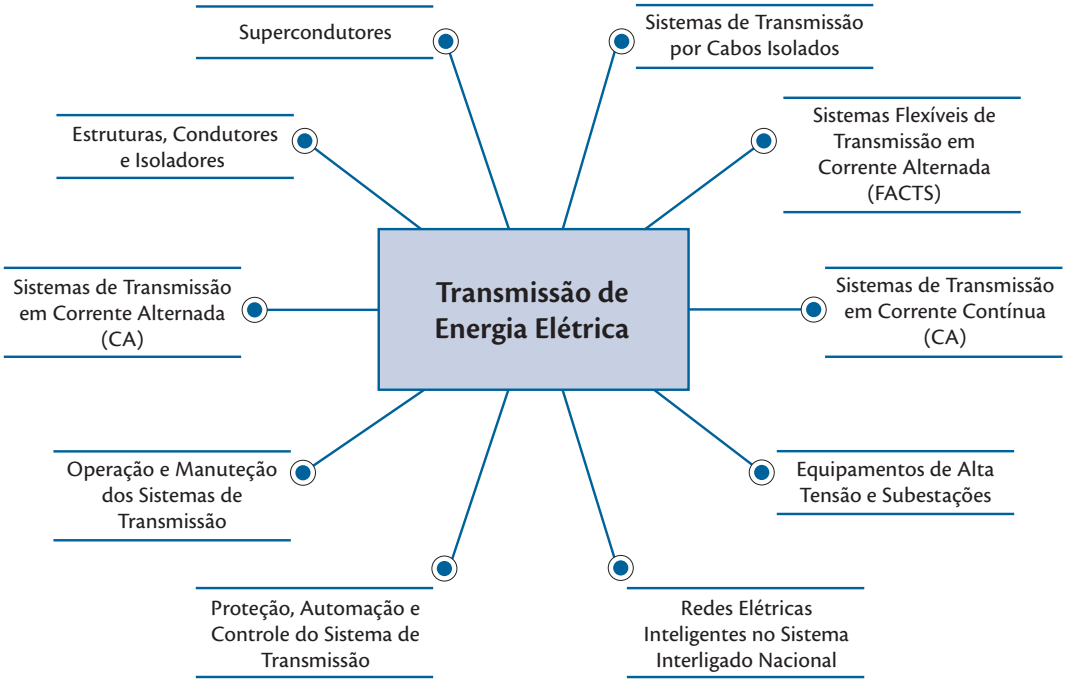


Figura 20 - Macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

5.2. Conceitos das Macrotemáticas

As macrotemáticas relativas ao GT Transmissão de Energia Elétrica são conceituadas a seguir:

Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicada ao planejamento para a escolha da melhor alternativa para a expansão do sistema, dentre as modalidade de Transmissão em Corrente Alternada até 800 kV, Transmissão em Ultra-alta Tensão, Transmissão Multifásica, Transmissão em Meia Onda e Transmissão em Circuitos Múltiplos. Há também caminhos para PD&I em aprimoramento das ferramentas computacionais, dos modelos, dos conceitos e dos critérios, para que sejam aperfeiçoados

para a realização dos estudos de planejamento da expansão e da operação do sistema, considerando-se a inserção de novas tecnologias no sistema.

Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicada para transmissão por elos de corrente ou tensão contínua. Contempla, também, os sistemas multiterminais e soluções inovadoras para tecnologia de equipamentos de alta tensão aplicados à Transmissão em Corrente Contínua (CC), tais como transformadores, disjuntores em CC e filtros de harmônicos.

Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicada ao planejamento (inclui projeto), à implantação (construção civil, instalação/logística), à manutenção, à operação, à modernização e ao descomissionamento da transmissão por cabos isolados e acessórios.

Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicada aos FACTS. Abrange não somente diversos tipos de compensadores de potência, compensadores com armazenamento de energia, interação entre equipamentos FACTS, entre outros, mas também o planejamento (inclui projeto), a manutenção, a operação, a modernização e o descomissionamento associados à macrotemática.

Supercondutores

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I relativas ao desenvolvimento dos materiais supercondutores de alta temperatura e sua aplicação em equipamentos essenciais para a transmissão de energia elétrica, tais como dispositivos limitadores da corrente de curto-circuito, entre outros equipamentos.

Estruturas, Condutores e Isoladores

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I de novos produtos e materiais para componentes físicos das linhas aéreas de transmissão. Abrange, também, técnicas e tecnologias para o planejamento (inclui projeto LTs), implantação (construção civil, instalação/logística), manutenção (monitoramento), operação, modernização (aprimoramentos) e descomissionamento de estruturas, condutores e isoladores de linhas aéreas de transmissão.

Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicada aos equipamentos de alta tensão e as subestações (SEs), que são parte de um sistema de potência que compreende as extremidades de linha de transmissão. Abrange novas tecnologias envolvendo os transformadores, reatores, capacitores, dispositivos de manobra, entre outros, assim como o planejamento (inclui projeto), a implantação (construção civil, instalação/logística), a manutenção (monitoramento), a operação, a modernização e o descomissionamento associados à macrotemática. Aspectos relativos a materiais, automação, aterramento, desempenho são igualmente abordados.

Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

A macrotemática abrange as possibilidades de PD&I aplicada à proteção, à automação e ao controle do sistema de transmissão. Considera os sistemas de proteção utilizados para detectar as condições anormais de operação, isolar defeito e promover a recuperação do sistema de forma rápida, confiável, seletiva e segura. Também aborda aspectos relativos à implementação de sistemas de proteção e das metodologias utilizadas na avaliação de distúrbios em sistemas de transmissão, teste de equipamentos, aplicação em campo de dispositivos de proteção, entre outros.

Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I relativas a aspectos relevantes da operação em tempo real e à manutenção dos sistemas de transmissão. Considera estratégias de operação, centros

de operação, dispositivos de monitoramento, tipos de manutenção, recapacitação das linhas de transmissão, entre outros assuntos.

Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional (SIN)

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I relativas a redes elétricas inteligentes na transmissão. No tocante ao monitoramento, ao controle e à proteção de área ampla; e novas estratégias e metodologias de suporte a tomadas de decisões. Também aborda o desempenho da rede com a integração de redes elétricas inteligentes de transmissão com a geração e a distribuição.

5.3. Diagnóstico: análise por indicadores

5.3.1. Dimensão Ambiental

A análise ambiental visa dimensionar o impacto que as tecnologias associados ao GT Transmissão de Energia Elétrica têm sobre o meio ambiente. Conforme consta na metodologia, o indicador leva em conta o impacto ambiental sob diversos quesitos: poluição do ar, poluição da água, poluição sonora, temperatura local e qualidade do solo. A Tabela 48 a seguir apresenta os valores atribuídos às macrotemáticas do grupo.

Tabela 48 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Impacto Ambiental
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	Baixo impacto
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	Baixo impacto
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	Moderado impacto
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	Sem impacto
Supercondutores	Baixo impacto
Estruturas, Condutores e Isoladores	Baixo impacto
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	Baixo impacto
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	Baixo impacto
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	Sem impacto
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	Baixo impacto

Fonte: elaboração própria.

As tecnologias associadas à transmissão de energia elétrica, em geral, causarão baixo impacto ambiental. Boa parte desse impacto é associado à poluição sonora. Ainda que em menor proporção, há também expectativa de baixo impacto relacionado aos outros quesitos ambientais. Destacam-se, no grupo as, tecnologias associadas à macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados. Considera-se, nesse caso, o impacto na qualidade do solo, tendo em vista o risco de vazamento de óleo de cabos subterrâneos, além do fato de que a área utilizada para implantação inviabiliza consideravelmente o uso do solo para outros fins.

No que se refere ao impacto das referidas tecnologias na poluição da água, a macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada indicou que suas tecnologias associadas podem causar baixo impacto na poluição da água. Este fato pode ocorrer nas rotas da macrotemática de equipamentos e subestações que trate especificamente de equipamentos contendo óleo mineral, podendo vir a contribuir com a poluição de corpos d'água, mas estas ocorrências são muito pouco prováveis, uma vez que os procedimentos legais vigentes sejam seguidos.

Já as tecnologias associadas a Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada, Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua, Supercondutores, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Operação e Manutenção e Redes Elétricas Inteligentes no SIN produzem baixo impacto na exposição do ruído. Vale a pena ressaltar que as subestações de energia elétrica, de uma forma geral, produzem vibrações

e ruídos associados à frequência de 60 Hz da corrente alternada. Não são ruídos excessivamente altos e podem ser contidos e atenuados dentro das dependências das instalações, outro fato a ser observado é que o desenvolvimento e o aperfeiçoamento das tecnologias propostas nas linhas de P&D nesta macrotemática podem vir a reduzir essa incidência do ruído audível.

Ainda em relação à poluição sonora, destaca-se que, para as tecnologias associadas à macrotemática FACTS, os níveis de ruído poderão ser mitigados com o desenvolvimento do controle modular multinível (MMC), justificando a atribuição de não ter impacto ambiental.

5.3.2. Dimensão Social

A Tabela 49 apresenta os indicadores de Dimensão Social relativos ao GT Transmissão de Energia Elétrica. Conforme descrito na metodologia, os indicadores visam analisar o impacto de novas tecnologias na geração de empregos diretos e indiretos, na remuneração e na qualificação exigida para os novos postos de trabalho.

Verifica-se que, em relação à expectativa da geração de empregos, as macrotemáticas Estruturas, Condutores e Isoladores, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Proteção, Automação e Controle indicaram uma perspectiva de alta geração de empregos diretos associados ao SEB e indiretos ligados à cadeia produtiva das mesmas. Em contrapartida, as macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua, Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, FACTS e Supercondutores possuem baixa expectativa de geração de empregos diretos e indiretos. As demais macrotemáticas apresentaram uma expectativa média na geração de empregos associados.

Tabela 49 - Indicadores de Dimensão Social do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	2	3	3
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	1	2	3
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	1	2	3
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	1	2	3
Supercondutores	1	1	3
Estruturas, Condutores e Isoladores	3	2	3
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	3	2	3
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	2	3	3
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	3	2	3
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	2	2	3

Legenda: Geração de Empregos: (1) Expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos; (2) Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos; (3) Expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos. **Remuneração**: (1) Expectativa de geração de empregos de baixa remuneração; (2) Expectativa de geração de empregos de média remuneração; (3) Expectativa de geração de empregos de alta remuneração. **Qualificação**: (1) Expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; (3) Expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

Fonte: elaboração própria.

Os valores referentes ao indicador de remuneração apontam que há expectativa de geração de empregos de alta remuneração para as macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão. Isso se deve, em parte, pelo fato de que existem, proporcionalmente, mais profissionais com doutorado e/ou mestrado nessas macrotemáticas do que em relação às outras (vide análise de Recursos Humanos). Tendo em vista que, para ambas as macrotemáticas, foi apontada uma expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado, espera-se que essa diferença de proporção se mantenha. Portanto, espera-se, em média, um nível de capital humano maior associado às macrotemáticas em questão e, consequentemente, uma maior remuneração. Em relação à macrotemática Supercondutores, a expectativa é de geração

de empregos de baixa remuneração, se comparado à remuneração do grupo. Os demais resultados indicaram uma expectativa de geração de empregos diretos e indiretos com média remuneração.

Na análise do último indicador desta dimensão, o qual se diz respeito à titulação dos empregos gerados, indicou-se que há uma expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado nos empregos relacionados para todas as macrotemáticas do grupo.

5.3.3. Produção de CT&I

Produção científica

As produções científicas avaliadas estão distribuídas dentro das macrotemáticas e essa classificação pode ser observada no Gráfico 58, dentro de um comparativo entre a produção no âmbito mundial e nacional. Quando observada a produção mundial, existe um destaque para as macrotemáticas Supercondutores, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua, as quais abarcam mais de 60% de toda a produção. Quando a análise é feita no Brasil, destacam-se Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Sistema de Transmissão em Corrente Contínua (CC) e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão. Ante tal ordenamento, percebe-se que Supercondutores é o tema que diferencia o Brasil da tendência do mundo, vindo este em quarto lugar.

As macrotemáticas que apresentaram menores índices de artigos publicados foram Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional. Vale ressaltar que alguns fatores podem ter influenciado direta ou indiretamente na menor quantidade de publicações de algumas macrotemáticas, por exemplo, Sistemas de Transmissão em CA, que trata de um assunto consolidado na área correlata, resultando, possivelmente, em uma diminuição das contribuições científicas dos pesquisadores nesse tema. Oportuno se faz mencionar que essa macrotemática está relacionada a outras que são contempladas dentro deste grupo temático, tais como Estruturas, Condutores e Isoladores, FACTS, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações. Desse modo, é possível que, no contexto de publicações, essa correlação de temas possa ter afetado consideravelmente no decréscimo dos números, visto que artigos relacionados a outros temas estão sendo contabilizados em outras macrotemáticas.

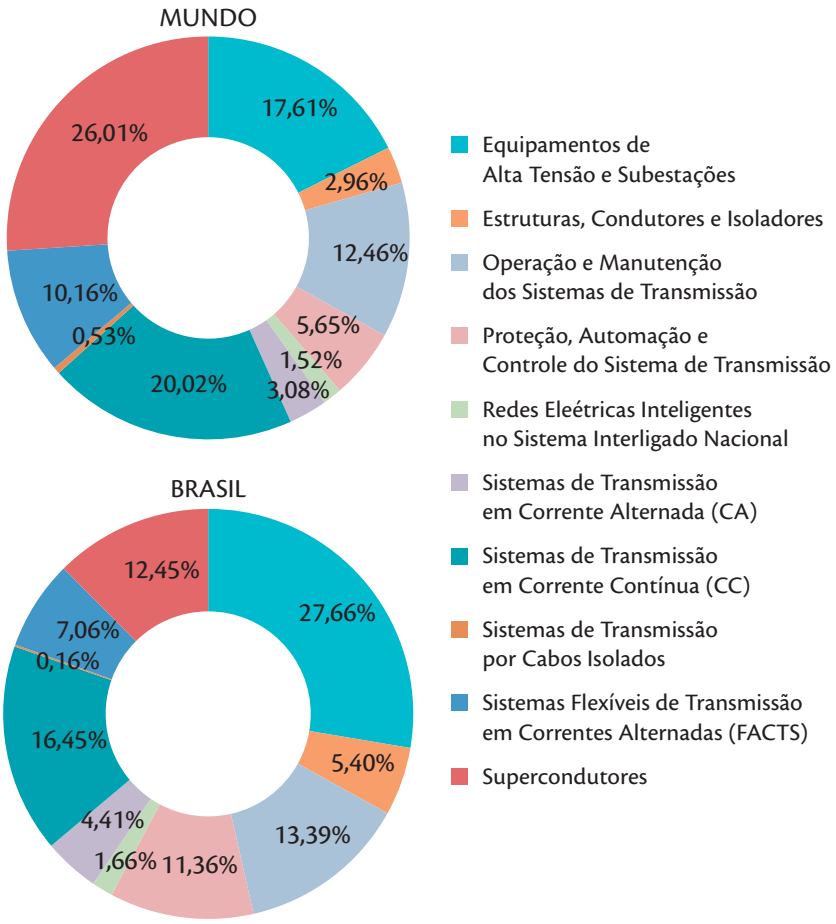


Gráfico 57 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil, no período de 2007-2016, nas macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Quando analisada a parcela de contribuição por país, verifica-se que a China e os Estados Unidos têm um valor expressivo de todo o desenvolvimento, chegando a mais de 30% da produção de artigos no GT Transmissão de Energia Elétrica, conforme observado no Gráfico 58. Dentre os cinco maiores produtores, ainda há mais três representantes do continente asiático, Japão, Índia e Coreia do Sul. O Brasil se encontra na décima quarta posição, com pouco mais de 2% da produção mundial, mas essa colocação varia consideravelmente quando a análise é feita em nível de macrotemática, conforme apresentado na Tabela 42.

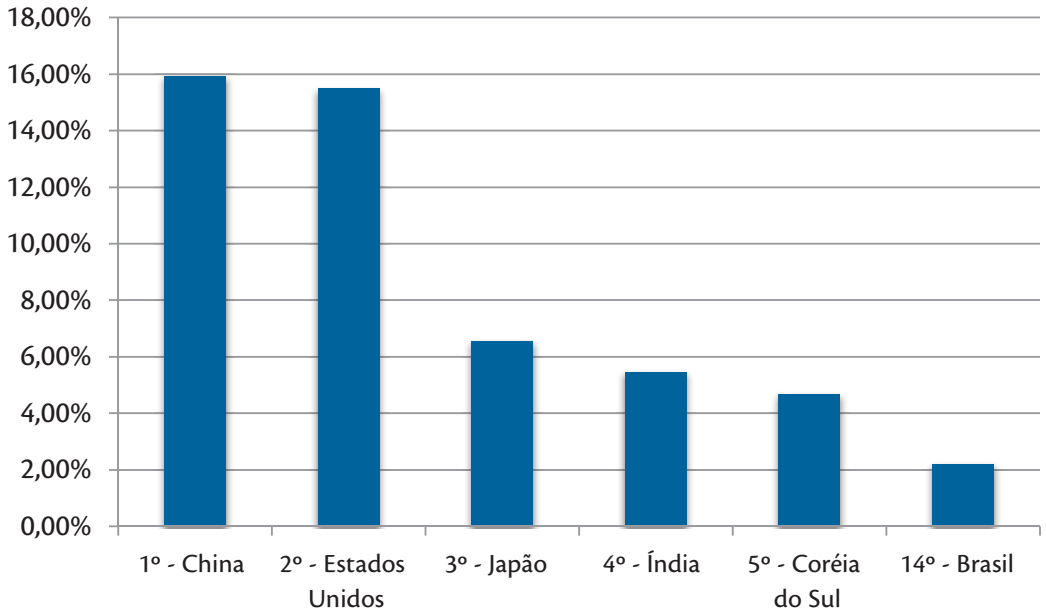


Gráfico 58 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 50 apresenta o *ranking* de países com as maiores produções científicas para cada macrotemática, além de apresentar a colocação do Brasil para fins comparativos. Com esse nível de detalhamento, foi possível dar destaque, também, a países como Irã, Canadá, Taiwan, Itália, Alemanha, inclusive ao Brasil, que ocupa a quinta posição em Estruturas, Condutores e Isoladores, e a sexta em Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e Proteção, Automação e Controle.

Como mencionado, a China e os Estados Unidos têm um papel de destaque no grupo temático e, consequentemente, ocupam as primeiras colocações da maioria das macrotemáticas. Contudo, vale ressaltar que, em Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA),Supercondutores e Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, tem-se a Índia, o Japão e o Reino Unido com um índice alto de desenvolvimento de artigos, demonstrando a área de interesse e atuação com maior força de cada um dos países.

Tabela 50 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Transmissão de Energia Elétrica

	1º	2º	3º	4º	5º	Colocação Brasil
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	Índia	Estados Unidos	China	Irã	Canadá	6º
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	China	Estados Unidos	Índia	Taiwan	Canadá	15º
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	China	Reino Unido	Itália	Estados Unidos	Coreia do Sul	29º
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	Estados Unidos	China	Índia	Irã	Alemanha	16º
Supercondutores	Japão	Estados Unidos	China	Coreia do Sul	Alemanha	16º
Estruturas, Condutores e Isoladores	China	Estados Unidos	Canadá	Itália	Brasil	5º
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	China	Estados Unidos	Irã	Índia	Polônia	9º
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	Estados Unidos	China	Canadá	Reino Unido	Taiwan	11º
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	China	Estados Unidos	Índia	Irã	Canadá	6º
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	Estados Unidos	China	Reino Unido	Irã	Canadá	9º

Fonte: elaboração própria.

Para analisar a evolução dos artigos nos últimos dez anos, são apresentados o Gráfico 60, no qual se tem dados em nível mundial, e o Gráfico 60, que traz essa evolução, mostrando apenas os artigos nacionais. Os gráficos de evolução mostram um *ranking* das macrotemáticas do GT de Transmissão de Energia Elétrica no eixo das ordenadas e os anos analisados no eixo das abscissas. Além disso, a espessura das linhas trazem o volume de produção, o qual pode ser verificado pelo valor numérico que a acompanha.

As macrotemáticas Supercondutores, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua figuram entre as primeiras colocações em nível mundial. Essas três macrotemáticas apresentaram uma evolução crescente na última década, mas vale ressaltar o salto que existiu em Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua e uma leve constância em Equipamentos de Alta Tensão e Subestações.

Em relação a Supercondutores, o entusiasmo da comunidade científica pela supercondutividade e suas propriedades tem sido muito grande, dado que esses materiais apresentam ainda certas limitações que estão sendo superadas aos poucos, por meio da pesquisa científica e tecnológica. Para o setor elétrico, as aplicações mais promissoras, na atualidade, são os limitadores de corrente de curto-circuito e os cabos supercondutores. Outras aplicações já foram demonstradas em escala real, com protótipos de grande porte e alguns testes de campo, tais como motores, geradores, transformadores e SMES (*Superconducting Magnetic Energy Storage* – bobinas supercondutoras para armazenamento de energia elétrica). No entanto, com a tecnologia atual, máquinas rotativas, transformadores e SMES ainda deverão requerer mais tempo de maturação em relação a cabos e limitadores de corrente supercondutores. Esses fatores podem explicar o elevado número de artigos para esta macrotemática.

Claramente, percebe-se que Equipamentos de Alta Tensão e Subestações é uma macrotemática que desperta grande interesse da comunidade científica mundial. Os altos índices nos números apresentados para esta macrotemática demonstram, mesmo se tratando de equipamentos consolidados na área, bastante interesse dos pesquisadores em melhorias nas tecnologias existentes, bem como novos desenvolvimentos tecnológicos. Outros pontos importantes a serem destacados, que podem influenciar no número de artigos neste tema, são:

- necessidade crescente de subestações (SE) e as limitações encontradas dentro de grandes centros urbanos, cuja falta de espaço para novas construções e o custo do metro quadrado é cada vez mais alto;
- necessidade de mitigar possíveis impactos ambientais causados pelo uso do gás $SF_{6;}$
- pesquisas para desenvolvimento de novos materiais aplicados aos equipamentos.

Quanto aos Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua, o aumento da geração de grandes blocos de energia, em locais cada vez mais distantes, para suprir a demanda cada vez mais alta dos centros consumidores tem despertado o interesse dos cientistas em pesquisarem os assuntos relacionados a este tema. De fato, com o aumento do uso desta tecnologia, surge a necessidade de melhorar a confiabilidade, a eficiência e a segurança dos sistemas em CC, assim como melhorias nos equipamentos e nas tecnologias atuais utilizadas, elevando, possivelmente, o número de pesquisas na área.

Outra constatação a ser ressaltada diz respeito a Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, a qual não apresentou um número de publicações representativo até 2010, passando a evoluir com a consolidação e divulgação dos fundamentos relacionados a esse assunto no setor elétrico e, a partir do ano de 2014, vem apresentando um crescente desenvolvimento.

Na pesquisa realizada para detectar a participação brasileira na evolução dos artigos, de acordo com Gráfico 60, nota-se que a macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações foi a que mais se destacou. Entretanto, diferente do que se observa na análise mundial, o número semelhante de artigos para algumas macrotemáticas faz com que essas troquem de posição quanto ao *ranking*, dificultando verificar uma tendência de forma nítida.

Percebe-se que Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão e Proteção dos Sistemas de Transmissão são temas constantemente pesquisados e figuram na segunda posição, no último ano de análise. Por outro lado, Supercondutores, diferentemente do que ocorreu na análise mundial, apesar de estar bem classificada no número de publicações, não figurou dentre as macrotemáticas mais abordadas por brasileiros em publicações, durante todo o período de análise.

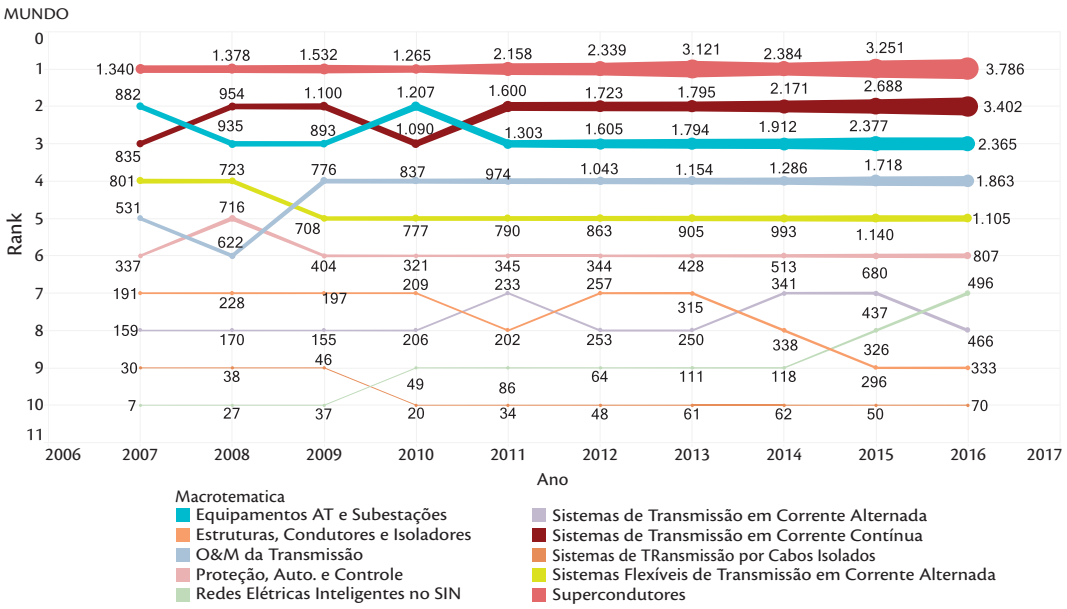


Gráfico 59 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

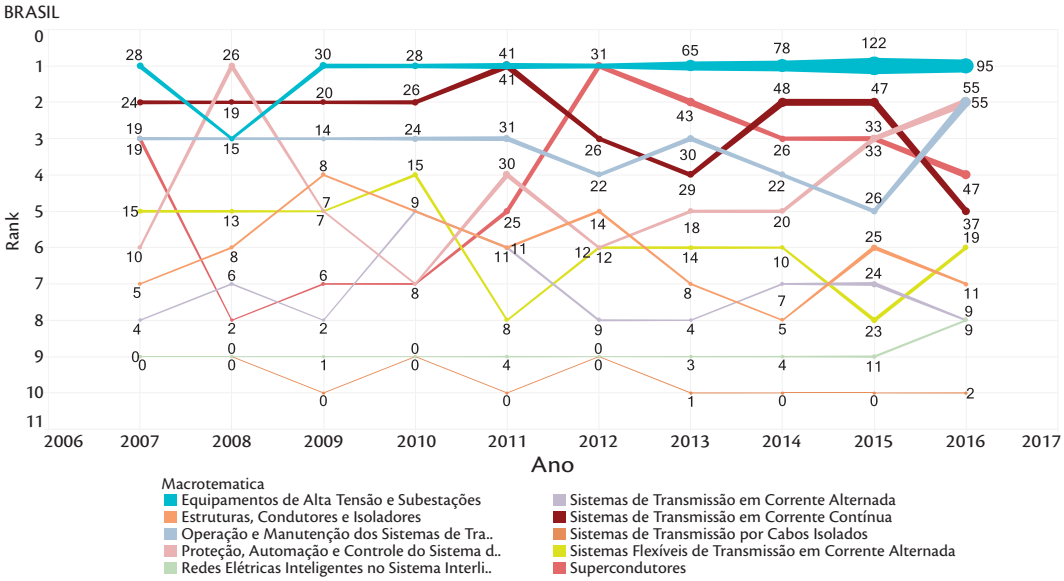


Gráfico 60 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Figura 21 apresenta a distribuição de produção científica do GT Transmissão de Energia Elétrica no território nacional, separados por unidade da federação, ao longo de um período de 10 anos. A concentração de publicações na região Sudeste, no que tange à transmissão de energia elétrica, é um dado conhecido, haja vista a concentração histórica de grandes centros, os polos industriais e, o mais importante, os polos de pesquisas e laboratórios.

A região Sul aparece como a segunda região mais expressiva no quesito produção de artigos, influenciada pela grande quantidade de universidades que tratam de temas relacionados ao setor elétrico, tornando a região um polo de grande concentração de Recursos Humanos na área acadêmica e, consequentemente, de produtores de artigos científicos.

O estado do Pará é o grande destaque na região Norte, com um nível de produção maior, inclusive, que os valores registrados nos estados da região Sul. Já no Nordeste, apesar de não apresentar uma grande produção científica, existe uma expectativa de aumento de produção na região, haja vista a grande inserção de geração de energias renováveis ocorrendo na localidade, o que, consequentemente, irá transformar a região em polo do setor elétrico.

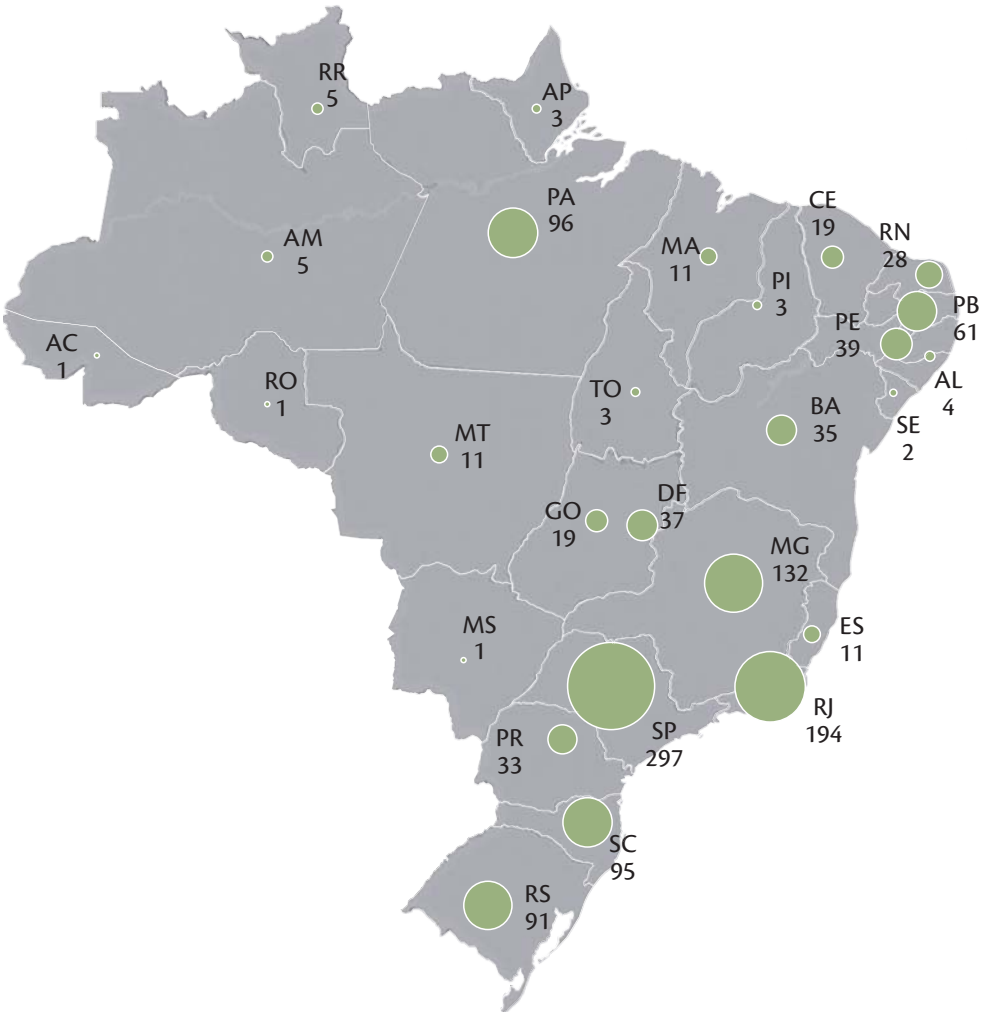


Figura 21 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 51 apresenta como está subdividida a produção de artigos científicos dentro de cada macrotemática por unidade da federação em termos proporcionais. Em sua grande maioria, as macrotemáticas têm sua produção concentrada nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

Ante os dados apresentados, existe um destaque para Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, o qual mostra toda a concentração em Minas Gerais. Contudo, vale ressaltar que apenas três artigos

científicos estavam dentro dos padrões considerados e foram coletados pelo método de busca apresentado na metodologia.

Em Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua, os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina ficam à frente da região Sudeste. A macrotemática Supercondutores, apesar de não sair do eixo Rio-São Paulo, tem uma parcela expressiva no estado do Rio de Janeiro e este dado pode ser aportado pelo laboratórios que lá tratam deste tema no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e na Universidade Federal Fluminense (UFF).

Ressalta-se, ainda, a parcela de contribuição que a Bahia exerce em Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional e que Pernambuco tem em Estruturas, Condutores e Isoladores, ficando atrás, apenas, do estado de São Paulo.

Tabela 51 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática, por UF, para o GT Transmissão de Energia Elétrica

	TR01 (%)	TR02 (%)	TR03 (%)	TR04 (%)	TR05 (%)	TR06 (%)	TR07 (%)	TR08 (%)	TR09 (%)	TR10 (%)
SP	21,18	11,36	0,00	30,88	19,58	25,96	24,95	25,58	26,03	18,75
RJ	18,82	7,89	0,00	26,47	45,42	16,35	12,38	20,54	6,85	28,13
MG	3,53	8,83	100,00	5,15	4,17	7,69	12,76	17,05	15,53	15,63
RS	3,53	11,99	0,00	4,41	10,83	8,65	4,50	3,88	12,33	9,38
SC	10,59	21,14	0,00	1,47	0,42	1,92	4,50	5,04	6,85	3,13
PA	7,06	7,57	0,00	8,82	1,67	6,73	8,26	6,98	5,02	3,13
PB	15,29	9,15	0,00	0,74	0,00	0,96	5,82	0,39	3,20	0,00
PE	3,53	3,15	0,00	2,21	1,25	19,23	2,44	3,88	0,91	0,00
BA	0,00	1,26	0,00	2,21	0,00	4,81	5,25	0,39	3,65	15,63
DF	4,71	0,32	0,00	1,47	0,42	1,92	2,81	2,71	7,31	0,00
PR	3,53	1,58	0,00	4,41	2,92	2,88	1,88	3,10	0,91	0,00
RN	0,00	1,58	0,00	0,74	0,42	0,96	2,06	2,71	5,48	3,13
GO	3,53	0,32	0,00	2,94	2,08	0,00	2,44	0,78	0,00	3,13
CE	1,18	6,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00	0,00
ES	0,00	0,32	0,00	0,00	6,67	0,00	1,13	0,00	0,91	0,00
MT	0,00	0,32	0,00	0,74	0,00	0,00	1,88	0,00	0,91	0,00

	TR01 (%)	TR02 (%)	TR03 (%)	TR04 (%)	TR05 (%)	TR06 (%)	TR07 (%)	TR08 (%)	TR09 (%)	TR10 (%)
MA	1,18	0,63	0,00	2,21	0,00	0,00	0,94	1,16	0,00	0,00
AL	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,96	0,00	0,39	0,00	0,00
RR	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,00	0,91	0,00
AM	0,00	0,00	0,00	1,47	0,42	0,00	0,19	0,39	0,00	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	0,74	0,00	0,00	0,38	0,00	0,46	0,00
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,91	0,00
PI	0,00	0,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00
SE	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
MS	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AC	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RO	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ND*	2,35	3,47	0,00	2,94	2,50	0,96	3,56	4,65	1,83	0,00
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: TR01 - Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA); **TR02** - Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC); **TR03** - Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados; **TR04** - Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS); **TR05** - Supercondutores; **TR06** - Estruturas, Condutores e Isoladores; **TR07** - Equipamentos de Alta Tensão e Subestações; **TR08** - Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão; **TR09** - Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão; **TR10** - Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional; **ND** – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Produção complementar

A produção complementar compreende as publicações de artigos científicos que ocorrem nos seguintes eventos: Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI), Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citenel) e Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (SEPOPE).

Nesses eventos, são apresentadas produções científicas de diferentes demandantes como empresas do setor elétrico, instituições de P&D, empresas da cadeia produtiva, as universidades, entre outros.

Vale ressaltar que o processo para submissão/aprovação nesses eventos tende a ser menos rigoroso que o da publicação em periódicos revisado por pares. No entanto, a maior facilidade citada não tira a relevância dos eventos, visto que contêm informações relevantes para o setor, mostrando as temáticas de debate nacional e as tendências, além do fato de que muitas empresas preferem publicar exclusivamente em eventos.

Tendo por base os eventos abordados na produção complementar, verifica-se um foco diferente da produção científica abordada nas revistas científicas. Nesses seminários ou congressos, a participação de empresas do SEB é maior e há artigos que decorrem de estudos de caso destas companhias ou resultados de programas de P&D.

O Gráfico 61 mostra o percentual de produção complementar para cada macrotemática e como essa parcela é distribuída para cada evento. Como esperado, o evento que contém a maior parcela das produções é o SNPTEE, por ser específico na área de produção e transmissão de energia elétrica.

As macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão compreendem mais da metade de toda produção analisada. É importante ressaltar que Supercondutores é uma tecnologia altamente pesquisada e com altos índices de publicação, mas, devido à baixa aplicação do SEB com a atual tecnologia, essa macrotemática acaba por contribuir com uma parcela muito ínfima nesses eventos.

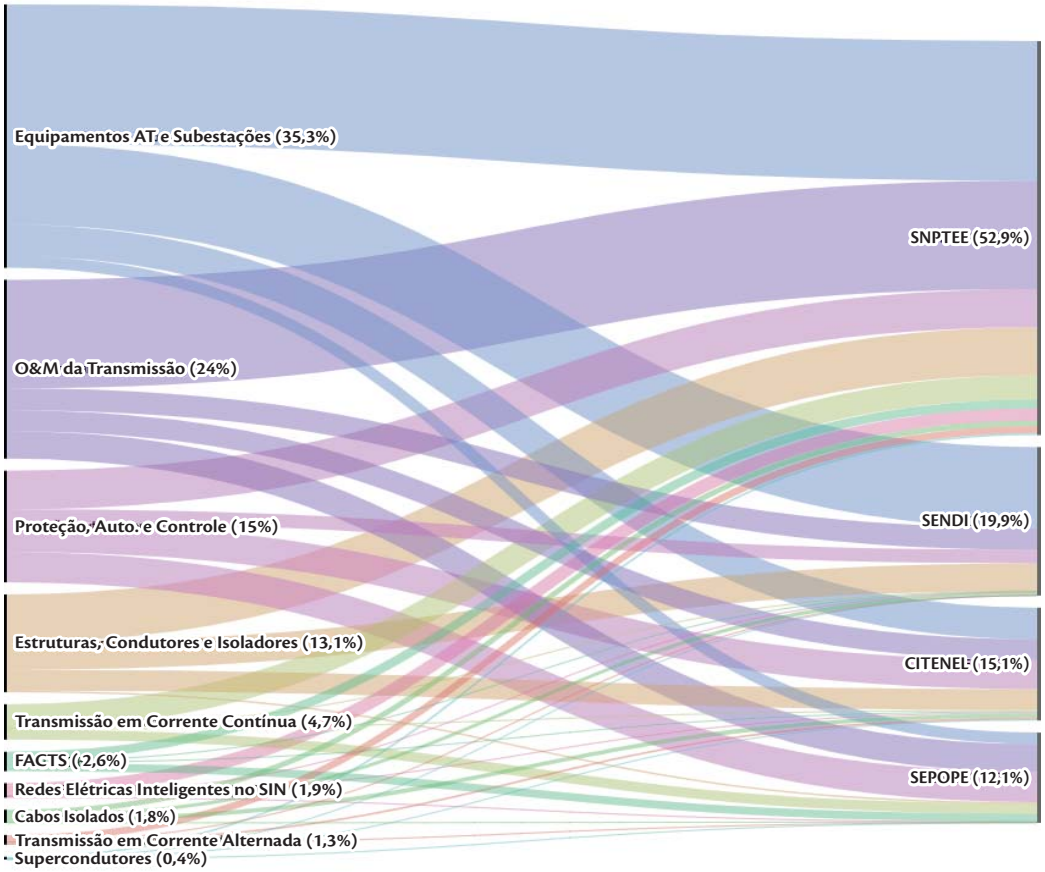


Gráfico 61 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 62 mostra a quantidade de artigos por edição do evento SNPTEE, bem como a quantidade relativa a cada macrotemática. O ano de 2007 é o que tem a maior quantidade de artigos e esse alto valor é influenciado pela Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão, a qual apresenta uma maior variação quando comparada às demais macrotemáticas. Ressalta-se, ainda, que Equipamentos de Alta tensão e Subestações é a que a apresenta a maior contribuição em todas as edições do evento, tendo uma queda significativa na última edição, apresentada no SNPTEE XXIII. Contudo, somente com o monitoramento das edições vindouras, será possível avaliar se isso é uma tendência ou algo pontual, como ocorreu na edição SNPTEE XX.

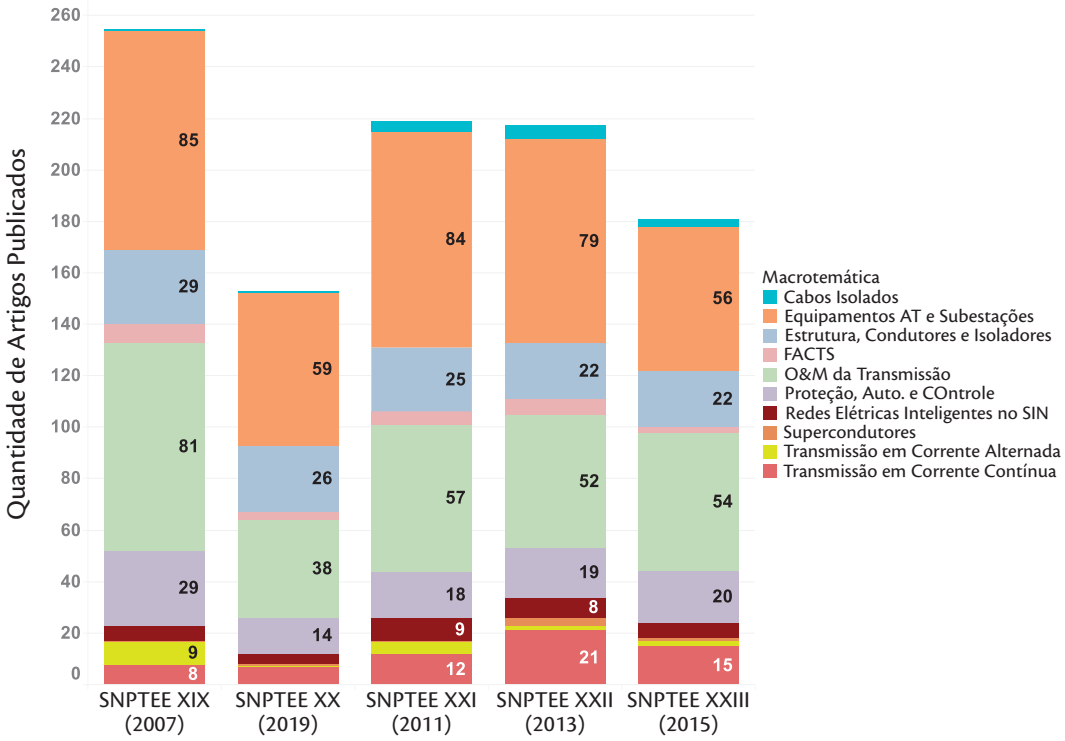


Gráfico 62 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 63 apresenta a produção no SENDI detalhada por macrotemática e por edição contemplada dentro do período de análise. Sendo este um seminário com foco na área de distribuição de energia, as publicações com relação à área de transmissão são de baixa escala. No SENDI XVIII, tem-se a maior quantidade de publicações que podem se encaixar no GT Transmissão de Energia Elétrica, sendo este valor visivelmente influenciado pelas macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Estruturas, Condutores e Isoladores.

O Gráfico 64 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica nas edições do evento Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL).

Durante o período analisado, observa-se uma variação expressiva na quantidade de artigos publicados, tendo o CITENEL V a menor quantidade de publicações, fato que se repete para os demais grupos temáticos. Os temas com maior abordagem no evento, entre 2007 e 2015, estão relacionados às

macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Proteção, Automação e Controle, Estruturas, Condutores e Isoladores e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão.

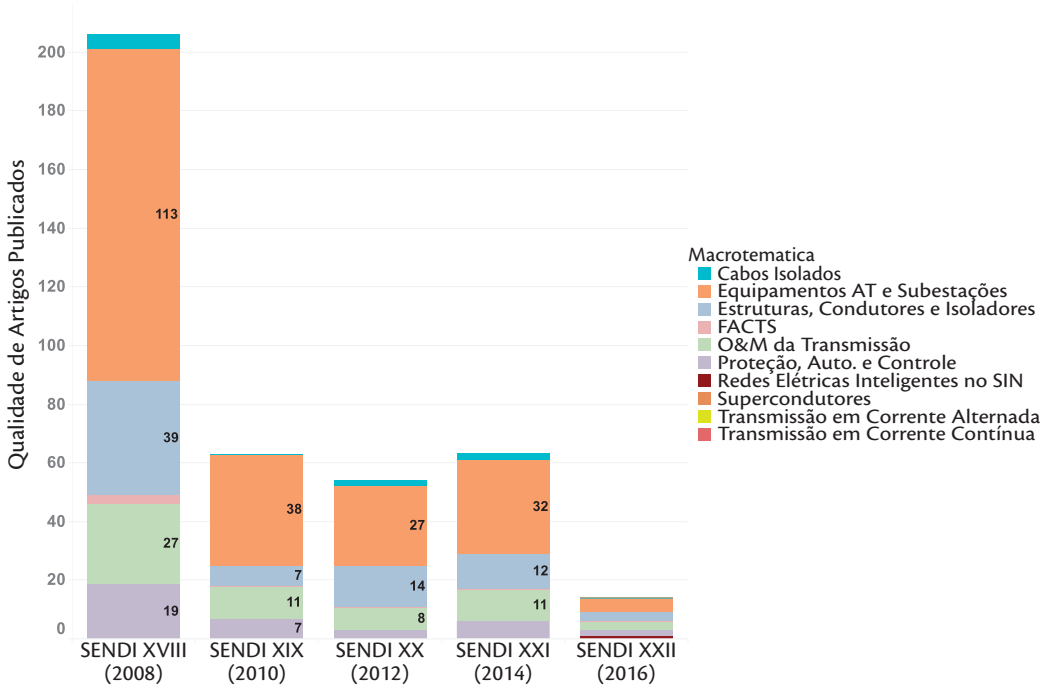


Gráfico 63 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

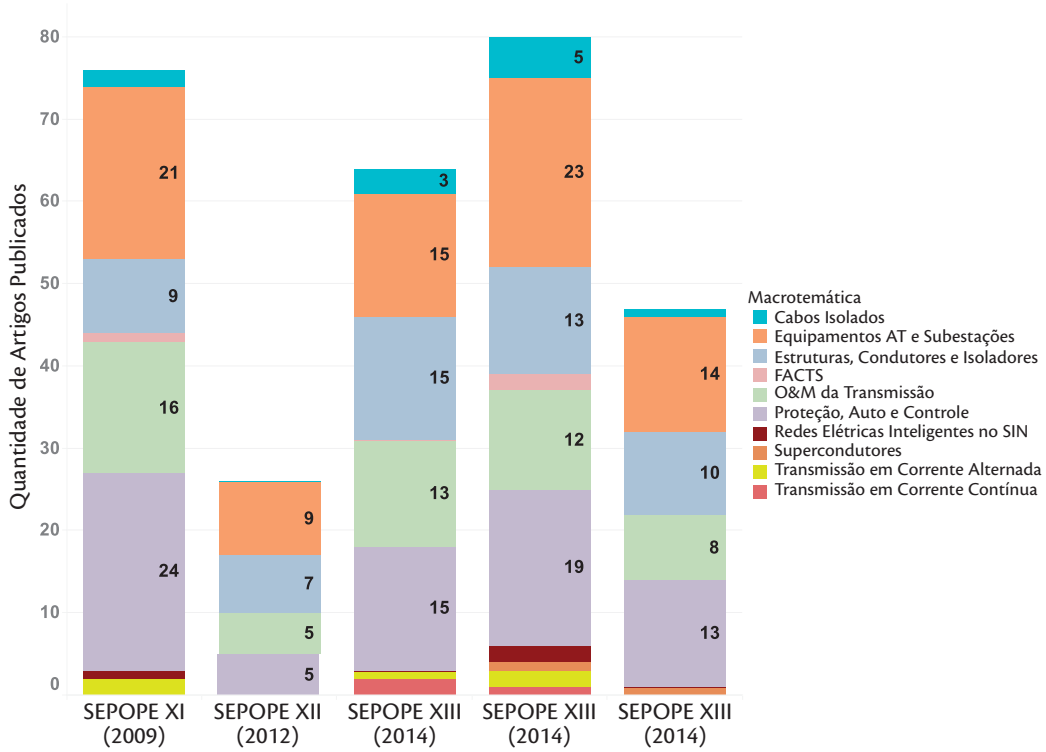


Gráfico 64 - Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A participação das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica nas edições do evento Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (SEPOPE) pode ser observada no Gráfico 65.

Devido à especificidade do Simpósio, a macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão tem destaque nas edições SEPOPE XI e SEPOPE XII, porém teve uma queda brusca de produção na edição de 2014. No SEPOPE XIII, o destaque deve ser dado à Proteção, Automação e Controle. Outro tema trabalhado em menor grau, mas que se destaca, é Transmissão em Corrente Contínua haja vista sua interferência na expansão do sistema de transmissão.

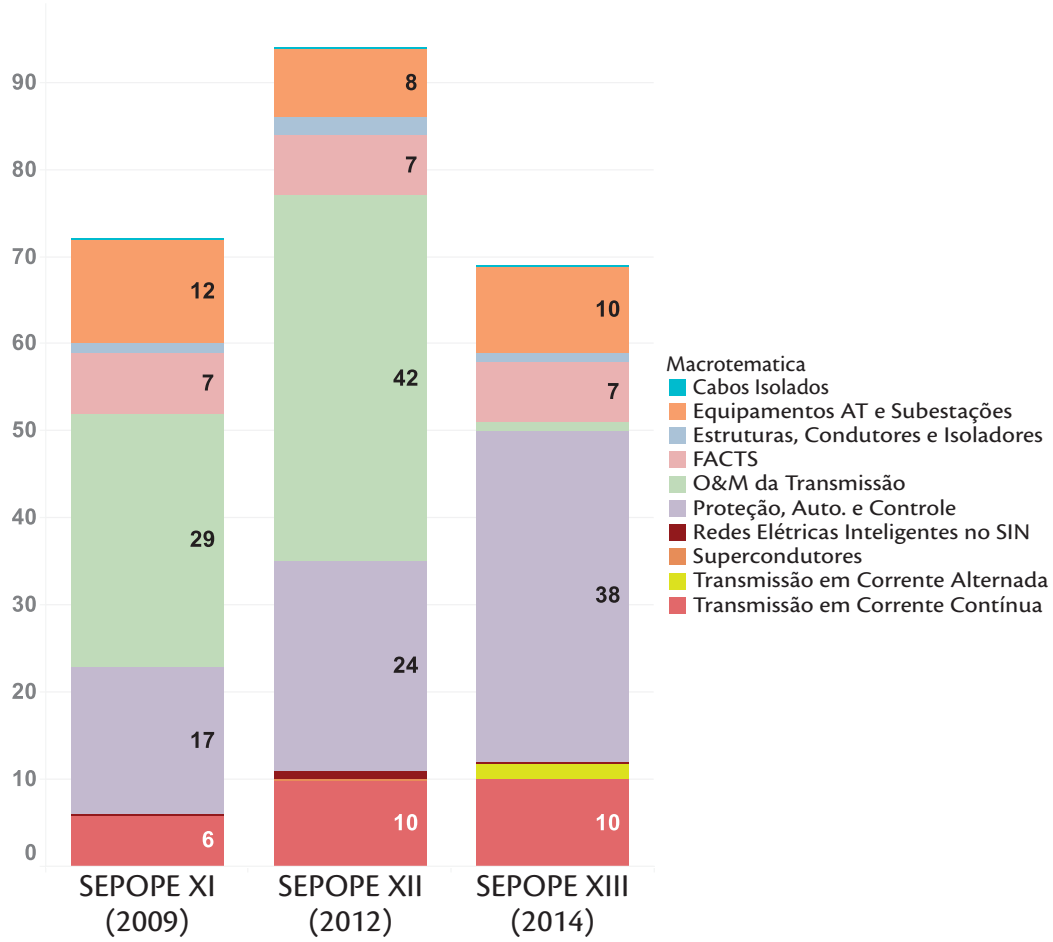


Gráfico 65 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Projetos Aneel

Conforme estabelecido no manual do programa de pesquisa e desenvolvimento regulado pela Aneel, os projetos elaborados pelas empresas do setor elétrico deverão, tal qual estabelece a lei nº 9.991/2000, "estar pautados pela busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. O projeto de P&D no setor de energia elétrica deve ser original e

inovador. No entanto, diferentemente da pesquisa acadêmica pura que se caracteriza pela liberdade de investigação, deverá ter metas e resultados previstos".

O Gráfico 66 apresenta o estágio da cadeia de inovação em que se encontram os projetos de P&D de Transmissão de Energia Elétrica em cada macrotemática do grupo. De uma forma geral, os projetos estão mais fortemente concentrados na etapa de pesquisa aplicada e pesquisa básica dirigida. Poucas macrotemáticas apresentam atividades mais avançadas da cadeia de inovação, como cabeça de série e lote pioneiro e tais projetos representam um percentual pequeno ante aos desenvolvidos.

Em nenhuma das macrotemáticas, tem-se o estágio de inserção de mercado, o que demonstra discrepância entre o almejado pela lei e o que realmente está sendo desenvolvido, visto que um dos objetivos dessa é sanar os desafios tecnológicos e de mercado das empresas do setor.

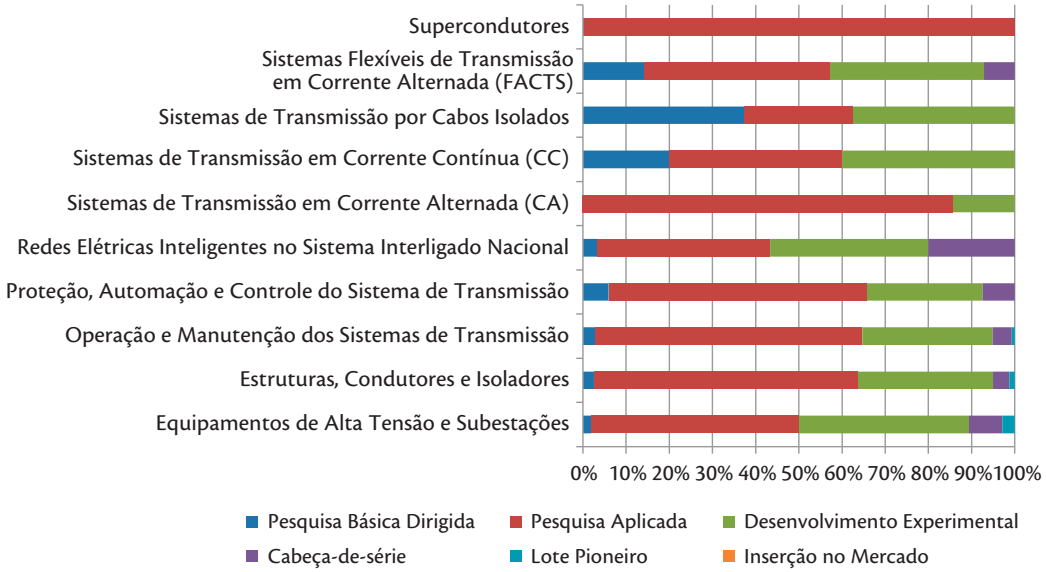


Gráfico 66 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O montante de projetos se concentra, majoritariamente, em Estruturas, Condutores e Isoladores e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão, conforme pode ser observado no Gráfico 67. Tendo por base apenas essas macrotemáticas, somente doze projetos estão no estágio de cabeça de série e três em lote pioneiro. Observa-se que a maior parte desses projetos ocorre em processo de

melhorias de sistemas já bem estabelecidos e pouquíssimos dentre eles avançam para um estágio de virar mercado.

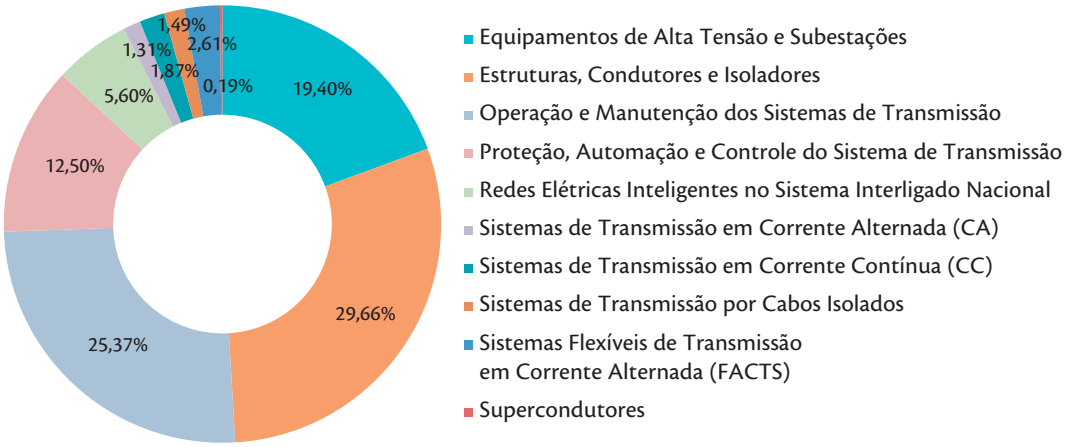


Gráfico 67 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Para uma melhor avaliação dos projetos do Gráfico 68 ao Gráfico 77, são apresentados a quantidade de projetos e o investimento do período de 2008 a 2016, bem como a quantidade de P&D estratégicos que ocorreram, e o investimento aplicados a esses.

Para o GT Transmissão de Energia Elétrica, apenas as macrotemáticas Estruturas, Condutores e Isoladores, Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA), Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) tiveram P&D estratégicos. Mesmo durante essas chamadas, houve uma baixa quantidade de projetos, porém o valor investido é maior se comparado proporcionalmente aos demais projetos de P&D, tal fato pode ser confirmando observando o Gráfico 72, em que, no ano de 2011, um único projeto de P&D estratégico obteve quase nove milhões de reais em investimento, enquanto nove projetos fora da chamada estratégica obtiveram aproximadamente de vinte milhões.

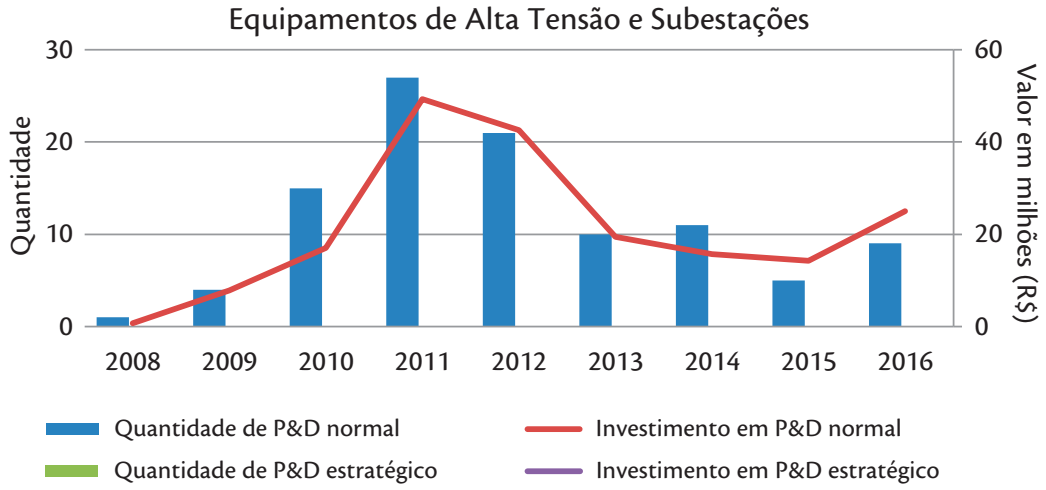


Gráfico 68 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

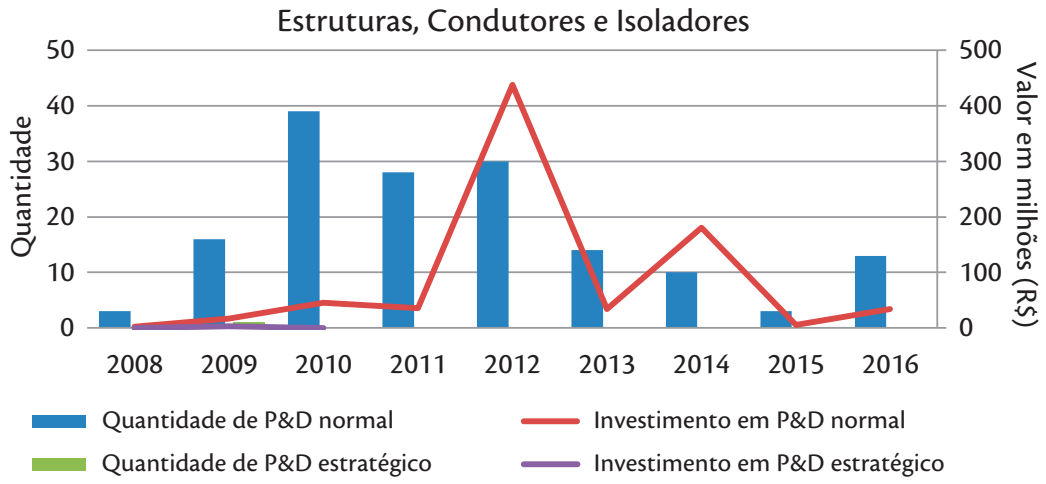


Gráfico 69 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

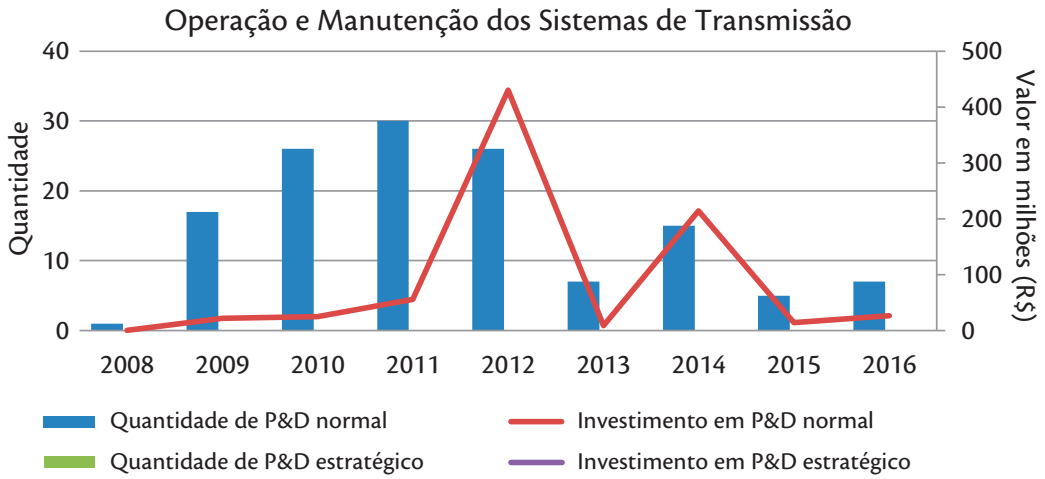


Gráfico 70 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissãono, período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

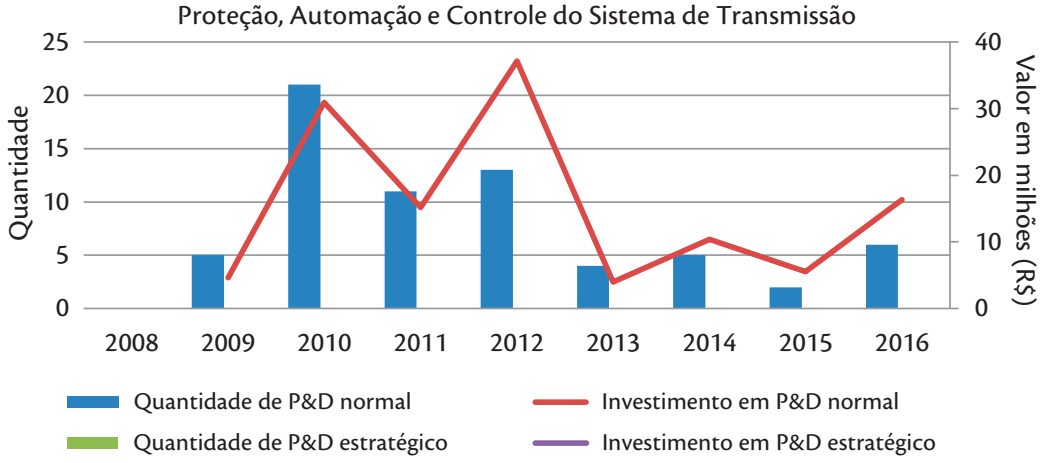


Gráfico 71 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

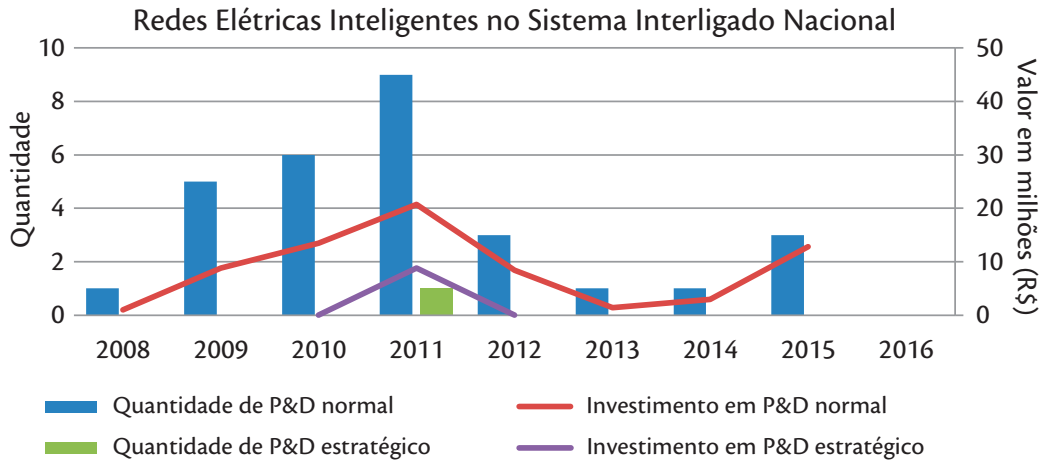


Gráfico 72 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

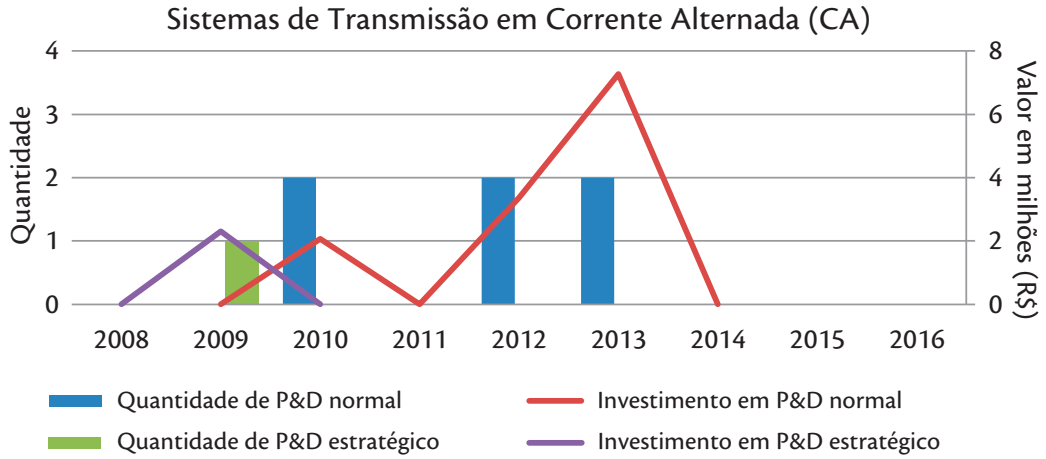


Gráfico 73 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA), no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

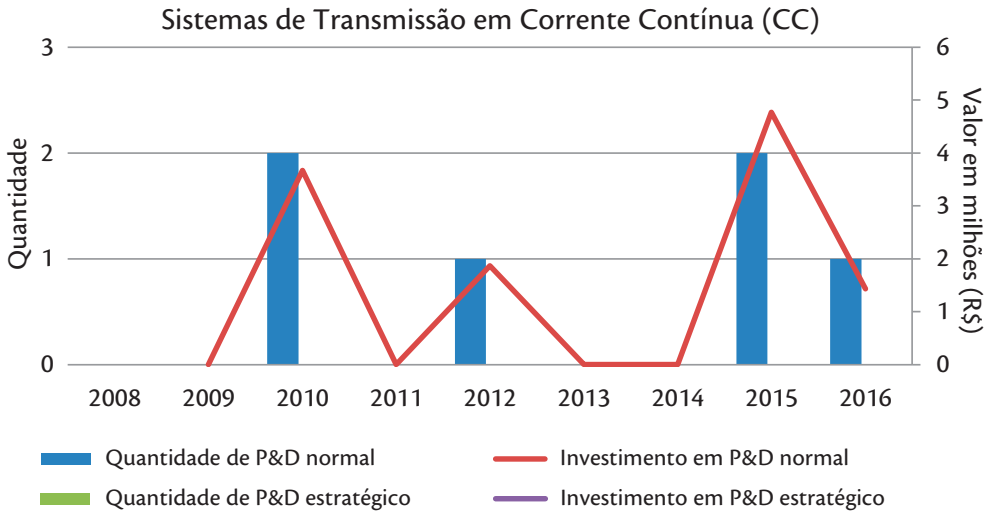


Gráfico 74 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

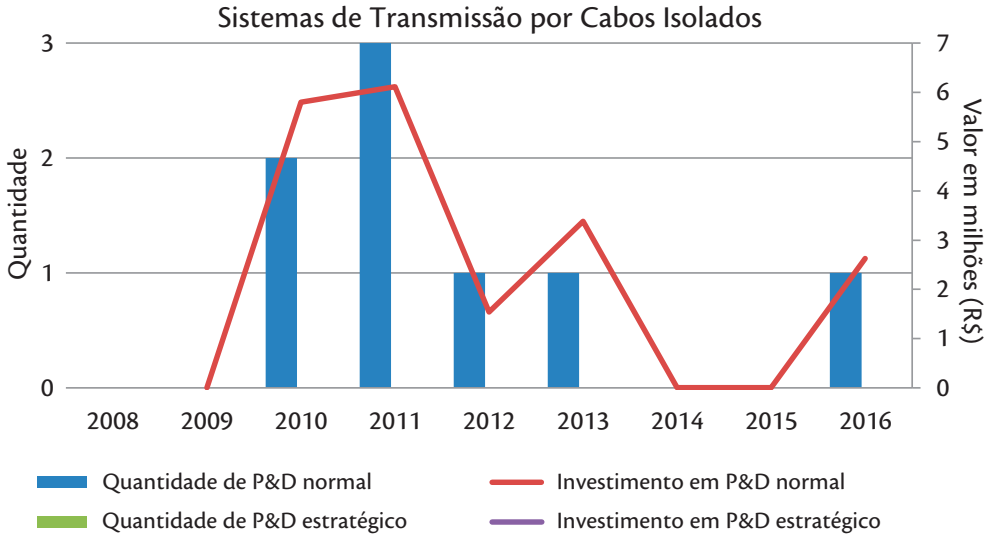


Gráfico 75 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

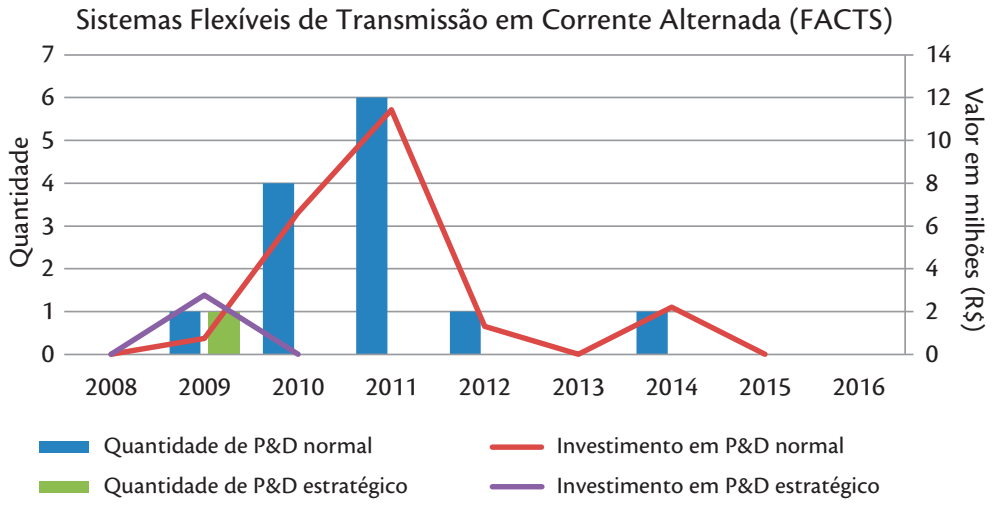


Gráfico 76 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS), no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

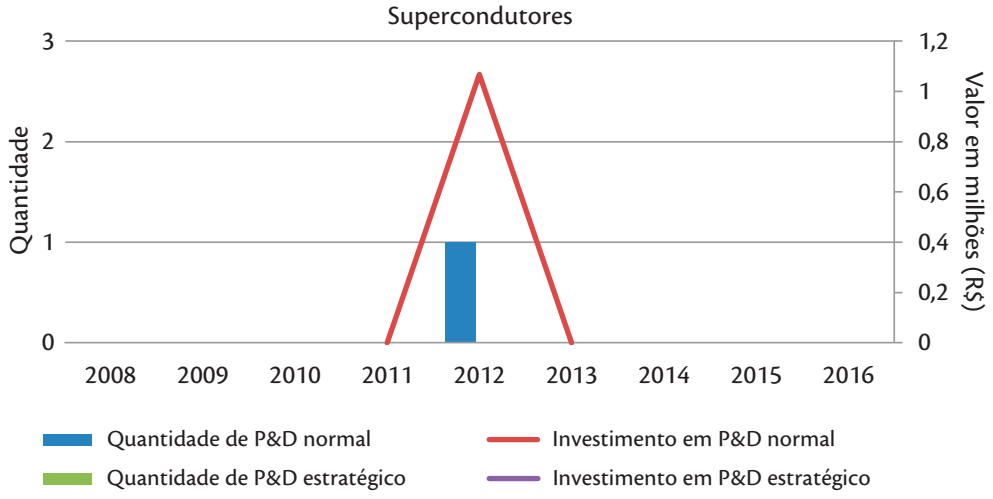


Gráfico 77 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Supercondutores, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 78 mostra a distribuição percentual da capacitação de Recursos Humanos resultante dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel. As macrotemáticas Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão são as que geraram o maior número de capacitação.

Por meio do gráfico, é possível inferir que a maior fatia percentual é de programas de mestrado (*Stricto Sensu*), com exceção de Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados que a especialização e o mestrado apresentam a mesma proporção, contudo apenas duas capacitações foram geradas.

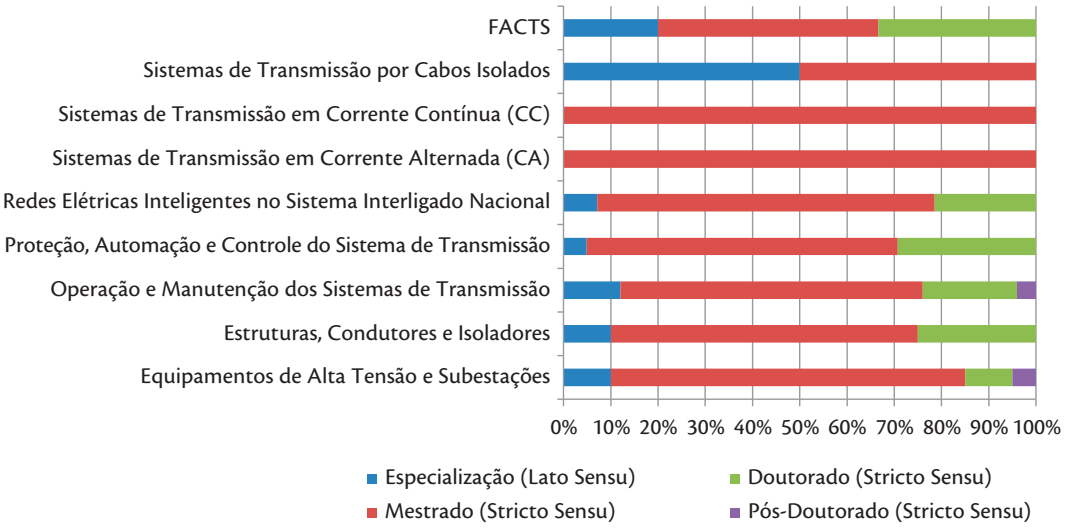


Gráfico 78 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Rede Aneel

Para o GT Transmissão de Energia Elétrica, foram identificados seis *clusters* principais de profissionais de CT&I no âmbito dos projetos de P&D Aneel, considerando-se coautorias e similaridade de assuntos tratados. A disposição desses *clusters* e seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 22.

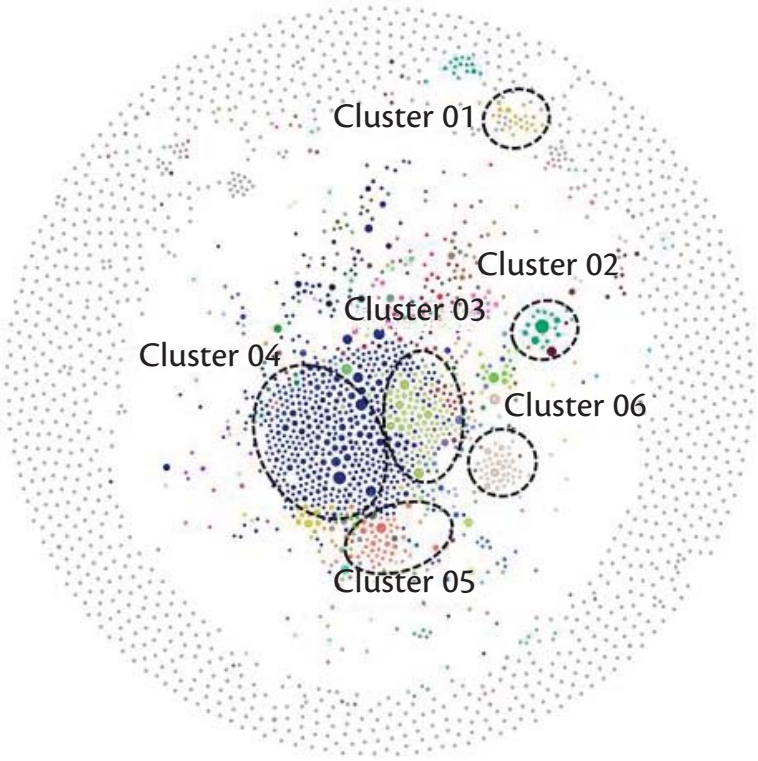


Figura 22 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O *cluster 04* concentra o maior número de currículos e tem assuntos bem correlatos com o *cluster* 03, fato verificado pela proximidade desses. O *cluster* 01 é o que apresenta a maior distância dos demais, tratando de assuntos relacionados ao meio ambiente e os impactos que os sistemas de transmissão ocasionam. Para uma melhor caracterização dos *cluster*s, a Tabela 52 apresenta as palavras-chave de destaque.

Tabela 52 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica

Cluster 01: "Meio ambiente"	*Cluster* 02: "Materiais"	*Cluster* 03: "Transmissão – Geral"	*Cluster* 04: "Faltas na linha de transmissão"	*Cluster* 05: "Redes"'	*Cluster* 06: "Comunicação e sensoriamento"
1.Conservação. 2. Ecologia. 3. Biogeografia. 4. Biodiversidade. 5. Monitoramento. 6.Preservação. 7. Diversidade. 8. Distribuição geográfica. 9. Unidade de conservação. 10. Distribuição espacial.	1. Cerâmica. 2. Alumina. 3. Microestrutura. 4. Revestimentos. 5. Nanomateriais. 6. Biomateriais. 7. Corrosão. 8. Caracterização. 9. Processamento. 10. Compósitos.	1. Descargas atmosféricas. 2. Linhas de transmissão. 3. Aterramento. 4. Transitórios eletromagnéticos. 5.Compatibilidade eletromagnéticas. 6. Subestação. 7. Isoladores. 8. Alta tensão. 9. Descargas parciais. 10. Transformadores.	1.Otimização. 2. Redes neurais. 3. Qualidade de energia. 4. Eficiência energética. 5. Geração distribuída. 6. Sistemas de distribuição. 7. Sistemas elétricos de potência. 8. Localização de faltas. 9. *Smart Grid.* 10. Distribuição de energia elétrica.	1. Redes de computadores. 2. Redes sem fio. 3. Redes de sensores sem fio. 4. Segurança. 5. Qualidade de serviço. 6. Sistemas distribuídos. 7. Gerenciamento de redes. 8. *Smart Grid.* 9. Redes mesh. 10. Redes IP.	1. Fibras ópticas. 2. Sensores ópticos. 3. Comunicações ópticas. 4. Redes ópticas. 5. Linhas de transmissão. 6. Monitoramento. 7. Sensor óptico. 8. Telecomunicações. 9. Amplificadores ópticos. 10. Dispositivos ópticos.

Fonte: elaboração própria.

Ante as palavras encontradas na rede de currículos, observa-se uma grande tendência em estruturas e equipamentos. Contudo, a diversidade mostrada nos *clusters* tem assuntos tocantes a todas as macrotemáticas.

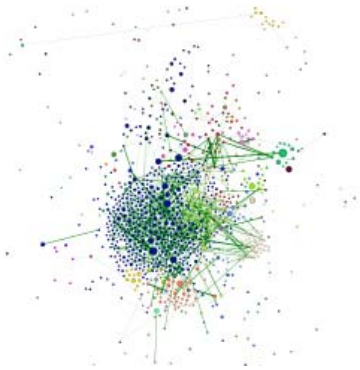
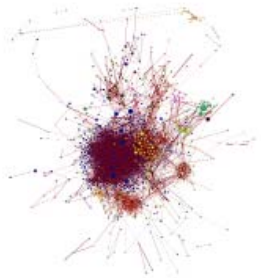
Os *clusters* destacados têm, como temas principais, a parte ambiental, e evolução de materiais, os vários componentes de um sistema de transmissão, a segurança no sistema de transmissão, redes e os sistemas de comunicação e sensoriamento.

Além da *clusterização* foi levantado o grau médio de coautoria e o grau médio de similaridade semântica (ver Tabela 53). Esse indicador tem como resultado um número que representa a quantidade de interações entre os nós, dividido pela quantidade de pesquisadores da rede, existe um fator de multiplicação por dois, devido à reciprocidade da interação.

Considerando-se que foram utilizados os pesquisadores que trabalharam em projetos relacionados ao grupo de transmissão, era esperado que a média de similaridade semântica fosse alta, existindo, assim, uma série de assuntos correlatos e bem discutidos por grande parte da rede. Contudo, a relação

de coautoria ocorre de forma concentrada dentro do *cluster*, e o valor mostra uma baixa interação entre os pesquisadores.

Tabela 53 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Rede Aneel	0,814		5,095	

Fonte: elaboração própria.

Patentes

Em nível global, verifica-se o domínio de depósitos em patentes o qual toca a transmissão, segundo o regime tecnológico da transmissão contínua. Este apontamento sugere pistas de uma possível predominância técnica deste modelo e rota tecnológica estabelecida da corrente contínua, ante a sua homóloga, a corrente alternada.

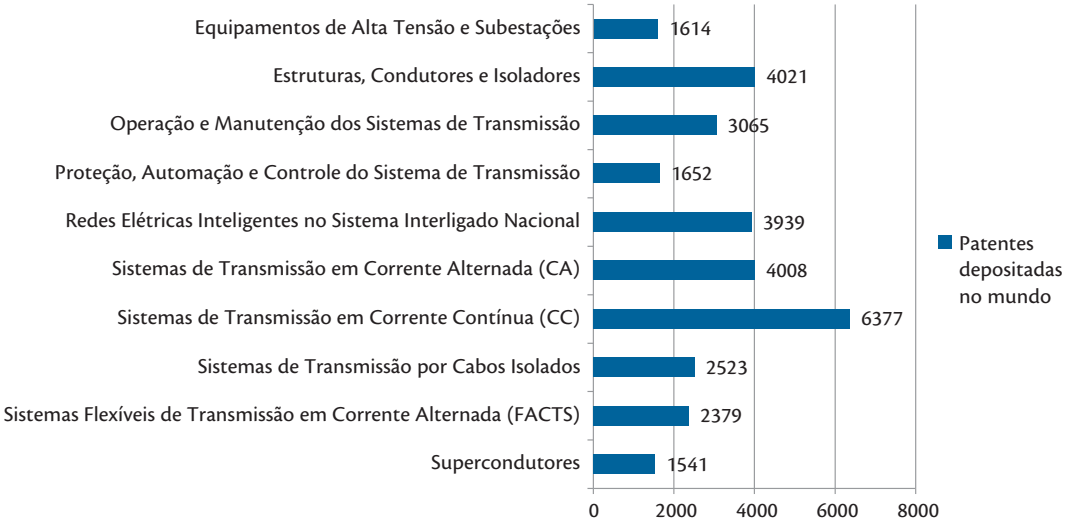


Gráfico 79 - Patentes depositadas no mundo, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Procurando qualificar melhor esta predominância, alguns trabalhos técnicos, como o de Hamerly (2010), dão pistas de alguns condicionantes para a adoção em maior escala de sistemas em corrente contínua e os definem como a trajetória tecnológica dominante para o sistema de transmissão de energia elétrica. Segundo o autor:

> *The cost of a high-voltage transmission scheme depends on four principal factors: the cost of the transformers, the cost of the cables and towers, the cost of the land over which the lines lie, and the cost of losses due to ohmic heating in the power lines. [6] As to the first count, AC wins hands-down. Unlike the cheap iron-core power transformers, the AC-to-DC rectifiers are extremely expensive. [7] However, the price of the transformers does not depend on the length of the wire, so if DC lines are to prove cheaper or more efficient than AC lines, then there will exist some break-even point beyond which DC becomes the better option.(RYAN HAMERLY, 2010)*

Com participações também importantes, na casa das 4000 patentes, mas de menor envergadura se comparadas aos sistemas de corrente contínua, temos as patentes depositadas em Estruturas, Condutores e Isoladores (4021 patentes); Redes Elétricas Inteligentes (3938) e, por fim, sistemas de corrente alternada (4008) . As demais patentes estão difusas em outras temáticas.

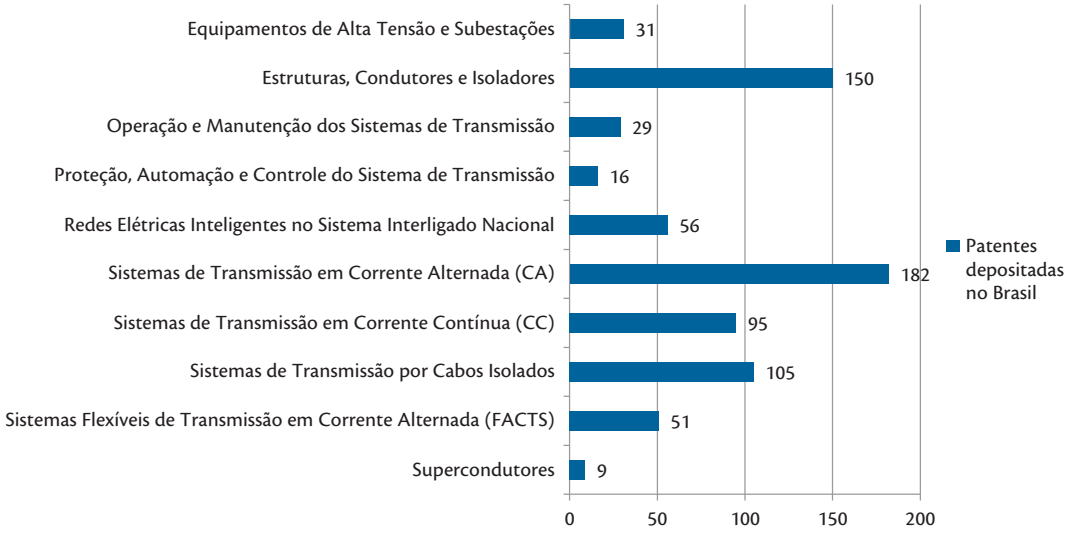


Gráfico 80 - Patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Ao olhar para o quadro brasileiro, no que tange à distribuição, verifica-se um comportamento muito similar entre as tendências mundiais, em termos da distribuição das patentes nas macrotemáticas. Porém, a participação das patentes brasileiras ante o contexto internacional é tímida, se forem observados e comparados os valores absolutos.

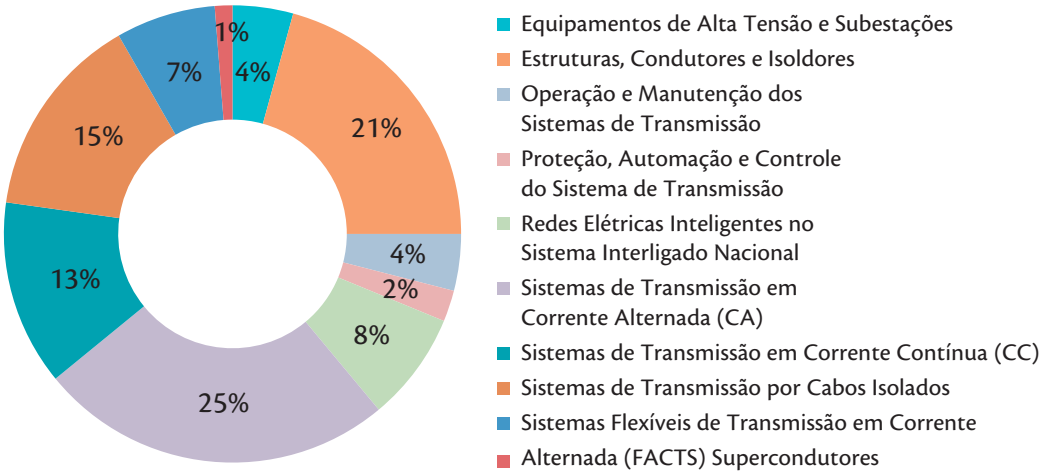


Gráfico 81 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

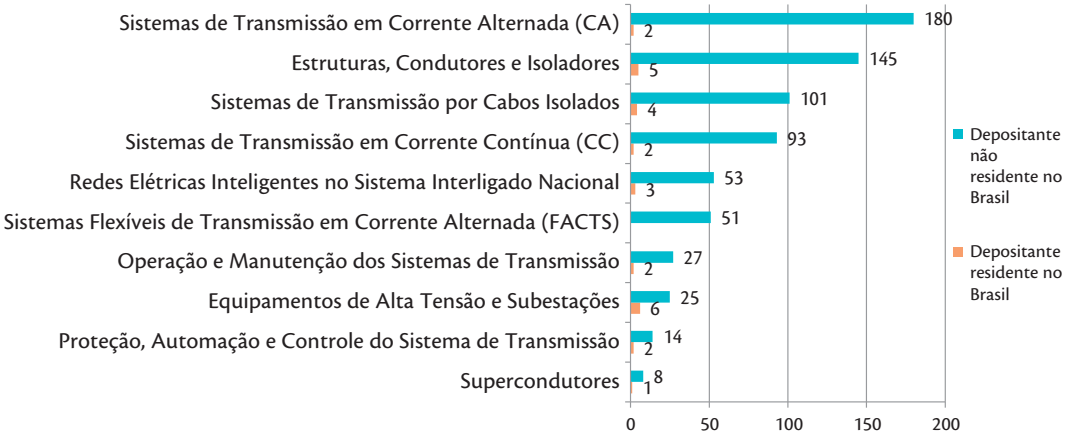


Gráfico 82 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil, por depositante residente ou não no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 82 demonstra, também, a diferença expressiva nos termos de depositantes não residentes no Brasil e os residentes, sendo o primeiro com um maior montante de patentes. Ao olhar o Gráfico 82, constatam-se valores nulos ou em média de duas patentes depositadas por inventores residentes no Brasil para cada macrotemática. Isto nos permite argumentar que o país pouco vem direcionando esforços internos para o desenvolvimento destas capacidades tecnológicas locais. A maior parte dos depósitos das patentes é do exterior.

Porém, deve-se tomar cuidado com este tipo de reflexão, uma vez que a atividade de patenteamento é um meio, e não o único, de esforço de proteção da propriedade intelectual. Retomando outra constatação observada na seção metodológica, há outros meios de proteger a atividade inventiva, como a utilização de segredos industriais, por exemplo. Talvez, as empresas e inventores residentes no Brasil não estejam tão inclinados a realizar pedidos de patentes e estejam buscando outras formas de proteção industrial. Como observar estas outras fontes não se configura como um objetivo neste projeto, dado o escopo e tempo dispendioso que levaria para entender e qualificar melhor estas atividades no Brasil, esta questão em aberto dá margem para elaboração de estudos futuros acerca das decisões do empresariado brasileiro ante a proteção de suas criações intelectuais.

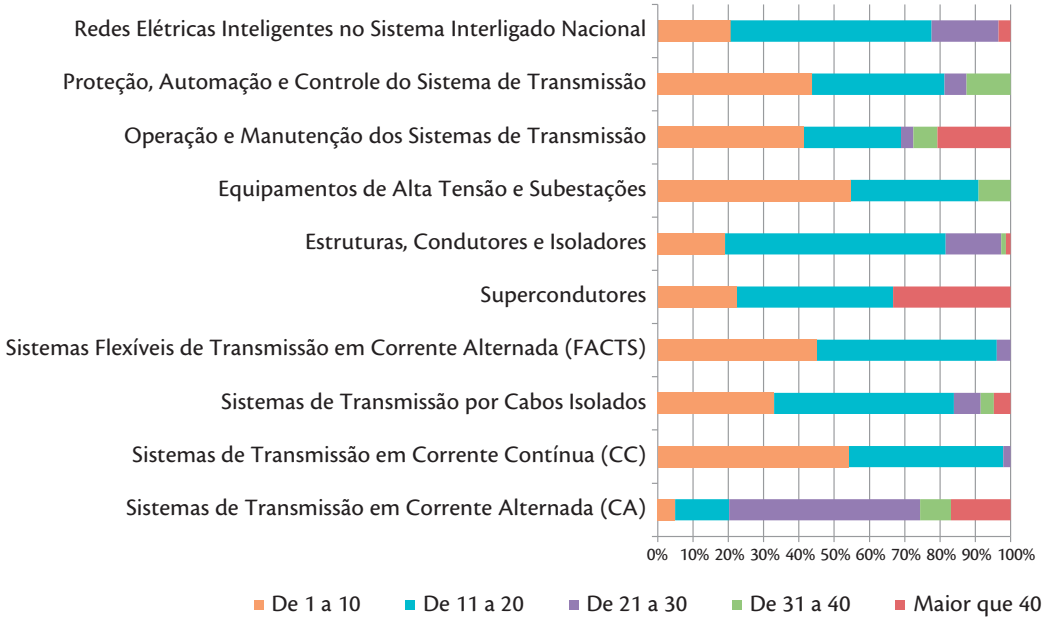


Gráfico 83 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Sobre o Gráfico 83, pode-se destacar algumas macrotemáticas com taxas maiores (10% a 20%) de invenções com mais de 40 famílias de patentes. Destacam-se patentes em Supercondutores, Operação e Manutenção do Sistema de Transmissão, e Sistemas em Corrente Alternada, todas sendo tecnologias voltadas para aplicações em sistemas de transmissão.

Fato interessante é que estudos recentes apontam que a corrente contínua figura como a alternativa economicamente mais viável para a transmissão de energia elétrica a longas distâncias. Neste ponto em específico, notam-se que as patentes mais valiosas, isto é, com maior número de famílias, são do tipo corrente alternada, o que demonstra o esforço do país, nos anos anteriores, em apostar nesta trajetória tecnológica. Talvez, este quadro dê pistas de mudanças no futuro, haja vista que o país já começa a utilizar a transmissão de energia elétrica via corrente contínua, vide os exemplos das usinas de Madeira e Belo Monte.

Tabela 54 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Instituição	Número de Patentes
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	MICROSOFT	10
	ACCENTURE GLOBAL SERVICES	8
	SILVER SPRING NETWORKS INC	4
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	GE	26
	ABB	12
	GENERAL ELECTRIC CO	10
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	3M INNOVATIVE	9
	DOW	8
	NEXANS	6
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	ABB	10
	SIEMENS	10
	GENERAL ELECTRIC CO	5
Supercondutores	MAEKAWA	2
	STARCK GMBH & CO KG H C	2
	UNIV BOLOGNA	2
Estruturas, Condutores e Isoladores	MICHELIN	10
	SOC	9
	3M INNOVATIVE PROPERTIES	8
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	ABB	14
	SIEMENS	9
	ACCENTURE GLOBAL SERVICES CO LTD	3

	Instituição	Número de Patentes
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	3M INNOVATIVE PROPERTIES	3
	ACCENTURE GLOBAL SERVICES CO LTD	3
	GENERAL ELECTRIC CO	3
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	ABB	12
	ALSTOM	4
	AREVA	3
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	ABB	9
	KONINK PHILIPS	6
	PRYSMIAN	5

Fonte: elaboração própria.

Sobre a tabela acima apresentada, é possível reforçar a tendência de patenteamento de empresas de capital internacional no Brasil. O destaque fica para a liderança da empresa *General Electric* (GE) com 36 famílias de patentes depositadas em Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), mais que o dobro de publicações da segunda empresa, a ABB, com 12. As pistas que justificam a posição de destaque da GE referem-se ao pioneirismo desta em dispensar esforços para a P&D de componentes e tecnologias em circuitos de corrente contínua.

Empresas tradicionais de outros setores, como o de informática, também apresentam um papel importante nestas atividades. Como exemplo, é possível verificar a empresa *Microsoft*, com 10 patentes, figurando como uma liderança em patentes em Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) no Brasil.

5.3.4. Estrutura de CT&I

Recursos Humanos

Para o GT Transmissão de Energia Elétrica, foram selecionados os profissionais envolvidos com as macrotemáticas deste grupo, por meio da base de currículos *Lattes*. A Figura 23 ilustra o número total de profissionais distribuídos pelas Unidades da Federação (UF). Percebe-se que o estado de

São Paulo concentra o maior número de RH se comparado aos demais estados, seguido por Minas Gerais e Rio de Janeiro. Ou seja, a região Sudeste, como já era esperado, possui o maior número de profissionais envolvidos no grupo temático.

Em seguida, a região Sul aparece com os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, respectivamente. Pernambuco e Ceará, estados do Nordeste com os maiores números de profissionais, aparecem depois dos estados da região Sul.

Por fim, percebe-se que a região Norte foi a que apresentou o menor número de profissionais. Nota-se, também, que o Amapá, o Acre e Roraíma foram os estados com menor representação.

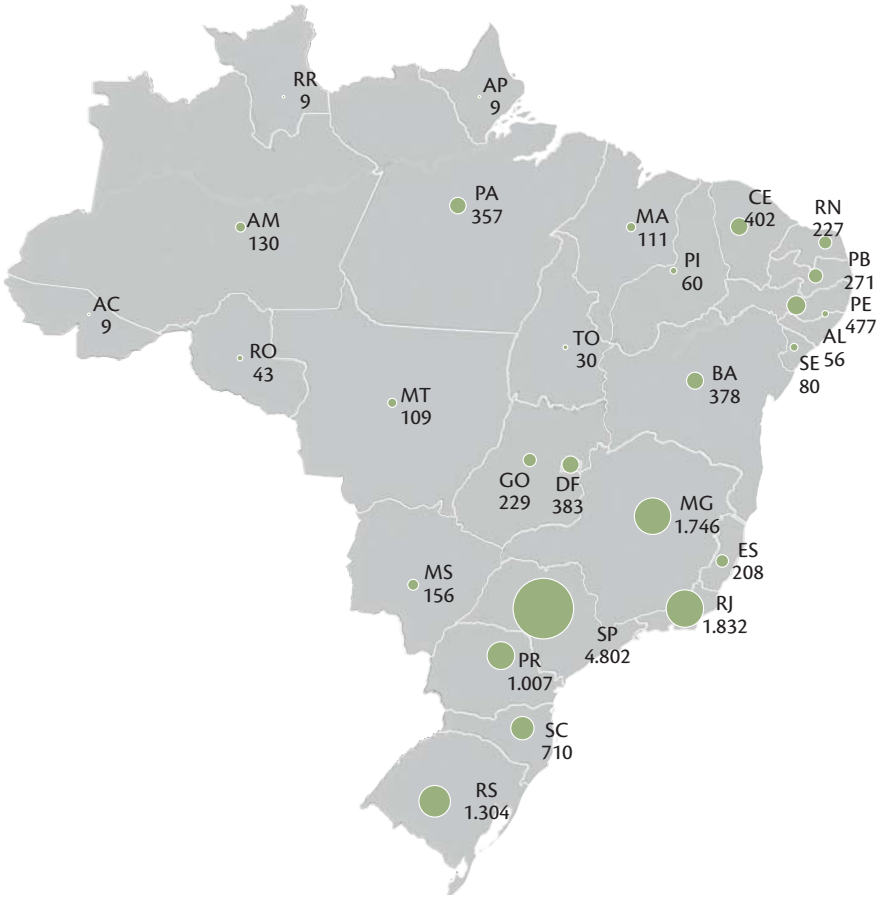


Figura 23 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Dentre todos os currículos baixados para o grupo, as macrotemáticas que apresentaram maiores números de profissionais foram Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Estruturas, Condutores e Isoladores e Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão com 26%, 20% e 14%, respectivamente, conforme o Gráfico 84 .

Para Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão a quantidade de profissionais já se mostrou um pouco mais baixa, com 9%, apontando uma necessidade de ampliação desses profissionais.

Na macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA), o número baixo de profissionais pode estar relacionado tanto com a segmentação do pessoal em outras áreas como ao teor de busca que aborda novas tecnologias como circuitos múltiplus, transmissão em meia-onda, multifásico e ultra-alta tensão.

O menor número de profissionais foi em Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, com apenas 3% de representação em relação ao grupo.

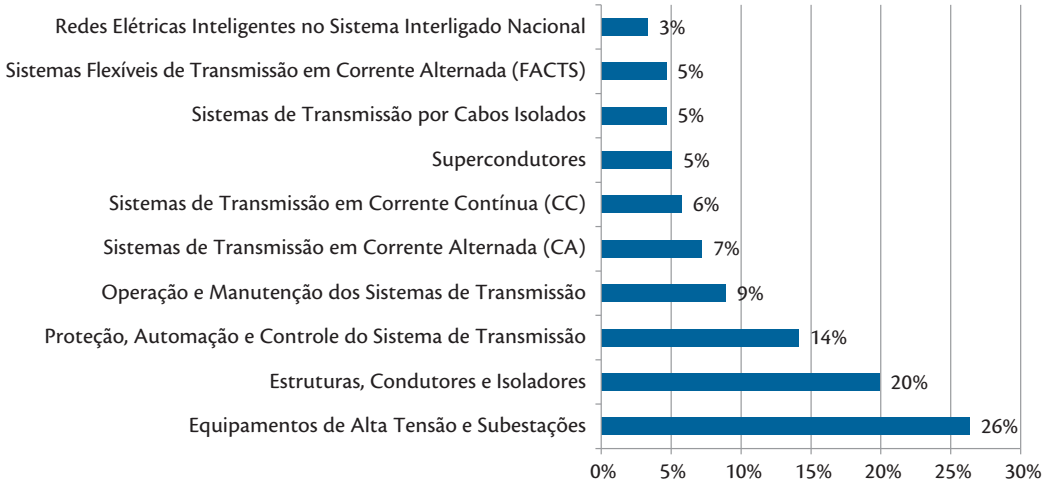


Gráfico 84 - Percentual, por macrotemática, dos profissionais do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Com apoio da Tabela 55, em que são apresentados os percentuais dos profissionais atuantes em cada macrotemática, para cada UF, é possível avaliar a concentração geográfica dos profissionais do GT Transmissão de Energia Elétrica.

Conforme já mencionado anteriormente, a maior parte dos profissionais aparecem nas regiões Sul e Sudeste do país. Porém, é possível verificar, em cada macrotemática, onde e como estão distribuídos os profissionais.

As macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, e Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão têm uma representação significativa em Minas Gerais. Para corrente contínua, a soma dos profissionais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina representam mais de 20%. As macrotemáticas Supercondutores e Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) são mais expressivas no Rio de Janeiro.

A penúltima linha da tabela (ND) mostra a quantidade de currículos que estavam com o campo "UF" vazio, endereço não declarado.

Tabela 55 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Transmissão de Energia Elétrica.

	TR01 (%)	TR02 (%)	TR03 (%)	TR04 (%)	TR05 (%)	TR06 (%)	TR07 (%)	TR08 (%)	TR09 (%)	TR10 (%)
SP	33,92	22,48	29,03	29,73	31,10	26,15	37,42	27,65	28,21	30,73
MG	11,04	17,13	10,18	11,27	6,34	12,67	10,53	14,47	13,90	17,22
RJ	11,41	9,86	12,06	16,19	19,29	11,80	12,09	11,75	8,53	11,66
RS	8,11	10,09	8,86	7,01	6,26	8,22	8,01	8,79	9,40	7,55
PR	7,08	6,42	9,33	5,02	5,13	8,59	5,17	7,21	8,22	6,89
SC	6,10	9,94	3,68	4,07	1,74	6,16	2,94	7,26	6,25	4,11
PE	2,32	1,83	4,43	2,18	4,78	3,72	2,88	3,21	2,56	1,99
CE	2,75	4,13	2,83	2,84	1,48	2,35	2,26	2,37	2,91	3,05
PA	2,01	1,91	2,73	2,56	0,87	3,45	1,92	3,26	2,87	1,59
DF	2,32	1,53	2,83	3,88	1,82	2,28	2,46	1,98	2,25	2,25
BA	1,71	1,45	2,45	1,23	1,39	2,13	3,51	1,38	1,84	1,32
PB	2,75	3,44	1,89	0,76	0,70	1,93	1,29	1,68	2,16	2,65
RN	1,34	1,76	1,41	0,85	2,52	1,86	1,07	1,28	1,37	0,40
GO	0,85	1,30	0,94	0,76	0,78	1,46	1,47	1,38	1,37	1,32
ES	0,85	1,38	1,32	0,85	5,73	1,09	0,89	0,84	1,19	1,59

	TR01 (%)	TR02 (%)	TR03 (%)	TR04 (%)	TR05 (%)	TR06 (%)	TR07 (%)	TR08 (%)	TR09 (%)	TR10 (%)
MS	0,98	0,99	1,32	0,85	0,70	1,15	0,84	1,33	1,53	1,59
AM	0,61	0,38	0,94	0,76	1,04	0,95	0,72	0,64	0,84	1,19
MA	0,18	0,61	0,47	0,85	0,78	0,82	0,60	1,04	1,00	0,79
MT	0,37	0,46	0,75	1,04	0,96	0,78	0,52	0,64	0,62	0,40
SE	0,43	0,23	0,47	0,76	0,78	0,35	0,37	0,54	0,87	0,26
PI	0,06	0,23	0,28	0,28	0,70	0,29	0,42	0,40	0,47	0,66
AL	0,18	0,23	0,38	0,47	0,26	0,13	0,47	0,05	0,25	0,00
RO	0,00	0,38	0,38	0,00	0,17	0,33	0,32	0,05	0,25	0,00
TO	0,12	0,23	0,09	0,19	0,17	0,24	0,10	0,05	0,19	0,26
AP	0,00	0,08	0,00	0,09	0,17	0,04	0,03	0,05	0,06	0,00
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,12	0,00	0,00	0,00
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,09	0,03	0,05	0,03	0,00
ND*	2,50	1,53	0,94	5,49	4,26	0,91	1,57	0,64	0,84	0,53
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: **TR01** – Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA); **TR02** – Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC); **TR03** – Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados; **TR04** – Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS); **TR05** – Supercondutores; **TR06** – Estruturas, Condutores e Isoladores; **TR07** – Equipamentos de Alta Tensão e Subestações; **TR08** – Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão; **TR09** – Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão; **TR10** – Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional; **ND** – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Devido ao fato da grande quantidade de profissionais envolvidos em equipamentos de alta tensão, observa-se uma parcela bem expressiva em todos os estados brasileiros.

Santa Catarina e Maranhão são os estados em que há a maior participação dos profissionais de operação e manutenção da transmissão. Esses profissionais representam mais de 12% do total do estado. E, em Santa Catarina e Paraíba, concentra-se a maior porção dos profissionais em corrente contínua.

Observa-se que, na área de proteção dos sistemas de transmissão, existem boas parcelas de profissionais em quase todos os estados brasileiros. Alguns estados da região Norte apresentam pouca diversificação e quantidade de profissionais.

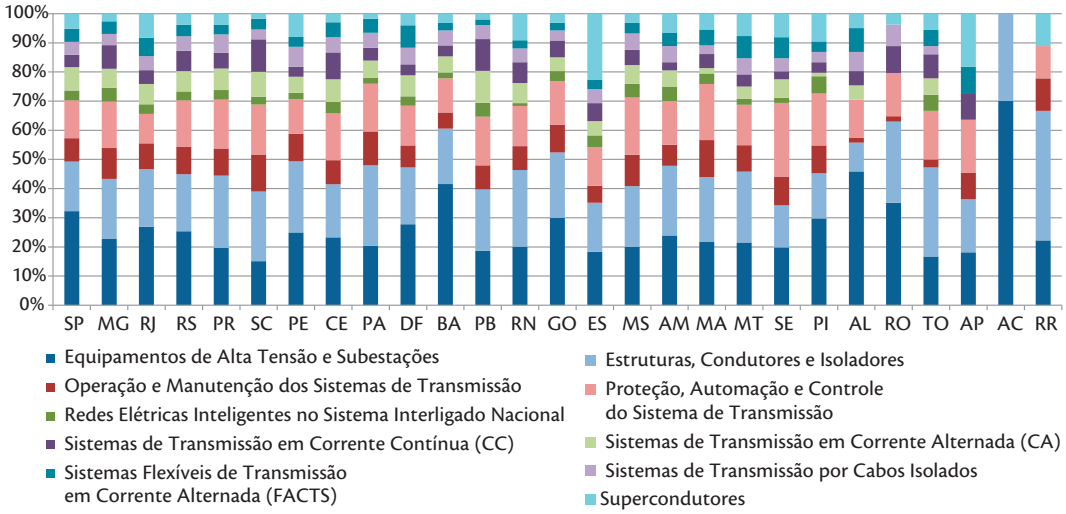


Gráfico 85 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

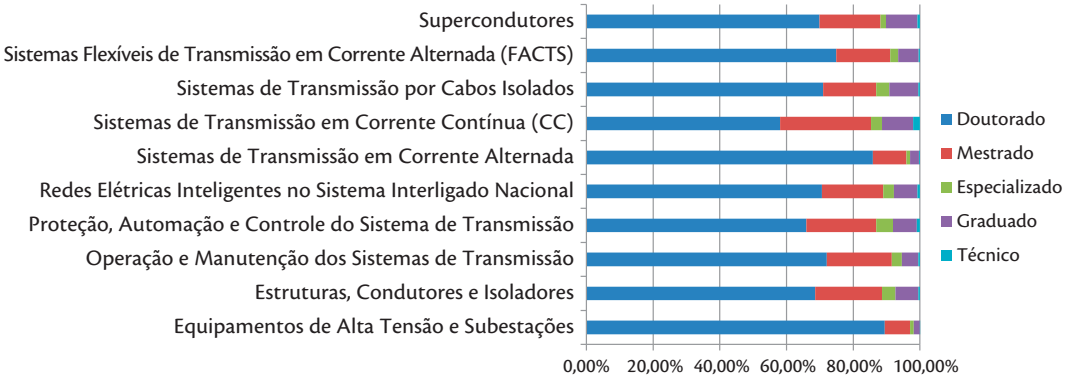


Gráfico 86 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O gráfico acima traz a informação da titulação dos profissionais para cada macrotemática. Em geral, a proporção é mantida em todas as áreas. Doutores e mestres são os que mais aparecem.

É baixa a participação de profissionais com especialização e nível técnico de Ensino Médio. O baixo percentual em relação aos técnicos pode se justificar devido ao fato de que poucos profissionais com essa titulação utilizam a plataforma *Lattes*. Em corrente contínua, está presente a maior parcela de técnicos.

Supercondutores, Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) e Equipamentos de Alta Tensão e Subestações são as macrotemáticas que apresentaram menor participação de profissionais apenas com graduação.

Redes Colaborativas

Caracterização dos campos de estudo

Na análise de redes colaborativas para o GT de Transmissão de Energia Elétrica, foram identificados pesquisadores que atuam nas áreas definidas por cada macrotemática. Dessa forma, são apresentados os principais *clusters de* Recursos Humanos atuantes nesses temas, considerando-se o número de pesquisadores, representados pelo número de nós, e as palavras-chave trabalhadas por esses pesquisadores. Por meio do *Gephi*, foi realizada uma organização dos nós, tendo por influência as forças de atração de similaridade semântica e coautoria entre os nós. Os apresentados à região marginal dos *clusters* foram assim dispostos por apresentarem pouca ou nenhuma interação com os demais, em termos de similaridade semântica e coautoria. Não obstante, eles não foram desconsiderados na análise, pois abordam tópicos relevantes para o tema.

Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)

A macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada apresentou cinco *clusters* (ver Figura 24) mais relevantes, apresentando os principais profissionais de CT&I, e, conforme mencionado, sua proximidade tem relação direta com as relações de coautorias e similaridade.

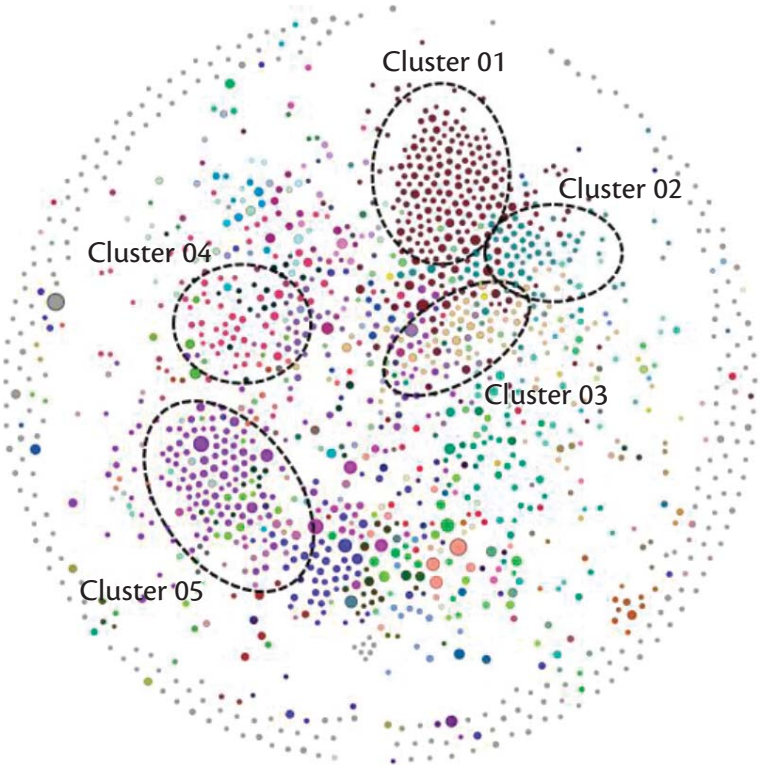


Figura 24 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)

Fonte: elaboração própria.

Nessa rede, os *clusters* estão bem dispersos na área delimitada, é possível observar uma relação mais forte entre os *cluster*s 01, 02 e 03, verificando-se, assim, uma proximidade de assuntos e temas tratados. O *cluster* 05 é o que apresenta uma maior disparidade de tema, tratando de materiais ligados ao sistema de transmissão. A caracterização dos *cluster*s por temas e áreas de conhecimento, com base nas palavras-chave pode ser observada na Tabela 56.

Tabela 56 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)

Cluster 01: Tensão	*Cluster* 02: Sistemas de Transmissão	*Cluster* 03: Equipamentos e Proteção	*Cluster* 04: Corrente	*Cluster* 05: Materiais
1. Regulador de tensão. 2. Alta tensão. 3. Afundamento de tensão. 4. Estabilizador de tensão. 5. Condicionador de tensão. 6. Flutuação de tensão. 7. Colapso de tensão. 8. Monitoramento em tempo real da tensão da rede. 9. Transmissão em meia-onda.	1. Fluxo de potência. 2. Estabilidade de tensão. 3. Sistemas elétricos de potência. 4. Harmônicos. 5. Transitórios eletromagnéticos. 6. Fluxo de potência multifásico. 7. Sistemas dinâmicos multivariáveis. 8. Transmissão em meia-onda. 9. Linhas de ultra-alta tensão.	1. Linhas de transmissão. 2. Descargas atmosféricas. 3. Transitórios eletromagnéticos. 4. Redes neurais. 5. Aterramento. 6. Linha de transmissão. 7. Compatibilidade eletromagnética. 8. Qualidade de energia. 9. Pára-raios. 10. Transformadores. 11. FACTS.	1. Corrente de fuga. 2. Sensor de corrente. 3. Controle de potência de transmissão. 4. Qualidade de transmissão. 5. Medida de corrente elétrica de superfície. 6. Correntes parasitas. 7. Corrente elétrica.	1. Nanopartículas. 2. Polímeros. 3. Sinterização. 4. Biomateriais. 5. Corrosão. 6. Semicondutores. 7. Microestrutura. 8. Propriedades elétricas. 9. Caracterização.

Fonte: elaboração própria.

Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)

A macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua apresentou dois *clusters* de destaque, dos quais o *cluster* 02 está praticamente inserido no *cluster* 01, demonstrando a similaridade e o quão são correlatos os temas (Figura 25).

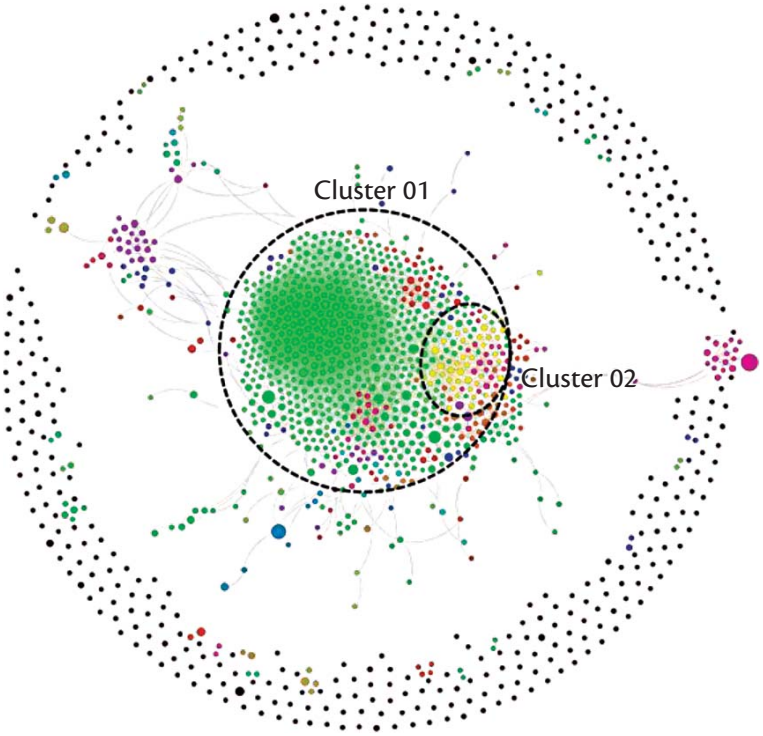


Figura 25 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)

Fonte: elaboração própria.

Conforme apresentado na figura acima e esperado pelos termos de busca, existe uma concentração muito forte dos assuntos relacionados ao sistema de transmissão e os equipamentos utilizados para tal sistema, por isso a pouca quantidade de *clusters*.

Tabela 57 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)

Cluster 01: Conversores	*Cluster* 02: Elos de Corrente
1. Hvdc. 2. Conversores cc-cc. 3. Conversor cc-ca. 4. Conversores cc-ca. 5. Svc e tcsc. 6. Transmissão em cc.	1. Sistemas de potência. 2. Fluxo de potência. 3. Planejamento da expansão da transmissão. 4. Elo de corrente contínua (hvdc). 5. Elo de corrente contínua monopolar (hvdc). 6. Transmissão em corrente contínua. 7. Modelos de linhas. 8. Elo de corrente contínua de 12 pulsos.

Fonte: elaboração própria.

Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

Na macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados foram destacados cinco *clusters* principais de profissionais de CT&I, o tamanho e a localização de cada um dos nós tem relação com sua contribuição e nível de interação com a rede, seja pela coautoria, seja pela similaridade semântica (Figura 26).

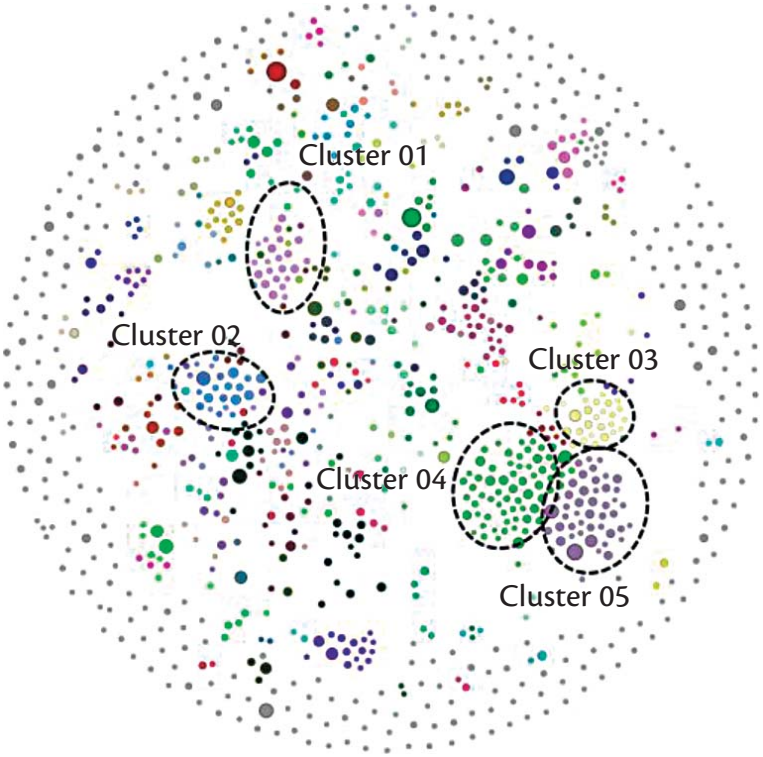


Figura 26 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

Fonte: elaboração própria.

Apesar de existirem cinco *clusters*, há claramente dois blocos, quando se analisam apenas os destacados, em que os *cluster* 01 e 02, tratam de assuntos relacionados aos impactos da utilização dos cabos subterrâneos sobre o meio ambiente, enquanto os *cluster 03*, 04 e 05 tratam dos cabos especificamente, desde o tipo até os testes e modelagem. A Tabela 58 traz a relação de palavras que caracterizam cada *cluster*, explicitando, assim, a relação de similaridade entre eles.

Observando a Figura 26, é possível verificar uma série de pequenos *clusters*, mas os assuntos ora não apresentam tanta representatividade, ora não se diferenciam dos *clusters* que estão mais próximos, e, para fins de exposição, foram escolhidos os *clusters* que apresentam um quantidade significativa de nós e temas relevantes.

Tabela 58 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

Cluster 01: Meio Ambiente	*Cluster* 02: Caracterização do Ambiente	*Cluster* 03: Cabos	*Cluster* 04: Cabos	*Cluster* 05: Testes e fabricação de cabos
1. Meio ambiente. 2. Gestão ambiental. 3. Recursos hídricos. 4. Biodiversidade. 5. Biomassa. 6. Oceanografia hidrográfica.	1. Geoprocessamento. 2. Recursos hídricos. 3. Geoestatística. 4. Degradação ambiental. 5. Diagnóstico ambiental. 6. Monitoramento ambiental.	1. Cabos subterrâneos. 2. *Grounding.* 3. Cabos *oil filled.* 4. Cabos isolados. 5. Cabos cobertos.	1. *Insulated cables.* 2. Cabos elétricos submarinos. 3. Cabos cobertos. 4. Cabo subterrâneo. *5. Xlpe cables.* *6. Buried cable.*	1. Modelagem de cabos. 2. Cabos isolados. 3. Parâmetros de cabos elétricos. 4. Modelagem de cabos de energia. 5. Cabos isolados a óleo e a seco. 6. Cabos cobertos.

Fonte: elaboração própria.

Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

A macrotemática Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) também apresentou uma quantidade reduzida de *clusters*, tendo dois em destaque na Figura 27. Deles, o *cluster 01* apresenta uma maior concentração de nós e interatividade com todos os demais nós.

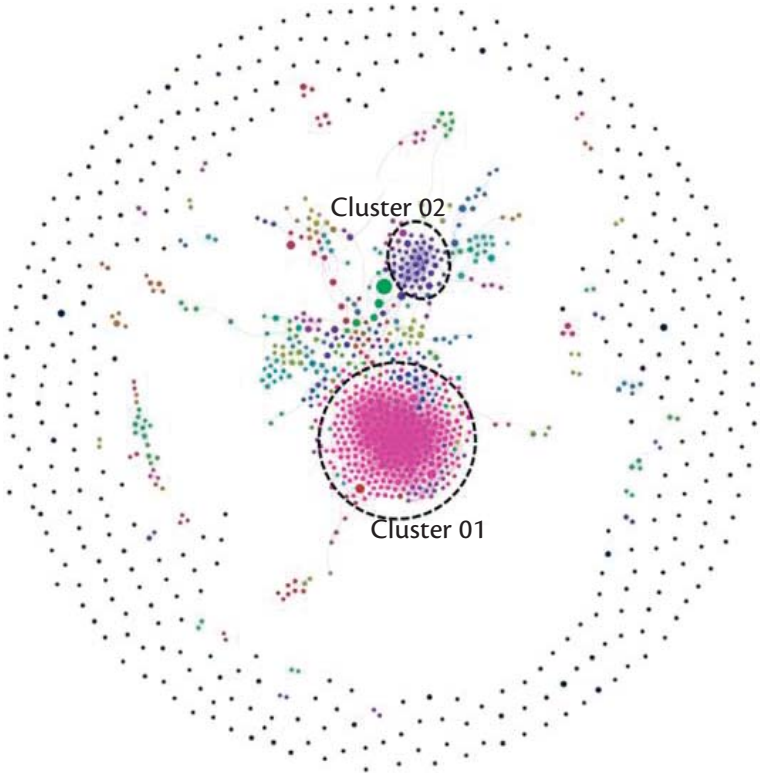


Figura 27 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

Fonte: elaboração própria.

O *cluster 01*, como já citado, apresenta uma maior expressividade isso porque ele trata em sua maioria dos equipamentos FACTS, enquanto o *cluster* 02 tem um viés de análise seja para viabilizar a utilização dos equipamentos, seja para verificar os efeitos e impactos que estes promoveram.

Tabela 59 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

Cluster 01: Equipamentos	*Cluster* 02: Análises
1. Compensador estático.	
2. Compensador série.	1. Análise de fluxo magnético.
3. Svc.	2. Inteligência artificial.
4. D-statcom.	3. Análise de corrente.
5. Reator à núcleo saturado.	4. Técnicas preditivas.
6. Reatores com núcleo de ar.	5. Análise de falha.
7. Reatores controlados a tiristor.	6. Análise de fluxo.
8. *Smes coil.*	7. Calibração.
9. *Thyristor switched capacitors (tsc).*	8. Análise termométrica.
10. Svc e tcsc.	

Fonte: elaboração própria.

Supercondutores

A macrotemática Supercondutores apresenta *clusters* melhor definidos, com um destaque expressivo para o *cluster* 03. Foram apresentados cinco *clusters*, e, para uma melhor análise, as palavras-chave associadas a estes serão tratados na Tabela 60.

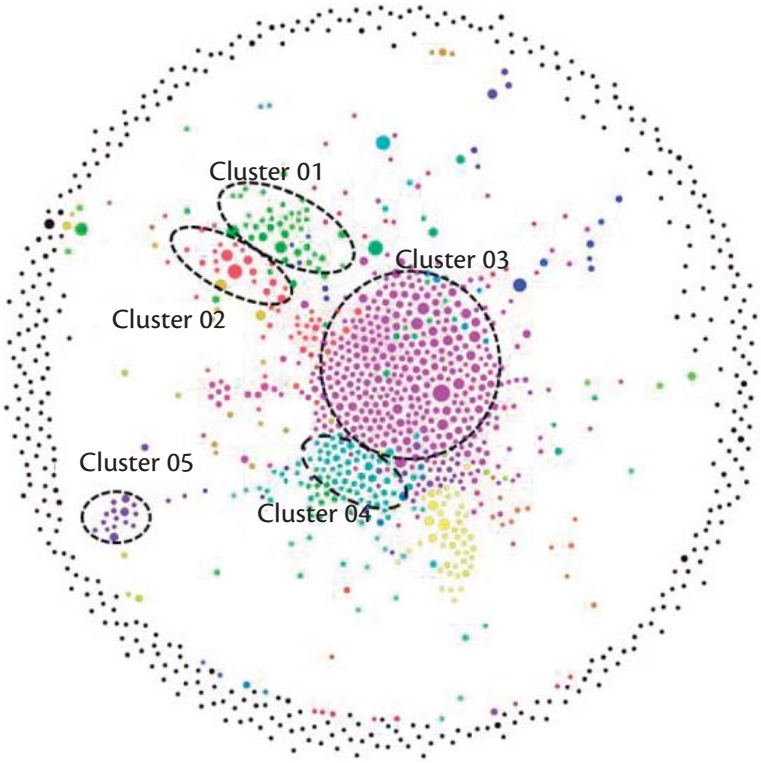


Figura 28 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Supercondutores

Fonte: elaboração própria.

Apesar de o *cluster* 03 apresentar uma grande parte de todos os nós, os assuntos que são tratados pela maioria dos *cluster*s tem certa semelhança, e a maior distância física e semântica está no *cluster 05*, o qual trata da aplicação de supercondutores em antenas de microfita. O *cluster* 04, por sua vez, apresenta uma parte mais ligada à física quântica, matéria essencial para o desenvolvimento desse tema. Os *clusters 01, 02 e 03* tratam de aplicações, materiais e possíveis utilizações da supercondutividade.

Tabela 60 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Supercondutores

Cluster 01: Aplicação e Materiais	*Cluster* 02: Aplicação e Materiais	*Cluster* 03: Aplicação e Materiais	*Cluster* 04: Física Quântica	*Cluster* 05: Antenas
1. Supercondutores. 2. Armazenamento de energia. 3. *Flywheel.* 4. Eólica. 5. *Maglev.* 6. Levitação magnética. 7. Mancais supercondutores. 8. Materiais supercondutores.	1. Supercondutividade aplicada. 2. *High-temperature superconductor.* 3. Supercondutores cerâmicos. 4. *Superconducting fault current limiter.* 5. Limitador supercondutor. 6. Materiais supercondutores.	1. Filmes finos. 2. Fitas supercondutoras. 3. Aerogerador. 4. Supercondutor intermetalico mgb2. 5. Armazenadores. 6. Limitador de corrente. 7. Materiais supercondutores cerâmicos.	1. *Magnetoresistance.* 2. Pontos quânticos. 3. Cadeias de spin. 4. Caos quântico. 5. Transição de fase quântica. 6. *Quantum hall.* 7. Fase quântica topológica.	1. Antenas de microfita. 2. Micro-ondas. 3. Ondas milimétricas. 4. Eletromagnetismo. 5. Linha de microfita.

Fonte: elaboração própria.

Estruturas, Condutores e Isoladores

A macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores é a que apresentou a maior quantidade de *clusters*, e, apesar de possuir estes bem definidos, tem uma série de outros nós espalhados por todo o universo, mostrando, assim, que existem vários nós tratando de assuntos que tocam diversos *clusters*.

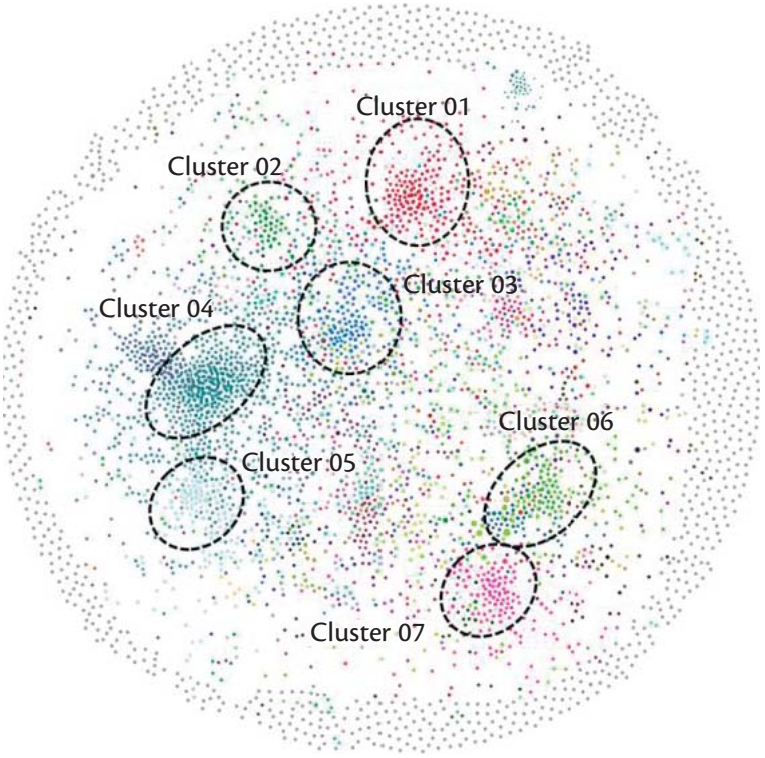


Figura 29 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores

Fonte: elaboração própria.

Diferente dos padrões até então observados, os *clusters* têm assuntos bem transversais em relação aos demais, e tal fato pode ser melhor observado por meio dos assuntos apresentados na Tabela 61 e Tabela 62.

De modo geral, os *clusters 04, 05 e 06* tratam de materiais que são utilizados nos equipamentos, condutores e isoladores. Apesar de tratarem de materiais, é possível verificar uma variação no conteúdo do *cluster* que, ora é tratado o uso, ora o desgaste e, por fim, a composição do material, respectivamente.

Tabela 61 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores

Cluster 01: Impactos Ambientais	*Cluster* 02: Equipamentos	*Cluster* 03: Aplicação Matemática	*Cluster* 04: Sistemas
1. Impacto ambiental. 2. Sustentabilidade. 3. Fabricação de componentes. 4. Avaliação de impacto. 5. Vibrações. 6. Estruturas. 7. Fadiga. 8. Linha de transmissão aérea.	1. Sensores. 2. Controle. 3. Linhas de transmissão. 4. 3d robotic mapping. 5. Detecção de mudanças. 6. Software aplicativo.	1. Redes de sensores sem fio. 2. Modelagem matemática. 3. Otimização matemática. 4. Matemática ambiental. 5. Simulação. 6. Modelos híbridos. 7. Internet das Coisas.	1. Eficiência energética. 2. Energia. 3. Operação de sistemas. 4. Planejamento energético. 5. Distribuição de energia elétrica. 6. Sistemas inteligentes. 7. Manutenção. 8.Conservação de energia.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 62 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores (continuação)

Cluster 05: Isoladores e Materiais	*Cluster* 06: Efeitos sobre os Materiais	*Cluster* 07: Materiais e sua composição
1. Isoladores poliméricos. 2. Ligas metálicas. 3. Substituição de condutores em linha viva. 4. Recapacitação. 5. Condutores. 6. Isoladores de vidro. 7. Porcelana.	1. Corrosão atmosférica. 2. Inspeção de equipamentos. 3. Aço galvanizado. 4. Concreto armado. 5. Estrutura metálica. 6. Condutividade elétrica. 7. Fundações de torre de transmissão. 8. Sistemas isolados.	1. Sno2. 2. Varistor. 3. Zno. 4. Propriedades elétricas. 5. Caracterização elétrica. 6. Tio2. 7. Propriedades mecânicas.

Fonte: elaboração própria.

Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

Na macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, tem-se seis *clusters* que se concentram na parte inferior da imagem, mostrando que os assuntos mais relacionados à macrotemática tem uma boa relação semântica, contudo são apresentados temas que influenciam nos equipamentes e nas subestações, que, apesar disso, não são objeto desse estudo.

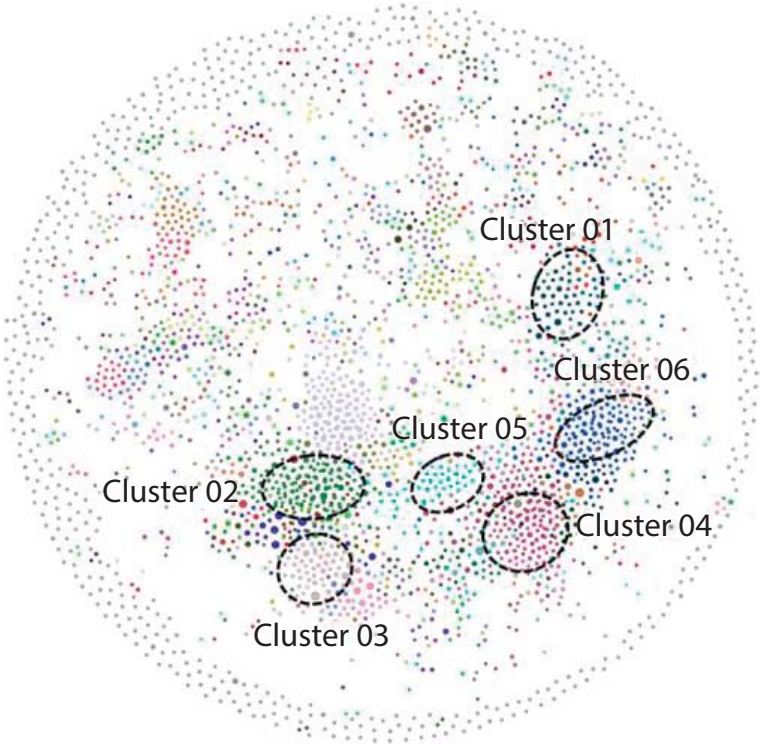


Figura 30 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

Fonte: elaboração própria.

O *cluster 04* trata mais especificamente de subestações e o *cluster* 05 de transformadores, os *clusters 01, 02, 03* e *06* têm um alcance maior no que tange aos equipamentos, apresentando *softwares*, materiais, desempenho e aspectos elétricos dos materiais. Existe uma associação entre os *clusters* devido ao grau de similaridade e tal fato é percebido entre os *clusters 02 e 03*, entre os *clusters 04 e 05* e, também, nos *clusters 01 e 06*.

Tabela 63 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

Cluster 01: *Software*	*Cluster* 02: Materiais	*Cluster* 03: Diversos	*Cluster* 04: Subestações	*Cluster* 05: Transformadores	*Cluster* 06: Desempenho
1. Simulação. 2. Realidade virtual. 3. Avaliação de desempenho. 4. Interoperabilidade. 5. Monitoramento. 6. Diagnóstico. 7. Mapeamento. 8. Redes sensores. 9.Falhas em equipamentos.	1. Cerâmica. 2. Nanopartículas. 3. Nanotecnologia. 4. Biomateriais. 5. Caracterização. 6. Propriedades mecânicas. 7. Microestrutura. 8. Polímeros. 9. Projeto e montagem de equipamentos.	1. Corrosão. 2. Eletrodos. 3. Cabos elétricos. 4. Aterramento elétrico. 5. Blindagem. 6. Compósitos poliméricos. 7. Campo elétrico. 8. Materiais para barramentos.	1. Dimensionamento. 2. Efeito corona. 3. Proteção e automação de subestação. 4. Subestações de transmissão. 5. Coordenação de isolamento em subestações. 6. Subestações blindadas a sf6. 7. Projeto de subestações. 8. Surtos de manobra. 9. Subestações compactas. 10. Controle de ruído.	1. Altas frequências. 2. Transformador de potência. 3. Transformadores a óleo. 4. Transformador de corrente. 5. Modelagem de transformador. 6. Transformador defasador. 7. Buchas. 8. Cadeias de isoladores de linhas de transmissão. 9. Vida útil em transformadores.	1. Redes de sensores. 2. Inteligência artificial. 3. Avaliação de desempenho. 4. Algoritmos. 5. Otimização. 6. Desempenho. 7. Computação. 8. Robótica. 9. Interoperabilidade. 10. Sistemas de tempo real. 11. Gerenciamento de energia. 12. Subestação.

Fonte: elaboração própria.

Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

Na macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão, é observada uma quantidade muito variada de nós e *clusters*, contudo somente quatro, considerados relevantes, foram pontuados.

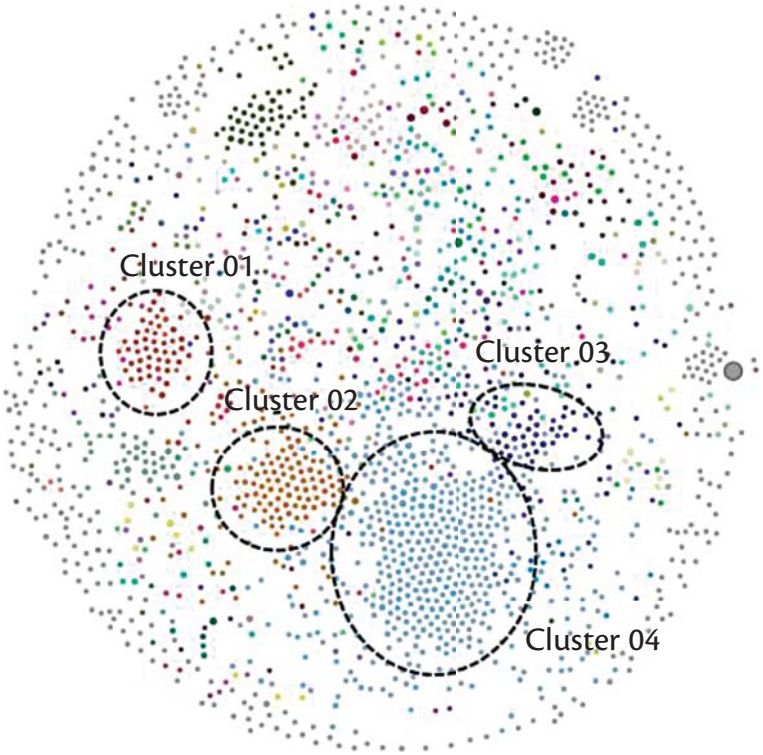


Figura 31 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

Fonte: elaboração própria.

O *cluster 04* é o com maior área e trata da operação em tempo real, da estimativa da vida útil dos equipamentos, da manutenção preventiva, corretiva, abordando aspectos relacionados à operação e à manutenção como um todo. Os *clusters 02 e 03* têm assuntos bem próximos ao *cluster* central, tratando de métodos e situações específicas da operação e manutenção. Já o *cluster 01* trata de equipamentos e materiais que são utilizados durante tais atividades de O&M.

Tabela 64 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

Cluster 01: Equipamentos e materiais	*Cluster* 02: Operação	*Cluster* 03: Operação e Manutenção	*Cluster* 04: Operação e Manutenção
1. Sensores a fibra óptica. 2. Amplificadores ópticos. 3. Materiais e estruturas inteligentes. 4. Sensores óticos. 5. Controle e automação. 6. Equipamentos. 7. Materiais piezoelétricos. 8. Infravermelho.	1. Operação de sistemas. 2. Controle inteligente. 3. Inteligência artificial. 4. Recomposição de sistemas elétricos. 5. Harmônicos. 6. Equipamentos georeferenciados. 7. Medição umidade. 8. Transmissão de dados por rede elétrica. 9. Centro de operação. 10. Análise de segurança.	1. Descargas atmosféricas. 2. Qualidade de energia. 3. Modelagem. 4. Disjuntor. 5. Simulação computacional. 6. Sf6. 7. Sistema de aquisição de dados. 8. Transmissão de dados. 9. Banco de dados. 10. Medição de energia elétrica.	1. Qualidade de energia elétrica. 2. Manutenção preventiva. 3. Harmônicos. 4. Manutenção corretiva. 5. Gestão de ativos. 6. Pmu. 7. Tempo real. 8. Estimativa de vida útil. 9. Influência das condições meteorológicas. 10. Scada.

Fonte: elaboração própria.

Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

A macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão apresentou cinco *clusters* principais de profissionais de CT&I, considerando-se coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *clusters* e seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 32.

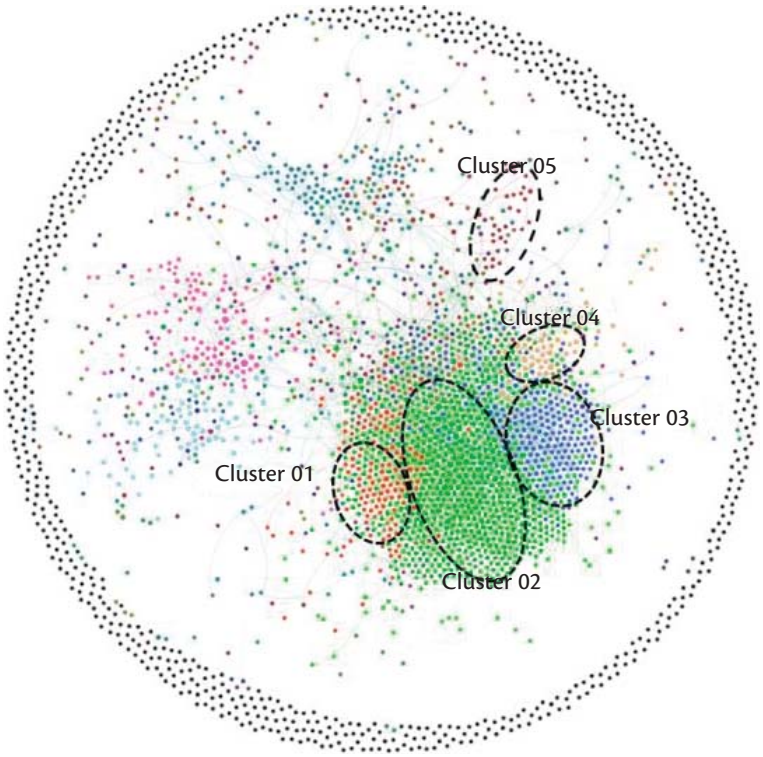


Figura 32 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

Fonte: elaboração própria.

O *cluster 02* é o que apresenta a maior expressividade na quantidade de pesquisadores, tendo nós inseridos nos *clusters 01, 03* e *04*. O *cluster 02* trata da localização de faltas, da estabilidade, da previsão, detecção que são assuntos gerais e necessários à Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão. O *cluster* 05, apesar da distância, apresenta conteúdo afim, ligado ao monitoramento de informações.

Tabela 65 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

Cluster 01: Proteção	*Cluster* 02: Faltas	*Cluster* 03: Controle	*Cluster* 04: Protocolos e redes	*Cluster* 05: Monitoração
1. Descargas atmosféricas. 2. Aterramento. 3. Diagnóstico. 4. Sobretensões. 5. Localização de faltas. 6. Sobrecorrente. 7. Proteção direcional. 8. Testes em relés de proteção. 9. Energização e religamento. 10. Subtensão.	1. Localização de faltas. 2. Estabilidade de tensão. 3. Previsão de carga. 4. Detecção de faltas. 5. Proteção de sobrecorrente. 6. Sincronismo on load tap changer (oltc). 7. Ilhamento automático. 8. Sistemas de intertravamento. 9. Manobras.	1. Pmu. 2. Controle de corrente em malha fechada. 3. Ihm. 4. Transitórios. 5. Sincrofasores. 6. Protocolo iec 61850. 7. Stand alone.	1. Redes sem fio. 2. Telecomunicações. 3. Redes de sensores. 4. Tolerância a falhas. 5. Protocolos de comunicação. 6. Protocolos. 7. Comunicações. 8. Avaliação de desempenho.	1. Confiabilidade. 2. Gestão. 3. Simulação. 4. Monitoração. 5. Manutenção. 6. Avaliação. 7. Otimização. 8. Instrumentação. 9. Indicadores de desempenho. 10. Sistemas de informação.

Fonte: elaboração própria.

Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional

A macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional apresentou quatro *clusters* principais de profissionais de CT&I, considerando-se coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses clusters e seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 33.

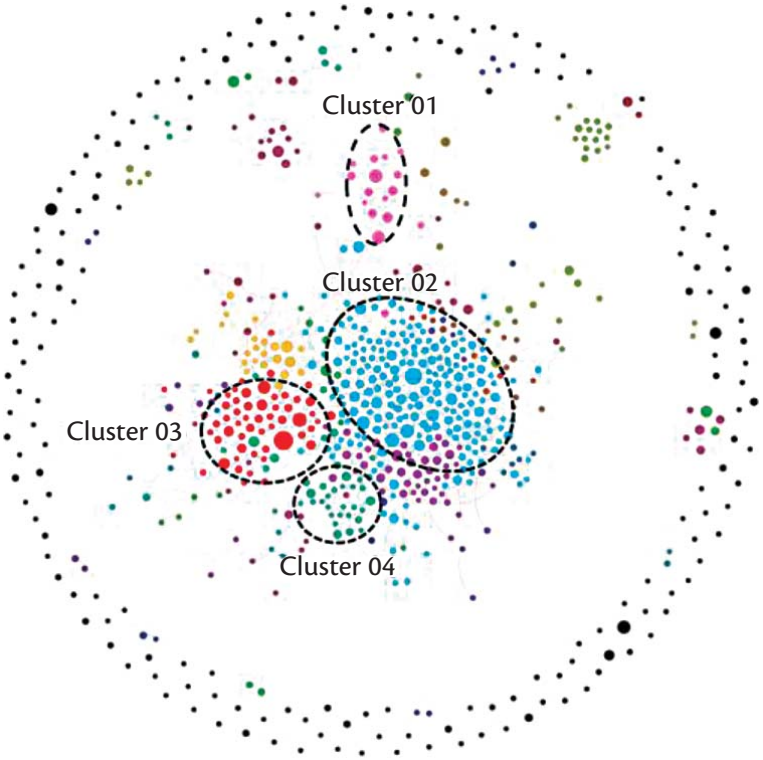


Figura 33 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional

Fonte: elaboração própria.

Essa macrotemática apresenta poucos nós e *clusters* bem definidos, é fácil verificar que o *cluster 02* tem a maior relevância e uma relação direta com a geração distribuída. O *cluster 01* tem a maior distância, pois trata de assuntos mais abrangentes, como o meio ambiente e as políticas públicas.

Os *clusters 02*, 03 e 04 tratam de estratégias e sistemas de monitoramento, controle e proteção, promovendo a integração entre transmissão e a área de geração, como também a área de distribuição.

Tabela 66 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional

Cluster 01: Meio Ambiente	*Cluster* 02: Distribuição e Sensoriamento	*Cluster* 03: Redes e Protocolos	*Cluster* 04: Medição e Comunicação
1. Sustentabilidade. 2. Meio ambiente. 3. Políticas públicas. 4. Qualidade. 5. Gestão. 6. Planejamento estratégico. 7. Responsabilidade social. 8. Simulação. 9.Virtualização. 10. Integração de tecnologias.	1. Geração distribuída. 2. *Smart grid.* 3. Automação. 4. Algoritmos genéticos. 5. Lógica *Fuzzy.* 6. Pmu. 7. Iec 61850. 8. *Big data.* 9. *Wams.* 10. Sensores indicadores de falta.	1. Redes sem fio. 2. Redes de sensores. 3. Segurança. 4. Protocolos de comunicação. 5. Internet das Coisas. 6. Recomposicao de sistemas de energia elétrica. 7. Tecnologia da informação. 8. Sistema de comunicação tempo-real. 9. Medição de energia. Scada.	1. *Smart grid.* 2. Qualidade da energia elétrica. 3. Otimização. 4. Reconhecimento de padrões. 5. Comunicações. 6. Robótica. 7. Metrologia. 8. Microgeração de energia. 9. Setor elétrico.

Fonte: elaboração própria.

Relações de similaridade semântica e coautoria

A análise das relações de coautoria e similaridade semântica nas redes colaborativas tem como parâmetro o grau médio. Este indicador é resultado da divisão da quantidade de interações de similaridade semântica ou de coautoria (arestas) pelo número de pesquisadores da rede (nós), multiplicado por dois. A multiplicação é feita para captar as relações de reciprocidade entre pesquisadores. Os nós que estavam à margem não são apresentados na figuras contidas na Tabela 67, contudo foram utilizados nos cálculos de grau médio.

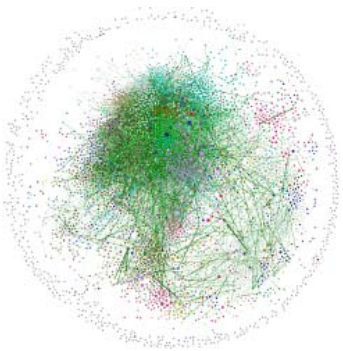
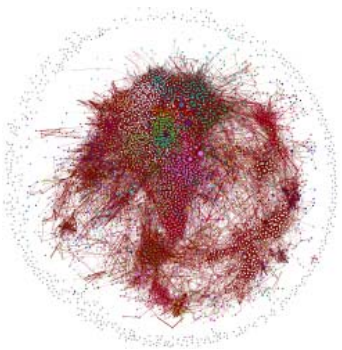
Analisando a Tabela 67, observam-se relações mais intensas e dinâmicas de coautoria nas redes que apresentam grau de similaridade semântica elevado entre os currículos de pesquisadores. Esse é um resultado esperado, já que a similaridade de temas e a correlação entre as áreas do conhecimento condicionam o desenvolvimento e a publicação de trabalhos conjuntos e autorias compartilhadas, contudo não é uma proporção direta e existem macromáticas que fogem a essa relação.

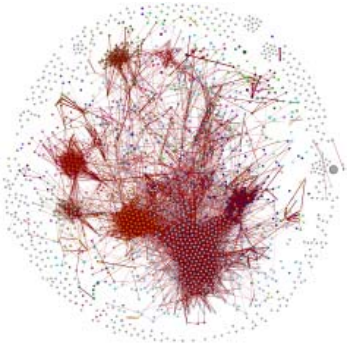
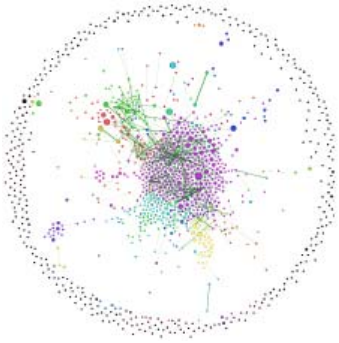
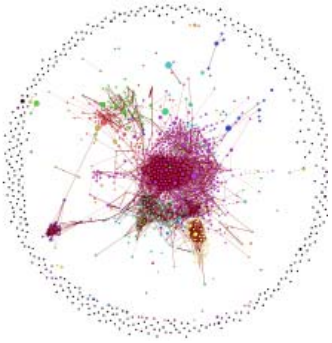
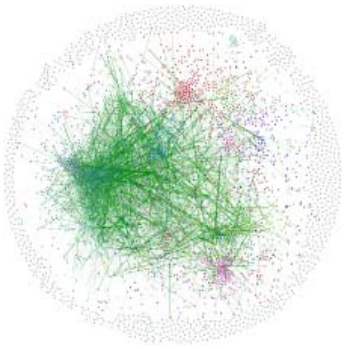
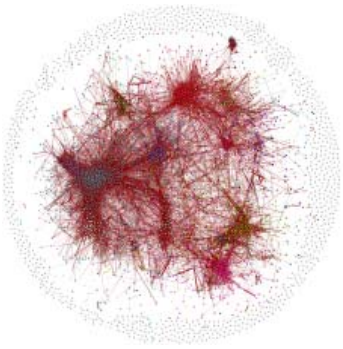
A rede de pesquisadores que apresentou o grau mais elevado de coautoria no conjunto das macrotemáticas analisadas foi Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão com 1,326. Outras macrotemáticas apresentaram grau de coautoria em patamares um pouco mais baixos, contudo expressivos em comparação às demais. Esse conjunto é composto por: Supercondutores

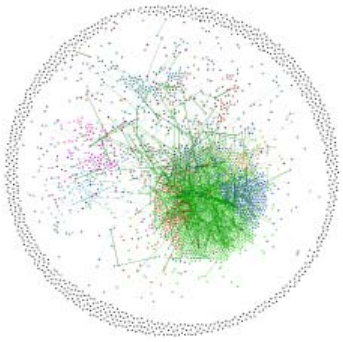
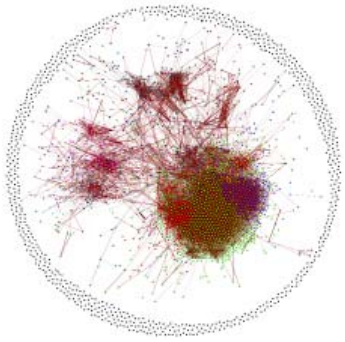
(1,183); Estruturas, Condutores e Isoladores (1,123); Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (1,109); Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão (1,018); Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional (0,907); e Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (0,9).

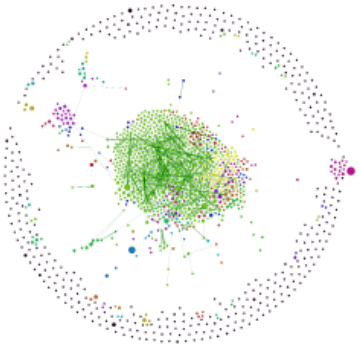
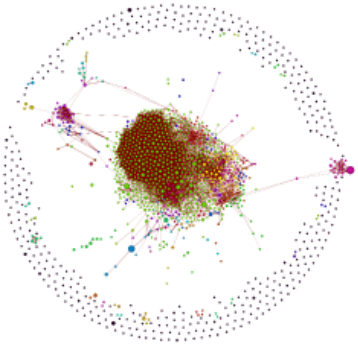
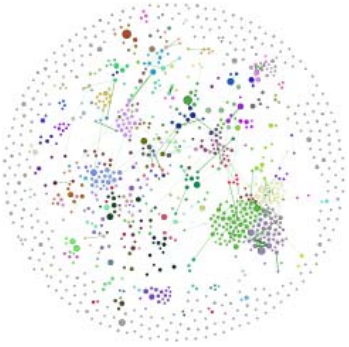
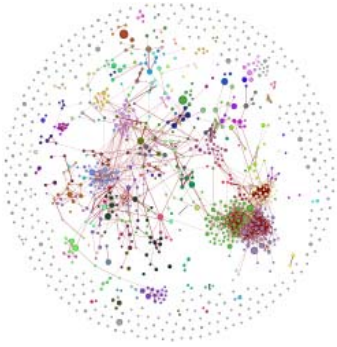
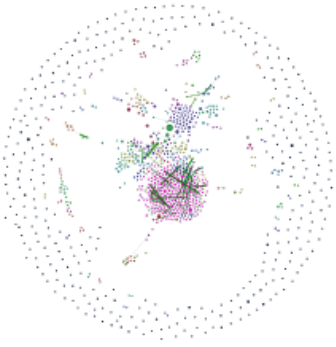
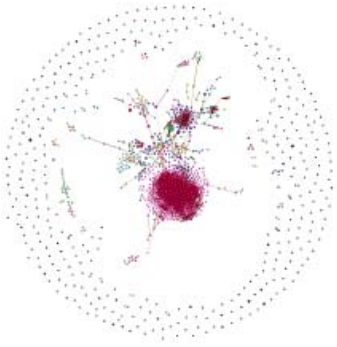
Não existe um valor de grau médio que mostre o quanto uma relação de coautoria está satisfatória ou não, por isso as análises terão, por parâmetros, as demais macrotemáticas. Com isso, é possível citar que Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados e Sistemas Flexíveis de Transmissão por Corrente Alternada (FACTS) apresentam um baixo nível de coautoria dentro do GT de Transmissão de Energia Elétrica, tendo valores abaixo de 0,5 para o grau médio de coautoria. Dentre as três citadas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações é a que apresenta maior destaque por apresentar o maior percentual de pesquisadores do grupo, tal fato pode estar relacionado ao segredo industrial de cada fabricante dos equipamentos.

Tabela 67 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	2,298		19,905	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	1,326		8,773	
Supercondutores	1,183		6,548	
Estruturas, Condutores e Isoladores	1,123		10,178	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	1,109		9,826	
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	1,018		11,112	
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	0,907		5,617	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	0,9		13,521	
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	0,413		2,564	
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	0,387		5,106	

Fonte: elaboração própria.

Infraestrutura de CT&I

No que diz respeito à estrutura de CT&I, estão à disposição do setor elétrico brasileiro inúmeros laboratórios, que cercam praticamente todas as áreas do GT de Transmissão de Energia Elétrica. Mais de 50% dos laboratórios são dedicados a Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão e Estruturas, Condutores e Isoladores (ver Gráfico 87). Macrotemáticas que se destacam em grande parte dos indicadores, pois são transversais a todo o sistema. Cerca de 11% dos laboratórios identificados para o GT de Transmissão de Energia Elétrica dispõem de infraestrutura para aportar o desenvolvimento da macrotemática Supercondutores, a qual apresenta a maior quantidade de investimento em equipamentos conforme apresentado no Gráfico 90.

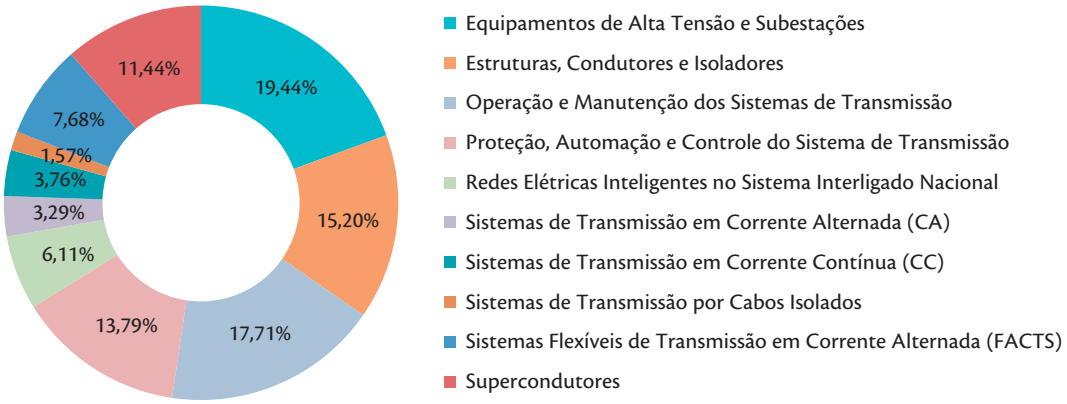


Gráfico 87 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Na Figura 34, é possível perceber que a maior parte dos laboratórios estão sediados nas regiões Sudeste e Sul do país. Uma análise mais detalhada a respeito de qual o estado tem a maior expressividade em cada macrotemática pode ser observada no Gráfico 88.

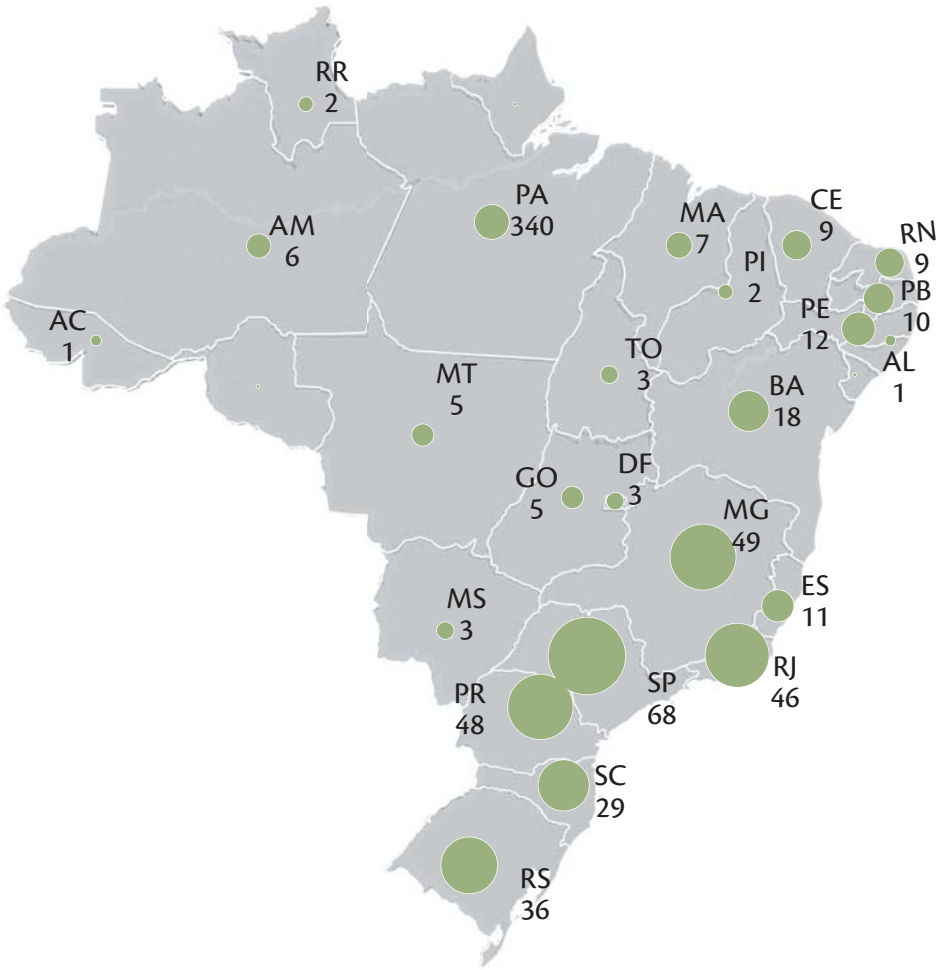


Figura 34 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

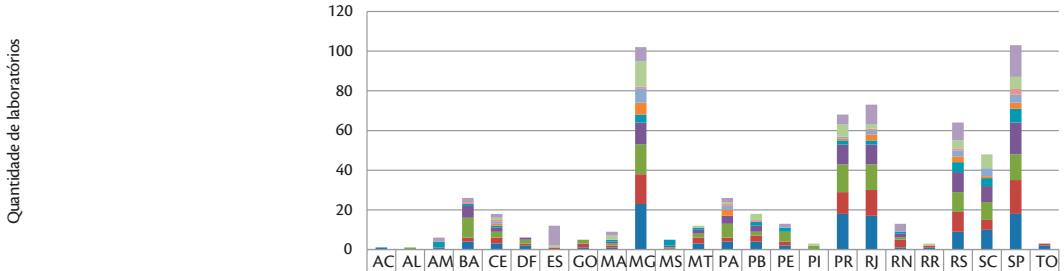
Fonte: elaboração própria.

Na Figura 34, é apresentada a quantidade de laboratórios por estado. Já no Gráfico 88, apresentam-se quantos laboratórios de cada estado aportam as macrotemáticas. Vale salientar que um laboratório pode desenvolver mais de uma macrotemática e, por isso, há diferença de valores.

O estado de Minas Gerais, apesar da segunda colocação na quantidade geral de laboratórios, mostra sua expressividade quando analisadas quais macrotemáticas são desenvolvidas, indicando que os laboratórios lá estabelecidos têm a possibilidade de desenvolver vários temas relacionados à área de

transmissão de energia elétrica. As macrotemáticas Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Sistemas Flexíveis Transmissão em Corrente Alternada (FACTS), Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) e Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão apresentam a maior quantidade de laboratórios no estado de Minas Gerais, corroborando a força que esse representa para o setor.

O estado de São Paulo, por sua vez, tem a maior quantidade de laboratórios e apresenta grande representatividade para a área de transmissão. Os estados do Rio de Janeiro, do Paraná, de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul aparecem confirmando a informação que as regiões Sudeste e Sul concentram a maior parte dos laboratórios e desenvolvimento para o GT de Transmissão de Energia Elétrica.



	AC	AL	AM	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RR	RS	SC	SP	TO
Supercondutores	0	0	2	2	2	0	10	0	2	7	0	0	2	0	2	0	5	10	4	0	9	0	16	0
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	0	0	0	0	1	0	1	0	2	13	0	1	1	3	0	1	6	2	0	1	4	7	6	0
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	3	0
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0	3	4	4	0
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0	1	3	0	0	3	1	3	0
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	0	0	3	1	1	0	0	0	1	4	3	1	0	2	2	0	2	2	1	0	5	4	7	0
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	0	0	1	6	2	1	0	0	1	11	1	2	4	3	0	0	10	10	2	0	10	8	16	0
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	0	1	0	10	3	2	0	2	1	15	1	2	7	2	5	2	14	13	1	0	10	9	13	0
Estruturas, Condutores e Isoladores	0	0	0	2	3	1	1	2	1	15	0	3	2	3	2	0	11	13	4	1	10	5	17	1
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	1	0	0	4	3	2	0	1	1	23	0	3	4	4	2	0	18	17	1	1	9	10	18	2

Gráfico 88 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 88 mostra a quantidade de pesquisadores trabalhando nesses laboratórios. Observa-se que a maior parte dos pesquisadores possuem doutorado e seguem a mesma tendência de proporcionalidade do Gráfico 87.

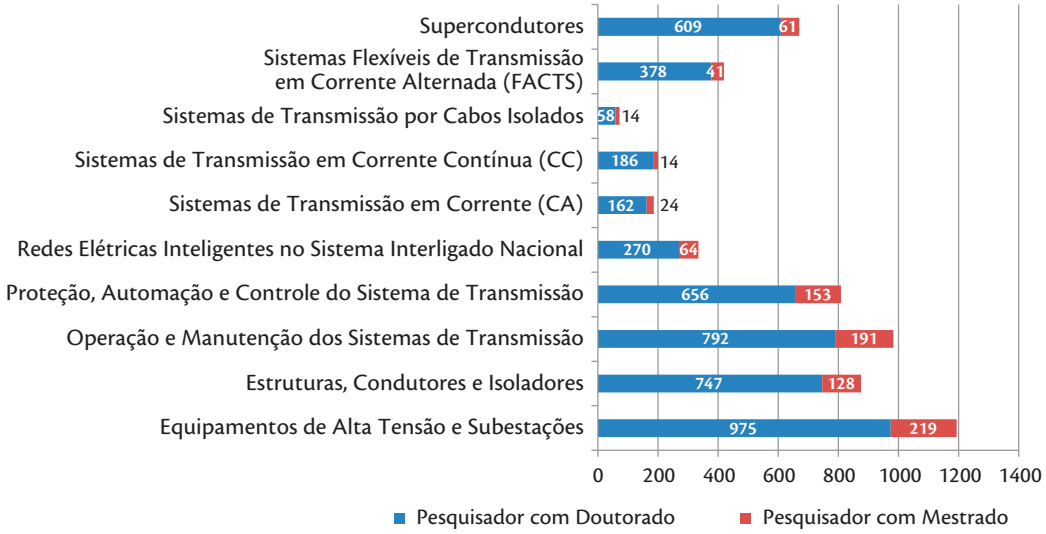


Gráfico 89 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Os Gráfico 90 e Gráfico 91 mostram a quantidade de investimento em equipamentos e *software*, respectivamente. Vale salientar que somente os equipamentos acima de cem mil reais são contabilizadas pela base DGP, conforme citado na metodologia. Diferente do que ocorreu na quantidade de pesquisadores, os investimentos não seguem somente a quantidade de laboratórios, demonstrando, assim, que laboratórios de áreas específicas apresentam maior nível de investimento. As macrotemáticas Supercondutores, Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão e Redes Elétricas Inteligentes no Sistemas Interligado Nacional recebem destaque, haja vista a quantidade de investimento, mesmo não figurando entre as primeiras colocações.

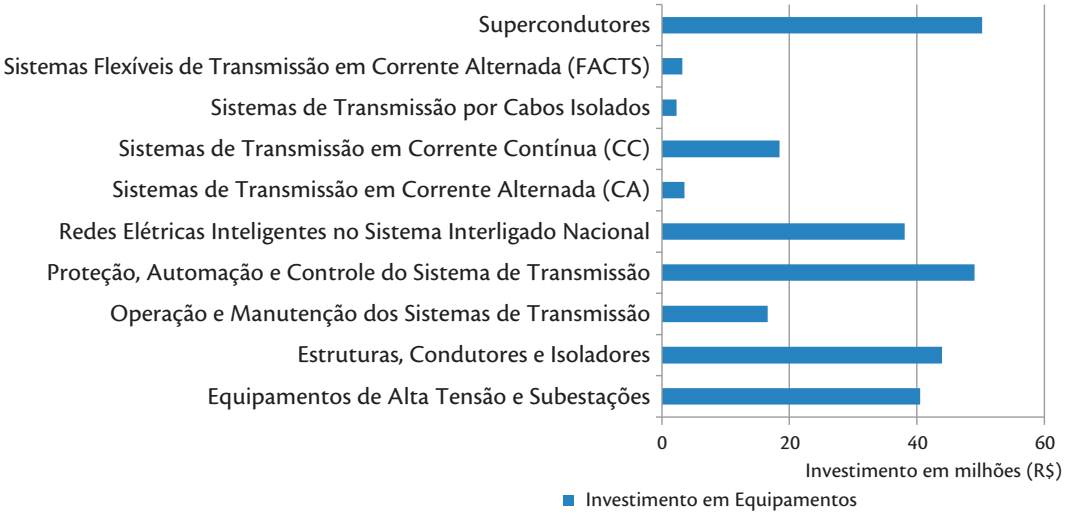


Gráfico 90 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

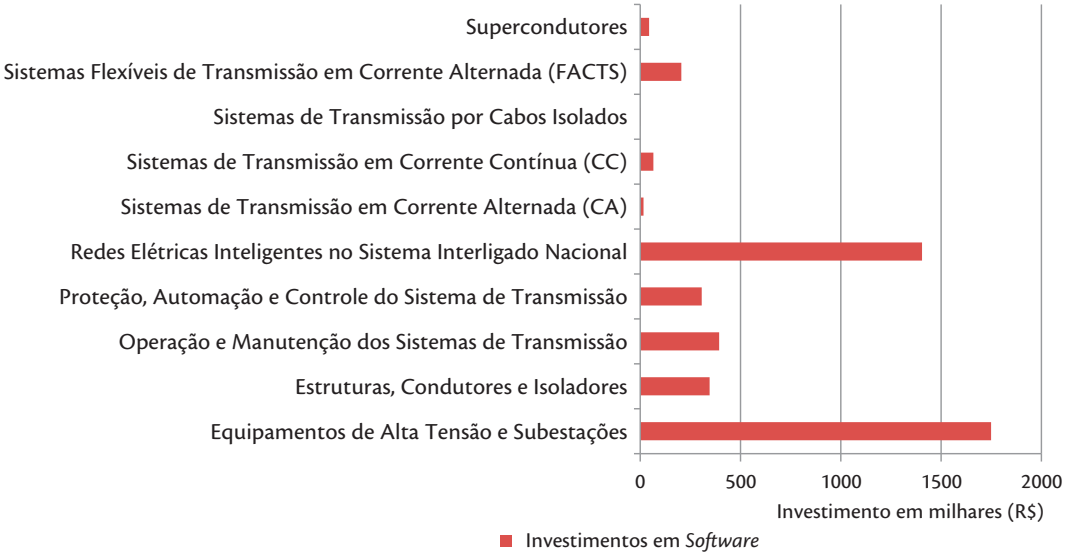


Gráfico 91 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 92 apresenta a produção de periódicos e patentes que os laboratórios desenvolveram. Verifica-se uma baixa produção de patentes por esses laboratórios, demonstrando uma baixa ligação entre os propósitos industriais e a produção desenvolvida, ressalta-se, ainda, a prioridade por periódicos internacionais se comparado aos produzidos para a publicação nacional. Seguindo uma tendência de publicação internacional, Supercondutores apresenta um destaque em produção.

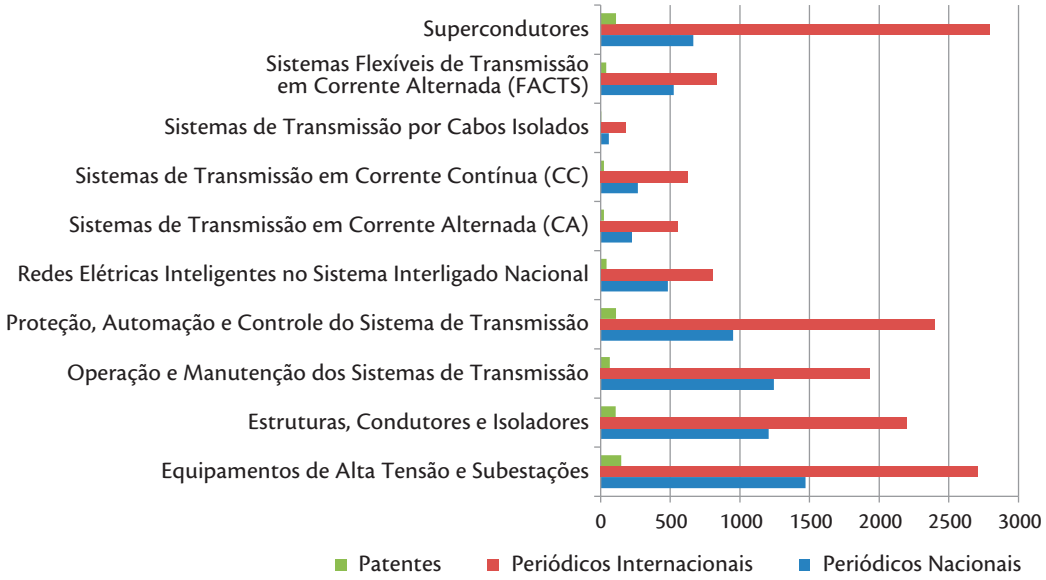


Gráfico 92 - Montante de patentes e publicações gerado nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Conforme apresentado na metodologia, os dados referentes a laboratórios foram extraídos da base DGP, buscando complementar, aprimorar e possibilitar uma melhor visão da infraestrutura de laboratórios nacionais, foi realizada uma pesquisa de campo em que mais de 280 instalações foram consultadas. Essa pesquisa possibilitou caracterizar os tipos de laboratórios (Gráfico 93) e as atividades desenvolvidas pelos laboratórios, segundo a cadeia de inovação (Gráfico 94).

Diferindo do diretório DGP estão as macrotemáticas como Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, tal fato pode ter ocorrido pela amostra escolhida, ou mostrando uma tendência. Destaca-se, ainda, a quantidade de grupos de estudos decorrentes em todos os casos apresentados (ver Gráfico 93).

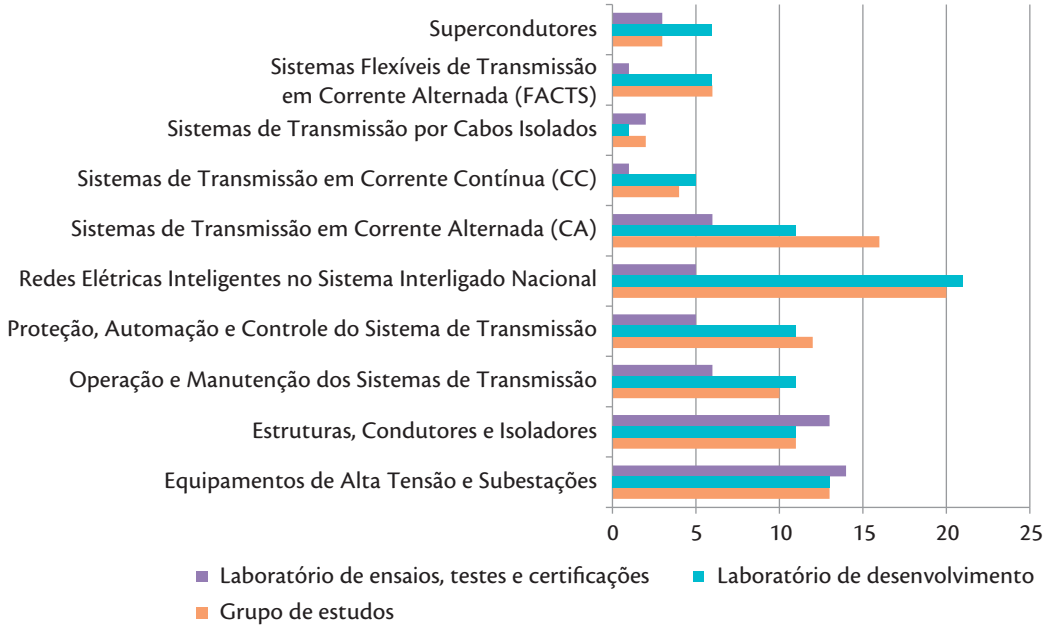


Gráfico 93 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Quando analisado o Gráfico 94 para a cadeia de inovação, os três primeiros estágios aglomeram a maior parte das pesquisas, mostrando as características dos laboratórios. A maior parte dos laboratórios visitados foi do meio acadêmico, no entanto grandes centros de pesquisa relevantes para o desenvolvimento do setor foram visitados, tais como Cepel, Senai, Cefet, Instituto Lactec, entre outros.

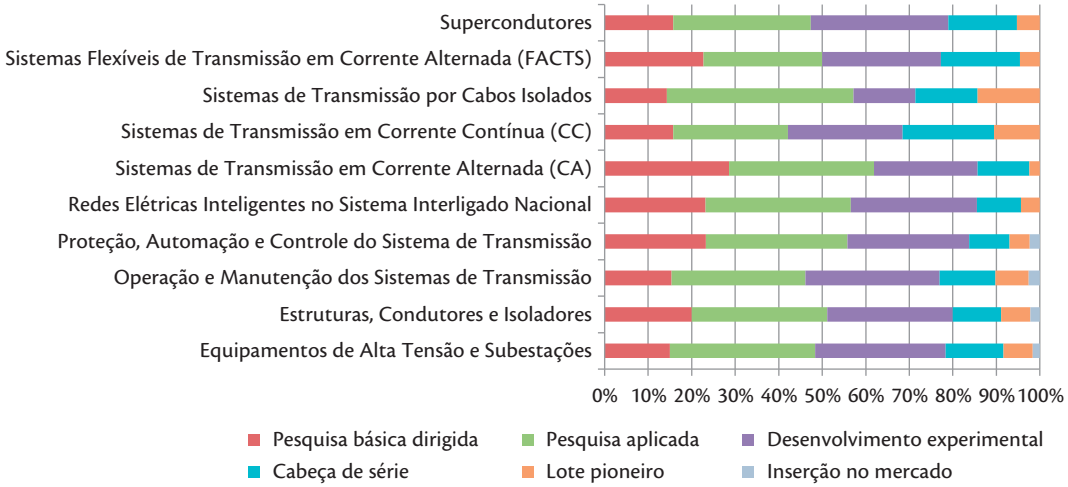


Gráfico 94 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Programas de Pós-Graduação *Stricto Sensu*

O GT Transmissão de Energia Elétrica apresenta um número relativamente baixo de programas de Pós-Graduação (PPGs) que realizam atividade de P&D, contabilizando um total de 108 PPGs no país. Em parte, isso se deve ao fato de que alguns temas já são consolidados no SEB e, consequentemente, há pouca pesquisa básica relacionada, como é o caso das macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua. Outro fator a se considerar é o fato de que há uma menor diversidade de áreas de avaliação que abordam o estudo de temas relacionados ao grupo temático. Como será mostrado ao longo da análise, predominam PPGs de cursos de engenharia e ciências exatas.

A Figura 35 ilustra a distribuição dos PPGs do grupo temático nas UFs do país.

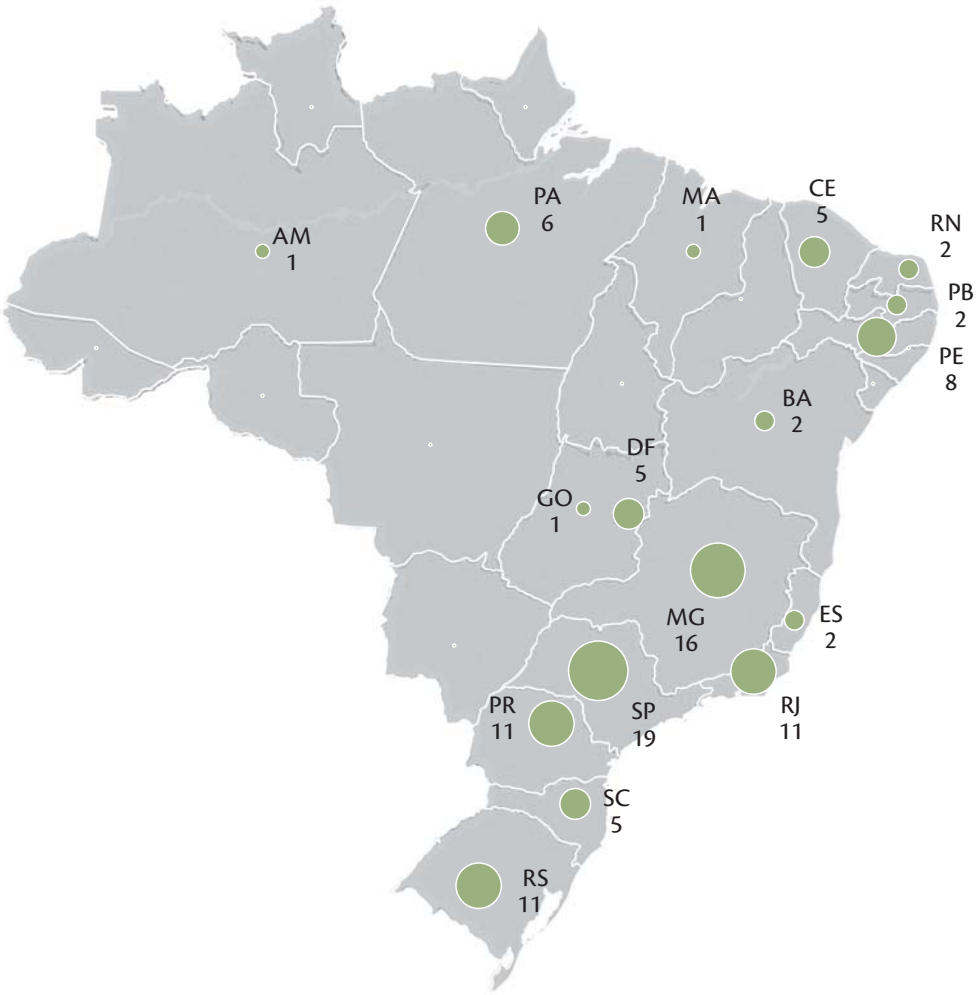


Figura 35 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que a atividade de P&D nas instituições de ensino superior (IEs) concentra-se em um número reduzido de PPGs no país. Em média, há aproximadamente 4 PPGs por UF contabilizados em relação ao grupo temático. É notório que os PPGs contabilizados nas regiões Norte e Centro-Oeste concentram-se em poucas UFs. Das regiões citadas, destacam-se a Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Universidade de Brasília (UnB), com pesquisa realizada em diversos programas. Interessante ressaltar que ambas as universidades citadas concentram a totalidade dos PPGs contabilizados nas

suas respectivas UFs. Na região Nordeste, destaca-se a Universidade Federal de Pernambuco, com 5 PPGs contabilizados, e o programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no estado da Paraíba. Os PPGs das três regiões citadas representam aproximadamente 31% do total no país.

Os programas contabilizados na região Sul representam 25% do total do país. No estado do Rio Grande do Sul, destaca-se o programa de Pós-Graduação de Física da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e diversos programas da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). No estado de Santa Catarina, o destaque é o programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Em São Paulo, a Universidade de São Paulo (USP) desenvolve um elevado número de projetos de pesquisa, realizados em vários PPGs em seus diversos *campi*. Nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, os programas de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) destacam-se pela quantidade de projetos. A região Sudeste representa, aproximadamente, 44% do total de programas contabilizados no grupo.

Em relação à quantidade de PPGs associados a cada macrotemática, o Gráfico 96 apresenta os valores.

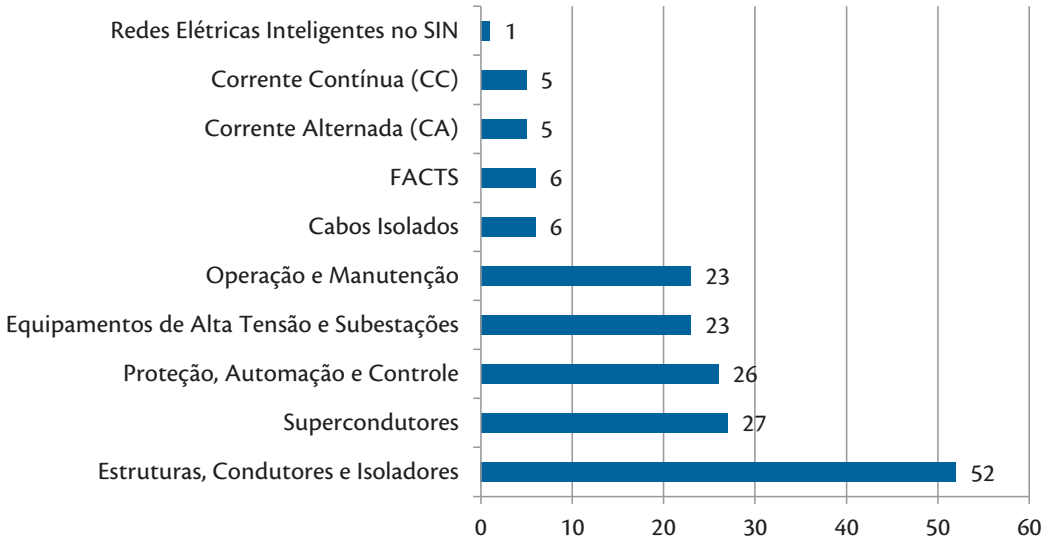


Gráfico 95 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se uma grande concentração de PPGs em apenas algumas das macrotemáticas do grupo. É interessante notar que foram contabilizados poucos programas que realizam pesquisa acerca das macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua. Mesmo que as outras macrotemáticas do grupo abordem tecnologias que envolvam transmissão em corrente alternada ou contínua, as temáticas consideradas no presente projeto das macrotemáticas referidas, como transmissão em ultra-alta tensão, são pouco abordadas em pesquisas nas instituições de ensino superior (IEs).

A distribuição de PPGs no país varia significativamente de acordo com a macrotemática analisada no grupo temático. Pelo fato deste grupo abordar tecnologias bem distintas entre si e terem diferentes impactos entre as regiões do país, muitas vezes isso se reflete na quantidade de PPGs por UF em se que se desenvolve atividade de P&D. Nesse intuito, a Tabela 68 ordena as cinco UFs com maior número de PPGs associados a cada macrotemática.

Tabela 68 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Corrente Alternada (CA)	MG (40)	BA (20)	PR (20)	SP (20)	-
Corrente Contínua (CC)	MG (40)	RJ (20)	SC (20)	SP (20)	-
Cabos Isolados	SC (50)	MG (17)	PR (17)	RJ (17)	-
FACTS	DF (17)	MG (17)	PE (17)	PR (17)	RJ (17)
Supercondutores	SP (26)	RS (15)	MG (11)	PE (11)	RJ (11)
Estruturas, Condutores e Isoladores	MG (21)	RJ (13)	SP (13)	PA (12)	RS (10)
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	PE (13)	RJ (13)	SP (13)	CE (9)	MG (9)
Operação e Manutenção	PR (30)	SP (17)	RJ (13)	SC (13)	MG (9)
Proteção, Automação e Controle	MG (15)	RS (15)	RJ (12)	SP (12)	CE (8)
Redes Elétricas Inteligentes no SIN	RJ (100)				

Fonte: elaboração própria.

Uma característica interessante do grupo temático é de que os PPGs analisados concentram-se em poucas áreas de avaliação. Nesse intuito, o Gráfico 96, a seguir, ordena as cinco áreas de avaliação com maior número de PPGs associados, além de apresentar as respectivas proporções em relação ao total do grupo.

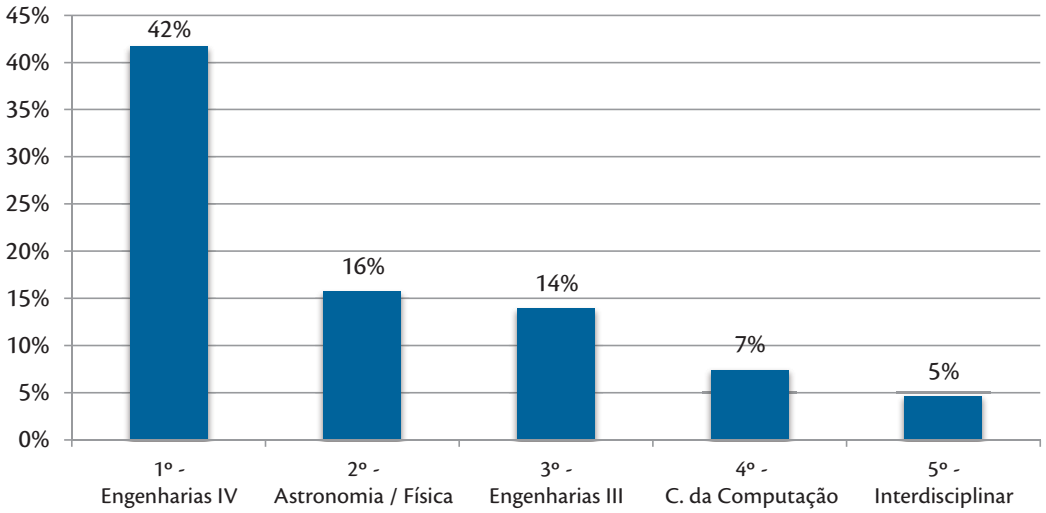


Gráfico 96 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Conforme ilustrado, quase metade dos PPGs contabilizados é classificada na área de avaliação Engenharias IV, que contempla programas relativos principalmente às engenharias elétrica, de automação e de sistemas. Esses dados ilustram como os assuntos relativos ao grupo temático são, em boa parte, específicos a essa área de avaliação. Em menor proporção, há também PPGs relativos à área de avaliação Engenharias III, que abrange programas relativos principalmente às engenharias mecânica, mecatrônica e de energia. Os PPGs das cinco áreas de avaliação elencadas no gráfico representam aproximadamente 84% do total do grupo. Nesse intuito, a Tabela 69, a seguir, apresenta e ordena as cinco áreas de avaliação com maior número de PPG's associados a cada macrotemática, além de apresentar as respectivas proporções dentre cada macrotemática.

Tabela 69 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Corrente Alternada (CA)	Engenharias IV (80)	Interdisciplinar (20)	-	-	-
Corrente Contínua (CC)	Engenharias IV (80)	Engenharias III (20)	-	-	-
Cabos Isolados	Engenharias IV (100)	-	-	-	-
FACTS	Engenharias IV (100)	-	-	-	-
Supercondutores	Astronomia / Física (59)	Materiais (15)	Engenharias IV (11)	Engenharias III (7)	Engenharias II (4)
Estruturas, Condutores e Isoladores	Engenharias IV (38)	Engenharias III (19)	C. da Computação (13)	Engenharias I (8)	Interdisciplinar (6)
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	Engenharias IV (78)	Engenharias III (17)	Matemática / Probabilidade e Estatística (4)	-	-
Operação e Manutenção	Engenharias IV (74)	C. da Computação (9)	Engenharias III (9)	Adm. Pública e de Empresas, C. Contábeis e Turismo (4)	Biodiversidade (4)
Proteção, Automação e Controle	Engenharias IV (77)	C. da Computação (12)	Engenharias III (8)	Interdisciplinar (4)	-
Redes Elétricas Inteligentes no SIN	Engenharias IV (100)	-	-	-	-

Fonte: elaboração própria.

Conforme a tabela mostra, a área de avaliação Engenharias IV predomina como a de maior participação em praticamente todas as macrotemáticas. A exceção é a macrotemática Supercondutores, na qual se destacam as áreas de avaliação Astronomia/Física e Materiais. É natural que haja, ainda, um volume significativo de projetos de pesquisa em PPGs das áreas mencionadas pelo fato de que as tecnologias de materiais supercondutores ainda não estão consolidadas no âmbito do setor elétrico. Ainda há muita pesquisa básica associada a essa macrotemática em específico.

O Gráfico 97 apresenta o número de instituições que financiam projetos de pesquisa relativos ao grupo temático. A análise é feita distinguindo-se as instituições por categoria e apresentando em quais macrotemáticas há interesse das instituições financiadoras. O interessante de se ressaltar a natureza das instituições elencadas é que, por exemplo, muitas empresas financiam projetos de pesquisa com interesses específicos na obtenção de uma nova tecnologia ou capital humano para posterior utilização destes. De forma distinta, o interesse estratégico do financiamento de instituições de fomento à pesquisa, como CNPq ou Finep, faz parte de uma política nacional de fomento à atividade de CT&I. É importante ressaltar que os valores apresentados por categorias não somam a mesma quantidade que a soma dos valores apresentados por macrotemática. Isso se deve ao fato que uma mesma instituição financiadora pode estar associada a mais de uma macrotemática, se estiver financiando projetos em macrotemáticas diferentes. Portanto, a soma dos valores por macrotemática é maior que a soma dos valores por categoria.

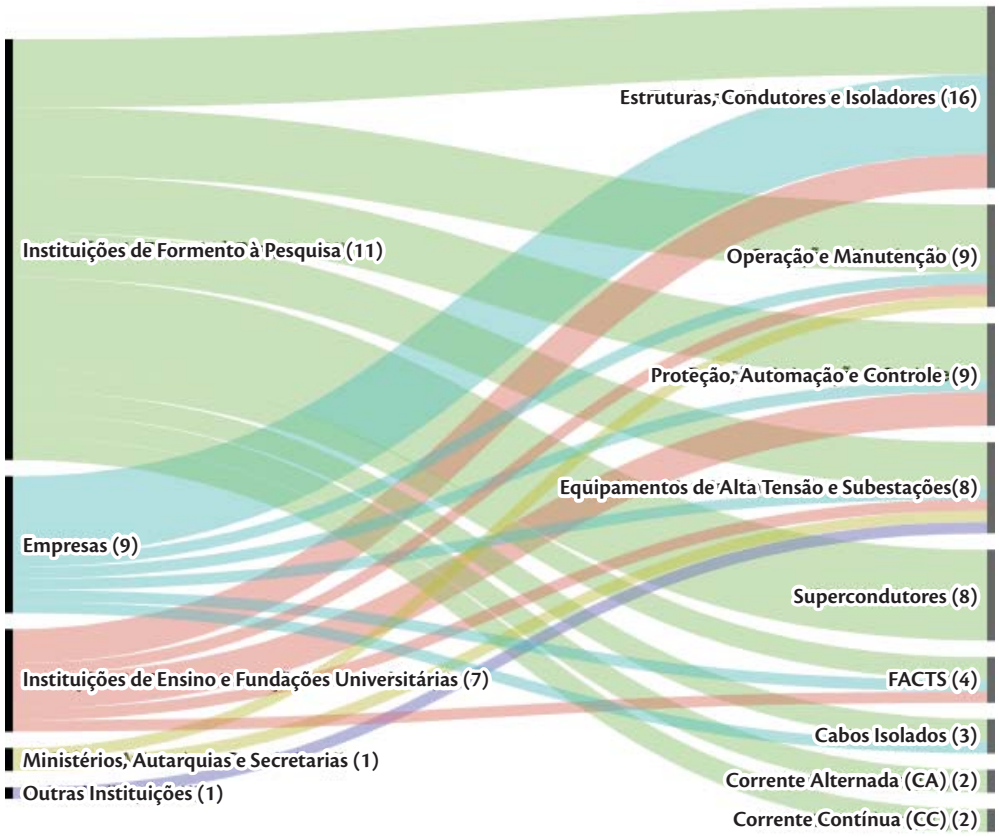


Gráfico 97 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se uma pequena quantidade de instituições que financiam projetos de pesquisa nas IEs atualmente, totalizando 29 instituições distintas. Em grande parte, essas instituições são de fomento à pesquisa e as próprias instituições de ensino e fundações universitárias, com financiamento majoritário por meio de concessão de bolsas de estudos. Dentre as empresas elencadas, destacam-se a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), Companhia Hidrelétrica do São Francisco (Chesf) e a Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul (CEEE), com financiamentos principalmente em projetos relacionado à macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores. É importante ressaltar que as empresas elencadas financiam um número reduzido de projetos de pesquisa, diferentemente dos outros tipos de instituições. Nota-se que não há instituições estrangeiras financiando diretamente projetos de pesquisas nos programas elencados no grupo temático. Dentro da categoria Ministérios, Autarquias e Secretarias, apenas a Aneel foi elencada como instituição financiadora, com enfoque em projetos da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações.

Mecanismos de Fomento

Na presente seção, faz-se uma análise acerca de projetos de P&D relativos ao GT Transmissão de Energia Elétrica, financiados por quatro distintas agências de fomento: Aneel, CNPq, Finep e BNDES Funtec. Conforme descrito na metodologia, é importante ressaltar que os projetos analisados do CNPq e Finep são apenas aqueles cujos recursos foram oriundos do FNDCT. Além disso, os dados obtidos de projetos da Aneel são aqueles cuja data de início encontra-se entre os anos de 2008 e 2016, enquanto os dos projetos do CNPq e Finep estão entre 2007 e 2015.

A Tabela 62 apresenta as principais estatísticas descritivas dos projetos analisados por cada agência de fomento no período de 2007 a 2016.

Tabela 70 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Transmissão de Energia Elétrica, por agência de fomento – 2007-2016

	Aneel	CNPq	Finep	BNDES Funtec
Quantidade de Projetos	383	133	30	0
Valor Total dos Projetos (R$ mil)	1.670.308,92	25.561,50	98.043,94	-
Valor Médio (R$ mil)	4.361,12	192,19	3.268,13	-
Valor Mínimo (R$ mil)	116,19	3,79	78,03	-
Quartil Inferior dos Valores (R$ mil)	1.143,14	22,66	1.011,07	-
Mediana dos Valores (R$ mil)	1.893,24	76,20	1.584,75	-
Quartil Superior dos Valores (R$ mil)	3.127,63	315,21	4.130,83	-
Valor Máximo (R$ mil)	309.239,92	769,16	15.429,31	-

Valores atualizados pelo IPCA em 31/12/2016.

Fonte: elaboração própria.

Nota-se, primeiramente, que não houve projetos financiados pelo BNDES Funtec acerca do grupo temático no período. O valor total dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel superou o montante de R$ 1,67 bilhão em valor corrente. Interessante notar a diferença entre o valor máximo e o valor do quartil superior da distribuição. O quartil superior de uma distribuição é o valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados da distribuição. Portanto, 75% dos projetos registrados tiveram custo inferior a R$ 3,13 milhões em valor corrente. No entanto, o projeto de máximo valor custou aproximadamente R$ 309,24 milhões. Isso mostra que uma grande proporção de projetos tiveram valores compreendidos dentro de uma faixa relativamente pequena de valores, enquanto uma parcela menor, justamente a dos projetos de maior valor, têm valores dispersos em uma faixa grande. Este fato explica o porquê de o valor médio dos projetos serem mais que o dobro do valor mediano.

Nota-se que há uma quantidade considerável de projetos CNPq, cerca de 24% dos projetos do total das quatro instituições elencadas. Por sua vez, há uma menor quantidade de projetos financiados pela Finep em comparação ao CNPq, porém projetos com valores consideravelmente maiores. Destaca-se que há uma proporção mais alta de projetos desenvolvidos por empresas, por meio do instrumento de subvenção econômica, financiada pela Finep do que pelo CNPq. Este se caracteriza por financiar projetos quase que exclusivamente demandados por universidades e/ou ICTs.

Analisando os projetos financiados pela Aneel, ao longo do período estabelecido, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 98.

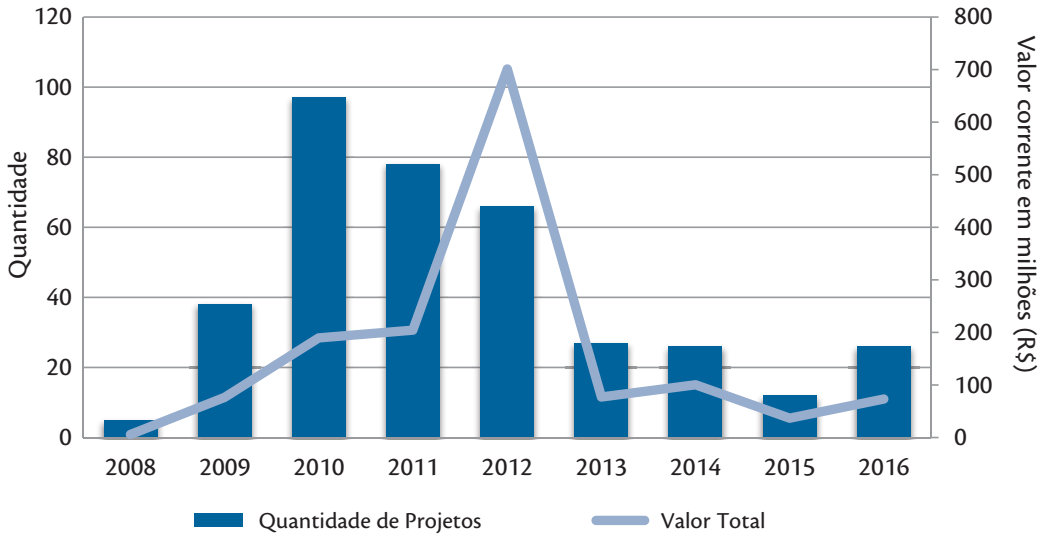


Gráfico 98 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um crescimento expressivo do valor total até metade do período, seguido, então, de uma forte queda. Quanto ao número de projetos, há também um grande crescimento até o ano de 2010, seguido de uma leve queda até o ano de 2012 e, finalmente, uma forte queda em 2013, quando o número se estabiliza nos próximos anos em um patamar entre 10 e 30 projetos por ano, aproximadamente. Interessante notar que a média de valor dos projetos tem um pico em 2012, porém isso é causado por um único projeto cujo valor foi de R$ 309,24 milhões aproximadamente.

Analisando os dados dos projetos investidos pela Aneel, temos, no Gráfico 99, os seguintes valores por macrotemática.

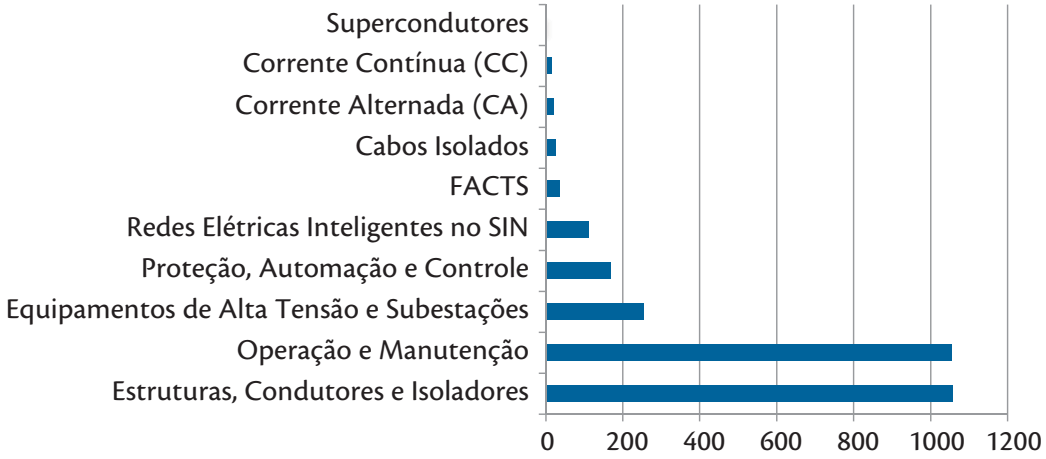


Gráfico 99 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

As macrotemáticas Estruturas, Condutores e Isoladores e Operação e Manutenção tiveram um valor total investido muito superior às outras macrotemáticas. Ambas tiveram um valor total de aproximadamente R$ 1,05 bilhão cada. Em relação a Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, Proteção, Automação e Controle e Redes Elétricas no SIN, o valor total para cada macrotemática superou os R$ 100 milhões, com destaque para a primeira, que somou aproximadamente R$ 250 milhões. A macrotemática com menor valor investido foi Supercondutores, com pouco menos que R$ 1,5 milhão.

Com relação aos valores investidos pelo CNPq em projetos relativos a cada macrotemática do grupo, temos os seguintes valores, apresentados no Gráfico 100.

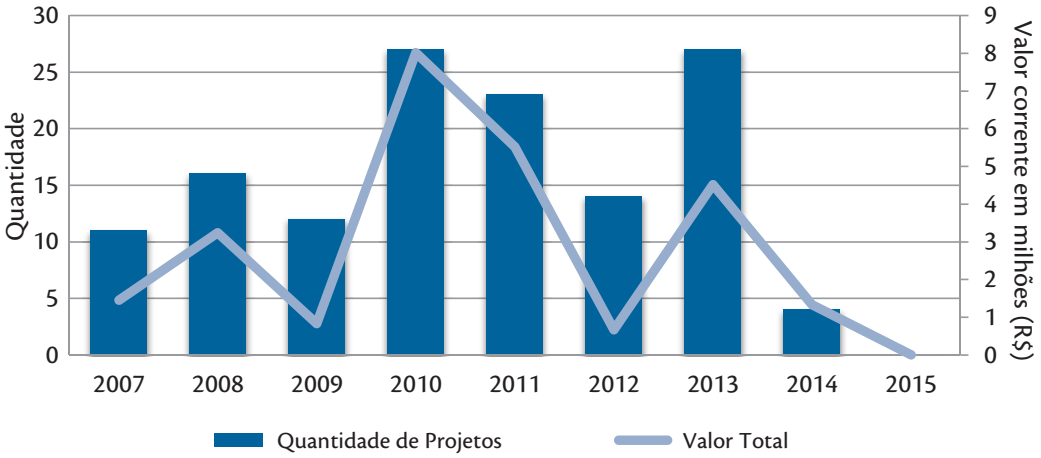


Gráfico 100 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se, pelo gráfico, que os valores anuais têm um comportamento cíclico, atingindo valor máximo em 2010, próximo de R$ 8 milhões, e mínimo em 2015, período em que não houve projetos. Quanto ao número de projetos, nota-se uma ciclicidade, mas em menor intensidade do que a volatilidade dos valores. Nos anos 2010 e 2013, houve um número expressivo de projetos em relação aos outros anos, totalizando 27 em cada ano.

Em relação aos projetos financiados pelo CNPq referentes às macrotemáticas, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 101.

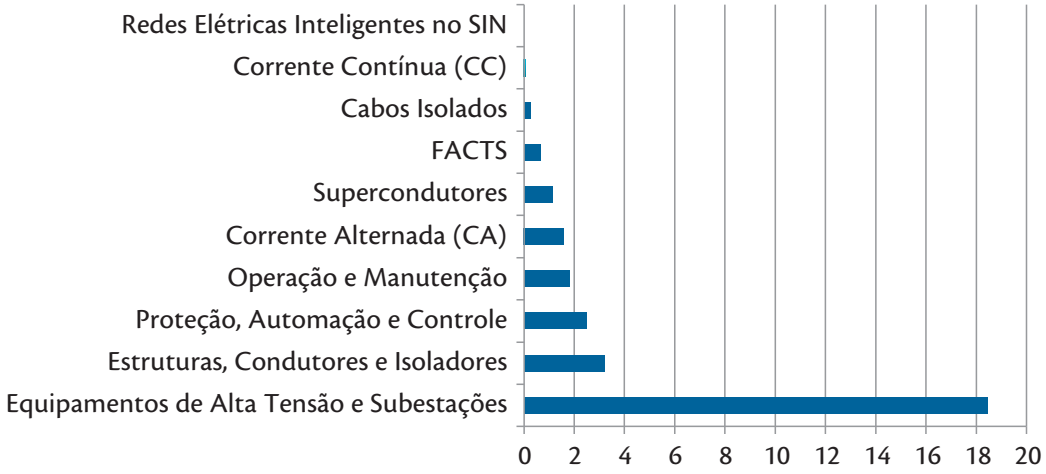


Gráfico 101 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Os projetos CNPq tiveram maior montante investido em projetos acerca de Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, diferentemente dos valores dos projetos Aneel. Em relação às outras macrotemáticas, não houve um valor muito expressivo. Não houve investimento referente a Redes Elétricas Inteligentes no SIN e os valores referentes a Corrente Contínua (CC) somaram apenas R$ 47,13 mil.

Quanto aos projetos da Finep, vimos na tabela que estes foram em menor número, porém maior montante, se comparados aos projetos do CNPq. No Gráfico 102, apresentamos a quantidade de projetos e valor total por ano.

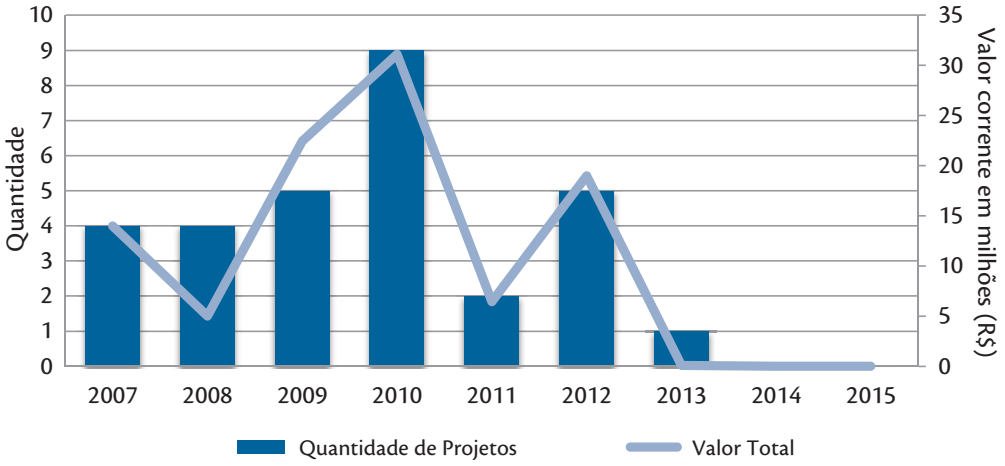


Gráfico 102 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Transmissão de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Assim como nos projetos CNPq, temos um pico no ano de 2010. Nesse ano específico, o número de projetos foi de 9, com valor total de aproximadamente R$ 31,09 milhões. Nota-se que, em 2013, houve apenas um projeto e, tanto em 2014 quanto em 2015, não houve projetos.

Os valores por macrotemática dos projetos Finep são apresentados no Gráfico 103.

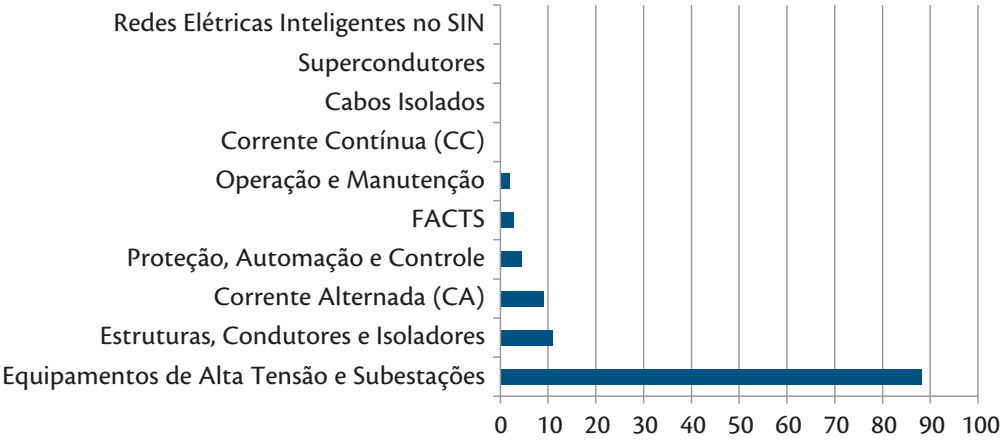


Gráfico 103 - Valor total dos projetos financiados pela Finep, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Assim como com o CNPq, houve um grande investimento em projetos relativos a Equipamentos de Alta Tensão e Subestações. Em relação às outras macrotemáticas, houve pouco investimento ou nenhum, como foi o caso de Redes Elétricas Inteligentes no SIN, Supercondutores, Redes Elétricas no SIN e Corrente Contínua (CC).

Considerando-se os projetos das quatro agências de fomento, temos, no Gráfico 104, as proporções entre valores investidos por cada agência em cada macrotemática.

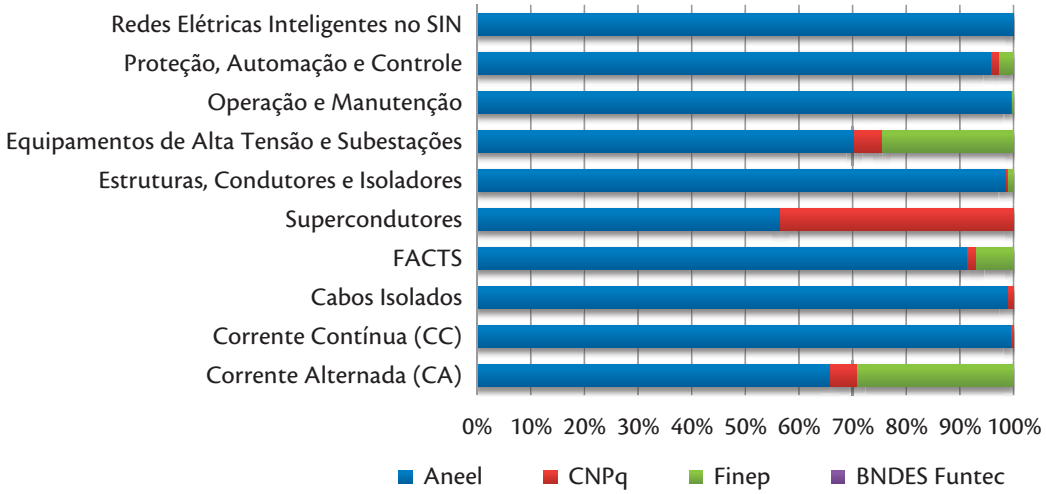


Gráfico 104 - Valor total dos projetos, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que o valor total dos projetos Aneel em cada macrotemática é expressivamente superior ao valor total do restante. A exceção no grupo é o caso da macrotemática Supercondutores, na qual há uma uma proporção considerável referente ao valor total dos projetos CNPq, com aproximadamente 43% do valor investido em projetos relativos à macrotemática. A macrotemática Corrente Alternada (CA) foi a que teve, proporcionalmente, maior investimento da Finep, com aproximadamente 29% do total investido na macrotemática. Além dela, houve uma proporção significativa de investimento da Finep na macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, com cerca de 24% do total investido.

5.3.5. Dimensão de Mercado

A Tabela 71, a seguir, apresenta os indicadores assinalados quanto à Dimensão de Mercado para o GT de Transmissão de Energia Elétrica.

Tabela 71 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Demanda Atual no Brasil	Demanda Atual no Mundo	Demanda Futura no Brasil	Demanda Futura no Mundo	Marco Regulatório do SEB
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	3	3	3	3	3
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	3	3	3	3	3
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	2	3	3	3	2
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	3	3	3	3	3
Supercondutores	2	3	3	3	2
Estruturas, Condutores e Isoladores	3	3	3	3	3
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	3	3	3	3	4
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	3	3	3	3	3
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	3	3	3	3	3
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	3	3	3	3	3

Legenda: Demanda Atual/Futura no Brasil/Mundo: (1) Inexistente; (2) Baixa demanda; (3) Alta Demanda. **Marco Regulatório do SEB**: (1) Não favorável; (2) Pouco favorável; (3) Favorável; (4) Muito favorável.

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que os indicadores apontam, em geral, uma alta demanda por tecnologias associadas ao GT Transmissão de Energia Elétrica no país, acompanhando a tendência mundial. O Brasil é de fato destaque mundial no que diz respeito à transmissão de energia em alta tensão e longas distâncias. As

características geográficas do país e a distância significativa entre os pontos de geração de energia e os grandes centros consumidores de energia impõem a necessidade de se estabelecer um sistema de transmissão robusto. Nesse sentido, gera-se, naturalmente, uma alta demanda por diversas tecnologias associadas às macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada, Sistemas de Transmissão por Corrente Contínua, FACTS, Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e Estruturas, Condutores e Isoladores. Pelas mesmas razões, a necessidade de gerir um sistema de tamanha complexidade causa, naturalmente, uma alta demanda por tecnologias e serviços associados às macrotemáticas Operação e Manutenção, Proteção, Automação e Controle e Redes Elétricas Inteligentes no SIN.

Como exceção, os indicadores calculados para as questões de mercado neste grupo temático apontaram que a demanda atual no Brasil pelas tecnologias associadas às macrotemáticas Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados e Supercondutores ainda é baixa, ao contrário do cenário mundial. A demanda por este último, em específico, ainda é muito voltada para projetos-piloto e testes em laboratórios. Dado que a malha de linhas de transmissão do sistema nacional possui proporções continentais, o alto custo de implantação de sistemas de criogenia para cabos supercondutores ainda justifica a não utilização em massa dessas tecnologias. Porém, dada sua potencial eficácia em reduzir perdas e possível compactação de sistemas que utilizam grande quantidade de cabos, a consolidação das atividades de PD&I acerca dessas tecnologias permitirá uma alta demanda num cenário próximo. O aumento da demanda por tecnologias associadas à Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados virá naturalmente como consequência da expansão do sistema de transmissão e consequente necessidade de se utilizarem linhas de transmissão subterrâneas onde linhas aéreas não são vantajosas, seja por questões de aterramento, seja por possíveis impactos ambientais.

Quanto à demanda futura, a expectativa é que o Brasil tenha um mercado consolidado acerca de todas as tecnologias associadas ao grupo. O investimento em novas tecnologias em ultra-alta tensão, tanto referente à corrente alternada quanto à corrente contínua, continuará estimulando a demanda por essas tecnologias no país. Além disso, a consequente necessidade de manutenção e supervisão do sistema irá gerar, naturalmente, uma alta demanda por tecnologias e serviços associados à gerência do sistema.

Na análise do último indicador desta dimensão, o qual diz respeito ao marco regulatório do SEB, apenas as macrotemáticas Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados e Supercondutores assinalaram que o marco regulatório é pouco favorável, ou seja, não existe imposição de obstáculos ao desenvolvimento desses temas, mas há tratamento inadequado das questões necessárias ao desenvolvimento dessas macrotemáticas. Em parte, isso corrobora com a baixa demanda atual no Brasil assinalada para ambas as macrotemáticas. Em contrapartida, aponta-se que o marco regulatório é favorável para a maioria

das macrotemáticas, tratando-se das questões relevantes a elas. Foi assinalado um marco regulatório muito favorável apenas para a macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações.

5.3.6. Cadeia Produtiva

O sistema de transmissão de energia elétrica está dividido por macrotemáticas e estão sendo abordadas durante todo esse documento. Para analisar a cadeia produtiva, será utilizado o mesmo critério de separação, mas vale salientar a necessidade de sinergia e os pontos comuns existentes nestas.

A Tabela 72 mostra o resultado das respostas de uma pesquisa realizada com especialistas de cada macrotemática e tem por objetivo mostrar um panorama de como está o grau de estruturação da cadeia produtiva e os vários aspectos correlacionados a essa dimensão. Por meio da análise deste indicador, é possível inferir o grau de maturação para o desenvolvimento dessa macrotemática e quais pontos podem ser um empecilho para u desenvolvimento.

Quando analisado o grau de estruturação, é dado destaque às macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada e a Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão, como temas que apresentam alto grau de estruturação. Por outro lado, as macrotemáticas que se apresentaram com baixo grau de estruturação são Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) e Supercondutores, das quais FACTS, apesar da sua já utilização, demonstra uma necessidade de cadeia produtiva internacional, já Supercondutores pode ser visto como uma tecnologia em processo de amadurecimento.

A macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) é dominante no sistema de transmissão adotado na atualidade, mas é importante notar que Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC) apresenta uma alternativa com média estruturação. No caso, existe disponibilidade de insumos e, apesar de uma média dificuldade de estabelecer uma cadeia, já existe serviço técnico, infraestrutura de logística, e uma grande sinergia, haja vista que os produtos utilizados para isso não são específicos dessa cadeia.

A macrotemática Sistema de Transmissão por Cabos Isolados, apesar de apresentar uma média estruturação, encontra dificuldades quanto aos itens manufaturados, aos serviços técnicos, à infraestrutura logística, e foi considerada com alta dificuldade futura de estabelecimento de cadeia.

Tabela 72 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Transmissão de Energia Elétrica

	Grau de Estruturação	Acesso aos Insumos	Itens Manufaturados	Serviços Técnicos	Dificuldade Futura	Infraestrutura de Logística	Sinergia	Normas	Regulações
Corrente Alternada (CA)	4	3	3	3	3	3	2	3	3
Corrente Contínua (CC)	3	3	3	3	3	3	3	2	2
Cabos Isolados	3	2	1	1	1	1	2	3	2
FACTS	2	2	3	3	2	3	2	2	3
Supercondutores	2	3	2	1	3	1	2	3	3
Estruturas, Condutores e Isoladores	3	3	3	2	3	2	2	3	3
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	3	2	3	2	3	2	2	3	3
Operação e Manutenção	4	3	3	2	3	2	3	3	3
Proteção, Automação e Controle	3	3	2	2	2	2	2	3	3
Redes Elétricas Inteligentes no SIN	3	2	3	2	3	2	2	3	3

Legenda: Grau de Estruturação - (1) Grau de estruturação inexistente da cadeia produtiva nacional; (2) Baixo grau de estruturação da cadeia produtiva nacional; (3) Médio grau de estruturação da cadeia produtiva nacional; (4) Alto grau de estruturação da cadeia produtiva nacional. **Acesso aos insumos** - (1) Não há disponibilidade de insumos em território nacional para atender às necessidades atuais da cadeia produtiva; (2) Existe disponibilidade de insumos, mas seu acesso/obtenção é difícil; (3) Existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil. **Itens Manufaturados**: (1) Baixa capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (2) Média capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (3) Média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (4) Alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional. **Serviços técnicos** - (1) Baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (2) Médio nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (3) Alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional. **Dificuldade Futura** - (1) Alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (2) Média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (3) Média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (4) Baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro. **Infraestrutura de Logística** - (1) Baixo nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (2) Médio nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (3) Alto nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; **Sinergia** - (1) Não existem sinergias

com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, bens e serviços são muito específicos à cadeia produtiva; (2) Existe sinergia com outras cadeias produtivas nacionais seja nos insumos utilizados, seja nos bens e serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias produtivas nacionais; (3) Existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva. **Normas** - (1) Baixa importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local. **Regulações** - (1) Baixa importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.

Fonte: elaboração própria.

5.3.7. Planejamento Estratégico

Os indicadores de política de médio e longo prazo podem ser observados na Tabela 73 e apresentam a perspectiva apresentadas pela governança do SEB. Conforme já apresentado na metodologia, varia-se a prioridade como baixa, média e alta.

As macrotemáticas Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS), Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão, Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão e Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional apresentam uma alta prioridade no horizonte de médio e longo prazo.

A macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) apresenta média prioridade em médio e longo prazo e tal fato pode ser explicado por já ser um sistema estabelecido no SIN. Com isso, verifica-se a tendência a utilizar-se a transmissão em corrente contínua, aproveitando os seus pontos positivos como menores investimentos e perdas para transmissão de longas distâncias, maior potência transmitida por condutor, a possibilidade de interligar sistemas de frequência diferentes, entre outros.

Quem também apresenta média prioridade é a macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações e pode ser tratada pelo grau de maturidade que essa já apresenta. Relacionadas a ela, é destacada, nas linhas de pesquisa, a necessidade de compactação e de melhoria com novos materiais. Entretanto, assim como a macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores, que por sua vez apresenta baixa prioridade, já existe tecnologia disponível que possibilite o desenvolvimento do sistema como um todo sendo, assim, necessários aprimoramentos da tecnologia disponível.

As macrotemáticas Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados e Supercondutores apresentam baixa prioridade em médio prazo. Já para longo prazo, Supercondutores apresenta média prioridade, e, novamente, um dos fatores determinantes é a maturidade da tecnologia. Atualmente, ainda é baixa a utilização de supercondutores na aplicação em sistemas de transmissão, mas espera-se que, com o desenvolvimento dessa tecnologia, a inserção e a utilização seja maior, justificando o aumento de sua prioridade.

Tabela 73 - Priorização das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica no contexto do planejamento estratégico

	Política de médio prazo (2026)	Política de longo prazo (2050)
Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	Média Prioridade	Média Prioridade
Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	Baixa Prioridade	Baixa Prioridade
Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Supercondutores	Baixa Prioridade	Média Prioridade
Estruturas, Condutores e Isoladores	Baixa Prioridade	Baixa Prioridade
Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	Média Prioridade	Média Prioridade
Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional	Alta Prioridade	Alta Prioridade

Fonte: elaboração própria.

5.4. Matriz de análise

Conforme mencionado no capítulo metodológico, serão apresentados, nesse item, os pontos fortes e fracos além dos desafios e oportunidade observados em cada macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica.

5.4.1. Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)

Para a macrotemática, o parâmetro regulação pode ser considerado como o desafio mais crítico, tendo em vista que, no modelo atual, os editais dos leilões de empreendimentos de transmissão buscam a modicidade tarifária, mantendo os padrões de qualidade e confiabilidade. Neste sentido, os empreendedores evitam utilizar novas tecnologias que possam acarretar aumento de investimentos ou que, devido à sua maturidade, possam reduzir os índices de desempenho. Além disso, o agente vencedor do leilão tem muito pouco tempo para elaborar o projeto básico em atendimento ao anexo técnico do edital, diminuindo, assim, as possibilidades de realizar estudos para inserir novas tecnologias. Uma análise mais diversificada pode ser observada na Tabela 74.

Tabela 74 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Apenas 3,08% da produção científica mundial coletada para o GT Transmissão de Energia Elétrica têm o foco no conteúdo abordado por essa macrotemática. Não distante, apenas 4,41% é a representatividade dessa macrotemática, quando analisada apenas a produção nacional, para esse grupo.	Dimensão Ambiental – Apresenta baixo impacto ambiental.
Produção complementar – Apenas 1,3% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo, são relacionados à macrotemática.	Dimensão Social – Com média expectativa de geração de empregos, mas com alto nível de escolaridade, bem como empregos com uma alta remuneração.
Projetos Aneel – Existe baixo foco dos projetos de pesquisa da Aneel para essa macrotemática, representando apenas 1,31% do total para o grupo. Desses, a maioria está na pesquisa aplicada, da cadeia de inovação.	Produção científica – O Brasil está na 6ª colocação, quando analisados os países que mais produzem sobre esse tema.
Patentes – A maioria dos depósitos realizados no Brasil, são realizados por não residentes no Brasil.	Patentes – Apresenta o maior número de patentes depositadas no Brasil, em comparação a esse grupo. E perde apenas para Corrente Contínua quando se analisam os depósitos no mundo.
DGP – Apenas 3,29% dos laboratórios desse diretório apresentam condições de desenvolver a macrotemática, e recebem baixo investimento.	Dimensão de Mercado – Apresenta uma alta demanda a nível nacional e mundial.
	Cadeia produtiva – Cadeia com alto grau de estruturação, tendo acesso e disponibilidade aos insumos.

Desafios	Oportunidades
Regulação – O modelo atual de leilões não favorece e nem estimula os agentes na inserção de novas tecnologias tanto no caso de reforço e ampliação das instalações atuais quanto na expansão do sistema.	Incentivar as empresas na implantação de projetos-piloto relacionados às novas tecnologias, objetivando a obtenção da sua maturidade e experiência na engenharia, operação e manutenção destes novos sistemas.
	Promover incentivos para que as empresas possam modernizar suas instalações, inserindo novas tecnologias com a possibilidade de obtenção de ressarcimento tarifário.

Fonte: elaboração própria.

5.4.2. Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)

De acordo com a Tabela 75, houve um número alto de artigos científicos publicados mundialmente para esta macrotemática, bem como uma quantidade significativa de patentes neste tema. Em contrapartida, há um baixo número de projetos de P&D da ANEEL.

No contexto da macrotemática, o principal obstáculo à PD&I é a indisposição dos grandes grupos multinacionais em nacionalizar a tecnologia utilizada, ou seja, existe necessidade de estabelecer políticas mais firmes e consistentes para incentivar a nacionalização dessas tecnologias.

O Brasil mantém uma comunidade técnica satisfatória em suas instituições de ensino superior e centros de pesquisas para impulsionar avanços em PD&I nas rotas tecnológicas desta macrotemática.

É necessário avaliar a falta de disponibilidade de modelos representativos dos diversos elementos do SIN para as simulações *offline* e, principalmente, para simulações em escala real de tempo com intuito de reproduzir resultados confiáveis, antes de levar o problema adiante e propor soluções inovadoras. Esses modelos completos geralmente são disponibilizados apenas para as transmissoras e o ONS, que os recebem completos, não sendo possível divulgá-los devido a questões contratuais.

Outros fatos que merecem ser destacados são as características continentais do SIN e o grande potencial hidroelétrico inexplorado na região amazônica, aumentando a necessidade de investimentos em grandes centrais hidroelétricas e a implantação de sistemas de transmissão de grandes blocos de energia por longas distâncias, maiores que 2000 km. Este fato cria uma oportunidade de mercado única e um ambiente propício de vantagens para desenvolvimento e competitividade da indústria nacional nesse tema.

Tabela 75 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Dimensão Social – Baixa expectativa de geração de empregos.	Dimensão Ambiental – Apresenta baixo impacto ambiental.
Produção complementar – Apenas 4,7% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE), para esse grupo, são relacionados à macrotemática.	Produção científica – Apresenta o maior percentual (20,02%) da produção científica mundial coletada para o GT Transmissão de Energia Elétrica e tem foco no conteúdo abordado por essa macrotemática. No Brasil, esse percentual é 16,45%, tendo a segunda colocação.
Projetos Aneel – Existe baixo foco dos projetos de pesquisa da Aneel para essa macrotemática, representando apenas 1,87% do total para o grupo. Desses, a maioria está na pesquisa aplicada, da cadeia de inovação.	Patentes – Tem superioridade numérica em depósito no mundo.
Recursos Humanos – Se observada a distribuição de RH por macrotemática GT, têm-se apenas 7% do total.	Planejamento Estratégico – Alta Prioridade na política de média e longo prazo.
DGP – Apenas 3,76% dos laboratórios desse diretório apresentam condições de desenvolver essa macrotemática.	
Desafios	**Oportunidades**
Competência Nacional – Formação de rede integradora dos diversos grupos de pesquisa e outros especialistas detentores de conhecimento e maior experiência no SIN.	Criação de modelos típicos para simulações *offline*. Integração entre serviços CA e CC.
Outros Obstáculos – Desenvolvimento de modelos representativos dos diversos elementos do SIN para as simulações *offline* e em tempo real Esses modelos completos geralmente são disponibilizados apenas para as transmissoras e o ONS, que os recebem, não sendo possível divulgá-los devido a questões contratuais. Melhoria dos sistemas de CC para maior celeridade do processo de reestabelecimento do SIN.	Novos Mercados e Serviços.

Fonte: elaboração própria.

5.4.3. Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

Conforme a Tabela 76, há um baixo percentual de publicações científicas no Brasil e no mundo neste tema. Sabe-se que é necessário estabelecer prioridades para estímulos de pesquisas nesta área.

Não existe ainda uma regulação específica e clara para a implantação de linhas de transmissão subterrâneas no Brasil. Ou seja, a necessidade de estabelecer regulação para o compartilhamento de infraestrutura com outros serviços públicos (faixa de passagem de linhas aéreas, pontes, túneis, etc.) e um melhor disciplinamento para a utilização do subsolo são medidas que ajudariam no desenvolvimento dos Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados.

Outro ponto importante é a inexistência de área específica para cabos isolados e acessórios dentro dos grandes laboratórios do Brasil. Este obstáculo poderia ser contornado caso houvesse uma adaptação ou criação de laboratório com infraestrutura e pessoal preparado para a realização dos ensaios necessários aos cabos isolados e seus acessórios.

As normas existentes (IEC e IEEE) nesta área encontram-se disponíveis apenas no idioma inglês. O número vasto dessas normas aponta para a necessidade de adaptação ao português e a realidade brasileira, a fim de tornarem-se normas ABNT.

Como oportunidade para o país, a otimização e a resolução das questões diretamente relacionadas à fase de implantação dos sistemas de cabos isolados – construção civil e instalação – pode tornar o Brasil uma referência nesta área, uma vez que as dificuldades encontradas nestas fases são expressivas e o país dispõe de tecnologias em outras áreas de serviços públicos que podem ser desenvolvidas para emprego em linhas de transmissão subterrâneas. Da mesma forma, o desenvolvimento de um método construtivo inovador capaz de superar a grande dificuldade na construção civil no subsolo nos grandes centros urbanos no país daria ao Brasil esta vantagem.

Tabela 76 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Dimensão Social – Baixa expectativa de geração de empregos.	Dimensão Ambiental – Sem impacto visual, mas com moderado impacto quando levandas em conta as demais dimensões.
Produção científica – Apresenta um baixo percentual de artigos científicos, quando comparado as demais macrotemáticas. O menor percentual (0,53%) do grupo.	
Produção científica nacional – Apenas 0,16% dos artigos produzidos para as macrotemáticas são destinados aos temas tratados aos cabos isolados. O Brasil se encontra na 29ª colocação, no ranking mundial de produção.	
Produção complementar – Apenas 1,8% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo são relacionados à macrotemática.	
Projetos Aneel – Existe baixo foco dos projetos de pesquisa da Aneel para essa macrotemática, representando apenas 1,49% do total para o grupo.	
DGP – Apenas 1,57% dos laboratórios desse diretório apresentam condições de desenvolver essa macrotemática.	
Dimensão de Mercado – Baixa demanda.	
Desafios	**Oportunidades**
Competência Nacional – Faltam matérias em universidades e escolas técnicas voltadas para a transmissão subterrânea. Não existe área específica para cabos isolados e acessórios dentro dos grandes laboratórios do Brasil. Necessidade da criação de redes colaborativas e parcerias nacionais e internacionais entre os diversos agentes do mercado.	Aumentar o mercado brasileiro de cabos isolados de alta tensão e seus acessórios.
Estrutura física de CT&I – Poucos laboratórios brasileiros possuem capacidade para desenvolvimento de ensaios e testes, além destes necessitarem de adaptação e capacitação do pessoal técnico.	Otimizar e resolver questões diretamente relacionadas à fase de implantação dos sistemas de cabos isolados – construção civil e instalação – pode tornar o Brasil uma referência de ponta nesta área, uma vez que as dificuldades encontradas nestas fases são expressivas e o país dispõe de tecnologias em outras áreas de serviços públicos que podem ser desenvolvidas para emprego em linhas de transmissão subterrâneas.

Desafios	Oportunidades
Normalização e Certificação – As normas existentes (IEC e IEEE) encontram-se disponíveis apenas no idioma inglês. Estas normas necessitam ser "adaptadas", tornando-se normas ABNT.	Em função da grande dificuldade na construção civil no subsolo nos grandes centros urbanos no país, o desenvolvimento de um método construtivo inovador daria ao Brasil vantagem.
Cadeia Produtiva – No Brasil, existe apenas um fabricante multinacional de cabos isolados na tensão de 138 kV. Para as tensões superiores, todos os cabos são importados. Não existe fabricação nacional para acessórios (emendas e terminais) em tensão superior a 35 kV.	Opção para superar as dificuldades de espaço nas grandes cidades, onde não há mais condições de ampliação da transmissão aérea.
Mercado – A baixa quantidade de cabos e acessórios de linhas de transmissão subterrânea não desperta o interesse de fornecedores de cabos e acessórios para implantarem indústrias/plantas no país, o que se torna um grande obstáculo para o desenvolvimento deste setor no país.	

Fonte: elaboração própria.

5.4.4. Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

No campo da macrotemática FACTS, de acordo com a Tabela 77, os desafios para o desenvolvimento das tecnologias observadas são grandes. O Brasil tem potencial para desenvolvimento das metodologias para os sistemas de controle dos equipamentos FACTS, modelos matemáticos e computacionais e conhecimento técnico necessário à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação na área de eletrônica de potência e, especificamente, dispositivos FACTS. Entretanto, o país não dispõe de uma indústria para a produção de equipamentos de eletrônica de potência que proporcionem o desenvolvimento de arranjos técnico-comerciais voltados para a fabricação de equipamentos FACTS, incluindo todos os componentes associados, tais como os controles e filtros. Ou seja, a eletrônica de potência é completamente dependente da indústria externa.

Com as mudanças no cenário da geração de energia elétrica no mundo, os países que não desenvolverem sua indústria para a produção de componentes semicondutores, conversores, controles, filtros, etc. ficarão à mercê dos mercados internacionais e fora do eixo comercial de exportação de componentes industrializados cujo valor agregado é imensamente maior do que a mera exportação de matéria-prima, prática que tem se perpetuado ao longo de toda a história brasileira no que se refere a equipamentos eletroeletrônicos.

Os obstáculos mais críticos ao desenvolvimento das rotas tecnológicas neste assunto dizem respeito aos custos e à complexidade da tecnologia associada aos dispositivos FACTS. O interesse do mercado aumentará à medida que as fontes intermitentes passem a integrar mais fortemente a matriz energética nacional, levando à necessidade do desenvolvimento de controles que garantam a correta operação dos FACTS num ambiente em que diversos agentes interagem entre si, cujas características intrínsecas ao SEB exigem adaptações e estratégias de operação próprias.

Outro fato importante é a regulação dos serviços ancilares que amplia a área de atuação dos dispositivos FACTS, agregando valor aos dispositivos já existentes e ampliando o potencial de uso destes equipamentos.

Por fim, sabe-se que os sistemas flexíveis de transmissão em corrente alternada (FACTS) possuem grande campo de aplicação, sobretudo considerando-se a evolução e a transformação pelas quais os sistemas elétricos de potência estão passando. Tais mudanças implicam em aumento progressivo da participação de fontes alternativas de geração que exigem a presença de conversores, tais como as células de combustível e microturbinas. Além disso, para manter-se o fornecimento em níveis desejáveis de qualidade, haverá, nos próximos anos, a participação de sistemas de armazenamento de energia tanto para variações de carga de curta duração (manutenção da frequência e estabilidade) quanto para atendimento das necessidades do mercado de energia elétrica.

Tabela 77 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Dimensão Social – Baixa expectativa de geração de empregos.	Dimensão Ambiental – Sem impacto ambiental.
Produção complementar – Produção complementar: Apenas 2,6% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo são relacionados à macrotemática.	Produção científica – Apresenta um percentual de 10,16% da produção científica mundial, para o grupo de transmissão. Um valor considerável quando observada a especificidade da macrotemática.
Projetos Aneel – Existe baixo foco dos projetos de pesquisa da Aneel para essa macrotemática, representando, apenas, 2,61% do total para o grupo.	
DGP – Apenas 7,68% dos laboratórios desse diretório apresentam condições de desenvolver essa macrotemática.	
Dimensão de Mercado – Baixa demanda. Cadeia Produtiva – Baixo grau de estruturação.	

Desafios	Oportunidades
Regulação – Definir as grandezas elétricas e o protocolo de comunicação a serem utilizados na interação entre equipamentos FACTS. Regulamentar serviços ancilares com FACTS.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do sistema elétrico brasileiro neste tema.
Competência Nacional – Necessidade de aumentar o número de centros de pesquisas nessa área. Parcerias mais efetivas entre universidades, empresas e indústria.	Interagir equipamentos FACTS eletricamente próximos.
Estrutura física de CT&I – Adequada para a parte de ciência e tecnologia, mas a questão da inovação deixa a desejar.	Ocasionar oportunidades e desenvolvimento de novos projetos em FACTS, provenientes da experiência do país em projetos recentes, envolvendo sistemas CC.
Estrutura de Fomento de CT&I – Necessidade de um número maior de projetos que olhem para o futuro, e não foquem apenas em solução de problemas pontuais de cada empesa.	
Cadeia Produtiva – Faltam empresas nacionais tanto nos componentes semicondutores quanto nos fabricantes dos dispositivos semicondutores.	
Mercado – Sinalização do mercado a novas tecnologias de FACTS.	

Fonte: elaboração própria

5.4.5. Supercondutores

Países com tradição nas áreas de supercondutividade e criogenia, como Inglaterra, França, Alemanha, Japão e EUA e, mais recentemente, Coreia do Sul e China, possuem forte interação entre diversas entidades de formação de Recursos Humanos, pesquisa tecnológica e desenvolvimento e comercialização. Evidencia-se assim, a importância da promoção a uma maior integração entre os grupos de pesquisa no Brasil. Porém, sabe-se que, no Brasil, não existem grupos de pesquisas na iniciativa privada, todos os grupos que trabalham com esta macroemática pertencem a instituições públicas.

A ausência de uma política de formação de Recursos Humanos em engenharia e tecnologias de baixas temperaturas, que incluam supercondutividade, criogenia e suas aplicações a outros setores, por exemplo, os setores de energia, aeroespacial, naval e a indústria também constituem obstáculos para o desenvolvimento da supercondutividade aplicada no Brasil.

A escassez de escolas de engenharia dotadas de infraestrutura de ensino de supercondutividade e criogenia também tem limitado severamente o desenvolvimento de pesquisa tecnológica neste tema.

Tradicionalmente, os institutos e departamentos de física têm formado pesquisadores e profissionais nesta área, mas em quantidade ainda incipiente para o desenvolvimento de tecnologias supercondutoras, e, muitas vezes, voltados mais para aspectos da ciência básica do que para aplicações.

O fato de o Brasil não produzir materiais supercondutores para aplicações também pode ser considerado um limitador para o desenvolvimento futuro das pesquisas. O alto custo do produto estrangeiro, cotado em dólares ou euros, e a necessidade de importação dificultam a compra dos supercondutores necessários para o desenvolvimento de equipamentos.

Todos os motivos citados anteriormente corroboram com os resultados encontrados pelos indicadores de produção científica, conforme Tabela 78, pois esta é a macrotemática com o maior número de artigos publicados mundialmente no GT Transmissão de Energia Elétrica. Contudo, quando são analisados os dados obtidos pelas publicações de brasileiros nesta área, esses índices caem drasticamente.

Particularmente, o crescimento recente da população urbana gera desafios no fornecimento de energia elétrica que podem ser superados com o emprego de novas tecnologias. Num futuro, em que pode-se ter a instalação de equipamentos supercondutores em sistemas de potência no Brasil, os equipamentos supercondutores apresentariam, dentre outras, as seguintes vantagens em relação a equipamentos convencionais:

- aumento da eficiência do sistema elétrico;
- redução significativa de volume e peso dos equipamentos;
- alta capacidade de transporte de corrente (densidade de corrente), bem superior à de condutores convencionais;
- aumento da confiabilidade e proteção do sistema (no caso de limitadores de corrente).

Tabela 78 - Matriz de análise da macrotemática Supercondutores

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção complementar – Apenas 0,4% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo são relacionados à macrotemática.	Produção científica – Apresenta o maior percentual (26,01%) de produção científica mundial dentre as macrotemáticas. Para o caso do Brasil, o percentual é menor, porém representativo (12,45%).
Dimensão Social – Baixa expectativa de geração de empregos.	Dimensão Ambiental – Baixo impacto ambiental.
Produção científica – Alta concentração na região Sudeste, mais especificiamente no Rio de Janeiro.	DGP – 11,44% dos laboratórios dispõem de estrutura para aportar o desenvolvimento dessa macrotemática e apresentam alto nível de investimento em equipamentos.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Projetos Aneel – Tem uma parcela mínima de contribuição (0,19%), devido à maturidade da tecnologia e à sua aplicação na transmissão.	Planejamento Estratégico – Aumento de prioridade do médio para o longo prazo, mostrando interesse futuro.
Cadeia Produtiva – Baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional.	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Necessidade de estimular a introdução de inovações tecnológicas em um SEB historicamente conservador. Criação de instalações (pilotos) para testes de inovações, a fim de não impactar na estabilidade do SEB.	Desenvolver fitas supercondutoras no Brasil, além de ter o potencial para reduzir o custo frente às importações, também possibilitará que o Brasil entre no mercado mundial de elementos terras raras.
Competência Nacional – Necessidade de aumento dos quadros de pessoal capacitado relacionados à alta tensão. Possibilidades de parcerias público-privadas mais flexíveis (propriedade intelectual). Falta de articulação entre universidades, institutos de PD&I e empresas. Desenvolver mecanismos para contratação direta de pesquisadores e consultores nacionais e internacionais.	A produção de fitas supercondutoras requer o conhecimento acerca de filmes finos. Pode-se, então, aumentar a capacidade do Brasil no desenvolvimento de outros dispositivos baseados na tecnologia de deposição de filmes finos.
Estrutura física de CT&I– Necessidade de maior quantidade de laboratórios capazes de realizar ensaios, mas que estejam geograficamente distribuídos. Recapacitação e modernização dos laboratórios existentes.	O desenvolvimento de equipamentos supercondutores poderá aumentar a eficiência do sistema elétrico, reduzir o volume e peso dos equipamentos, aumentar a capacidade de transporte de corrente, bem como a confiabilidade e proteção do sistema (no caso de limitadores de corrente).
Normalização e certificação – Falta de participação das empresas de forma mais efetiva na elaboração das normas técnicas feitas pela ABNT sobre os equipamentos. Ampliação, Certificação e Acreditação da rede de laboratórios.	
Cadeia Produtiva – Garantia de que os produtos obtidos com a pesquisa venham a se transformar em produtos no mercado. Garantia das concessionárias de uso dos produtos fabricados.	

Fonte: elaboração própria.

5.4.6. Estruturas, Condutores e Isoladores

De acordo com a Tabela 79, esta macrotemática possui diversos projetos de P&D da ANEEL. Nestes projetos, houve capacitação em mestrado e doutorado de alguns especialistas na área.

Por outro lado, deve-se enfatizar que pesquisas voltadas para novos materiais aplicados às linhas de transmissão vêm sendo realizadas em âmbito mundial, especialmente pelos fabricantes de estruturas, condutores e isoladores. Sendo assim, será muito importante o acompanhamento das pesquisas e as suas aplicações, junto aos fabricantes nacionais e internacionais que possuem sede no Brasil, objetivando intercâmbio de conhecimento e experiências na busca de soluções que sejam compatíveis com as condições do setor elétrico brasileiro.

Para Estruturas, Condutores e Isoladores, não há grandes obstáculos para o desenvolvimento das pesquisas relacionadas às rotas tecnológicas em relação à competência nacional, estrutura de CT&I, estrutura de fomento, infraestrutura, normalização e certificação, cadeia produtiva e mercado. Entretanto, a Regulação é o obstáculo mais crítico para a inserção de novas tecnologias na transmissão de energia, tendo em vista que, no modelo atual, os editais dos leilões para os empreendimentos de transmissão buscam a modicidade tarifária mantendo os padrões de qualidade e confiabilidade. Os empreendedores evitam, portanto, que novas tecnologias possam aumentar os custos ou que, devido à sua maturidade, possam reduzir os índices de desempenho. Além disso, o agente vencedor do leilão tem muito pouco tempo para elaborar o projeto básico em atendimento ao anexo técnico do edital, diminuindo as possibilidades de realizar estudos para inserir novas tecnologias.

Tabela 79 - Matriz de análise da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Baixo percentual de produção em relação às demais macrotemáticas do grupo, tanto no Brasil quanto no mundo (respectivamente 5,40 e 2,96).	Dimensão Social – Alta expectativa de geração de empregos diretos ou indiretos.
Planejamento estratégico – Baixa prioridade na política de médio e longo prazo.	Dimensão Ambiental – apresenta baixo impacto.
	Produção complementar – Um total de 13,1% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo são relacionados à macrotemática.
	Produção Científica – O Brasil é o quinto país que mais produz artigos científicos para essa macrotemática. É alta produção de artigos em Pernambuco, saindo da concentração do eixo sul-sudeste.
	Projetos Aneel – 29,66% dos projetos desenvolvidos para o grupo têm abordagem para essa macrotemática.
	Patentes – Valor elevado de patentes depositadas no Brasil e no mundo, quando comparada às demais macrotemáticas.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	DGP – 15,20% dos laboratórios têm capacidade de aportar o desenvolvimento dessa macrotemática, que apresenta valor elevado de investimento quando comparada às demais macrotemáticas.
	Fomento – Maior valor de projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica.
	Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu – Maior quantidade de programas de Pós-Graduação (52) por macrotemática do grupo temático.
	Recursos Humanos – Quantidade significativa de Recursos Humanos que trabalham com esta área no país.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – O modelo atual de leilões não favorece e nem estimula os agentes na inserção de novas tecnologias, tanto no caso de reforço e ampliação das instalações atuais quanto na expansão do sistema.	Incentivar as empresas na implantação de projetos-piloto relacionados às novas tecnologias, objetivando a obtenção da sua maturidade e experiência na engenharia, operação e manutenção destes novos sistemas.
	Promover incentivos para que as empresas possam modernizar suas instalações, inserindo novas tecnologias com a possibilidade de obtenção de ressarcimento tarifário.

Fonte: elaboração própria.

5.4.7. Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

Conforme a Tabela 80, percebe-se que esta macrotemática apresentou altos números de artigos publicados mundialmente, bem como foi a que indicou maior quantidade de publicações realizadas por brasileiros. Além disso, configura-se como a macrotemática com maior participação nos eventos do setor para o GT Transmissão de Energia Elétrica.

Apesar de ser a macrotemática com os melhores resultados referentes às publicações científicas e ser a que mais teve laboratórios capazes de aportá-la, a situação do país é delicada quando se observa a estrutura de laboratórios capazes de realizar PD&I na área de equipamentos elétricos, subestações e engenharia de alta tensão. Os mais bem equipados possuem filas de espera que inviabilizam os cronogramas dos projetos. Portanto, investimentos em laboratórios especializados dentro da macrotemática são bastante relevantes, para que o país não fique completamente dependente das cooperações internacionais.

Outro desafio bastante importante é a capacitação de pessoal, pois os profissionais mais competentes estão em final de carreira, e simplesmente não há profissionais jovens suficientes para os quais o conhecimento venha a ser transmitido. É preciso estimular as novas gerações de engenheiros a militarem na área e capacitá-los.

Por fim, as deficiências existentes impedem que o país se destaque. É necessário que haja maior incentivo para produção nacional de equipamentos, inclusive de manutenção. Outra oportunidade é o desenvolvimento de equipamentos de ultra-alta tensão para atender à transmissão em longas distâncias.

Tabela 80 - Matriz de análise da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Patentes – Dentre as macrotemáticas, apresenta um dos menores números de patentes depositadas no mundo.	Produção científica – Possui elevada parcela de contribuição no âmbito mundial (17,61%), e percentual dentro do Brasil (27,66%), quando analisado o percentual de produção por macrotemática do GT.
	Dimensão Ambiental – Baixo impacto ambiental.
	Dimensão Social – Alta expectativa de geração de empregos diretos e indiretos.
	Recursos Humanos – A maior parte do profissionais analisados para esse grupo está nessa macrotemática (26%). Porém, é necessário analisar o tamanho que essa representa dentro do grupo de transmissão.
	Dimensão de Mercado – Apresenta alta demanda, e marco regulatório do SEB muito favorável.
	Produção complementar – Tem o maior percentual de projetos em eventos do setor, 35,3% dos trabalhos desenvolvidos nesse GT foram destinados a esse tema.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Necessidade de estimular a introdução de inovações tecnológicas em um SEB historicamente conservador. Criação de instalações (pilotos) para testes de inovações, a fim de não impactar na estabilidade do SEB.	Desenvolver equipamentos de Ultra-Alta Tensão, visando à transmissão em longas distâncias.
Competência Nacional – Necessidade de aumento dos quadros de pessoal capacitado relacionado à alta tensão.Possibilidades de parcerias público-privadas mais flexíveis (propriedade intelectual). Falta de articulação entre universidades, institutos de PD&I e empresas. Desenvolvimento de mecanismos para contratação direta de pesquisadores e consultores nacionais e internacionais.	Incentivar a produção nacional dos próprios equipamentos, inclusive de manutenção.
Estrutura física de CT&I – Necessidade de maior quantidade de laboratórios capazes de realizar ensaios, mas que estejam geograficamente distribuídos. Recapacitação e modernização dos laboratórios existentes.	Demanda crescente de serviços (surgimento de novos desafios), devido ao fim da vida útil dos equipamentos.
Normalização e certificação – Falta de participação das empresas de forma mais efetiva na elaboração das normas técnicas feitas pela ABNT sobre os equipamentos. Ampliação, Certificação e Acreditação da rede de laboratórios.	
Cadeia Produtiva – 'Garantia de que os produtos obtidos com a pesquisa venham a se transformar em produtos no mercado. Garantia das concessionárias de uso dos produtos fabricados.	

Fonte: elaboração própria.

5.4.8. Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

Conforme a Tabela 81, observa-se que, com os indicadores levantados, existe uma série de pontos fortes que demonstram a força da macrotemática. Dentre tais indicadores, estão os projetos de P&D ANEEL e os artigos científicos publicados mundialmente. Com a evolução dos equipamentos de operação e manutenção, há necessidade de capacitar um maior número de pessoas que possa trabalhar nesta área.

Tabela 81 - Matriz de análise da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	DGP – 17,71% dos laboratórios têm competência para aportar o desenvolvimento dessa macrotemática.
	Dimensão Ambiental – Apresenta baixo impacto.
	Projetos Aneel – Grande parte dos projetos de P&D ANEEL são destinados a essa macrotemática(25,37%).
	Produção científica – 12,46% dos artigos do GT de Transmissão de Energia Elétrica têm foco nessa macrotemática. Analisando apenas o cenário, nacional o percentual fica em 13,39%.
	Dimensão de Mercado – Alta demanda atual e futura.
	Cadeia Produtiva – Alto grau de estruturação.
	Produção complementar – Tem o segundo maior percentual de projetos em eventos do setor, 24% dos trabalhos desenvolvidos nesse GT foram destinados a esse tema.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Viabilizar a aplicação das pesquisas dentro do mercado nacional e internacional.	Evolução dos equipamentos de operação e manutenção para garantir maior segurança e auxílio às empresas.
Competência Nacional – Necessidade de estimular a ampliação desta competência, bem como a formação de especialistas. Reforçar a competência com a destinação de bolsas de pesquisas associadas aos projetos de PD&I, inclusive com intercâmbios internacionais.	Utilização do PMU na Operação, em tempo real, do sistema.

Fonte: elaboração própria.

5.4.9. Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

Conforme mostra a Tabela 82, a macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão apresenta todos os indicadores como pontos fortes mostrando estabilidade e maturidade do tema. Existe a necessidade de um avanço constante das tecnologias utilizadas na implementação de sistemas de proteção e das metodologias utilizadas na avaliação de distúrbios em sistemas de transmissão, teste de equipamentos e aplicação em campo de dispositivos proteção.

A tendência de uma relevante produção científica nacional, produção científica nos eventos do setor e projetos de P&D Aneel deve ser reafirmada e disseminada por todo o território. Aliadas a essas ações, uma maior quantidade de produção científica no contexto mundial, uma maior quantidade de Recursos Humanos relacionados à PD&I na macrotemática, uma maior quantidade em investimentos e fomento de CT&I são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

Tabela 82 - Matriz de análise da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	Dimensão Ambiental – A macrotemática não apresenta impacto ambiental.
	Dimensão Social – A macrotemática alta apresenta expectativa de geração de empregos.
	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo, e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
	Recursos Humanos – Apresenta 14% de todos os pesquisadores relacionados para o GT de Transmissão de Energia Elétrica.
	Produção científica nacional – 11,36% dos artigos científicos publicados no Brasil para o GT são relacionados à macrotemática. E o país ocupa a 6ª posição no ranking dos que mais produzem sobre o tema.
	Produção complementar – 15% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.
	Projetos Aneel – 12,50% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	DGP – 13,79% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – As normas internacionais de proteção devem ser atendidas.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do setor elétrico brasileiro.
Competência nacional – Aproximação entre as universidades brasileiras e o setor produtivo, com aumento de centros de pesquisa e empresas incubadas nas universidades.	Melhoria na qualidade do serviço e do produto, atendendo às novas exigências do mercado.
	Melhor detecção e localização de faltas.

Fonte: elaboração própria.

5.4.10. Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional

Apesar do volume considerável de recursos investidos, apenas uma pequena parte desses recursos é investida em temas relacionados à presente macrotemática. A Aneel tem tentado suprir essa deficiência com os Projetos Estratégicos que buscam abordar temas com abrangência sistêmica, como consequência, de acordo com a Tabela 83, houve uma boa participação desta macrotemática nos projetos de P&D da Aneel.

Um desafio para o desenvolvimento desta macrotemática é a ausência de um fórum adequado para o surgimento e a discussão dos temas relevantes à introdução de técnicas modernas de supervisão, controle e proteção do sistema interligado. Essas discussões ocorrem de forma limitada nos congressos e simpósios, porém não se desenvolvem de forma sistemática em um ambiente adequado, o qual permitiria que evoluíssem até formalizar projetos de pesquisa de longo alcance. Além disso, há necessidade de melhorar a regulação atual, bem como a competência nacional relacionada a este tema.

Tabela 83 - Matriz de Análise da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	Dimensão Ambiental – Baixo Impacto
Produção científica – Baixo percentual de produção dentro do grupo temático.	Produção científica – Evolução dos artigos nos últimos anos. O estado da Bahia apresenta 15,63 das publicações dessa macrotemática.
Produção complementar – Apenas 1,9% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) para esse grupo são relacionados à macrotemática.	Projetos Aneel – Tem ocorrido chamada estratégica para essa área.
	Investimento Software DGP – Segunda maior macrotemática em nível de investimento em softwares pelos laboratórios do DGP.
	Patentes – Valor significativo de patentes, quando comparada às demais macrotemáticas.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Simplificação dos processos de gestão e contratação. Precário ambiente de gestão relacionado a propriedade intelectual. Flexibilização do emprego dos recursos durante o processo de execução e fiscalização do resultado final.	Desenvolver processos e métodos, visando ao aumento da confiabilidade e segurança do sistema interligado nacional frente aos desafios trazidos pela introdução de fontes intermitentes de energia (eólica e solar), longas linhas de transmissão, imprevisibilidade da contribuição da geração distribuída, etc.
Competência Nacional – Instituição de arranjos de colaboração multidisciplinar produtiva entre laboratórios de diversas instituições. Coordenação geral, visando definir projetos multi-institucionais de grande alcance e relevância. Falta de articulação entre universidades, empresas do setor, empresas de base estratégica e indústria. Fazer com que as redes colaborativas criadas até o momento conquistem a confiança e disposição dos fabricantes/parceiros nacionais e internacionais.	Utilizar a tecnologia de medição fasorial sincronizada a fim de aperfeiçoar de técnicas de supervisão, controle e proteção em área ampla, ou seja, considerando-se o processamento conjunto de informação de todo o sistema elétrico.

Fonte: elaboração própria.

Capítulo 6

Capítulo 6

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Distribuição de Energia Elétrica

6.1. Introdução

O Grupo Temático Distribuição de Energia Elétrica caracteriza-se por agrupar as macrotemáticas no contexto da pesquisa, desenvolvimento e inovação, para a evolução e o desenvolvimento de tecnologias, ferramentas e métodos associados à renovação do sistema de distribuição, no que tange aos efeitos da penetração da geração distribuída, da mobilidade elétrica (inserção de veículos elétricos e crescimento da demanda de energia elétrica), do crescente nível de automação e tráfego de dados na rede, que contribuem para a formação das Redes Elétricas Inteligentes (REI) e para o surgimento do prosumidor, aquele que produz e consome energia elétrica ao mesmo tempo.

Essas questões de renovação tornarão maior o poder de atuação do cliente, e as tecnologias disruptivas (como geração distribuída e mobilidade elétrica), exigirão uma reforma do setor e da remuneração dos serviços de distribuição.

Dessa maneira, para analisar e preparar o setor para as mudanças, são abordados temas relativos à medição avançada, à automação da rede, ao compartilhamento de serviços, à segurança cibernética, à tecnologia da informação e comunicação, à operação e manutenção, às subestações e equipamentos, à infraestrutura de proteção, automação e controle, à mobilidade elétrica, à geração distribuída e microrredes, às redes de distribuição aéreas e subterrâneas, e à qualidade da energia elétrica, conforme indicado na Figura 36.

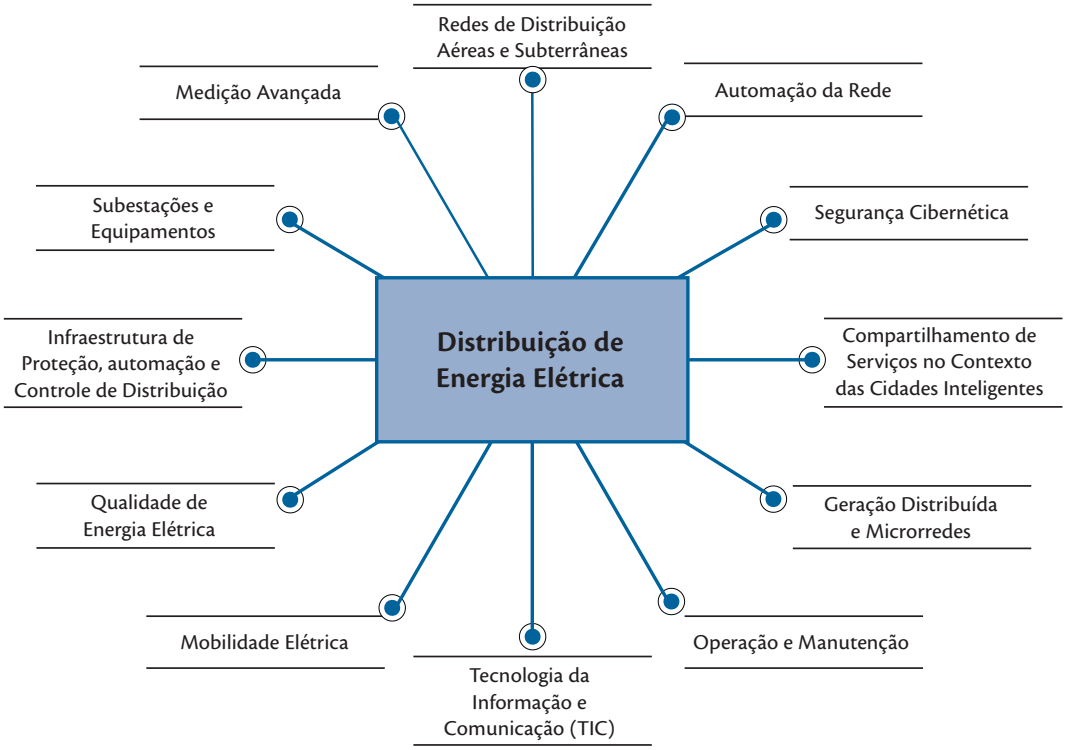


Figura 36 - Macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

6.2. Conceitos das Macrotemáticas

As respectivas macrotemáticas conceituam-se conforme apresentado a seguir.

Medição Avançada

A macrotemática Medição Avançada aborda as possibilidades de PD&I relativas à "Infraestrutura Avançada de Medição da Distribuição" (em inglês *Advanced Metering Infrastructure* – AMI), composta, basicamente, por medidores inteligentes interligados por uma infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação. São consideradas as ferramentas de eficiência energética, de eficiência comercial e de eficiência operativa providas por esta tecnologia, as quais contribuem, por exemplo,

para a redução de perdas elétricas e dos custos de leituras, melhor identificação de faltas, melhor planejamento energético e redução do pico de carga (por meio da tarifação diferenciada). É abordada a aplicação desta tecnologia, considerando-se os aspectos regulatórios e técnicos.

Automação da Rede

A macrotemática Automação da Rede aborda as possibilidades de PD&I relativas ao conjunto de funcionalidades técnicas, metodologias, algoritmos e equipamentos a serem desenvolvidos com objetivo de automatizar a operação das redes de distribuição e aumentar sua capacidade de supervisão e monitoração. Tal desenvolvimento visa mitigar o impacto de distúrbios que afetam a qualidade da energia elétrica, promovendo uma melhora dos níveis de confiabilidade, disponibilidade e flexibilidade e uma redução dos custos operacionais. São enfatizadas as metodologias para as funcionalidades inteligentes das REI.

Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

A macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes aborda as possibilidades de PD&I relativas às tecnologias integradoras para o compartilhamento dos diversos sistemas de infraestrutura de medição e serviço na formação do ecossistema das cidades inteligentes, com garantia de interoperabilidade, autenticidade e integridade da informação de medição. O objetivo é inserir um conjunto de aplicações que impliquem um alto grau de compartilhamento de informações e acesso a serviços em ambiente conectado.

Segurança Cibernética

A macrotemática Segurança Cibernética aborda as possibilidades de PD&I relativas à implementação de tecnologias, regulamentação e avaliação da segurança cibernética para o setor elétrico, considerando-se aspectos de segurança, confiança e privacidade. Destaca-se que, com o advento das soluções e aplicações de REI, é crescente a utilização de dispositivos inteligentes dotados de *firmwares* (como medidores inteligentes, dispositivos de Internet das Coisas – IoT, entre outros), de maneira que se aumentam as vulnerabilidades e ameaças. A Segurança Cibernética, caracterizada como o conjunto

de ações que visam minimizar vulnerabilidades e ameaças nos sistemas de tecnologia da informação, torna-se, portanto, preocupação preponderante para o setor.

Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

A macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aborda as possibilidades de PD&I relativas às Tecnologias da Informação e Comunicação que modernizarão a infraestrutura da rede elétrica, de maneira a permitir a implantação das funcionalidades inteligentes das REI e o processamento da grande quantidade de dados obtidos em tempo real. São apresentadas temáticas relacionadas ao desenvolvimento de arquitetura de telecomunicação, *Field Area Network (FAN)* e tratamento de megadados (*big data*).

Operação e Manutenção

A macrotemática Operação e Manutenção aborda as possibilidades de PD&I relacionadas à operação e à manutenção dos sistemas de distribuição, considerando-se, entre outros, o uso de inteligência artificial na operação, sistemas de operação com interoperabilidade entre geração distribuída, microrredes e sistemas de armazenamento, ferramentas para controle e supervisão, planejamento, inspeção, diagnóstico e monitoramento de ativos e projetos de otimização da manutenção.

Subestações e Equipamentos

A macrotemática Subestações e Equipamentos aborda as possibilidades de PD&I envolvendo o desenvolvimento, a instalação e a manutenção dos diferentes tipos de subestações e equipamentos de distribuição, de maneira a viabilizar sua instalação de forma ágil, próxima ao centro de carga, com alto índice de confiabilidade e flexibilidade, possibilitando a gestão dos ativos e dos indicadores técnicos e com reduzido custo do ciclo de vida. Aspectos relativos a materiais, automação, monitoramento, aterramento e desempenho são abordados.

Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle

A macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle aborda as possibilidades de PD&I dos sistemas de proteção e controle utilizados para detectar as condições anormais de operação, isolar defeitos e promover a recuperação do sistema de maneira rápida, confiável, seletiva e segura. São apresentadas as adaptações dos sistemas de proteção, considerando-se a bidirecionalidade permanente ou sazonal dos fluxos de correntes de carga e de curto-circuito decorrente dos sistemas distribuídos de geração, bem como as tecnologias utilizadas na implementação de sistemas de proteção para avaliação de distúrbios na rede, teste de equipamentos, aplicação em campo de dispositivos de proteção, entre outros.

Mobilidade Elétrica

A macrotemática Mobilidade Elétrica aborda as possibilidades de PD&I associadas ao planejamento e à preparação do setor de distribuição de energia elétrica brasileiro para a entrada de soluções de mobilidade elétrica, com o veículo elétrico atuando como carga ou fonte geradora num contexto de geração distribuída. São apresentadas temáticas sobre a inserção desta tecnologia, considerando-se questões tecnológicas, regulatórias, normativas, mercadológicas e de infraestrutura, bem como os incentivos necessários para o fomento da tecnologia.

Geração Distribuída e Microrredes

A macrotemática Geração Distribuída e Microrredes aborda as possibilidades de PD&I relativas às tecnologias, aos requisitos técnicos, aos impactos, à regulamentação e procedimentos de operação, e ao controle associados à inserção de sistemas de Geração Distribuída (GD), microrredes e armazenamento nas redes de distribuição. São enfatizadas as ferramentas de análise de rede e modelagem e as técnicas de controle e operação desses sistemas, de modo a melhor representar os benefícios para a rede, considerando-se sua adoção em larga escala.

Redes de Distribuição Áreas e Subterrâneas

A macrotemática Redes de Distribuição Áreas e Subterrâneas aborda as possibilidades de PD&I referentes ao conjunto de estruturas, condutores e equipamentos elétricos utilizados para as redes de distribuição, aéreas ou subterrâneas. Nesse contexto, são trabalhadas as áreas de planejamento do sistema, de engenharia da distribuição, de padrões de redes, padrões de projetos, de tecnologia e informação, de gestão e de controle da qualidade, visando à melhoria dos níveis de segurança, à qualidade do produto e do serviço, e à redução contínua dos custos praticados nas diversas fases da cadeia produtiva de uma distribuidora.

Qualidade da Energia Elétrica

A macrotemática Qualidade da Energia Elétrica aborda as possibilidades de PD&I sobre as análises, parâmetros e indicadores que qualificam o relacionamento técnico e comercial das concessionárias com seus clientes, bem como suas estratégias de melhoria e técnicas de mitigação dos fenômenos que comprometem a qualidade da energia. São apresentados temas relacionados à qualidade do produto, à qualidade do serviço e à qualidade comercial.

6.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores

6.3.1. Dimensão Ambiental

A Tabela 84, a seguir, apresenta uma descrição do impacto que as futuras tecnologias de geração e armazenamento terão sobre o meio ambiente. Sob esse aspecto, foi considerada a influência da operação dessas tecnologias sobre a qualidade do ar e da água, o nível de ruído, a temperatura local e a fertilidade do solo.

Tabela 84 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Impacto Ambiental
Medição Avançada	Sem impacto
Automação da Rede	Baixo impacto
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	Baixo impacto
Segurança Cibernética	Sem impacto
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Impacto positivo
Operação e Manutenção	Baixo impacto
Subestações e Equipamentos	Baixo impacto
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	Sem impacto
Mobilidade Elétrica	Impacto positivo
Geração Distribuída e Microrredes	Baixo impacto
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	Baixo impacto
Qualidade da Energia Elétrica	Moderado impacto

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser visto na tabela, há grande variabilidade no que diz respeito ao impacto ambiental de tecnologias associadas ao grupo temático. Em relação à poluição do ar, para as macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação e Mobilidade Elétrica, apontou-se que suas respectivas tecnologias podem melhorar a qualidade do ar. No caso de Tecnologia da Informação e Comunicação, os especialistas apontam que há soluções tecnológicas para gerenciamento de recursos ambientais, trazendo benefícios em relação à poluição do ar. Já em Mobilidade Elétrica, um dos principais objetivos desta macrotemática é a criação de veículos com baixa ou nenhuma emissão de gases poluentes. Portanto, a eventual substituição de veículos à combustão por veículos puramente elétricos e/ou híbridos terá efeito benéfico ao meio ambiente, devido à redução de particulados poluentes na atmosfera. Para as demais macrotemáticas, indicou-se que as tecnologias não causam impacto na qualidade do ar.

Em relação à poluição da água, apontou-se impacto positivo em relação à macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação. Assim como no caso de poluição do ar, entende-se que o advento

de novas soluções tecnológicas de gerenciamento trará benefícios em relação à poluição da água. Para as tecnologias referentes a Subestações e Equipamentos, foi apresentado baixo impacto neste fator, devido à possibilidade de vazamento de óleo isolante de equipamentos o qual pode entrar em contato com o lençol freático. As demais macrotemáticas possuem tecnologias que não impactam na qualidade da água.

Em relação à poluição sonora, Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos, Geração Distribuída e Microrredes e Qualidade da Energia apresentaram baixo impacto neste quesito, pois possuem equipamentos que geram pequeno aumento no ruído do ambiente. Adicionalmente, Mobilidade Elétrica apresentou impacto positivo na poluição sonora, produzindo menos ruídos ao ambiente em relação ao tradicional veículo à combustão. Por fim, as tecnologias das demais macrotemáticas não impactam neste fator ambiental.

Os resultados apontam, também, que Mobilidade Elétrica causa impacto positivo na temperatura global, principalmente quando considerado o veículo puro, em que sua fonte de energia para tração é unicamente elétrica. Nesse caso, o calor gerado quando em operação é baixo.

6.3.2. Dimensão Social

A Tabela 85 apresenta a percepção para a Dimensão Social, no que se refere à expectativa de geração de empregos diretos e indiretos, de remuneração e de qualificação para as macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica.

Tabela 85 - Indicadores de Dimensão Social do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Medição Avançada	2	2	2
Automação da Rede	3	3	3
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	1	2	3
Segurança Cibernética	2	2	3
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	3	2	3
Operação e Manutenção	3	3	2
Subestações e Equipamentos	2	3	3
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	1	2	3
Mobilidade Elétrica	1	2	3
Geração Distribuída e Microrredes	3	2	3
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	2	2	3
Qualidade da Energia Elétrica	2	3	3

Legenda: Geração de Empregos: (1) Expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos; (2) Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos; (3) Expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos. **Remuneração**: (1) Expectativa de geração de empregos de baixa remuneração; (2) Expectativa de geração de empregos de média remuneração; (3) Expectativa de geração de empregos de alta remuneração. **Qualificação**: (1) Expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; (3) Expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

Fonte: elaboração própria.

Em relação às macrotemáticas Mobilidade Elétrica, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle, há expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos. Em contrapartida, aponta-se que há expectativa de alta geração de empregos referentes às macrotemáticas Automação da Rede, Tecnologia da Informação e Comunicação, Operação e Manutenção e Geração Distribuída e Microrredes. Em parte, isso se deve à consolidação de tecnologias de *smart grids* e geração distribuída nos sistemas de distribuição. Para as demais macrotemáticas, a expectativa é de média geração de empregos no SEB e na cadeia produtiva destas tecnologias.

Em relação à expectativa de remuneração dos empregos gerados, não há indício de geração de empregos com baixa remuneração. Para as macrotemáticas Automação da Rede, Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos e Qualidade da Energia, há a expectativa de geração de empregos de alta remuneração. Isso se deve, em parte, ao fato de que, atualmente, a remuneração dos trabalhadores relativos a essas macrotemáticas já é alta, se comparado à remuneração média do grupo temático. Para as demais macrotemáticas, é esperada a geração de empregos diretos e indiretos de média remuneração.

Os resultados mostram que, para as macrotemáticas Medição Avançada e Operação e Manutenção, há expectativa de geração de empregos que demandem majoritariamente profissionais com nível de titulação de graduação e/ou especialização. Para as demais macrotemáticas, há expectativa que os empregos gerados demandem, majoritariamente, profissionais com mestrado e/ou doutorado.

6.3.3. Produção de CT&I

Produção científica

O Gráfico 105 mostra a distribuição percentual da participação das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica na produção científica no Brasil e no mundo.

Os valores absolutos obtidos como resultados por macrotemática, considerando-se a produção científica no Brasil, no período de 2007 a 2016, são apresentados a seguir. Foram identificados 119 artigos científicos para a macrotemática Medição Avançada, 72 para Automação da Rede, 106 para Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 124 para Segurança Cibernética, 88 para Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 153 para Operação e Manutenção, 339 para Subestações e Equipamentos, 348 para Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, 124 para Mobilidade Elétrica, 593 para Geração Distribuída e Microrredes, 245 para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 1285 para Qualidade da Energia Elétrica.

Os valores absolutos obtidos como resultados por macrotemática, considerando-se a produção científica no mundo, no período de 2007 a 2016, são apresentados a seguir. Foram identificados 5907 artigos científicos para a macrotemática Medição Avançada, 2437 para Automação da Rede, 7065 para Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 9246 para Segurança Cibernética, 4042 para Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 6491 para Operação e Manutenção, 8765 para Subestações e Equipamentos, 8321 para Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da

Distribuição, 20841 para Mobilidade Elétrica, 18784 para Geração Distribuída e Microrredes, 5490 para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 35960 para Qualidade da Energia Elétrica.

O total de artigos publicados no Brasil, comparativamente ao mundo, é muito pequeno, ainda que o número venha crescendo ao longo dos anos. Da mesma maneira, a produção científica vem aumentando, a cada ano, em escala global.

Pela comparação dos percentuais entre o Brasil e o mundo, claramente se vê que o tema da macrotemática Mobilidade Elétrica possui um percentual de contribuições em produção científica muito maior no mundo. Pode-se inferir, a partir desta informação, que a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) relacionados aos veículos elétricos é muito mais forte em escala mundial e que o Brasil ainda está muito incipiente nesta área.

Outro destaque no Brasil é em relação aos temas tratados pela macrotemática Qualidade da Energia Elétrica, com contribuições percentuais de produção científica de 35,73%, enquanto no mundo fica em 26,97%.

As outras macrotemáticas apresentam contribuições muito parecidas no Brasil e no mundo, em termos percentuais. Há alguns destaques pontuais na produção científica brasileira, em comparação ao mundo, nas macrotemáticas Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Subestações e Equipamentos.

Em escala mundial, há um destaque pontual na produção científica relacionada à macrotemática Segurança Cibernética.

Os temas relacionados às macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Automação da Rede e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes não são tão relevantes em comparação aos temas das outras macrotemáticas, em nível mundial e local.

De forma geral, infere-se que, no Brasil, os temas mais tradicionais possuem maior destaque, enquanto em escala mundial temas relacionados a inovações tecnológicas e advento das novas tecnologias estão sendo os de maior interesse, considerando-se o período de 10 anos escolhido para análise deste relatório Diagnóstico.

O Brasil ainda fica atrasado em relação às tendências mundiais de produção científica, que abarcam os fatos de que o sistema de energia global está evoluindo de forma muito rápida, sendo que as tecnologias estão transformando o panorama da energia global e fortes sinais das políticas

energéticas implementadas são importantes para guiar os desenvolvimentos e endereçar os desafios emergentes. A implantação acelerada de tecnologias de energia limpa será fundamental para uma transformação gerenciável e sustentável do setor de energia. A absorção agressiva e abrangente das tecnologias disponíveis poderia acelerar a transição para uma baixa emissão de carbono, que é uma meta já desafiadora, com o potencial para que as emissões de dióxido de carbono (CO_2) do setor de energia sejam reduzidas para o zero líquido até 2060. No entanto, isso é um desafio formidável que dependeria de uma mudança fundamental e imediata no atual nível de políticas públicas de energia e clima (IEA, 2017).

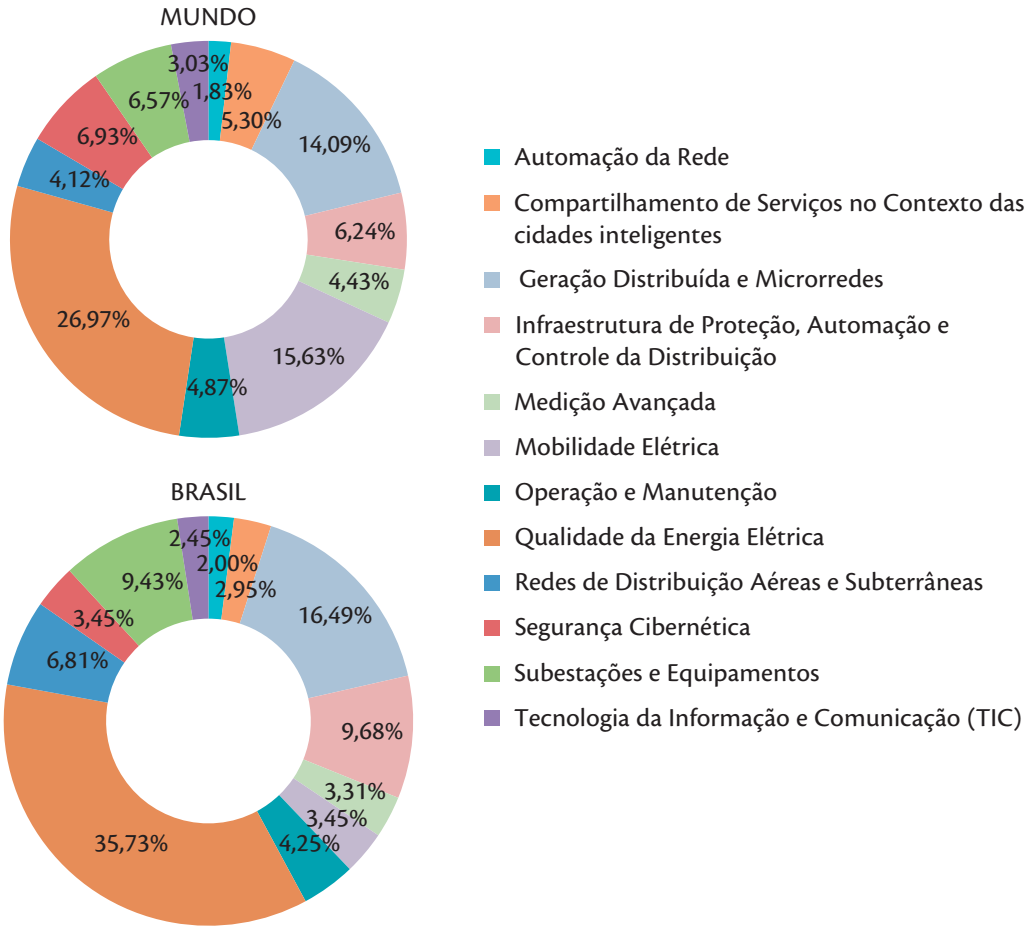


Gráfico 105 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil, no período de 2007-2016, nas macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Pela análise do Gráfico 106, pode-se ver o domínio e hegemonia em relação à produção científica na área de distribuição de energia elétrica nos países Estados Unidos da América e China. Estes países buscam estar na vanguarda da pesquisa e do desenvolvimento (P&D) e contam com uma infraestrutura de centros de pesquisa, laboratórios, entre outros, que incentivam a formação de pesquisadores e consequente produção científica. Os Estados Unidos da América são a maior potência econômica mundial e a China está em franco desenvolvimento há alguns anos.

É interessante notar que a Índia, apesar de estar na Ásia e não ser um dos países mais desenvolvidos do mundo, é um dos principais países emergentes hoje. O que pode explicar esse sucesso em termos de produção científica são os desenvolvimentos em inovação e da participação da iniciativa privada (CORREIO, 2012).

O sucesso da Espanha em termos de produção científica pode ser explicado pelo pioneirismo no desenvolvimento das fontes renováveis. A opção de desenvolver energias renováveis foi impulsionada pelas diretivas europeias, ditadas pelo compromisso de mitigar as emissões de CO_2, pelo interesse em reduzir a dependência externa de recursos energéticos e pelo objetivo de desenvolver a indústria doméstica de equipamentos relacionados à energia renovável. As fontes renováveis experimentaram forte desenvolvimento nos últimos anos. As fontes eólica e solar lideraram a expansão do parque de geração e, atualmente, representam, respectivamente, 21% e 6% da capacidade de geração (AMBIENTE ENERGIA, 2015).

O sucesso da Coreia do Sul pode ser explicado por alguns fatores. O processo de superação da condição de subdesenvolvimento apresenta crescimento em produção científica e tecnológica, ou maturação dos sistemas nacionais de inovação. O país se destacou principalmente pela decisão política de construir um sistema nacional de inovação, começando por reformas institucionais e investimentos pesados em educação no período pós-guerra da Coreia, avançando, posteriormente, por meio de políticas industriais e tecnológicas, em que se destacavam as interações das empresas industriais coreanas com institutos públicos de pesquisa, com vistas a criar um desenvolvimento tecnológico endógeno. Mais recentemente, políticas explícitas surgiram, visando criar um sistema nacional de inovação para o século XXI, assegurando proeminência internacional em ciência, tecnologia e inovação, com forte ênfase na economia do conhecimento (Unicamp, 2015).

O Brasil apresentou um bom resultado em relação à produção científica relacionada aos sistemas de distribuição de energia elétrica, ficando na 14ª colocação. Em relação aos outros grupos temáticos, ficou no mesmo patamar, apenas Assuntos Sistêmicos se destacou mais, ficando na 9ª colocação.

O esforço de compreender como se estabeleceram os processos de gestão de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) nas concessionárias do setor elétrico brasileiro a partir da imposição regulatória e sua evolução nos últimos anos, permitiu definir dois momentos importantes. Uma primeira fase que se iniciou com a criação da Lei 9.991 de 2000, obrigando as empresas a investirem em projetos de P&D, sem dispor de um período de adaptação e estruturação interna para esse processo. E uma segunda fase, com o objetivo de aperfeiçoar a regulamentação, com a publicação do Manual de P&D de 2008 que, segundo a ANEEL, resultaria num redirecionamento dos projetos, focando na melhoria dos resultados e na efetivação do processo de inovação.Até o momento, o desenvolvimento tecnológico e a inovação no setor de energia elétrica nacional não possuem um papel fundamental para a sustentabilidade do negócio. Isto, obviamente, não significa que, no futuro, a mesma trajetória será seguida. É fundamental analisar a possibilidade de se entrar numa terceira fase, que modifica a visão dos benefícios da inovação frente à dinâmica que vem se estabelecendo neste setor, especialmente sob os aspectos de restrições regulatórias, tanto do ponto de vista da redução das tarifas quanto das condições operacionais mais restritivas; as pressões ambientais de sustentabilidade e de mudanças climáticas; o avanço tecnológico e o crescimento das fontes alternativas; e a geração distribuída que, somada ao conceito de redes inteligentes, trará impactos significativos na organização e na estrutura de mercado, no modelo de regulação e no estado da arte das tecnologias (BOER, 2013). Estas questões fortaleceram e incentivaram a produção científica no Brasil, que vem aumentando a cada ano. Porém, ainda é necessário uma participação maior da indústria e empresas privadas, em parceria com empresas da Governança do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) de PD&I, para alavancar a produção científica no Brasil.

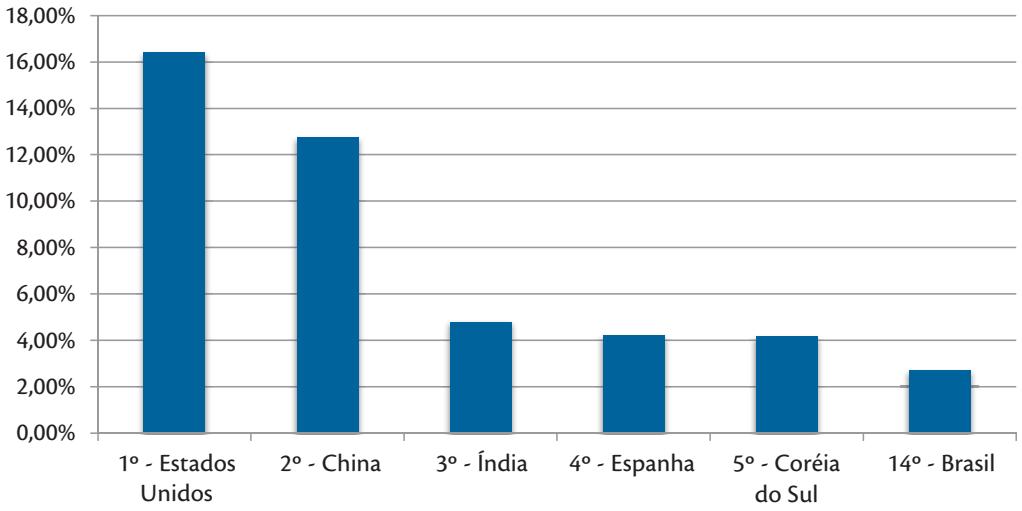


Gráfico 106 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 86 mostra os países com as melhores colocações no *ranking* em relação à produção científica mundial por macrotemática e apresenta a colocação do Brasil, de forma comparativa.

Os países Estados Unidos da América, China, Índia, Espanha e Coreia do Sul são os de maior destaque, conforme já apresentado. A análise por macrotemática permite destacar países como Austrália, Reino Unido, Itália, Canadá, Taiwan, Alemanha e Irã.

O Brasil fica em melhores colocações nas macrotemáticas Subestações e Equipamentos, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Geração Distribuída e Micorredes, o que difere um pouco da análise de produção complementar e de Recursos Humanos no país, mostrando que, em nível mundial, o Brasil se destaca nestas áreas. O que pode explicar esta questão é o fato país ter dimensões continentais e possuir grande quantidade de sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica, o que influencia e torna necessária a publicação de artigos científicos em maior quantidade nestas áreas, que são mais tradicionais e mais técnicas, apesar do indicador de que a entrada das novas tecnologias e da geração distribuída em larga escala vai provocar mudanças nos sistemas de distribuição, e estas preocupações já estão se destacando.

Os temas relacionados às macrotemáticas Automação da Rede, Qualidade da Energia Elétrica, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Operação e Manutenção são de interesse mediano no Brasil e a colocação do país nestas áreas no *ranking* mundial de produção científica também é mediano, porém estão em franco crescimento para abarcar todas as mudanças que, cada vez mais, se tornam necessárias nos sistemas de distribuição de energia elétrica.

A produção científica no Brasil relacionada às macrotemáticas Medição Avançada, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Segurança Cibernética e Mobilidade Elétrica, em comparação ao mundo, ainda é discreta, principalmente em relação ao tema da mobilidade elétrica. Este é um indicador de que o Brasil ainda é atrasado em relação ao mundo em questões de P&D para desenvolvimento de novas tecnologias e de questões inovativas e que, muitas vezes, não há interesse em estar na vanguarda.

Tabela 86 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Distribuição de Energia Elétrica

	1º	2º	3º	4º	5º	Colocação Brasil
Medição Avançada	Estados Unidos	China	Espanha	Austrália	Coreia do Sul	14º
Automação da Rede	Estados Unidos	China	Coreia do Sul	Índia	Reino Unido	9º
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	China	Espanha	Estados Unidos	Itália	Coreia do Sul	16º
Segurança Cibernética	Estados Unidos	China	Taiwan	Coreia do Sul	Índia	17º
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Estados Unidos	China	Coreia do Sul	Canadá	Espanha	13º
Operação e Manutenção	Estados Unidos	China	Inglaterra	Canadá	Itália	13º
Subestações e Equipamentos	Estados Unidos	China	Índia	Irã	Reino Unido	7º
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	Estados Unidos	China	Índia	Irã	Canadá	7º
Mobilidade Elétrica	China	Estados Unidos	Coreia do Sul	França	Alemanha	27º
Geração Distribuída e Microrredes	Estados Unidos	China	Irã	Espanha	Índia	8º
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	Estados Unidos	China	Itália	Canadá	Reino Unido	6º
Qualidade da Energia Elétrica	Estados Unidos	China	Índia	Espanha	Alemanha	10º

Fonte: elaboração própria.

Para entendimento do Gráfico 107 e do Gráfico 108, deve-se considerar que o *ranking* de 1 a 12, número total de macrotemáticas desse grupo temático, está sendo considerado no eixo das ordenadas e os anos estão sendo considerados no eixo das abscissas. Os gráficos mostram a evolução, ao longo do período de 10 anos (2007 a 2016), das contribuições de publicação científica referentes aos temas

das macrotemáticas em nível Brasil e mundial, e a espessura das linhas apresenta as variações quanto ao volume de publicações.

De forma geral, a espessura das linhas correspondentes a todas as macrotemáticas aumentou, indicando que a produção científica tende a aumentar a cada ano, em nível Brasil e mundial.

Em nível Brasil, as macrotemáticas Qualidade da Energia Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle se mantiveram no topo do *ranking*. Já as macrotemáticas Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes e Subestações e Equipamentos obtiveram melhores resultados em termos de evolução. Ainda pode-se analisar que as macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Operação e Manutenção e Medição Avançada obtiveram os piores resultados em termos de evolução. Por fim, as macrotemáticas Segurança Cibernética e Automação da Rede não apresentaram melhorias em termos de evolução no ranking, permanecendo nas últimas posições, e a macrotemática Mobilidade Elétrica permaneceu em colocação intermediária. Vale salientar que, ao longo do período, houve alguns picos maiores e menores nos resultados de todas as macrotemáticas.

Os temas relacionados às macrotemáticas Qualidade da Energia Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes são os de maior destaque hoje no Brasil. Pode-se inferir destes resultados que questões como qualidade do produto e de serviços relacionados à energia elétrica, novas tecnologias, entrada cada vez maior de fontes intermitentes no Sistema Interligado Nacional (SIN), crescimento expressivo da geração distribuída, adequações e melhorias das infraestruturas das redes de distribuição de energia elétrica, com aumento da competitividade entre os atores envolvidos e confiabilidade dos sistemas e o advento das redes elétricas inteligentes são os temas que estão gerando maior interesse em termos de produção científica no país hoje.

Em nível mundial, as macrotemáticas Qualidade da Energia Elétrica, Mobilidade Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição se mantiveram no topo do *ranking*. Já as macrotemáticas Mobilidade Elétrica, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes e Medição Avançada obtiveram os melhores resultados em termos de evolução. É possível notar, ainda, que as macrotemáticas Subestações e Equipamentos e Redes Aéreas e Subterrâneas obtiveram os piores resultados em termos de evolução. Por fim, as macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Automação da Rede e Operação e Manutenção não apresentaram melhorias em termos de evolução no *ranking*, permanecendo nas últimas posições, e a macrotemática Segurança Cibernética permaneceu em colocação intermediária.

Vale salientar que, ao longo do período, houve alguns picos maiores e menores nos resultados de todas as macrotemáticas.

Os temas relacionados às macrotemáticas Mobilidade Elétrica, Qualidade da Energia Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes são os de maior destaque, hoje, no mundo. Pode-se inferir destes resultados que questões como qualidade do produto e de serviços relacionados à energia elétrica, novas tecnologias, entrada cada vez maior de fontes intermitentes, crescimento expressivo da geração distribuída, necessidade de atendimento a acordos climáticos, crescimento do interesse e da demanda por veículos elétricos e o avanço cada vez maior em termos de interoperabilidade de sistemas de distribuição de energia elétrica, com a utilização de Redes Elétricas Inteligentes (REI), são os temas que estão gerando maior interesse em termos de produção científica no mundo hoje.

Comparando a situação brasileira ao resto do mundo, vê-se que, em alguns temas muito atuais, o Brasil ainda está atrasado, sendo que há muito o que se desenvolver na área de mobilidade elétrica e segurança cibernética, por exemplo. Em relação ao advento dos veículos elétricos, a produção científica nesta área em nível mundial é expressivamente maior. Porém, os assuntos relacionados à qualidade da energia elétrica, à geração distribuída, às REI e à infraestrutura de Proteção Automação e Controle da Distribuição, por exemplo, são muito trabalhados no Brasil e no mundo, indicando uma tendência mais geral de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I).

Os assuntos relativos à segurança cibernética e à mobilidade elétrica são mais pesquisados e desenvolvidos em nível mundial, indicando uma necessidade do Brasil em planejamento de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) que contemple uma maior priorização nessas áreas. Também é notável ver que, no Brasil, ainda há maior volume em termos percentuais de pesquisa relativa a temas mais tradicionais e técnicos da área de distribuição de energia elétrica, trabalhados nas macrotemáticas Subestações e Equipamentos e Redes de Distribuiçao Aéreas e Subterrâneas, o que pode indicar que os sistemas ainda não estão totalmente desenvolvidos e não há total confiabilidade, comparada a outros países no mundo. Estas questões vão de encontro ao trinômio de diretrizes do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), em busca da modicidade tarifária, segurança energética e a universalização do atendimento, após a reformulação do Setor em 2004.

Vale salientar que os temas relativos às macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Automação da Rede não estão se destacando hoje em dia, em comparação às outras, no Brasil e no mundo, mas, no arcabouço da distribuição de energia elétrica, são muito importantes, no sentido de que os modelos de expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia serão cada vez mais dependentes de capacidades computacionais e de sistemas mais automatizados, até

no que diz respeito à mudança dos paradigmas das relações, de consumidor para prosumidor, e para a implantação dos conceitos de cidades inteligentes.

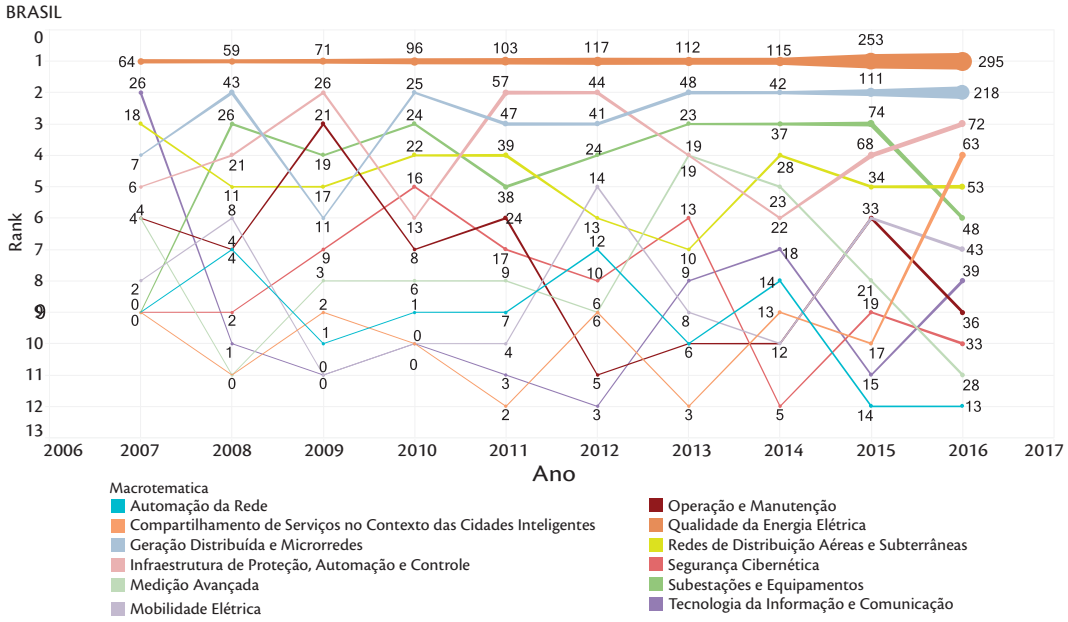


Gráfico 107 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

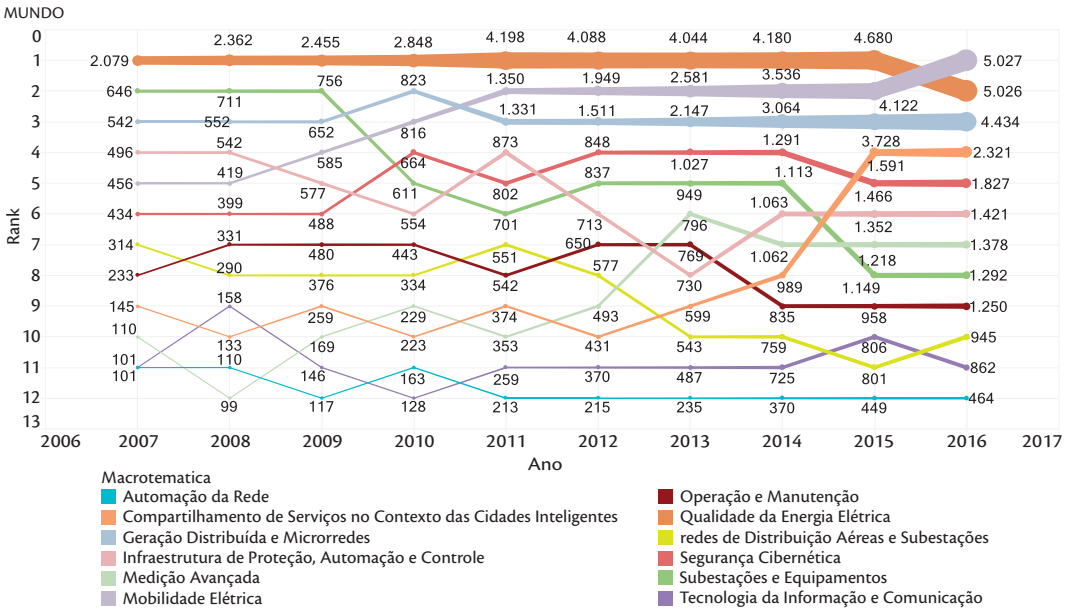


Gráfico 108 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Figura 37 apresenta a distribuição de produção científica do GT Distribuição de Energia Elétrica em território nacional, separada por unidade da federação, ao longo de um período de 10 anos (2007 a 2016). Nota-se que não há uniformidade na distribuição do número de artigos científicos nos estados. Em relação ao número de publicações, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pará, Rio Grande do Sul e Santa Catarina se destacam quando comparados aos outros estados. Opostamente, Acre, Roraima, Rondônia e Piauí foram os estados que apresentaram a menor quantidade de publicações. O estado de Mato Grosso do Sul não apresentou nenhum registro de artigos.

A explicação para um número pequeno de publicações em alguns estados é que a busca foi feita com o auxílio de filtros *Qualis*, de qualidade de publicações em periódicos. Foram filtrados os níveis A1, A2, B1 e B2. Em nível mundial, estes filtros e a questão dos artigos serem publicados na língua inglesa não são tão impactantes, porém, no Brasil, acabou por reduzir o número de publicações que apareceram como resultados deste relatório Diagnóstico. *Qualis* é o conjunto de procedimentos utilizados pela Capes para estratificação da qualidade da produção intelectual dos programas de Pós-Graduação. Tal processo foi concebido para atender às necessidades específicas do sistema de avaliação e é baseado nas informações fornecidas por meio do aplicativo Coleta de Dados. Como resultado, disponibiliza uma lista com a classificação dos veículos utilizados pelos programas de

Pós-Graduação para a divulgação da sua produção. A estratificação da qualidade dessa produção é realizada de forma indireta. Dessa forma, o *Qualis* afere a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção, a partir da análise da qualidade dos veículos de divulgação, ou seja, periódicos científicos e anais de eventos. A classificação de periódicos e eventos é realizada pelas áreas de avaliação e passa por processo anual de atualização. Esses veículos são enquadrados em estratos indicativos da qualidade – A1, o mais elevado; A2; B1; B2; B3; B4; B5; C – com peso zero (CAPES, 2014).

Os profissionais que formam a base da pesquisa e desenvolvimento ou que contribuem para a ciência e tecnologia em áreas do conhecimento ligadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica se concentram nas regiões Sudeste e Sul do país, o que justifica os melhores resultados em termos de quantidade de publicações de artigos científicos nos estados dessas regiões. Observam-se resultados com números menores, porém expressivos, na Região Centro-Oeste, no Distrito Federal; e na região Nordeste, nos estados da Paraíba, Pernambuco e Bahia.

Cabe o destaque na região Norte ao estado do Pará. Apesar de não estar entre os estados com maior quantidade de Recursos Humanos relacionados ao tema de distribuição de energia elétrica (ver Figura 35), ficou na quarta colocação no *ranking* de produção científica por estados no território nacional. Uma possível explicação para o destaque desse estado é que há vários programas de iniciação científica e Pós-Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará (UFPA). O principal programa relativo à área de distribuição de energia elétrica é o desenvolvido no laboratório de planejamento de redes de alto desempenho (LPRAD), da Faculdade de Engenharia Elétrica (FEE), onde se objetiva investigar tecnologias de redes (cabeadas e sem fio) sob a ótica de planejamento para otimização de desempenho dessas redes. O LPRAD se constitui no primeiro laboratório de última geração em tecnologias de redes da região amazônica (FEE UFPA, 2011).

A concentração de publicação científica relacionada ao tema da distribuição de energia elétrica na região Sudeste é um resultado esperado, e pode ser explicada pela concentração histórica de grandes centros urbanos nessa região do país, da qual decorre a concentração regional do PIB e de polos de pesquisa e laboratórios.

A concentração de profissionais de distribuição de energia elétrica na região Sul é devida à concentração de pessoas da Academia nas diversas universidades existentes, devido ao potencial hidrelétrico das bacias dos rios Paraná e Uruguai e pelo fato da economia da região girar em torno da indústria e da agropecuária, atividades que exigem uma demanda de energia elétrica crescente. Estas questões despertam interesse e demandam um número maior de publicações de artigos científicos nos estados dessa região.

As atividades de PD&I na área de distribuição de energia elétrica dependem, basicamente, da massa crítica dos Recursos Humanos, de suas competências analíticas e de tecnologias da informação e computacionais e de fatores geograficamente determinados, como potencialidades locais de recursos naturais, ou da existência de grandes centros tecnológicos com infraestrutura de equipamentos e laboratórios. Nesse sentido, a localização geográfica de profissionais trabalhando nessas áreas do conhecimento influencia bastante na quantidade de publicações em termos de produção científica, conforme visto que as regiões Sudeste e Sul se sobressaem em relação às outras.

Em comparação à análise da distribuição dos Recursos Humanos no território nacional (ver Figura 35), os resultados são muito parecidos. Desta maneira, pode-se inferir que quanto maior o número de Recursos Humanos em uma determinada localidade geográfica, maior a quantidade em termos de produção científica naquela mesma localidade. Há algumas pequenas diferenças de distribuição entre alguns poucos estados.

Porém, para a produção científica, vale destacar que o estado de São Paulo possui maior hegemonia, em comparação à análise para Recursos Humanos relativos ao GT Distribuição de Energia Elétrica (ver Figura 39).

Para a apresentação dos resultados na Figura 37, foi feita uma análise para retirar as duplicidades, em que um artigo pode ter sido classificado em mais de uma macrotemática e ter sido contabilizado mais de uma vez em cada estado. Desta forma, os valores por estado tentaram representar a maior proximidade em relação à realidade possível.

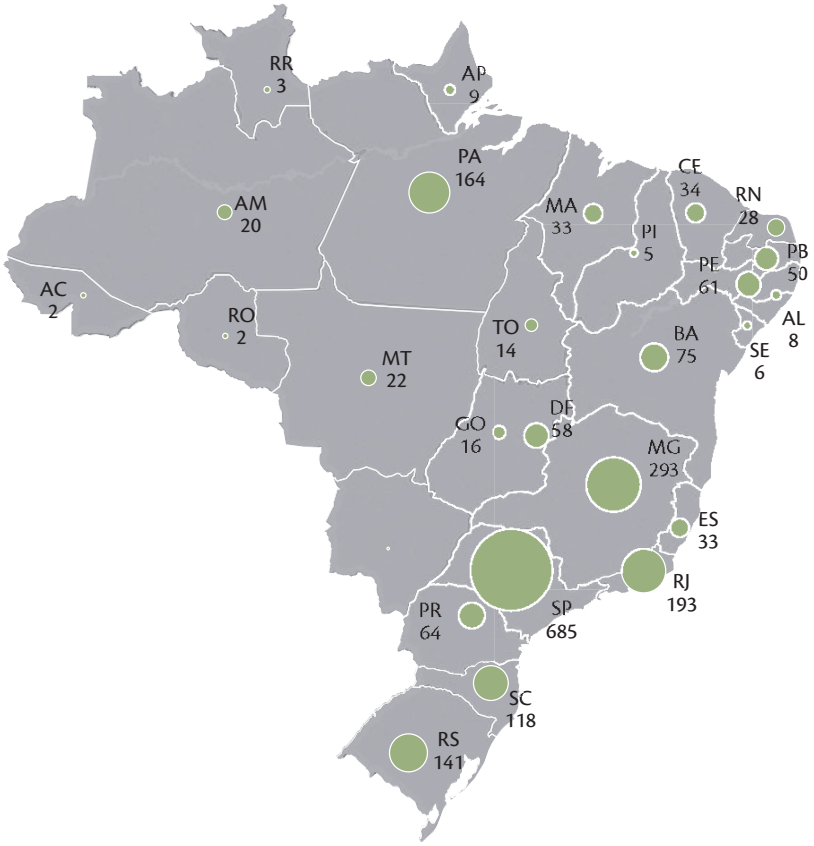


Figura 37 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 87 aponta que o padrão de concentração regional ocorre também em níveis mais desagregados de análise, se repetindo em cada uma das doze macrotemáticas analisadas, com pequenas exceções.

Os valores absolutos obtidos como resultados por macrotemática são apresentados a seguir. Foram identificados 119 artigos científicos publicados relativos à macrotemática Medição Avançada, 72 para Automação da Rede, 106 para Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 124 para Segurança Cibernética, 88 para Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 153 para Operação e Manutenção, 339 para Subestações e Equipamentos, 348 para Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, 124 para Mobilidade Elétrica, 593 para Geração Distribuída e Microrredes, 245 para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 1285 para Qualidade da Energia Elétrica.

Os estados onde ocorrem as maiores concentrações de produção científica por macrotemática são, em geral, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Pará, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Conforme já apresentado, constatam-se as maiores concentrações de produção científica nas regiões Sudeste e Sul do Brasil com grande destaque do estado do Pará na região Norte.

As macrotemáticas em que a produção científica está mais fortemente concentrada nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, representantes da região Sudeste, são Medição Avançada (DI 01 – 68,08%), Subestações e Equipamentos (DI07 – 61,95%), Mobilidade Elétrica (DI09 – 62,90%), Geração Distribuída e Microrredes (DI10 – 60,88%) e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (DI11 – 60,41%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT de Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de produção científica nesses três estados ficou entre 39,87% e 68,08%.

Nos estados do Pará, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, referentes às regiões Sul e Norte do país, verifica-se um percentual relevante da produção científica relacionada a temas ligados às macrotemáticas Automação da Rede (DI 02 – 22,22%), Operação e Manutenção (DI06 – 32,02%), Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição (DI08 – 21,54%) e Mobilidade Elétrica (DI 09 – 20,98%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT de Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de produção científica nesses três estados ficou entre 9,68% e 32,02%.

Nos estados da Bahia, Pernambuco e Paraíba, representantes da região Nordeste, verificam-se um percentual relevante da produção científica relacionada a temas ligados às macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (DI05 – 15,90%), Operação e Manutenção (DI06 – 15,03%) e Qualidade da Energia Elétrica (DI12 – 10,03%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT de Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de produção científica nesses três estados ficou entre 1,62% e 15,90%.

O Distrito Federal se sobressai dentro da região Centro-Oeste do país e verifica-se um percentual relevante da produção científica relacionada a temas ligados às macrotemáticas Medição Avançada (DI01 – 5,04%), Segurança Cibernética (DI04 – 14,52%), Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (DI05 – 3,41%) e Qualidade da Energia Elétrica (DI12 – 3,42%).

A penúltima linha da tabela (ND) mostra a quantidade de artigos científicos que estavam com o campo "UF" vazio, endereço não declarado.

A profunda concentração da produção científica nas regiões Sudeste e Sul indica que é importante trazer outros estados e regiões do país para a pesquisa, produção científica e discussão em grande

número de temas que dizem respeito à evolução e ao desenvolvimento de tecnologias, ferramentas e métodos associados ao planejamento, projeto, implantação, operação e manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Em comparação à análise dos Recursos Humanos inerentes a cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica (ver Tabela 91), pode-se inferir que, observando-se algumas diferenças em relação aos resultados das duas análises, no que tange aos estados de destaque e às macrotemáticas em destaque por região, nem sempre uma maior quantidade de Recursos Humanos relacionados a uma macrotemática indica diretamente uma maior produção científica naquela área. A análise é complexa e depende muito da dinâmica colaborativa de uso da infraestrutura existente e o trabalho e interesse dos pesquisadores em publicar artigos científicos.

Tabela 87 - Percentuais da produção de artigos, em cada macrotemática, por UF, para o GT Distribuição de Energia Elétrica

	DI01 (%)	DI02 (%)	DI03 (%)	DI04 (%)	DI05 (%)	DI06 (%)	DI07 (%)	DI08 (%)	DI09 (%)	DI10 (%)	DI11 (%)	DI12 (%)
SP	38,66	38,89	22,64	37,90	36,36	25,49	34,22	38,22	33,06	34,57	29,80	29,34
MG	13,45	8,33	7,55	6,45	11,36	6,54	14,75	12,64	14,52	15,85	17,96	19,22
RJ	15,97	12,50	11,32	6,45	6,82	7,84	12,98	4,89	15,32	10,46	12,65	7,86
PA	6,72	12,50	6,60	4,84	13,64	7,84	7,37	7,18	5,65	6,24	2,04	7,24
RS	4,20	6,94	5,66	3,23	2,27	15,03	6,49	10,34	3,23	5,73	9,80	4,98
SC	6,72	2,78	1,89	1,61	3,41	9,15	5,60	4,02	12,10	6,58	2,45	3,89
BA	4,20	4,17	3,77	0,00	7,95	8,50	2,36	2,59	0,81	2,87	1,63	3,11
DF	5,04	0,00	0,00	14,52	3,41	1,96	0,59	1,72	2,42	1,35	0,82	3,42
PE	0,00	0,00	1,89	1,61	2,27	3,92	2,95	2,01	0,81	0,84	2,45	4,12
PR	0,84	2,78	4,72	0,00	3,41	3,92	1,77	2,01	1,61	2,02	4,08	2,72
PB	0,84	1,39	0,00	0,00	5,68	2,61	1,77	1,44	0,00	0,84	0,82	2,80
CE	0,00	5,56	2,83	0,81	1,14	3,92	1,18	0,29	0,81	2,02	4,08	1,40
RN	1,68	0,00	16,04	4,03	0,00	1,31	0,29	1,15	0,81	0,51	1,22	1,25
ES	0,84	1,39	0,94	0,00	1,14	0,65	0,59	2,30	0,00	1,85	1,63	1,40
MA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	0,86	0,81	2,36	1,63	0,78
MT	0,00	0,00	0,00	4,03	0,00	0,00	1,18	0,86	0,00	0,67	2,04	1,01
AM	0,00	0,00	6,60	6,45	0,00	0,00	0,59	1,15	0,00	0,00	0,82	0,70

	DI01 (%)	DI02 (%)	DI03 (%)	DI04 (%)	DI05 (%)	DI06 (%)	DI07 (%)	DI08 (%)	DI09 (%)	DI10 (%)	DI11 (%)	DI12 (%)
TO	0,00	0,00	2,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,65	1,85	0,00	0,78
GO	0,00	0,00	3,77	0,00	0,00	0,00	0,29	0,57	0,00	1,18	0,00	0,78
AL	0,00	0,00	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00	0,00	0,00	0,23
AP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86	0,00	0,51	0,00	0,23
SE	0,00	0,00	0,00	1,61	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,41	0,23
PI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,47
RR	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
RO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
AC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,08
ND*	0,84	2,78	0,00	6,45	1,14	1,31	1,47	2,87	2,42	1,52	3,27	1,63
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: **DI01** - Medição Avançada; **DI02** - Automação da Rede ; **DI03** - Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes; **DI04** - Segurança Cibernética; **DI05** - Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC); **DI06** - Operação e Manutenção; **DI07** - Subestações e Equipamentos; **DI08** - Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição; **DI09** - Mobilidade Elétrica; **DI10** - Geração Distribuída e Microrredes; **DI11** - Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas; **DI12** - Qualidade da Energia Elétrica; **ND** - UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Produção complementar

A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias não estão restritos aos centros de pesquisa especializados e aos laboratórios de instituições de ensino e pesquisa federais. A partir da Lei 9.991/2000, a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) se estendeu às responsabilidades das empresas do setor elétrico, com foco na evolução tecnológica dos parques de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Como consequência, os estudos se estenderam aos interesses da cadeia produtiva dedicada, ao setor elétrico. Nesse contexto, a caracterização da produção científica é apresentada em eventos, nos quais as empresas do setor elétrico nacional, as instituições de P&D e as empresas da cadeia produtiva têm a oportunidade de exporem os seus trabalhos e apresentarem as tendências tecnológicas. Conforme descrito na metodologia, os dados são relativos ao período compreendido entre 2007 e 2016 e dizem respeito ao Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citenel), Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI),

Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) e Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (SEPOPE), principais eventos do setor elétrico nacional.

Os eventos abordados na produção intelectual complementar apresentam, de forma geral, um foco diferente da produção científica primária. Nesses seminários ou congressos, a participação de empresas do SEB é maior e há artigos que são estudos de caso destas companhias ou resultados de programas de P&D. Nesse sentido, os assuntos que mais apresentam artigos publicados nos eventos nem sempre são os mesmos quando comparados à produção de artigos científicos, por exemplo.

O Gráfico 110 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do grupo temático na produção científica em eventos do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), em que se veem os percentuais que cada macrotemática possui em relação ao total e também os percentuais que cada evento possui de participação em relação ao total da produção, no período de 2007 a 2016.

Os valores absolutos obtidos como resultados por macrotemática, considerando-se todas as edições dos quatro eventos no período de 2007 a 2016 são apresentados a seguir. Foram identificados 27 artigos científicos para a macrotemática Medição Avançada, 172 para Automação da Rede, 29 para Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 20 para Segurança Cibernética, 126 para Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 545 para Operação e Manutenção, 168 para Subestações e Equipamentos, 312 para Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, 21 para Mobilidade Elétrica, 189 para Geração Distribuída e Microrredes, 157 para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 153 para Qualidade da Energia Elétrica.

As macrotemáticas que se sobressaíram foram: Operação e Manutenção, com 28,5% do total, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle, com 17,6% do total, Geração Distribuída e Microrredes, com 10,6% do total, e Automação da Rede, com 9,3% do total. As macrotemáticas Operação e Manutenção, Automação da Rede e Geração Distribuída e Microrredes também tiveram destaque na análise da quantidade total de Recursos Humanos que trabalham nessas áreas no Brasil, conforme visto no Gráfico 135. Os temas trabalhados nas macrotemáticas Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle e Automação da Rede são, de certa forma, coincidentes e, por isso, possuem distribuições de produção científica complementar que se destacam na análise do grupo temático.

As macrotemáticas Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes (1,6%), Medição Avançada (1,2%), Segurança Cibernética (1,2%) e Mobilidade Elétrica (1,1%) apresentam as menores distribuições de produção científica complementar em comparação a todo o grupo temático. Essas macrotemáticas, conforme o Gráfico 135, apresentam as menores quantidades de Recursos Humanos, o que acarreta em menores valores de produção de artigos científicos.

O maior percentual de produção científica complementar referente ao GT Distribuição de Energia Elétrica foi apresentado nas edições do Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI) (63,2%), o que é coerente, pois o evento é mais específico da área. Em seguida, as edições do evento Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) contribuíram com 19,6%, pois o tema de distribuição de energia elétrica acaba sendo influenciado pela P&D e inovações nas áreas de geração e transmissão de energia elétrica. Em seguida, as edições do Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL) contribuíram com 14,9%. Para a área de distribuição de energia elétrica, o Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (SEPOPE) não é um evento tradicional e o percentual de contribuição em todas suas edições de produção complementar para o grupo temático foi de 2,3%.

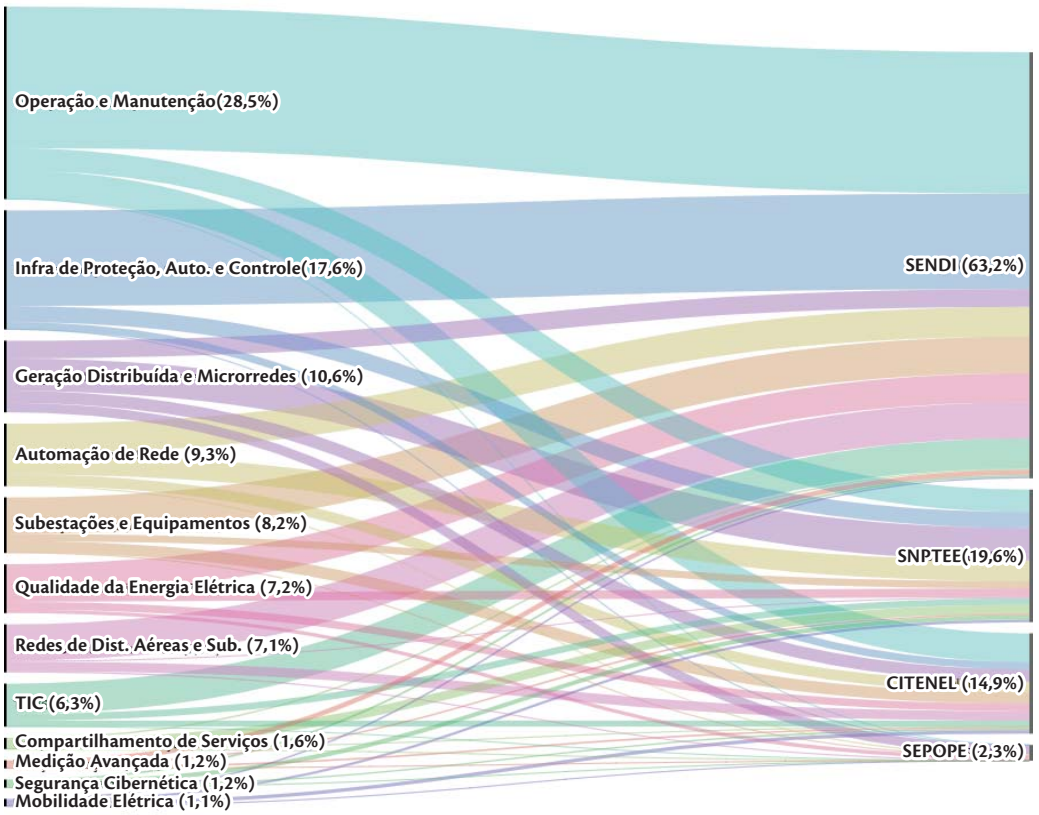


Gráfico 109 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 110 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica nas edições do evento Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (SENDI).

Pela primeira análise, vê-se que a edição em que houve maior contribuição com publicação de artigos científicos foi a do ano de 2008. Depois houve uma queda acentuada nas contribuições nas edições dos anos de 2010 e 2012, aumentando um pouco nos anos de 2014 e 2016. Pode-se inferir da análise que o tema da distribuição de energia elétrica estava bem cotado em 2008 no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), muito provavelmente como consequência da reforma do modelo setorial iniciada no ano de 2004.

Novamente, conforme já observado no Gráfico 110, pode-se ver o destaque das macrotemáticas Operação e Manutenção e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição. No caso específico deste evento, as macrotemáticas Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Subestações e Equipamentos também se destacaram, muito por conta de ser um evento mais tradicional do setor e temas mais tradicionais possuem um maior número de publicações.

As macrotemáticas Medição Avançada, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Segurança Cibernética e Mobilidade Elétrica apresentaram os menores números de publicações nas edições do evento SENDI, o que é coerente, visto que essas macrotemáticas possuem menor percentual de participação de Recursos Humanos, considerando-se todo o GT, de acordo com os resultados apresentados no Gráfico 134.

As macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Qualidade da Energia Elétrica, Automação da Rede e Geração Distribuída e Microrredes apresentaram valores medianos de publicações nas edições do evento SENDI, mostrando que a preocupação com estas questões está aumentando gradativamente.

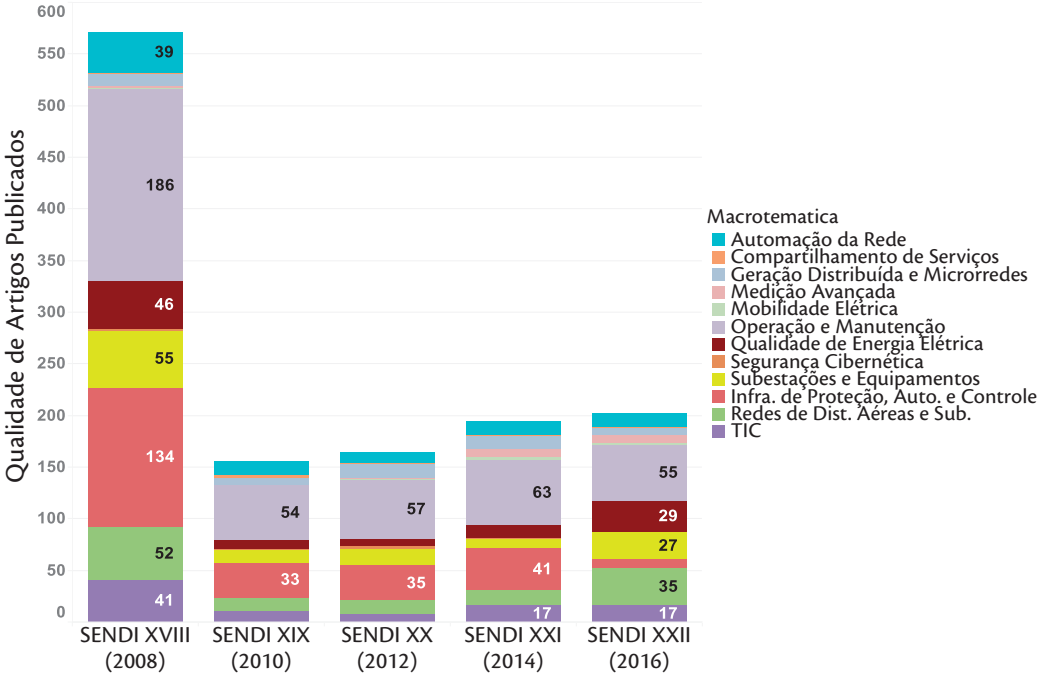


Gráfico 110 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 111 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica nas edições do evento Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE).

Pela primeira análise, vê-se que a edição em que houve maior contribuição com publicação de artigos científicos foi a do ano de 2007. Depois houve uma queda nas contribuições na edição do ano de 2009 e subiu um pouco novamente na edição do ano de 2011. Não houve grandes variações em relação a contribuições nas edições dos anos de 2013 e 2015. Pode-se inferir da análise que o tema da distribuição de energia elétrica estava bem cotado em 2007 no Setor Elétrico Brasileiro (SEB), muito provavelmente como consequência da reforma do modelo setorial iniciada no ano de 2004.

Novamente, conforme já observado no Gráfico 110, pode-se ver o destaque das macrotemáticas Automação da Rede, Operação e Manutenção, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Geração Distribuída e Microrredes.

As macrotemáticas Medição Avançada, Segurança Cibernética e Mobilidade Elétrica apresentaram os menores números de publicações nas edições do evento SNPTEE, o que é coerente, visto que essas macrotemáticas possuem menor percentual de participação de Recursos Humanos considerando-se todo o grupo temático, de acordo com os resultados apresentados no Gráfico 134. O resultado surpreendente é que o tema tradicional trabalhado na macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas possui apenas três artigos científicos publicados em todas as edições do evento, sendo a macrotemática com o menor número de contribuições identificadas.

As macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Qualidade da Energia Elétrica, Subestações e Equipamentos e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes apresentaram valores medianos de publicações nas edições do evento SNPTEE, mostrando que a preocupação com estas questões está aumentando gradativamente.

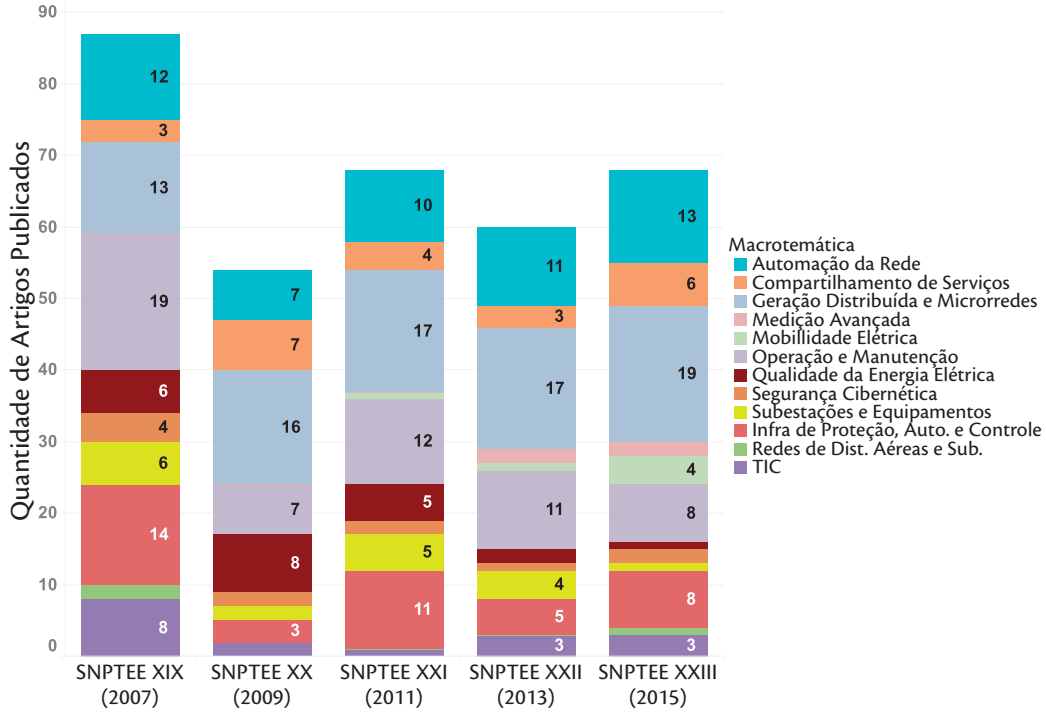


Gráfico 111 -Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 112 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica nas edições do evento Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (CITENEL).

Pela primeira análise, vê-se que a edição em que houve maior contribuição com publicação de artigos científicos foi a do ano de 2013. Já a edição do ano de 2009 foi a que apresentou menores contribuições em termos de produção científica. Pode-se inferir da análise que a resolução normativa 482 da Aneel, do ano de 2012, pode ter alavancado o tema da geração distribuída e das mudanças referentes à entrada de novas tecnologias nos sistemas de distribuição de energia elétrica nas contribuições em artigos científicos na edição do ano de 2013. Em relação às outras edições, não houve grandes variações e o número de publicações foi mediano, apesar de que, na edição do ano de 2015, houve uma queda em relação à edição do ano de 2013, mas o número de contribuições foi, de certa forma, ainda elevado.

Novamente, conforme observado no Gráfico 110, pode-se ver o destaque das macrotemáticas Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos e Geração Distribuída e Microrredes. No caso específico deste evento, as macrotemáticas Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Automação da Rede também se destacaram, muito por conta de ser um evento em que há interesse de empresas em desenvolverem inovações tecnológicas que vão ser úteis em temas mais tradicionais do setor e em temas mais diretamente relacionados aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

As macrotemáticas Mobilidade Elétrica, Medição Avançada, Segurança Cibernética e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes apresentaram os menores números de publicações nas edições do evento CITENEL, o que é coerente, visto que essas macrotemáticas possuem menor percentual de participação de Recursos Humanos, considerando-se todo o grupo temático, de acordo com os resultados apresentados no Gráfico 134.

As macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Qualidade da Energia Elétrica e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição apresentaram valores medianos de publicações nas edições do evento CITENEL, mostrando que a preocupação com estas questões está aumentando gradativamente.

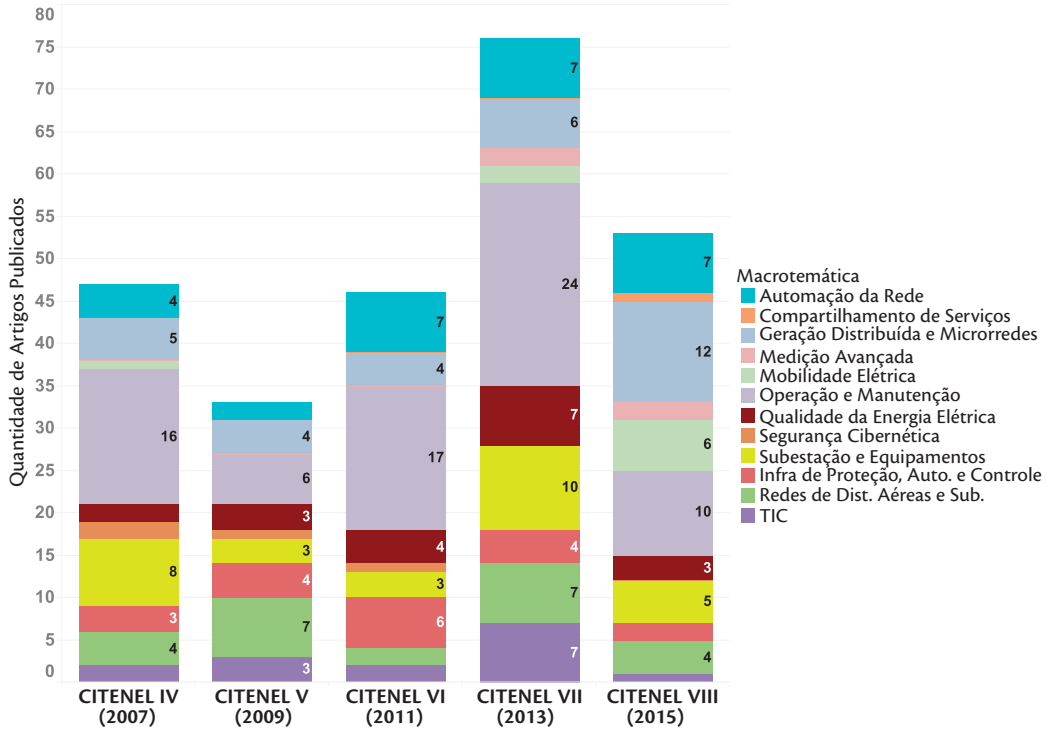


Gráfico 112 -Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 113 mostra a distribuição da participação das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica nas edições do evento Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (SEPOPE).

Pela primeira análise, vê-se que houve contribuições com artigos científicos referentes a apenas cinco macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, Automação da Rede, Subestações e Equipamentos, Geração Distribuída e Microrredes, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Qualidade da Energia Elétrica. Também vê-se que a edição em que houve maior contribuição com publicação de artigos científicos foi a do ano de 2012. Já a edição do ano de 2009 foi a que apresentou menores contribuições em termos de produção científica. Houve uma queda nas contribuições na edição do ano de 2014. Pode-se inferir da análise que a resolução normativa 482 da Aneel, do ano de 2012, pode ter alavancado o tema da geração distribuída e das mudanças referentes à entrada de fontes intermitentes, das redes elétricas inteligentes, dos veículos elétricos, entre outras, nos sistemas de distribuição de energia elétrica nas contribuições em artigos científicos na edição do ano de 2012.

A macrotemática que possui grande destaque nas edições do evento SEPOPE é Geração Distribuída e Microrredes, o que confirma a preocupação e o interesse em pesquisa na área da geração distribuída no Brasil após a homologação pela Aneel da Resolução Normativa 482. Com um número menor de publicações, mas ainda relevante, se destacou a macrotemática Qualidade da Energia Elétrica.

Os temas referentes às macrotemáticas Automação da Rede, Subestações e Equipamentos e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas também são influenciados pelo advento das novas tecnologias e, desta maneira, houve contribuições no evento SEPOPE referentes a esses temas.

Estes resultados indicam que os temas trabalhados no contexto das cinco macrotemáticas já citadas são os que exercem maior influência, hoje, em relação aos sistemas de distribuição de energia elétrica, nos modelos de planejamento da expansão e operação do Setor Elétrico Brasileiro (SEB).

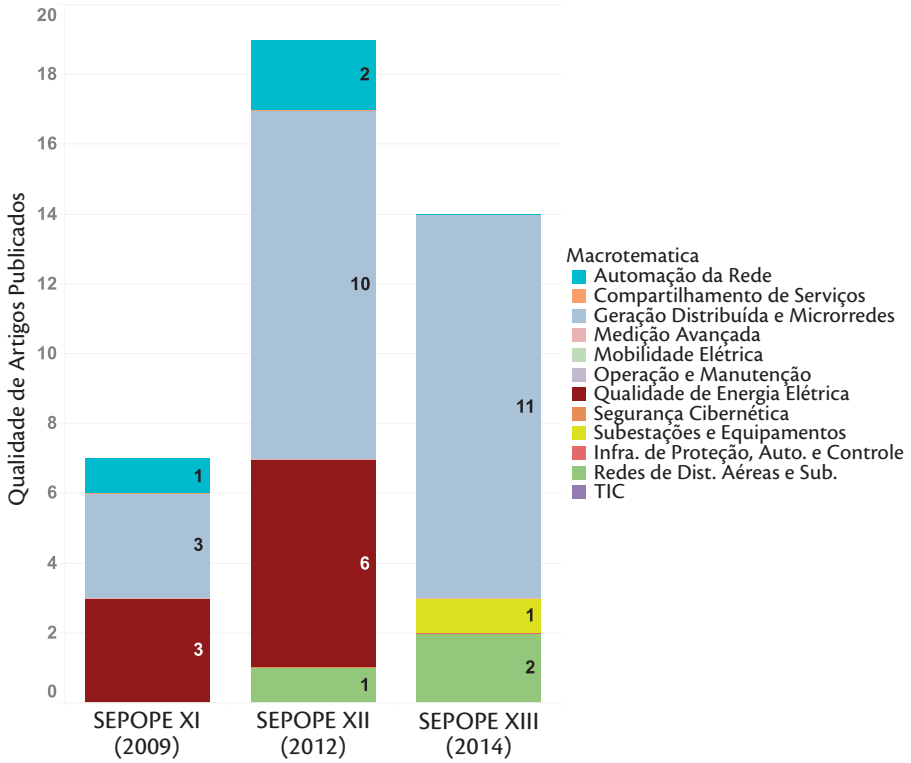


Gráfico 113 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Projetos Aneel

Conforme estabelecido no manual do programa de pesquisa e desenvolvimento regulado pela Aneel, os projetos elaborados pelas empresas do setor elétrico deverão, tal qual estabelece a lei nº 9.991/2000, "estar pautados pela busca de inovações para fazer frente aos desafios tecnológicos e de mercado das empresas de energia elétrica. O projeto de P&D no setor de energia elétrica deve ser original e inovador. No entanto, diferentemente da pesquisa acadêmica pura, que se caracteriza pela liberdade de investigação, deverá ter metas e resultados previstos".

A realidade almejada nesse trecho não se reflete de fato nos resultados dos projetos de P&D regulados pela Aneel. O cumprimento da cadeia de inovação e a inserção de um produto original no mercado ainda não é uma realidade, conforme constatado no Gráfico 114.

A maioria dos projetos desenvolvidos no Programa de P&D regulado pela Aneel é finalizado enquanto pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental (ver Gráfico 114). Em várias macrotemáticas do grupo, as etapas cabeça de série e lote pioneiro foram alcançados, porém o percentual ainda é muito pequeno (entre 5% e 15 %). Os projetos relativos à macrotemática Segurança Cibernética foram finalizados enquanto pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Já os projetos relativos à macrotemática Mobilidade Elétrica, em torno de 5% deles terminaram com inserção no mercado, sem passar pelas etapas de cabeça de série e lote pioneiro, o que é um resultado interessante e mostra que a tendência mundial de produção científica na área trabalhada por essa macrotemática pode ter influenciado o programa P&D Aneel.

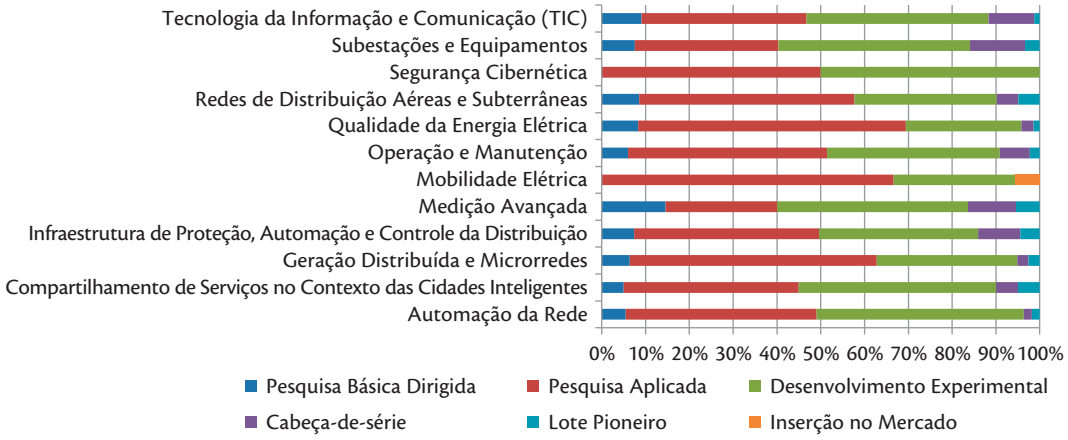


Gráfico 114 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 115 mostra a distribuição percentual dos projetos do Programa de P&D regulado pela Aneel nas macrotemáticas relativas ao GT Distribuição de Energia Elétrica.

O número de projetos por macrotemática é apresentado a seguir. Foram 55 projetos relativos à macrotemática Medição Avançada, 55 relativos à Automação da Rede, 20 relativos à Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 4 relativos à Segurança Cibernética, 77 relativos à Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 480 relativos à Operação e Manutenção, 238 relativos à Subestações e Equipamentos, 135 relativos à Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, 18 relativos à Mobilidade Elétrica, 78 relativos à Geração Distribuída e Microrredes, 163 relativos à Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 72 relativos à Qualidade da Energia Elétrica.

O domínio em relação ao número de projetos foi da macrotemática Operação e Manutenção, seguida pelas macrotemáticas Subestações e Equipamentos, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição. As macrotemáticas que obtiveram o menor número de projetos foram Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Mobilidade Elétrica e Segurança Cibernética. Estes resultados mostram que o interesse dos pesquisadores que participaram do Programa de P&D regulado pela Aneel, ao longo do período de 2008 a 2016, foi em temas mais tradicionais, em relação às mudanças necessárias nas infraestruturas de distribuição de energia elétrica para entrada massiva de fontes intermitentes, geração distribuída, entre outras, em busca da excelência da distribuição e da excelência comercial e de suporte. Em relação a temas que se destacam mais na produção científica mundial, conforme já observado na análise da produção científica no Brasil (ver Gráfico 105), não se teve tanto incentivo e interesse para linhas de pesquisa no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel.

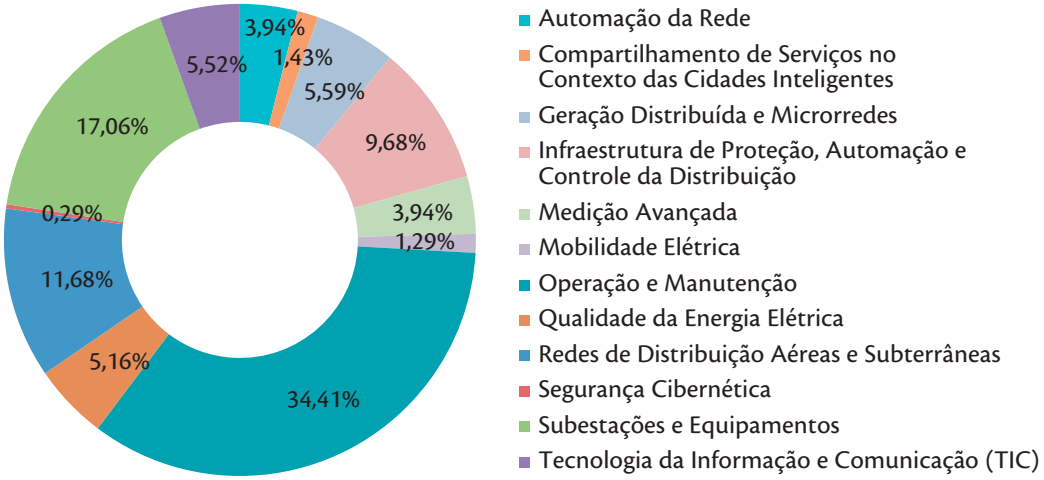


Gráfico 115 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Para a caracterização dos projetos do programa P&D Aneel classificados para o GT Distribuição de Energia Elétrica, apresenta-se uma análise por macrotemática da quantidade de projetos de P&D normal, quantidade de projetos de P&D estratégico, investimento em P&D normal e investimento em P&D estratégico, no período de 2008 a 2016. A base de projetos só começou a ser contabilizada a partir do ano de 2008.

Apresentam-se, a seguir, os gráficos referentes às macrotemáticas Medição Avançada, Automação de Rede e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes.

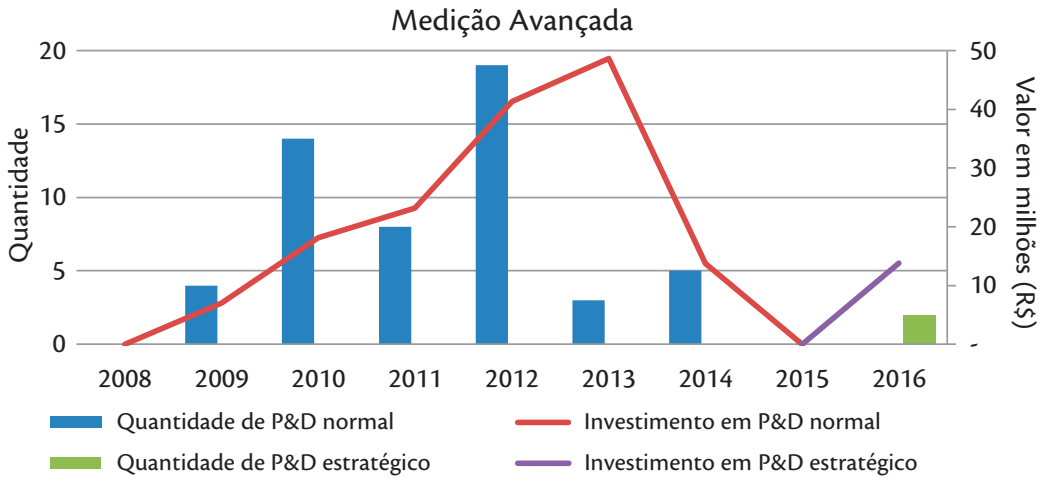


Gráfico 116 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Medição Avançada, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

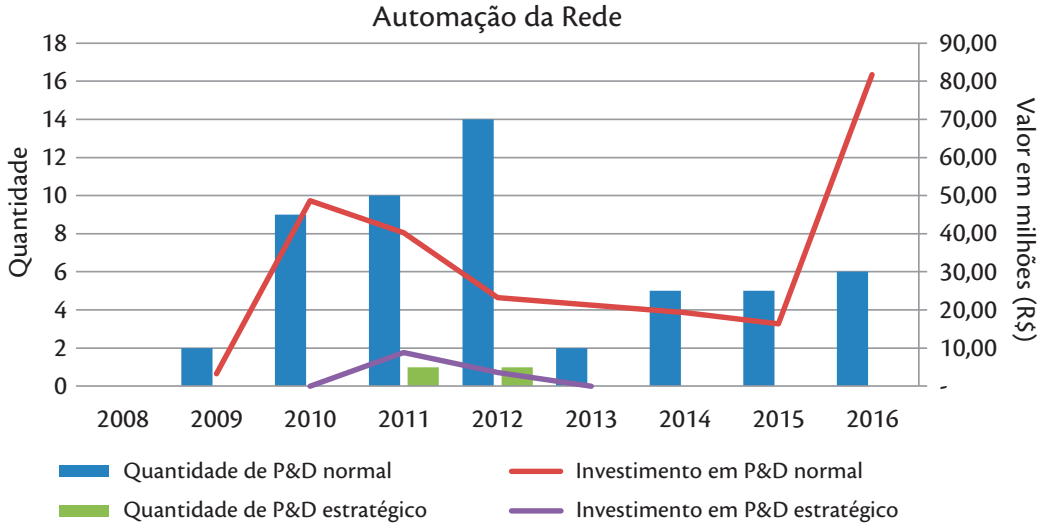


Gráfico 117 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Automação da Rede, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

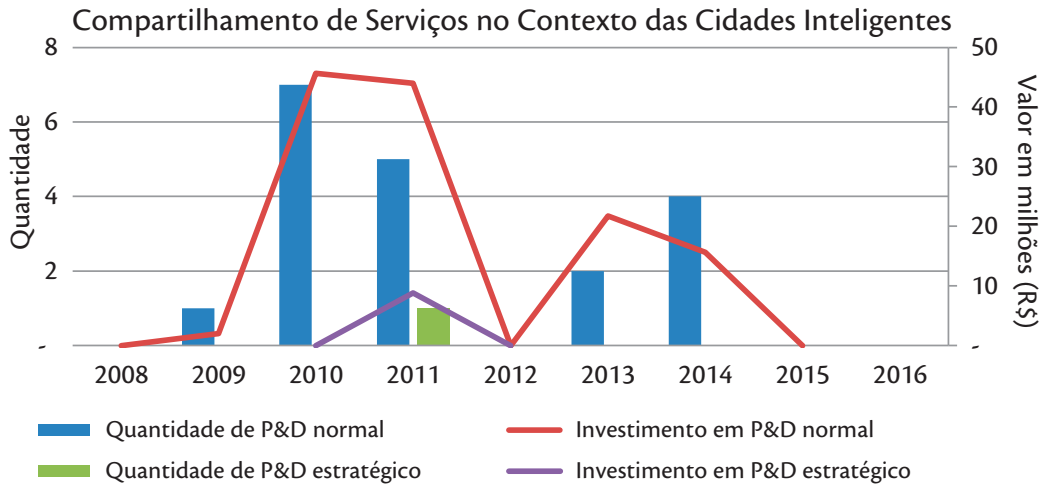


Gráfico 118 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 116 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Medição Avançada subiu de forma considerável do ano de 2009 a 2012, sendo que o valor em milhões (R$) acompanhou esse crescimento. Em 2013, a quantidade de projetos diminuiu consideravelmente, mas o valor em investimentos continuou subindo. De 2013 até hoje, a quantidade de projetos zerou e os investimentos diminuíram muito até zerar. Em 2016, houve algumas chamadas de P&D estratégico, sendo que, a partir de 2015, alguns projetos e investimentos neste âmbito começaram a surgir.

O Gráfico 117 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Automação da Rede subiu de forma considerável de 2009 a 2012, com uma queda acentuada em 2013 e pequena subida nos anos de 2014 a 2016. Em relação aos investimentos, houve uma acentuada subida de 2009 a 2010, com acentuada queda de 2010 a 2015. A partir de 2016, a retomada nos investimentos foi grande, chegando a aproximadamente 16 milhões (R$). Houve chamadas para P&D estratégico em 2011 e 2012, o que pode ter ajudado no surgimento de alguns projetos na área da automação das redes de distribuição de energia elétrica e consequentes investimentos nestes anos.

O Gráfico 118 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes subiu de forma considerável

de 2009 a 2010, caindo um pouco em 2011. Em 2012, não houve nenhum projeto. Em 2013 e 2014, houve um crescimento, sendo que, em 2015 e 2016, novamente não houve nenhum projeto. Os investimentos seguiram a tendência da quantidade de projetos em cada ano. Houve uma chamada para P&D estratégico em 2011, o que pode ter ajudado a surgir um projeto na área de compartilhamento de serviços e consequente investimento neste ano.

Apresentam-se, a seguir, os gráficos referentes às macrotemáticas Segurança Cibernética, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Operação e Manutenção.

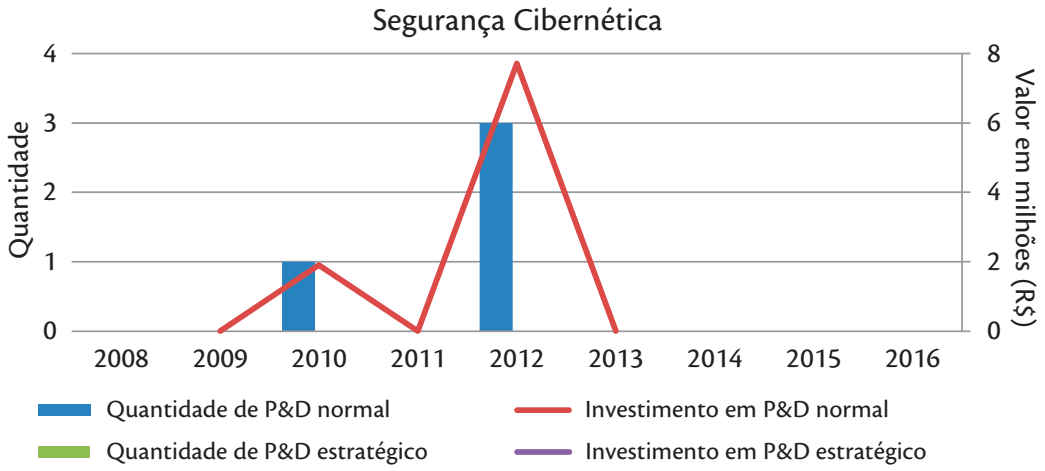


Gráfico 119 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Segurança Cibernética, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

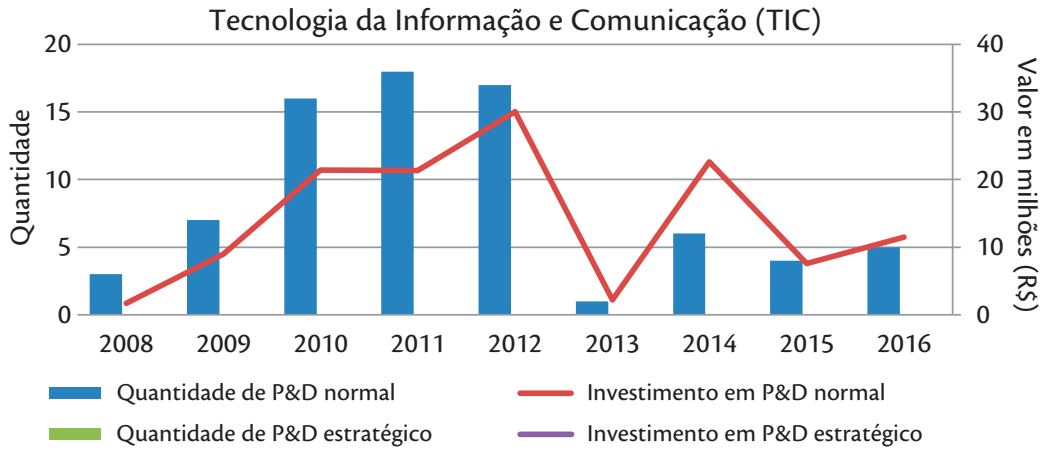


Gráfico 120 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

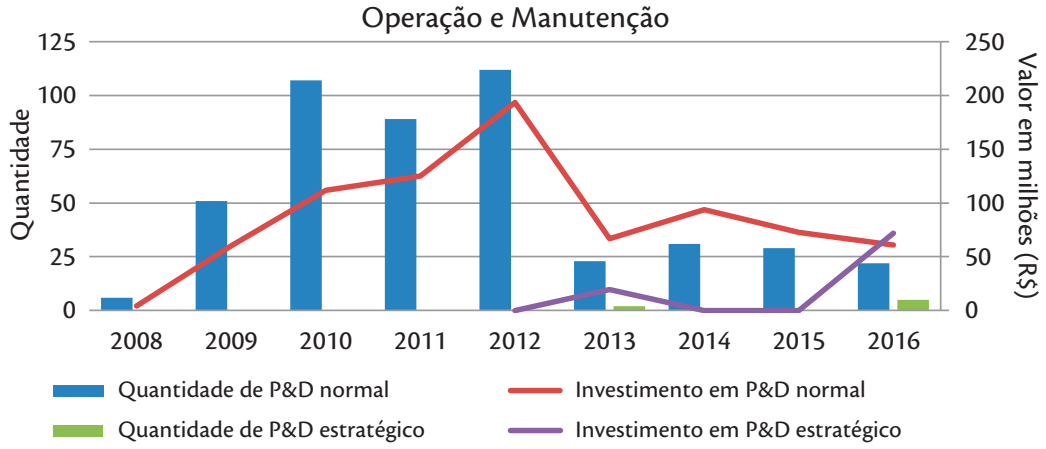


Gráfico 121 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Operação e Manutenção, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 119 mostra que os projetos de P&D normal referentes à macrotemática Segurança Cibernética ocorreram apenas nos anos de 2010 e 2012, sendo que a quantidade em 2012 foi de

três, o triplo em relação a 2010. Os investimentos acompanharam a tendência da quantidade de projetos nesses anos. Não houve nenhum projeto referente a chamadas de P&D estratégico para essa macrotemática. Pode-se inferir da análise do gráfico que a área da segurança cibernética em relação ao tema da distribuição de energia elétrica ainda não é prioridade no programa P&D Aneel, necessitando de muitos investimentos e crescimento.

O Gráfico 120 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) subiu de forma considerável de 2008 a 2012. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2011 e 2012. A partir de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, se mantendo quase constante até o ano de 2016. Os investimentos seguiram a tendência de evolução entre os anos. Não houve nenhum projeto referente a chamadas de P&D estratégico para essa macrotemática. Pode-se inferir da análise que, a partir de 2013, o tema de TIC aplicada à distribuição de energia elétrica perdeu prioridade no contexto do programa P&D Aneel.

O Gráfico 121 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referente à macrotemática Operação e Manutenção subiu de forma considerável de 2008 a 2012, sendo que, em 2011, houve um pequeno decréscimo, com uma retomada em 2012. A partir de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, se mantendo quase constante até o ano de 2016. Os investimentos seguiram a tendência de evolução entre os anos. Houve chamadas para P&D estratégico em 2013 e 2016, anos que apresentaram o maior número de chamadas. Esta é uma possível causa para o surgimento de alguns poucos projetos referentes a estas chamadas, com foco em temas trabalhados na macrotemática Operação e Manutenção, no contexto da distribuição de energia elétrica. Os investimentos em P&D estratégico foram maiores em 2016, em relação ao ano de 2013.

Apresentam-se, a seguir, os gráficos referentes às macrotemáticas Subestações e Equipamentos, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Mobilidade Elétrica.

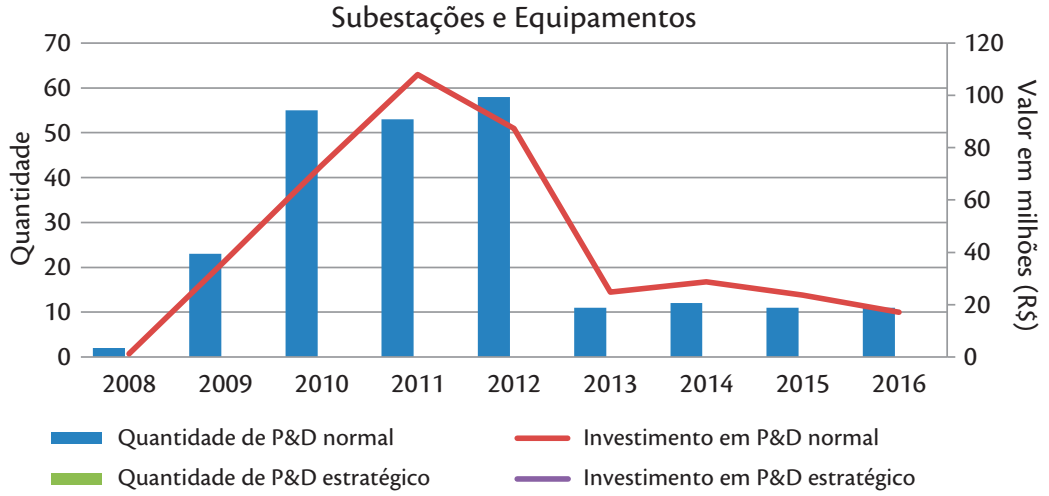


Gráfico 122 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Subestações e Equipamentos, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

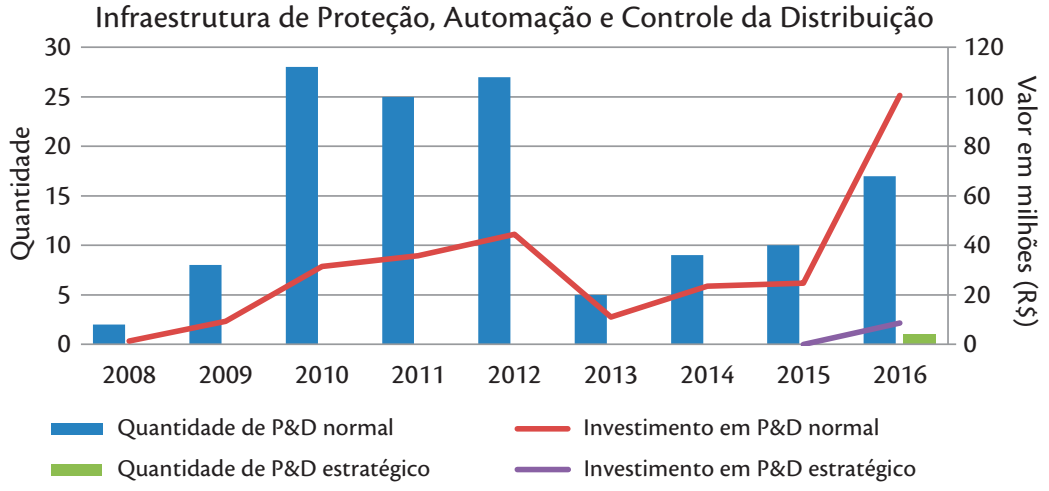


Gráfico 123 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

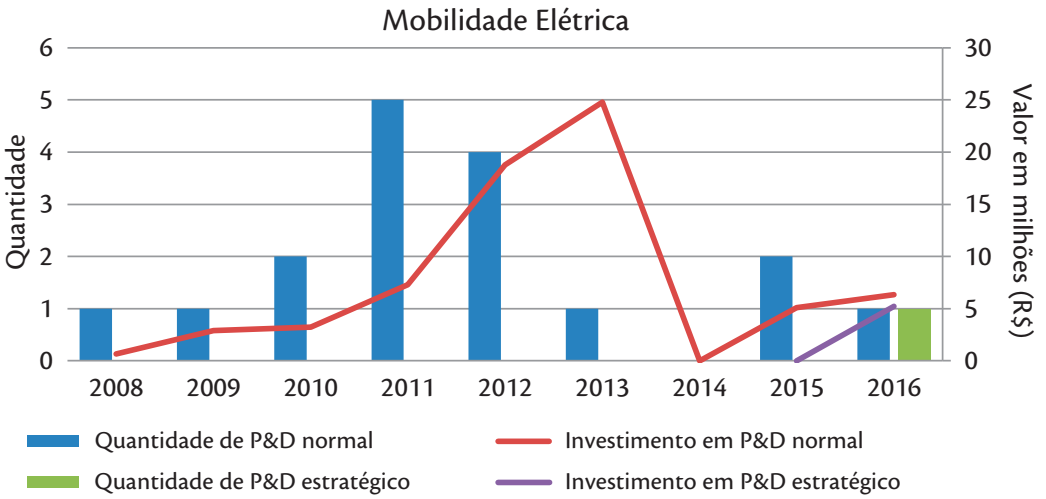


Gráfico 124 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Mobilidade Elétrica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 122 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Subestações e Equipamentos subiu de forma considerável de 2008 a 2012. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2010 e 2011. A partir de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, se mantendo quase constante até o ano de 2016. Os investimentos seguiram a tendência de evolução entre os anos. Não houve nenhum projeto referente a chamadas de P&D estratégico para essa macrotemática. Pode-se inferir da análise que, a partir de 2013, o tema de subestações e equipamentos aplicado à distribuição de energia elétrica perdeu prioridade no contexto do programa P&D Aneel.

O Gráfico 123 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle subiu de forma considerável de 2008 a 2012. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2010 e 2011. No ano de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, sendo que voltou a crescer de 2014 a 2016, quando atingiu o valor de aproximadamente 15 milhões (R$) em investimentos, sendo que o crescimento entre 2015 e 2016 foi expressivo. Houve chamadas de projeto de P&D estratégico no ano de 2016. Estas chamadas e outras de anos anteriores podem ter influenciado no surgimento de um projeto de P&D estratégico no contexto da macrotemática. Os investimentos neste âmbito foram possíveis devido ao projeto que surgiu. Pode-se inferir da análise que, no ano de 2013, o tema de proteção, automação e controle aplicado à distribuição de energia elétrica perdeu prioridade no contexto do programa P&D Aneel, tendo uma retomada até 2016.

O Gráfico 124 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referente à macrotemática Mobilidade Elétrica subiu de forma considerável de 2008 a 2012. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2011 e 2012. No ano de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, sendo que não houve nenhum projeto em 2014. Houve uma retomada em 2015 e 2016, chegando ao valor de dez milhões (R$) e fechando em 2016 em cinco milhões (R$) em investimentos. O valor em investimentos seguiu a tendência de evolução entre os anos. Houve chamadas de projeto de P&D estratégico no ano de 2016. Estas chamadas e outras de anos anteriores podem ter influenciado no surgimento de um projeto de P&D estratégico no contexto da macrotemática. Os investimentos neste âmbito foram possíveis devido ao projeto que surgiu. Pode-se inferir da análise que, a partir do ano de 2013, o tema da mobilidade elétrica aplicado à distribuição de energia elétrica perdeu prioridade no contexto do programa P&D Aneel.

Apresentam-se, a seguir, os gráficos referentes às macrotemáticas Geração Distribuída e Microrredes, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Qualidade da Energia Elétrica.

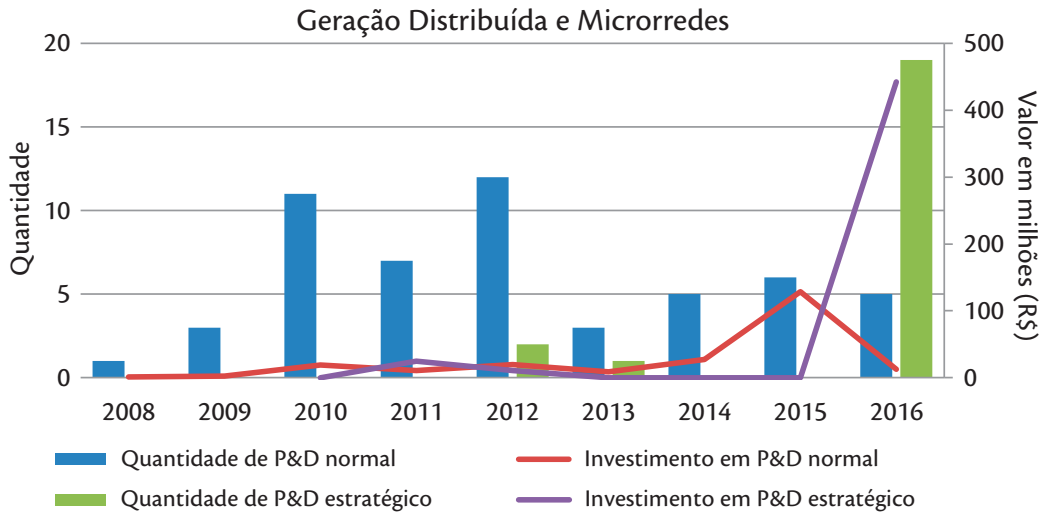


Gráfico 125 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Geração Distribuída e Microrredes, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

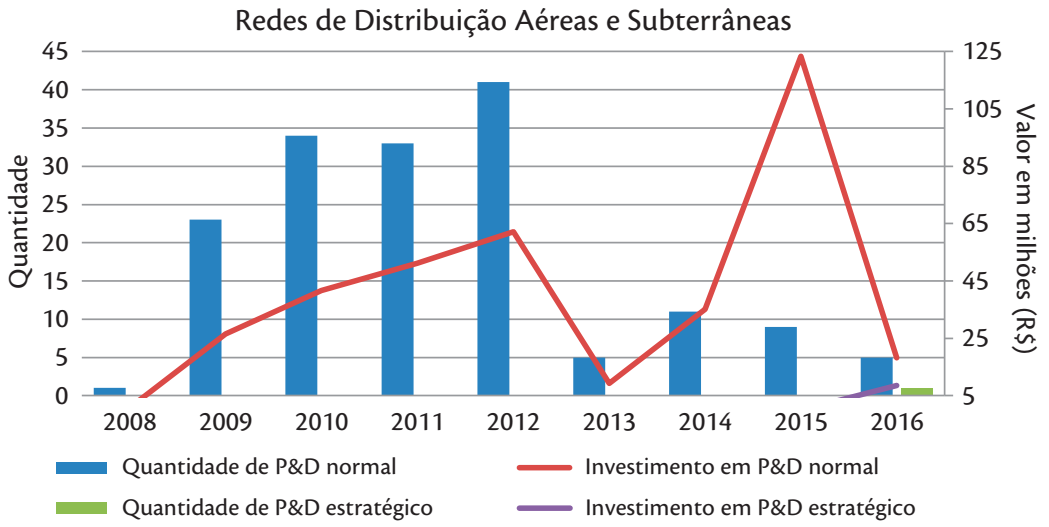


Gráfico 126 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

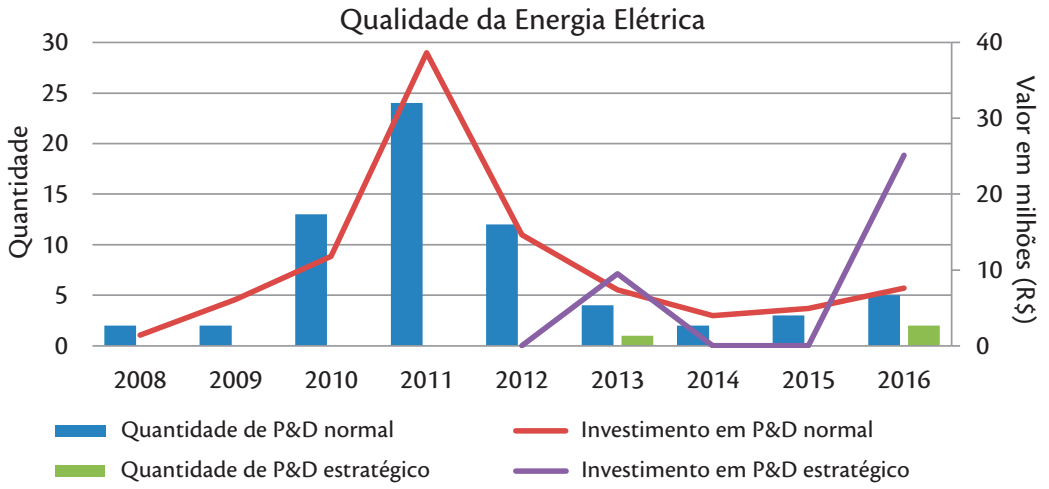


Gráfico 127 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Qualidade da Energia Elétrica, no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 125 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Geração Distribuída e Microrredes subiu de 2008 a 2012, porém o crescimento não foi tão expressivo. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2010 e 2011. No ano de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma considerável, tendo uma retomada de 2014 a 2016. O valor em investimentos foi muito baixo entre 2008 a 2014, quando houve um pequeno crescimento, voltando a quase zero em 2016. Houve chamadas de projeto de P&D estratégico nos anos de 2012, 2013 e 2016, referentes a diversos assuntos. As chamadas de P&D estratégico, nos anos de 2012 e 2013 e 2016, podem ter influenciado na existência de alguns projetos, com valor de investimentos muito baixos em 2012 e 2013, porém se tornaram altos e se destacaram no ano de 2016. A quantidade de projetos de P&D estratégico chegou a dezoito, com investimentos que chegaram ao valor próximo de quatrocentos milhões (R$). Pode-se inferir da análise que o tema da geração distribuída aplicado à distribuição de energia elétrica vem sempre sendo trabalhado, sendo que as chamadas de P&D estratégico alavancaram a quantidade de projetos e valores em investimentos que ocorreram em 2016, tornando o tema o de maior prioridade em 2016, no contexto do programa P&D Aneel, no âmbito do GT Distribuição de Energia Elétrica.

O Gráfico 126 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referentes à macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas subiu de forma considerável de 2008 a 2012. Houve um pequeno decréscimo na quantidade entre 2010 e 2011. No ano de 2013, a quantidade de projetos diminuiu de forma drástica, ficando quase constante até 2016. A análise para essa macrotemática em relação a investimentos é um pouco diferenciada, pois pode-se observar que, até o ano de 2013, seguiu a tendência de evolução entre os anos, porém, entre 2013 e 2016, mesmo com a queda na quantidade de projetos, o valor em investimento atingiu um pico alto em 2015, no valor de cento e vinte e cinco milhões (R$), decaindo muito em 2016 para o valor de, aproximadamente, vinte milhões (R$). Houve chamadas de projeto de P&D estratégico no ano de 2016. Estas chamadas e outras, em anos anteriores, podem ter influenciado no surgimento de um projeto de P&D estratégico no contexto da macrotemática. Os investimentos neste âmbito foram possíveis devido ao projeto que surgiu. Pode-se inferir da análise que, no ano de 2013, o tema de redes aéreas e subterrâneas aplicado à distribuição de energia elétrica perdeu prioridade no contexto do programa P&D Aneel.

O Gráfico 127 mostra que a quantidade de projetos de P&D normal referente à macrotemática Qualidade da Energia Elétrica subiu de forma considerável de 2008 a 2011. Houve um grande decréscimo na quantidade entre 2011 e 2012. O comportamento de queda na quantidade de projetos continuou nos anos de 2013 e 2014, apresentando uma tímida retomada nos anos de 2015 e 2016. O comportamento em relação aos investimentos seguiu a evolução da quantidade de projetos entre os anos. Houve chamadas para P&D estratégico em 2013 e 2016, anos que obtiveram o maior número de chamadas. Esta pode ser uma possível causa para o surgimento de alguns poucos projetos referentes

a estas chamadas, com foco em temas trabalhados na macrotemática Qualidade da Energia Elétrica, no contexto da distribuição de energia elétrica. Os investimentos em P&D estratégico foram maiores em 2016, em relação ao ano de 2013.

Pela análise geral dos gráficos, em relação ao contexto geral do GT Distribuição de Energia Elétrica, pode-se inferir que houve uma queda considerável na quantidade de projetos de P&D normal, de 2013 em diante. Pode-se inferir que a crise econômica atual, que já ocorre há alguns anos, em conjunto com as políticas de contenção de gastos pelas empresas do setor, pode ter provocado essa diminuição no número de projetos.

As principais chamadas de P&D estratégico de 2008 a 2016 relativas ao tema de distribuição de energia elétrica foram: N° 004/2008 – Ensaio de transmissão de energia em linha de pouco mais de meio comprimento de onda; N° 008/2008 – Metodologia para estabelecimento de estrutura tarifária; N° 011/2010 – Programa brasileiro de rede elétrica inteligente (*Smart grid*); N° 013/2011 – Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira; e N° 018/2013 – SIASE – Sistema de inteligência analítica do setor elétrico.

Em relação aos destaques em número de projetos de P&D normal, vale a análise do Gráfico 115, pois o número de projetos de P&D normal é muito maior que os de P&D estratégico.

Em relação ao número de projetos de P&D estratégico, há um grande destaque para a macrotemática Geração Distribuída e Microrredes, com 22 projetos. Na sequência se destacou a macrotemática Operação e Manutenção, com 7 projetos. De forma geral, houve poucos projetos de P&D estratégico no contexto do GT Distribuição de Energia Elétrica no período de 2008 a 2016.

Em relação ao montante de investimentos em P&D normal e estratégico, se destacaram as macrotemáticas Operação e Manutenção (R$ 896.369.688,6), Geração Distribuída e Microrredes (R$ 733.850.404,6), Subestações e Equipamentos (R$ 402.307.001,7) e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (R$ 377.084.523,3).

O Gráfico 128 mostra a distribuição percentual da capacitação de Recursos Humanos resultante dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel. Pela primeira análise, vê-se que a maior fatia percentual é de programas de mestrado (*Stricto Sensu*), com exceção das macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), que apresenta maior percentual de especialização (*Lato Sensu*); e Qualidade da Energia Elétrica, que apresenta maior distribuição percentual em programas de doutorado. Os programas de doutorado representam uma boa distribuição percentual em todas as macrotemáticas.

É interessante notar que, nas macrotemáticas Segurança Cibernética, Geração Distribuída e Microrredes e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, não houve nenhum aproveitamento em termos de especialização (*Lato Sensu*), com a maior distribuição percentual com aproveitamento por programas de mestrado *(Stricto Sensu)*.

As macrotemáticas Subestações e Equipamentos, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição foram as únicas que apresentaram aproveitamento por programas de pós-doutorado *(Stricto Sensu)*. Essas três macrotemáticas foram as que se destacaram em relação ao maior número de projetos (ver Gráfico 116), o que pode ter facilitado e induzido que alguns pesquisadores tenham optado em fazer pós-doutorado no âmbito de alguns dos projetos.

A macrotemática Operação e Manutenção, apesar de ser a que apresentou o maior número de projetos (ver Gráfico 115), não teve nenhum aproveitamento em termos de capacitação em pós-doutorado.

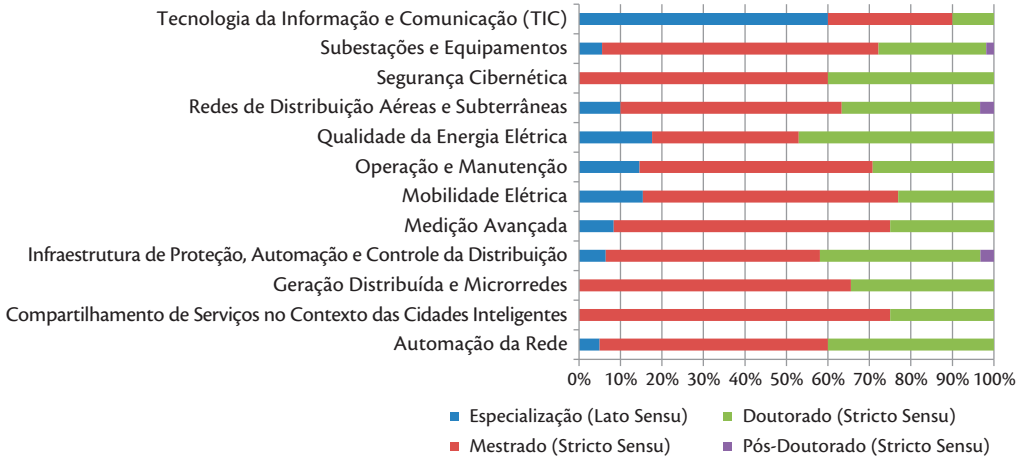


Gráfico 128 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Rede colaborativa

Caracterização dos campos de estudo

Na análise dos *clusters* principais identificados na rede colaborativa referentes aos temas trabalhados no GT Distribuição de Energia Elétrica, foram considerados o número de nós e palavras-chave abordadas. Destaca-se que o algoritmo utilizado pelo *software Gephi*, utilizado para organização da rede colaborativa, para apresentação e organização dos *clusters*, tem por influência as forças de atração de similaridade semântica e coautoria entre eles. Os nós apresentados à região marginal dos *clusters* identificados nas redes colaborativas das diferentes macrotemáticas do grupo temático foram assim dispostos pelo algoritmo por apresentarem pouca ou nenhuma interação com os demais (relações de similaridade semântica e coautoria). Não obstante, eles não foram desconsiderados na análise, uma vez que abordam tópicos relevantes para o tema.

As relações de coautoria e similaridade semântica nas redes colaborativas das macrotemáticas têm como parâmetro de análise o grau médio[31].

O GT Distribuição de Energia Elétrica apresentou cinco *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os cinco *clusters* estão intimamente ligados entre si, sendo que o *cluster 01* está praticamente inscrito dentro do *cluster 02*. Assuntos relacionados à eletrônica de potência, ao controle, à qualidade da energia elétrica e ao planejamento energético com utilização de inteligência artificial aplicados aos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 38.

31 O grau médio é a relação de número de arestas (número de relações de coautoria ou de similaridade semântica) dividido pelo número de nós (pesquisadores) em cada rede colaborativa e o resultado multiplicado por dois, pois há relação de reciprocidade entre pesquisadores.

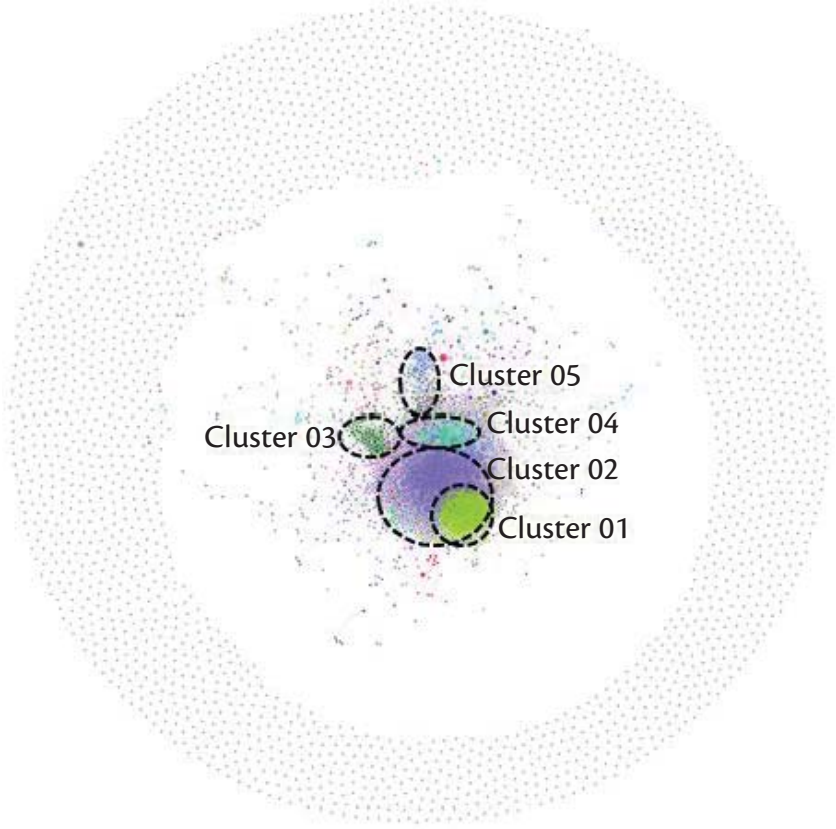


Figura 38 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 88.

Tabela 88 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica

Cluster 01: Eletrônica de potência, controle e qualidade da energia elétrica, aplicados a sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Planejamento energético com utilização de inteligência artificial para melhoria dos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Comunicação de rede e telecomunicações, aplicadas a sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Técnicas de alta tensão e proteção elétrica, aplicadas a sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Caracterização de materiais e avaliação de desempenho estrutural, aplicados a sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Controle digital. 4.Correção do fator de potência. 5. Comutação suave. 6. Geração distribuída. 7. Engenharia elétrica. 8. Conversores estáticos. 9. Acionamentos elétricos. 10. Distribuição de energia elétrica.	1. Eficiência energética. 2. Otimização. 3. Redes neurais. 4. Distribuição de energia elétrica. 5. Geração distribuída. 6. Algoritmos genéticos. 7. Qualidade da energia elétrica. 8. Inteligência artificial. 9. Planejamento energético. 10. Decisão multicritério.	1. Redes ópticas. 2. Redes de telecomunicações. 3. Redes de *Bragg*. 4. Redes de distribuição elétricas. 5. Faltas em redes de distribuição. 6. Redes de sensores. 7. Rede óptica metropolitana. 8. Comunicação de rede. 9. Redes aéreas de distribuição de energia elétrica. 10. Monitoramento de redes de distribuição.	1. Descargas atmosféricas. 2. Aterramento. 3. Pára-raios. 4. Alta tensão. 5. Sistemas de detecção. 6. Linhas de transmissão. 7. Linhas de distribuição. 8. Proteção. 9. Campos eletromagnéticos. 10.Monitoramento.	1. Concreto. 2. Corrosão pelo solo. 3. Proteção catódica. 4. Vistoria técnica. 5. Instabilidade estrutural. 6. Avaliação de desempenho. 7. Durabilidade. 8. Otimização estrutural. 9. Cerâmica. 10. Materiais para redes de distribuição de energia.

Fonte: elaboração própria.

Relações de similaridade semântica e coautoria

Foi utilizado o *software Gephi* para a análise de relações de coautoria e similaridade semântica entre pesquisadores, na rede colaborativa do GT Distribuição de Energia Elétrica. A organização e a *cluster*ização dos pesquisadores na rede colaborativa foram possíveis utilizando-se o *software*, a partir da extração de currículos de pesquisadores que possuem alguma relação com os projetos do programa P&D Aneel.

O indicador escolhido para a comparação entre as relações de coautoria e similaridade semântica entre os pesquisadores na rede colaborativa foi o grau médio. Este indicador tem como resultado um

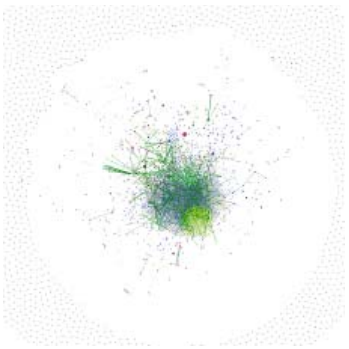
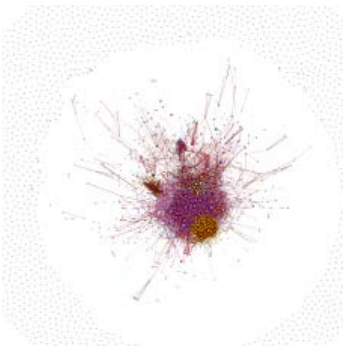
número que representa a quantidade de interações (arestas) de similaridade semântica ou coautoria, dividido pelo número de pesquisadores daquela rede (nós), multiplicado por dois. A multiplicação é feita para considerar a relação de reciprocidade entre dois pesquisadores. Quanto maior o valor do grau médio, maiores são as interações dentro daquela rede colaborativa.

O indicador grau médio não sofre influência na comparação entre redes muito diferentes, em relação à quantidade total de pesquisadores (nós) e interações (arestas), pois está relacionado a uma normalização.

A análise direta do número de colaborações de coautoria ou de similaridade semântica é mais sensível na comparação entre redes muito díspares.

Os resultados do grau médio, considerando-se a similaridade semântica e a coautoria na rede colaborativa do GT Distribuição de Energia Elétrica, são apresentados na Tabela 89.

Tabela 89 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Rede Aneel	0,832		7,836	

Fonte: elaboração própria.

Conforme já analisado na sessão de Recursos Humanos relativa ao GT Distribuição de Energia Elétrica, a rede colaborativa dos profissionais do programa P&D Aneel que possuem relação com algum projeto relativo a sistemas de distribuição de energia elétrica mostra que as relações de similaridade semântica são muito maiores do que as de coautoria. A razão entre o grau médio de coautoria e o grau médio de similaridade semântica indica a razão entre as relações (arestas) de coautoria e as relações (arestas) de similaridade semântica. Observe que 10,62% dos pesquisadores da rede do GT Distribuição de Energia Elétrica que realizam pesquisas sobre os mesmos assuntos estão trabalhando de forma cooperada.

Os resultados apontados pela análise da rede colaborativa mostram que os pesquisadores relacionados ao setor elétrico no Brasil, na área de distribuição de energia elétrica, não trabalham de forma cooperada, pois um resultado de 10,62% ainda é muito baixo. Há, muitas vezes, laboratórios em diferentes universidades que tratam do mesmo assunto, porém não há colaboração entre eles, de forma que os trabalhos acabam sendo muito independentes. Também deve ser considerada a questão que empresas do setor elétrico brasileiro, muitas vezes, têm interesse em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para um nicho de mercado específico do qual participam e não têm interesse em cooperação com outras empresas, justamente para se beneficiar das tecnologias no mercado

e como forma de aumentar os lucros. Desta forma, a pesquisa acaba se tornando independente e fatiada dentre as diversas instituições, cada uma com um foco específico.

Aparentemente, desde 2008, o fomento a projetos revigorou-se no âmbito do Programa P&D Aneel, havendo ampliação dos valores e uma nova orientação para energias renováveis, que alcançou o fomento à pesquisa em fontes não hídricas de energias. Pompermayer (2015) mostra que, nos mais de três mil projetos submetidos, até 2007, 75% dos investimentos referiam-se a projetos de pesquisa na fase inicial do processo inovativo (as pesquisas denominadas "básica" e "aplicada"). As áreas de geração e distribuição de energia elétrica foram responsáveis, até 2015, pela grande maioria (em torno de 90%) dos projetos do programa P&D Aneel, pois é, nessas áreas, que se encontram os principais gargalos tecnológicos (SANTOS, 2016).

Infere-se da análise da rede colaborativa de pesquisadores do GT Distribuição de Energia Elétrica, que possui 4632 pesquisadores, que é necessário uma definição de políticas públicas de apoio à pesquisa cooperada entre as diversas empresas e instituições do setor elétrico, de forma a tornar as redes colaborativas de pesquisadores mais dinâmicas. Apesar da Aneel autorizar convênios e outras medidas de cooperação entre as concessionárias, as ICTs e as fornecedoras do setor (SANTOS, 2016), é necessário haver maior cooperação nos projetos do Programa de P&D Aneel, instituído pela Lei no 9.991/2000. Para isso, modelos de avaliação de políticas públicas devem ser desenvolvidos para, justamente, entender melhor quais as áreas prioritárias, as formas e as metodologias de análise para alavancar a pesquisa cooperada.

Patentes

Quando compara-se o Gráfico 129 ao Gráfico 130, verifica-se a semelhança quanto à proporção nas atividades de patenteamento ao redor do mundo e no Brasil, no que se refere às macrotemáticas. Por exemplo, verifica-se que a maior parte das patentes para distribuição é depositada em invenções relacionadas à Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição; em segundo lugar, para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas. Estes comportamentos repetem-se tanto ao redor do mundo como no Brasil, mostrando o claro alinhamento entre ambas as esferas e a integração da cadeia tecnológica. Sobre as macrotemáticas, é possível reforçar a importância destas tecnologias com o sistema de distribuição de energia elétrica no Brasil.

Por outro lado, é possível verificar, também, algumas disparidades, como no caso da mobilidade elétrica, cujas patentes no Brasil são ínfimas se comparadas ao âmbito internacional. O volume de

patentes em distribuição atesta a dependência desta nova trajetória tecnológica baseada na propulsão elétrica junto ao sistema de distribuição de energia, tornando as esferas indissociáveis uma da outra. O Brasil ainda não se posicionou concretamente se irá adentrar a trajetória da mobilidade elétrica. Ainda que existam iniciativas pontuais, como aquelas patentes identificadas, elas podem favorecer a criação de competências específicas para o veículo elétrico, mas se mostram pouco efetivas para criar as condições que permitam ao Brasil ocupar posição de destaque neste mercado.

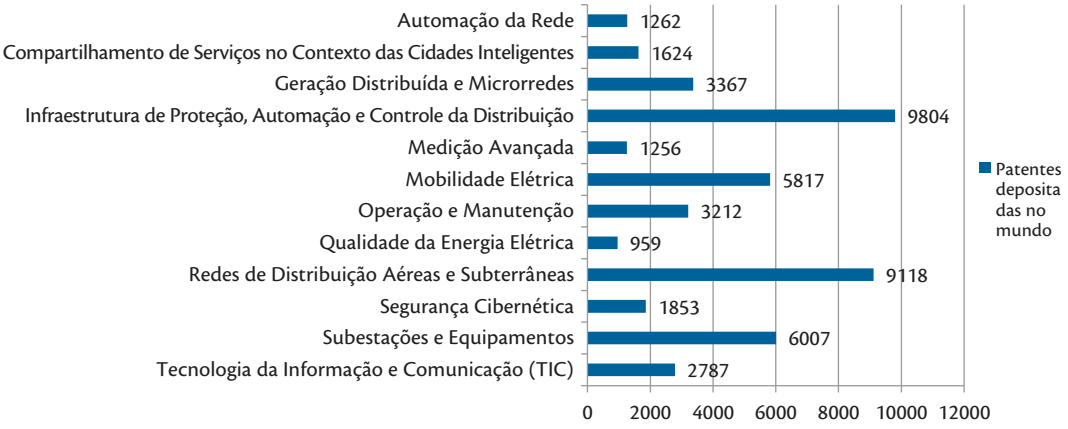


Gráfico 129 - Patentes depositadas no mundo, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

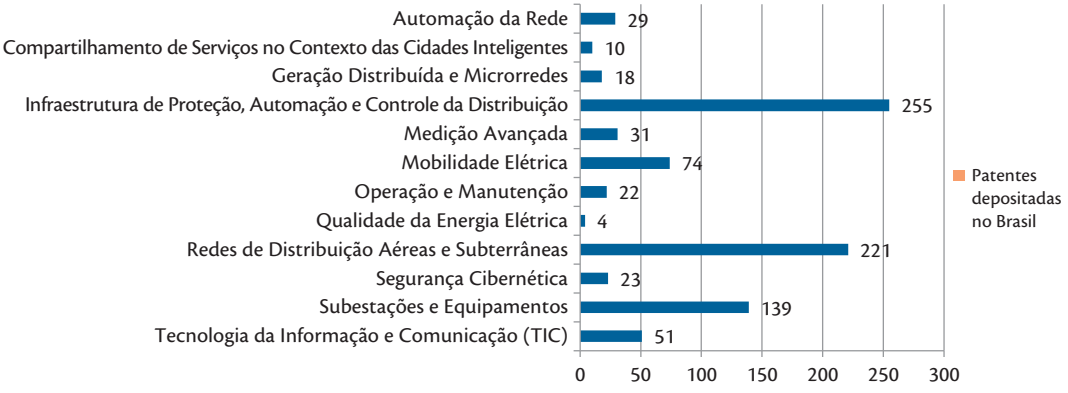


Gráfico 130 - Patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

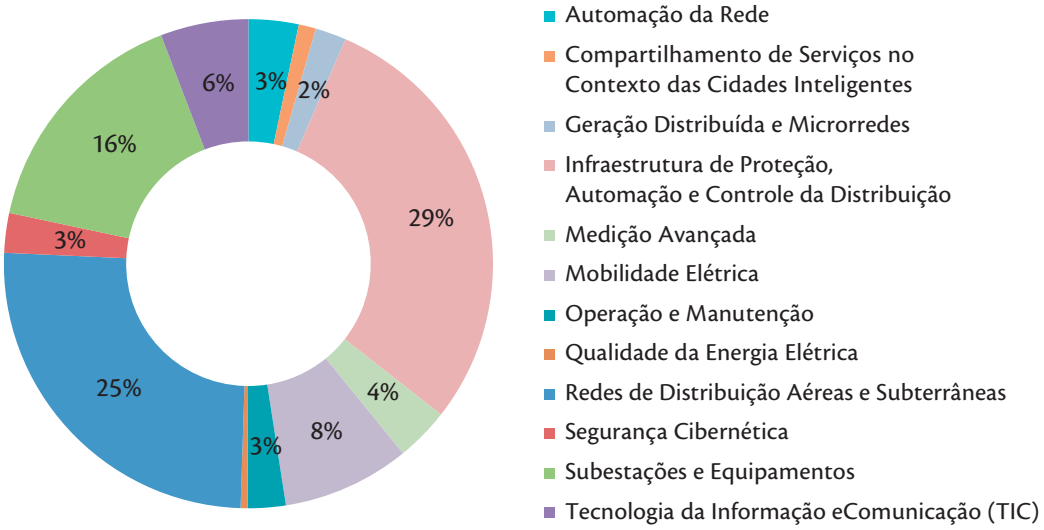


Gráfico 131 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 132 demonstra, ainda mais, as profundas disparidades entre a atividade inventiva internacional e aquela desempenhada localmente. De todas as macrotemáticas registradas com patentes na área de distribuição, somente quatro delas (Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Subestações e Equipamentos e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes) apresentam alguma iniciativa de patentes no Brasil, com residentes locais.

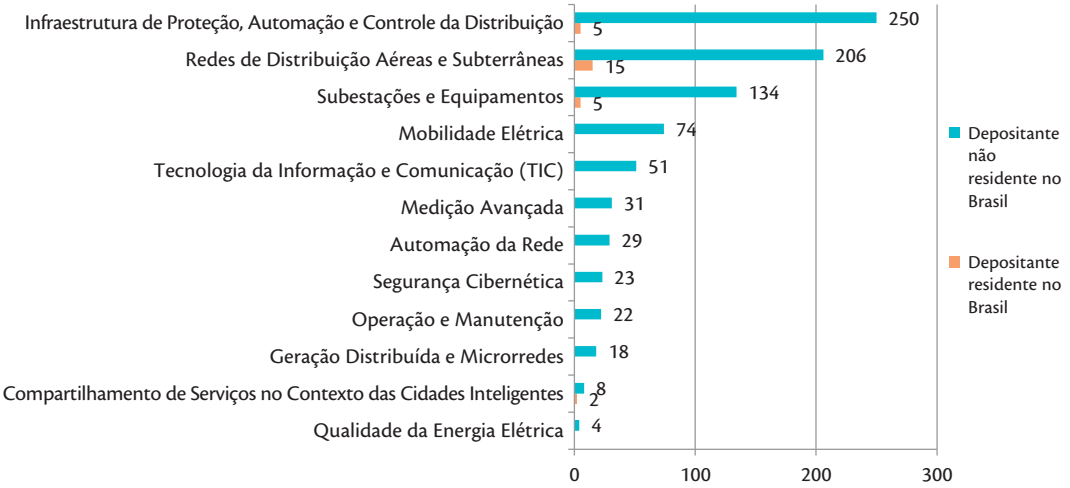


Gráfico 132 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil, por depositante residente ou não no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Ao olhar para o Gráfico 133, verificam-se algumas patentes com elevada representatividade. Exemplo disso, são as volumosas famílias de patentes das tecnologias de informação e comunicação. Nesta macrotemática, aproximadamente 80% das famílias de patentes depositados no Brasil apresentam mais de 40 pedidos de patentes em locais diferentes sobre uma mesma invenção. Não menos importante, as patentes relacionadas à automação de rede apresentam comportamento parecido. Fazendo um contra ponto com o gráfico anterior (Gráfico 133), obtém-se que nenhuma destas patentes, que chamamos valiosas, foi desenvolvida no Brasil. De uma perspectiva da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento, isto nos remete a uma posição de desvantagem, dado que o Brasil dependerá, obrigatoriamente, de tecnologia externa e estará em uma situação de dependência tecnológica. Por outro lado, esta constatação é somente um tipo de análise. O fato de haver esta dependência não implica, necessariamente, em dificuldades do país em implementar estas tecnologias localmente. Há condicionantes que envolvem a capacidade do país aprender, reconfigurar e difundir estas tecnologias desenvolvidas externamente, o que a literatura define como capacidade absortiva do Brasil (COHEN; LEVINTHAL, 1990). Outro ponto essencial desta análise é a participação expressiva do capital estrangeiro nos países, o qual transpõe, significativamente, algumas atividades de P&D em suas subsidiárias brasileiras, de forma mais intensa em alguns setores intensivos como automobilístico e químico.

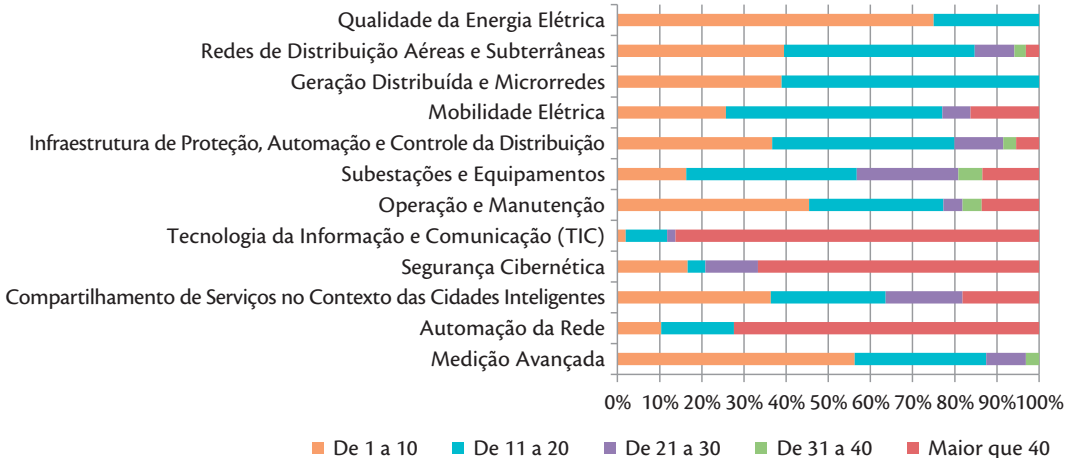


Gráfico 133 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

No tocante à distribuição ilustrada na Tabela 90, observa-se que muitas das empresas que são líderes em geração e distribuição mantêm este comportamento também no segmento de distribuição. Este dado reforça a diversificação de produtos que são realizados por estas empresas, a saber: GE, Alston, ABB, Toyota, Scheider e ITRON.

Dentre os assuntos abordados pela teoria da firma, um tema em evidência é a discussão que envolve, por um lado, a escolha das firmas por especializar a produção de bens e serviços, e, por outro, a opção pela diversificação, como é o caso das empresas citadas.

Ao abordar estas escolhas, algumas questões se colocam: Seria melhor optar pela especialização, visando a uma maior eficiência alocativa? Ou as firmas devem diversificar sua matriz produtiva visando ao acesso a outros mercados, e, assim, diminuir sua vulnerabilidade face às flutuações temporárias de demanda?

Ao ascender estas questões que envolvem dois caminhos opostos, faz-se necessário direcionar a atenção para a obra seminal de Edith Penrose ([1959] 2006) intitulada *A Teoria do Crescimento da Firma*. Penrose ([1959] 2006) irá expor que, na realidade, as empresas bem-sucedidas e eficientes são amplamente diversificadas, produzem uma ampla gama de produtos e serviços, e estão dispostas a adentrar em novos mercados.

Devido às imprecisões e ambiguidades que envolvem o conceito da diversificação, a autora adota a definição de que: "uma firma diversifica suas atividades produtivas toda vez que, sem abandonar inteiramente suas antigas linhas de produtos, ela enceta a produção de novos, incluindo os produtos intermediários suficientemente diferentes de outros de sua lavra para envolver alguma diferença em seus programas de produção e distribuição"(PENROSE [1959] 2006, p. 175).

Tabela 90 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Instituição	Número de Patentes
Medição Avançada	GENERAL ELECTRIC CO	17
	CONSERT INC	4
	LANDIS & GYR INNOVATIONS INC	4
	SCHNEIDER ELECTRIC IND SA	4
Automação da Rede	ITRON GLOBAL SARL	28
	BARTIER J	14
	CLAVE A	14
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	ACCENTURE GLOBAL SERVICES CO LTD	5
	APPLE INC	2
	GENERAL ELECTRIC CO	2
Segurança Cibernética	DEL PASQUA K	14
	ESSAIAN A	14
	FERREN B	14
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	ITRON	28
	INTEL CORP	16
	BARTIER J	14
Operação e Manutenção	GENERAL ELECTRIC CO	7
	SIROTKIN	6
	ACCENTURE GLOBAL SERVICES CO	5
Subestações e Equipamentos	ABB	17
	ACCENTURE GLOBAL SERVICES	15
	SCHNEIDER ELECTRIC	14

	Instituição	Número de Patentes
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	GENERAL ELECTRIC CO	39
	ABB RES LTD	22
	SCHNEIDER	22
Mobilidade Elétrica	TOYOTA	55
	GENERAL ELECTRIC CO	12
	HONDA	11
Geração Distribuída e Microrredes	CONTROL TECH	3
	SIEMENS AG	3
	PHOENIX CONTACT GMBH & CO	2
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	ABB	29
	GEN ELECTRIC	20
	TYCO ELECTRONICS	16
Qualidade da Energia Elétrica	ALSTOM TECHNOLOGY LTD	1
	GENERAL ELECTRIC CO	1
	SIEMENS AG	1

Fonte: elaboração própria.

6.3.4. Estrutura de CT&I

Recursos Humanos

Para identificação e classificação dos profissionais do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) nas macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, foram realizadas buscas na base de dados de currículos *Lattes*, utilizando-se palavras-chave inerentes aos temas tratados em cada uma delas.

Apesar da base de dados apresentar uma amostragem o mais próxima possível da realidade, mas ainda não abranger o número real de profissionais atuantes no GT Distribuição de Energia Elétrica, é possível utilizá-la para verificar a proporção de profissionais do grupo por unidade da federação, o percentual de profissionais por unidade da federação em cada macrotemática, o percentual dos profissionais

do grupo em cada macrotemática, o percentual de profissionais por unidade da federação em cada macrotemática e a titulação dos profissionais do grupo por macrotemática.

A Figura 35 apresenta a distribuição dos Recursos Humanos do GT Distribuição de Energia Elétrica no território nacional, separados por unidade da federação. Nota-se que não há uniformidade na distribuição destes colaboradores nos estados. Em relação à quantidade de profissionais, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina se destacam quando comparados aos outros estados. Opostamente, Acre, Amapá e Roraima foram os estados que apresentaram o menor número de profissionais.

Os profissionais que formam a base da pesquisa e do desenvolvimento ou que contribuem para a ciência e tecnologia em áreas do conhecimento ligadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica se concentram nas regiões Sudeste e Sul do país. Observam-se grupos menores, porém expressivos, desses profissionais na Região Centro-Oeste, no estado de Goiás e no Distrito Federal, na região Nordeste, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia e, na região Norte, no estado do Pará.

A concentração de profissionais de distribuição de energia elétrica na região Sudeste é um resultado esperado, e pode ser explicada pela concentração histórica de grandes centros urbanos nessa região do país, da qual decorre a concentração regional do PIB e de polos de pesquisa e produção científica.

A concentração de profissionais de distribuição de energia elétrica na região Sul é devida à concentração de pessoas da Academia nas diversas universidades existentes, devido ao potencial hidrelétrico das bacias dos rios Paraná e Uruguai, e pelo fato da economia da região girar em torno da indústria e da agropecuária, atividades que exigem uma demanda de energia elétrica crescente.

As atividades de PD&I na área de distribuição de energia elétrica dependem basicamente da massa crítica dos Recursos Humanos, de suas competências analíticas e de tecnologias da informação e computacionais e de fatores geograficamente determinados, como potencialidades locais de recursos naturais, ou da existência de grandes centros tecnológicos com infraestrutura de equipamentos e laboratórios. Nesse sentido, a localização geográfica de profissionais trabalhando nessas áreas do conhecimento influencia bastante, conforme visto que as regiões Sudeste e Sul se sobressaem em relação às outras.

A base de dados utilizada é majoritariamente composta por profissionais envolvidos de alguma forma com a pesquisa, visto que foram considerados apenas os currículos *Lattes*, em que grande parte dos integrantes estão ligados à CT&I ou são participantes de projetos de P&D da ANEEL. Em muitos casos,

colaboradores ligados às empresas do setor não possuem currículos *Lattes* e nunca participaram de projetos da ANEEL. Assim, os indicadores de Recursos Humanos apresentam informações vinculadas, principalmente, aos profissionais ligados à pesquisa.

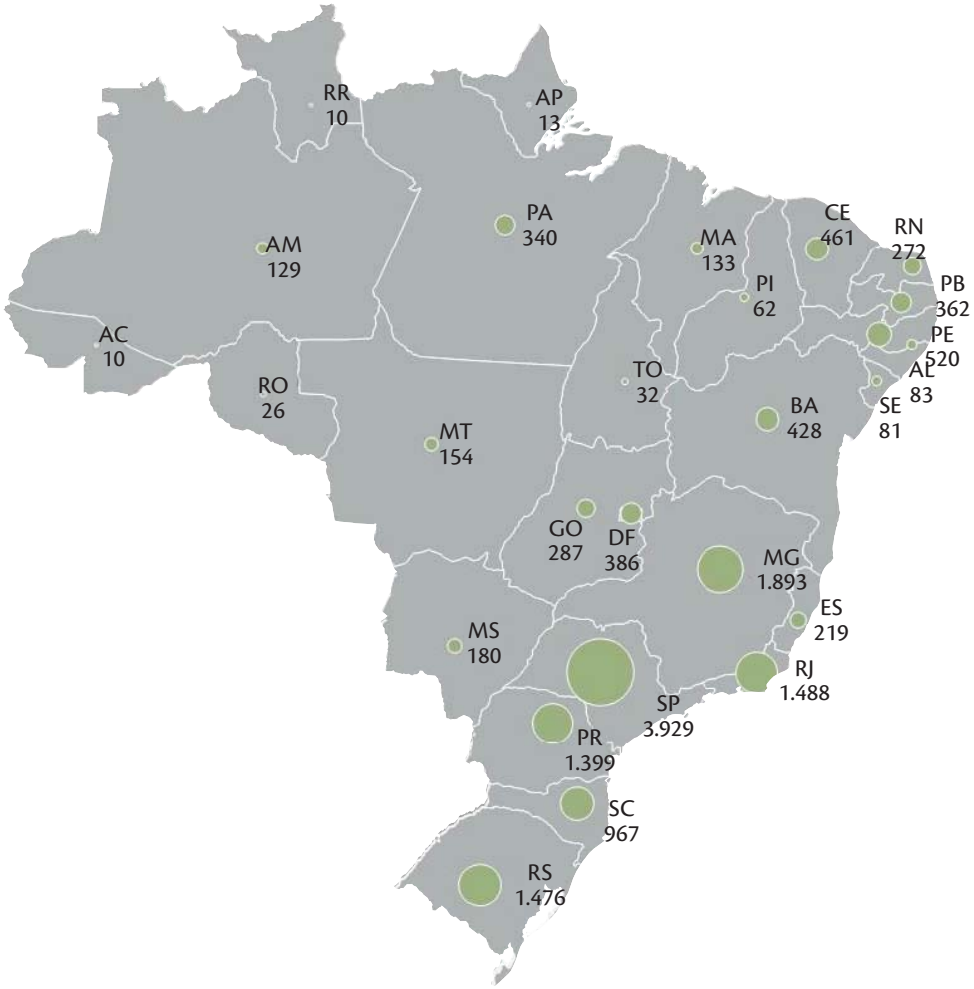


Figura 39 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 91 aponta que o padrão de concentração regional ocorre, também, em níveis mais desagregados de análise, se repetindo em cada uma das doze macrotemáticas analisadas, com pequenas exceções.

Os valores absolutos obtidos como resultados por macrotemática são apresentados a seguir. Foram identificados 748 profissionais para a macrotemática Medição Avançada, 3911 para Automação da Rede, 1180 para Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, 1163 para Segurança Cibernética, 3950 para Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), 4685 para Operação e Manutenção, 2089 para Subestações e Equipamentos, 1901 para Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, 1276 para Mobilidade Elétrica, 3888 para Geração Distribuída e Microrredes, 2922 para Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e 3213 para Qualidade da Energia Elétrica.

Os estados onde ocorrem as maiores concentrações de Recursos Humanos por macrotemática são, em geral, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná e Santa Catarina. Constata-se, pela análise dos resultados, que a unidade da federação do Rio Grande do Sul possui concentração de RH equiparada à do Rio de Janeiro, mostrando ser um importante polo na área de distribuição de energia elétrica. Conforme já apresentado, constatam-se as maiores concentrações de RH nas regiões Sudeste e Sul do Brasil.

As macrotemáticas em que os profissionais estão mais fortemente concentrados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais são Medição Avançada (DI 01 – 50,13%), Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (DI 05 – 50,36%), Mobilidade Elétrica (DI 09 – 57,6%) e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (DI 11 – 50,28%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de RH nesses três estados ficou entre 44,08% e 57,60%.

Nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, referentes à região Sul do país, verifica-se um percentual relevante dos profissionais que trabalham em temas ligados às macrotemáticas Medição Avançada (DI 01 – 25,67%), Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição (DI 08 – 27,93%), Geração Distribuída e Microrredes (DI 10 – 27,26%) e Qualidade da Energia Elétrica (DI 12 – 26,45%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de RH na região Sul ficou entre 21,49% e 27,93%.

Nos estados de Pernambuco, Ceará e Bahia, representantes da região Nordeste, verifica-se um percentual relevante dos profissionais que trabalham em temas ligados às macrotemáticas Medição Avançada (DI 01 – 8,82%), Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes (DI 03 – 13,3%), Operação e Manutenção (DI 06 – 9,25%) e Qualidade da Energia Elétrica (DI 12 – 8,9%). Considerando-se as distribuições por macrotemática relacionadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica, o percentual de concentração de RH nesses três estados ficou entre 4,7% e 13,3%.

O estado do Pará se sobressai dentro da região Norte do país e verifica-se um percentual relevante dos profissionais que trabalham em temas ligados às macrotemáticas Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes (DI 03 – 4,41%), Operação e Manutenção (DI 06 – 3,05%), Subestações e Equipamentos (DI 07 – 2,87%) e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição (DI 08 – 3,79%).

A penúltima linha da tabela (ND) mostra a quantidade de currículos que estavam com o campo "UF" vazio, endereço não declarado.

A profunda concentração de RH nas regiões Sudeste e Sul indica que é importante trazer outros estados e regiões do país para a pesquisa, a produção científica e a discussão em grande número de temas que dizem respeito à evolução e ao desenvolvimento de tecnologias, ferramentas e métodos associados ao planejamento, projeto, implantação, operação e manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Tabela 91 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Distribuição de Energia Elétrica

	DI01 (%)	DI02 (%)	DI03 (%)	DI04 (%)	DI05 (%)	DI06 (%)	DI07 (%)	DI08 (%)	DI09 (%)	DI10 (%)	DI11 (%)	DI12 (%)
SP	29,81	27,28	24,15	25,62	27,06	25,36	27,19	24,78	34,48	23,20	27,55	23,06
MG	9,76	13,88	6,69	11,87	12,08	13,23	12,73	13,26	11,52	13,04	14,17	14,72
RS	10,56	10,53	9,58	9,03	7,52	8,99	8,43	9,73	8,86	10,44	9,69	10,96
RJ	10,56	8,28	14,07	11,35	11,22	8,77	9,38	8,10	11,60	7,84	8,56	8,09
PR	7,89	8,34	7,12	6,79	7,95	9,61	10,20	10,73	9,25	10,65	8,28	8,99
SC	7,22	6,32	6,19	5,67	6,61	6,64	6,22	7,47	6,74	6,17	6,13	6,50
PE	3,34	2,86	7,12	3,53	3,65	3,48	2,68	2,63	1,02	3,14	2,53	3,42
CE	3,88	3,12	2,37	3,01	3,01	2,82	3,11	2,05	2,19	2,44	2,64	3,02
BA	1,60	2,61	3,81	1,98	2,03	2,95	2,06	2,10	1,49	2,70	2,77	2,46
PA	1,60	1,61	4,41	1,81	1,92	3,05	2,87	3,79	0,78	2,26	2,50	2,58
PB	1,87	1,99	2,29	2,84	2,25	2,52	2,92	2,84	1,25	2,13	1,81	2,58
DF	1,87	2,12	1,61	4,47	2,84	1,94	1,63	1,53	2,74	2,60	1,88	2,37
GO	1,47	1,71	1,19	2,32	1,87	1,41	1,91	1,63	0,71	1,90	2,02	1,68
RN	1,60	1,76	2,20	1,89	1,32	1,34	1,39	1,16	1,80	2,11	1,54	1,74

	DI01 (%)	DI02 (%)	DI03 (%)	DI04 (%)	DI05 (%)	DI06 (%)	DI07 (%)	DI08 (%)	DI09 (%)	DI10 (%)	DI11 (%)	DI12 (%)
ES	1,07	1,69	1,86	1,20	1,77	1,56	0,91	1,63	0,78	1,31	1,47	1,15
MS	1,74	1,28	0,93	0,17	1,19	1,28	1,15	1,42	0,47	1,77	1,13	1,53
MA	0,40	0,92	0,68	0,95	0,76	0,88	1,15	1,16	0,86	1,03	1,03	1,06
MT	0,40	0,69	0,25	1,81	0,63	0,85	0,96	0,89	0,47	1,39	0,82	1,06
AM	0,80	0,82	0,42	1,29	0,84	0,96	0,77	0,53	0,47	0,62	0,65	1,03
SE	0,53	0,74	0,25	0,09	0,48	0,51	0,43	0,53	0,08	0,67	0,72	0,50
AL	0,27	0,46	1,19	0,52	0,41	0,45	0,19	0,32	0,16	0,31	0,51	0,31
PI	0,53	0,31	0,59	0,43	0,23	0,30	0,62	0,58	0,00	0,39	0,44	0,31
TO	0,00	0,13	0,08	0,09	0,15	0,17	0,14	0,32	0,24	0,33	0,21	0,16
RO	0,13	0,08	0,08	0,26	0,13	0,21	0,34	0,05	0,00	0,18	0,10	0,06
AP	0,00	0,03	0,17	0,26	0,05	0,11	0,05	0,05	0,00	0,05	0,03	0,09
AC	0,00	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	0,10	0,05	0,08	0,08	0,03	0,03
RR	0,00	0,05	0,00	0,17	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,05	0,14	0,00
ND*	1,07	0,36	0,68	0,60	1,97	0,58	0,48	0,68	1,96	1,18	0,65	0,53
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: **DI01** - Medição Avançada; **DI02** - Automação da Rede ; **DI03** - Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes; **DI04** - Segurança Cibernética; **DI05** - Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC); **DI06** - Operação e Manutenção; **DI07** - Subestações e Equipamentos; **DI08** - Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição; **DI09** - Mobilidade Elétrica; **DI10** - Geração Distribuída e Microrredes; **DI11** - Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas; **DI12** - Qualidade da Energia Elétrica; **ND** – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 165 mostra a distribuição de Recursos Humanos por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica.

Dentre todos os currículos baixados para o grupo, as macrotemáticas que apresentaram os maiores números de profissionais foram Operação e Manutenção, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Automação da Rede e Geração Distribuída e Microrredes. Estes temas indicam a preocupação atual dos profissionais de distribuição de energia elétrica quanto à adequação das funcionalidades dos sistemas de operação e manutenção para atender às maiores exigências ambientais e às novas demandas do setor elétrico, a necessidade de desenvolvimento de metodologias e algoritmos que

contribuam para mitigar o impacto de distúrbios da qualidade da energia elétrica e para o aumento da capacidade de supervisão, monitoração e atuação remota das redes de distribuição. Além disso, a maior concentração de RH nessas macrotemáticas indica a preocupação com a inserção/desenvolvimento de novas tecnologias, tais como: medição inteligente, geração distribuída, microrredes, monitoração *online* da qualidade do serviço, sensoriamento de dispositivos inteligentes (Internet das Coisas), segurança da informação, processamento de grande volume de dados, entre outras.

As macrotemáticas Qualidade da Energia Elétrica, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Subestações e Equipamentos e Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição aparecem na sequência de concentração de Recursos Humanos referentes à área de distribuição de energia elétrica. São temas mais tradicionais e envolvem conhecimentos de engenharia elétrica e são tratados de forma mais técnica. Muitos aspectos já são consolidados, o que pode explicar esses números mais medianos de profissionais em relação a todos os resultados. Constata-se, também, a importância da pesquisa e desenvolvimento (P&D) nas áreas de qualidade da energia elétrica e infraestrutura de proteção, automação e controle, no sentido de serem priorizadas inovações para o desenvolvimento das novas tecnologias como Redes Elétricas Inteligentes (REI), cidades inteligentes, geração distribuída, sensoriamento de dispositivos inteligentes (Internet das Coisas), entre outras.

Uma menor concentração de RH nas macrotemáticas Mobilidade Elétrica, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Segurança Cibernética e Medição Avançada pode estar relacionada ao fato de que as redes elétricas inteligentes (REI), os veículos híbridos, os veículos elétricos, a interoperabilidade entre sistemas de distribuição e o conceito de cidades inteligentes ainda não estão sendo implementados de forma massiva no país e a pesquisa e desenvolvimento (P&D) nestas áreas deve aumentar de forma expressiva nos próximos anos.

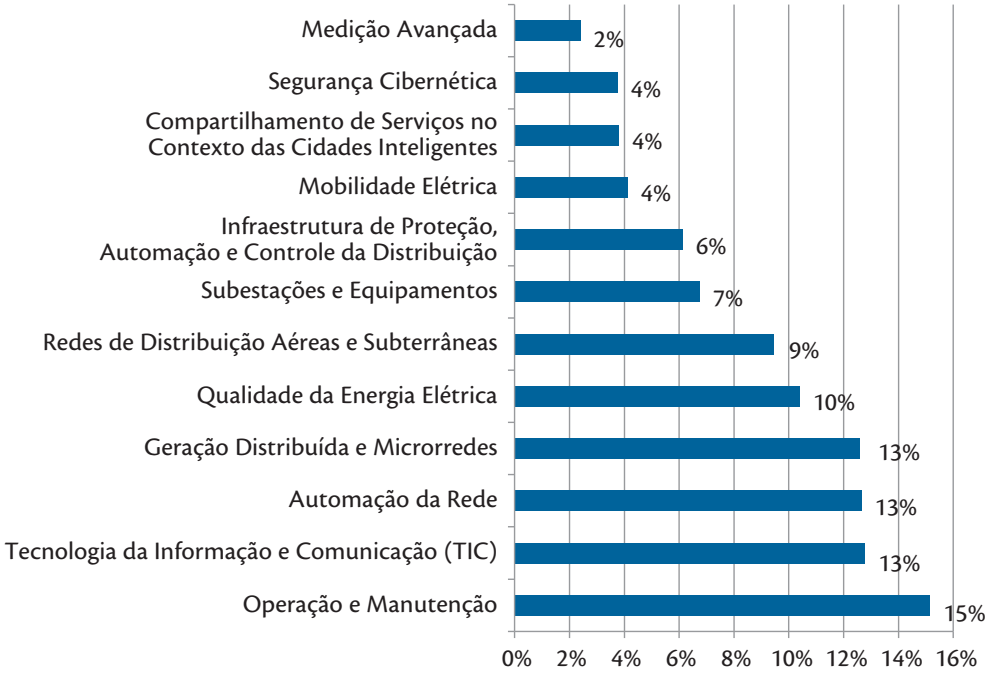


Gráfico 134 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 135 mostra o percentual acumulado de profissionais por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica para cada estado do país.

Para os estados das regiões Sudeste e Sul, com exceção do Espírito Santo, percebe-se uma certa uniformidade na distribuição dos percentuais de Recursos Humanos por macrotemática. Já na análise dos estados das regiões Centro-Oeste e Nordeste, e no estado do Espírito Santo, no geral, as distribuições dos percentuais de pesquisadores por macrotemática não são tão uniformes. Observa-se, ainda, que não há pesquisadores da macrotemática Mobilidade Elétrica no estado do Piauí. Por fim, vê-se que os estados da região Norte são os que apresentam menor uniformidade de percentuais de profissionais por macrotemática, inclusive em alguns estados não há pesquisadores de algumas das áreas.

Vê-se destaque para as macrotemáticas Automação da Rede, Geração Distribuída e Microrredes, Operação e Manutenção, Qualidade da Energia Elétrica, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), com percentuais maiores da distribuição dos Recursos Humanos por macrotemática nos estados do país. A comparação com a análise do

Gráfico 134 nos mostra que as macrotemáticas com maiores percentuais de Recursos Humanos no grupo temático são as mesmas que se destacam nas distribuições de RH por estados do Brasil.

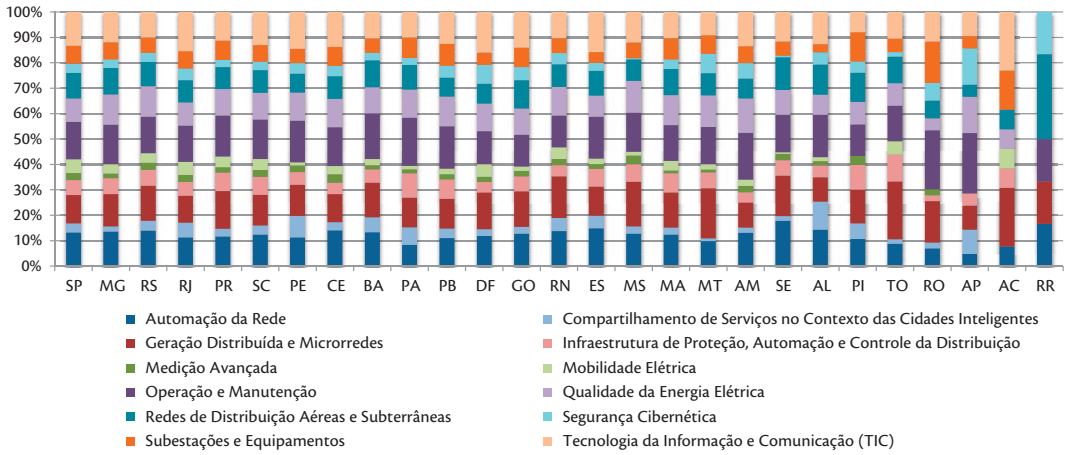


Gráfico 135 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

De uma forma geral, a partir da observação do Gráfico 136, percebe-se que, em todas as macrotemáticas, a grande maioria dos Recursos Humanos possui titulação de mestre ou Doutor (variando entre 76,87% em Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes e 88,95% em Automação da Rede). O tema relacionado ao compartilhamento de serviços é mais atual e pode ser uma explicação para não haver, ainda, tantos programas de Pós-Graduação nesta área.

Esse resultado pode estar associado a um viés de seleção, já que a base de busca de currículos utilizada para o estudo, a plataforma *Lattes*, é pouco usada entre os profissionais com titulação de especialização, graduação ou formação técnica.

As contribuições de Recursos Humanos especializados e graduados variam de 10,39% na macrotemática Automação da Rede a 21,78% na macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, parcelas bem menores que as observadas para mestres e doutores. O tema relacionado à automação das redes de distribuição é mais técnico e, de certa forma, vem sendo trabalhado a um tempo considerável, além de exigir Recursos Humanos mais qualificados para a pesquisa e desenvolvimento de inovações, considerando-se inteligência artificial, megadados, Internet das Coisas, entre outras, na área. O contrário ocorre com o tema do compartilhamento de serviços,

no qual há uma parcela maior de RH com especialização ou graduação e o esforço técnico considera a interoperabilidade entre as diferentes redes de distribuição.

A contribuição de técnicos nas macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica é muito pequena, sendo que o maior percentual é de 2,51% de contribuição para a macrotemática Mobilidade Elétrica. Este resultado indica que Recursos Humanos com esta titulação não costumam possuir e atualizar currículos na plataforma *Lattes*, visto que a existência dos técnicos e dos profissionais com graduação é essencial para as atividades de planejamento e execução de serviços nas redes de distribuição.

A análise dos resultados permite inferir que, no Brasil, os programas de mestrado e doutorado estão ainda muito conectados à Academia e os profissionais das empresas do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) não costumam participar, em geral, de projetos de pesquisa, ou, quando participam, não há interesse em atualização de currículos na plataforma *Lattes*.

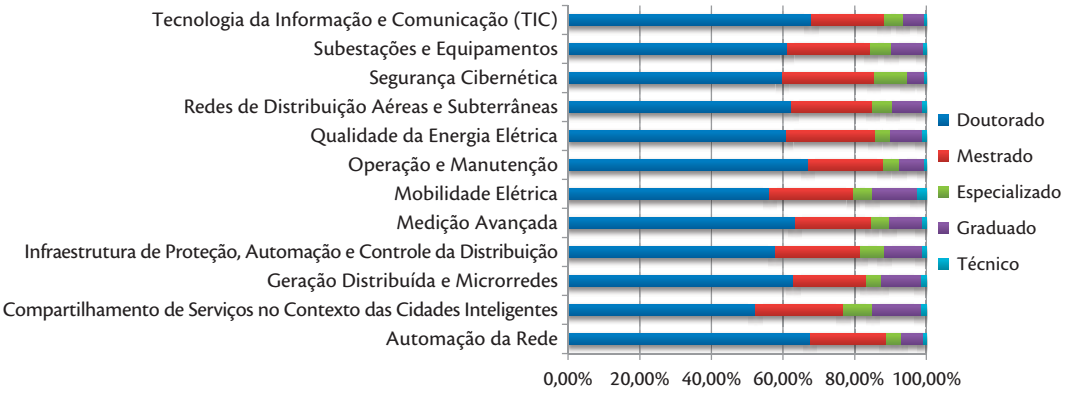


Gráfico 136 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Redes colaborativas

Caracterização dos campos de estudo

Na análise dos principais *clusters* identificados nas redes colaborativas das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, foram considerados o número de nós e as palavras-chave abordadas. Destaca-se que o algoritmo utilizado pelo *software Gephi*, utilizado para organização das redes colaborativas, para apresentação e organização dos *clusters*, tem por influência as forças de atração de similaridade semântica e coautoria entre eles. Os nós apresentados à região marginal dos *clusters* identificados nas redes colaborativas das diferentes macrotemáticas do GT foram assim dispostos pelo algoritmo por apresentarem pouca ou nenhuma interação com os demais (relações de similaridade semântica e coautoria). Não obstante, eles não foram desconsiderados na análise, pois abordam tópicos relevantes para o tema.

As relações de coautoria e similaridade semântica nas redes colaborativas das macrotemáticas têm como parâmetro de análise o grau médio[32].

Medição avançada

A macrotemática Medição Avançada apresentou seis *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02 e 03 estão intimamente ligados entre si, bem como os *clusters* 04 e 05. O *cluster* 06, por outro lado, encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada à medição avançada. Assuntos relacionados à eletrônica de potência, ao processamento de sinais, aos algoritmos e metodologias de otimização e ao tratamento de dados aplicados à medição avançada e para desenvolvimento de medidores inteligentes aplicados nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 40.

32 O grau médio é a relação de número de arestas (número de relações de coautoria ou de similaridade semântica) dividido pelo número de nós (pesquisadores) em cada rede colaborativa e o resultado multiplicado por dois, pois há relação de reciprocidade entre pesquisadores.

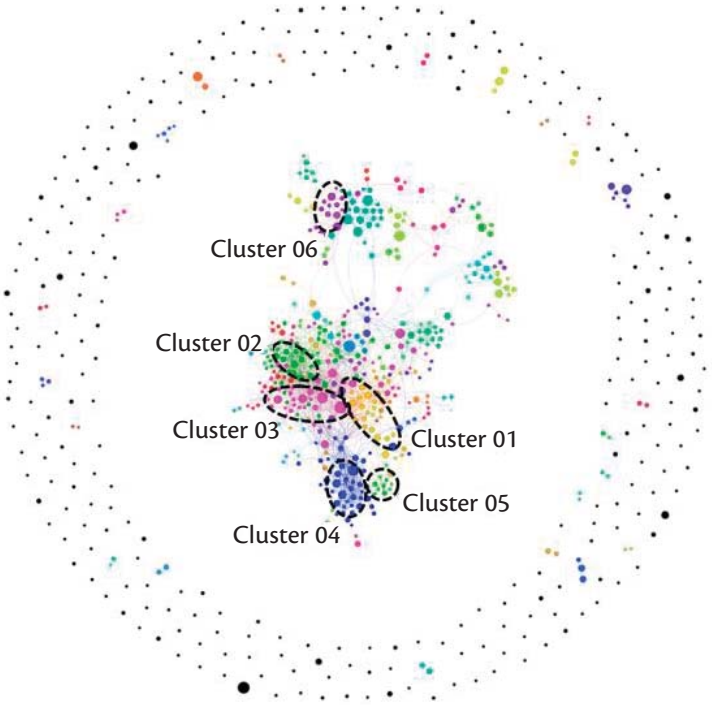


Figura 40 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Medição avançada

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 92.

Tabela 92 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Medição Avançada

Cluster 01: Eletrônica de potência e processamento de sinais, para desenvolvimento de medidores inteligentes aplicados nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Geração distribuída, eficiência energética, confiabilidade e qualidade da energia elétrica, aplicados à medição avançada nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Algoritmos e metodologias de otimização e tratamento de dados aplicados à medição avançada nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Infraestrutura de TIC exigida para o desenvolvimento da medição avançada aplicada nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Aspectos de segurança cibernética na medição avançada aplicada nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Gestão e organização do conhecimento e da informação, tomada de decisão e inovação tecnológica aplicados na medição avançada nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. *3. Digital Signal Processor (DSP).* *4.Uninterruptible Power Supply (UPS).* *5. Phase Locked Loop (PLL).* *6. Pulse with modulation (PWM).* 7. Processamento de sinais. 8. Microcontrolador. 9. Controle. 10.Perdas técnicas.	1. Geração distribuída. 2. Otimização. 3. Automação. 4. Confiabilidade. 5. Algoritmos genéticos . 6. Perdas elétricas. 7. Eficiência energética. 8. Qualidade de energia. 9. Redes inteligentes. 10. Distribuição de energia elétrica.	1. Redes neurais artificiais. 2. Algoritmos genéticos. 3. Automação. 4. Lógica *Fuzzy.* 5. Inteligência artificial. 6. Modelagem. 7. Sistemas especialistas. 8. Reconhecimento de padrões. 9. Simulação. 10. Confiabilidade.	1. Redes de sensores sem fio. 2. Sistemas operacionais. 3. Banco de dados. 4. Redes *ad hoc.* 5. Qualidade de serviço. 6. Smart *grid.* 7. Redes de sensores sem fio. 8. Sistemas embarcados. 9. Computação móvel. 10.Redes de computadores.	1. Metrologia legal. 2. Segurança da informação. 3. Autenticidade. 4. Segurança de *software.* 5. Validação de *software.* 6. *Fingerprinting.* 7. Segurança cibernética. 8. Verificação de integridade. 9. *Software security.* 10. Sistemas de medição.	1. Gestão da informação. 2. Gestão do conhecimento. 3. Informação. 4. Tomada de decisão. 5. Inovação tecnológica. 6. Organização do conhecimento. 7. Organização da informação. 8. Tecnologia da informação. 9. interdisciplinaridade. 10. Ciência da informação.

Fonte: elaboração própria.

Automação da rede

A macrotemática Automação da Rede apresentou cinco *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02, 03 e 04 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão de certa forma correlacionados. O *cluster* 05, por outro lado, encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada à automação da rede. Assuntos relacionados a

algoritmos e metodologias de otimização e tratamento de dados e à eficiência energética aplicados à automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 41.

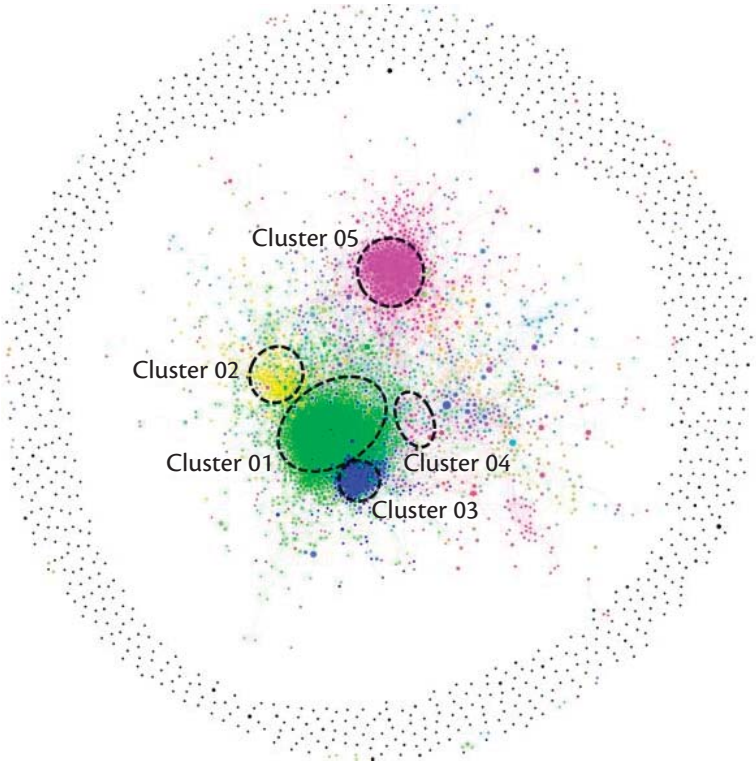


Figura 41 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Automação da rede

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 93.

Tabela 93 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Automação da Rede

Cluster 01: Algoritmos e metodologias de otimização e tratamento de dados e eficiência energética aplicados à automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Infraestrutura de Telecomunicações exigida para o desenvolvimento da automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Eletrônica de potência e qualidade da energia aplicadas na automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Geração distribuída e fontes alternativas de geração de energia elétrica aplicadas na automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Inovação, planejamento estratégico, gestão do conhecimento e gestão ambiental aplicados na automação da rede nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Otimização. 2. Algoritmos genéticos. 3. Eficiência energética. 4.Redes neurais artificiais. 5. Qualidade de energia. 6. Inteligência artificial. 7. Lógica Fuzzy. 8. Redes neurais. 9. Modelagem. 10. Simulação.	1. Qualidade de serviço. 2. Sistemas distribuídos. 3. Redes sem fio. 4. Redes de sensores sem fio. 5. Redes de sensores. 6. Banco de dados. 7. Engenharia de software. 8. Redes de computadores. 9.Redes ad hoc . 10. Telecomunicações.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Eficiência energética. 4. Conversores estáticos. 5. Pulse Width Modulation (PWM). 6. Automação. 7. Controle. 8. Máquinas elétricas 9. Uninterruptible Power Supply (UPS). 10. Digital Signal Processing (DSP).	1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Energia eólica. 4. Biomassa. 5. Biogás. 6. Sistemas fotovoltaicos. 7. Bombeamento de água. 8. Conservação de energia. 9.Energia renovável. 10. Fontes alternativas de energia.	1. Inovação. 2. Planejamento estratégico. 3. Gestão do conhecimento. 4. Sustentabilidade. 5. Sistemas de informação. 6. Planejamento. 7. Empreendedorismo. 8. Gestão ambiental. 9. Logística. 10. Competitividade.

Fonte: elaboração própria.

Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

A macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes apresentou cinco *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 03 e 04 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão de certa forma correlacionados. Os *clusters* 02 e 05, por outro lado, encontram-se mais afastados dos demais e, entre eles, indicando se referirem a outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à infraestrutura de

redes exigida para o desenvolvimento do compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores da rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 42.

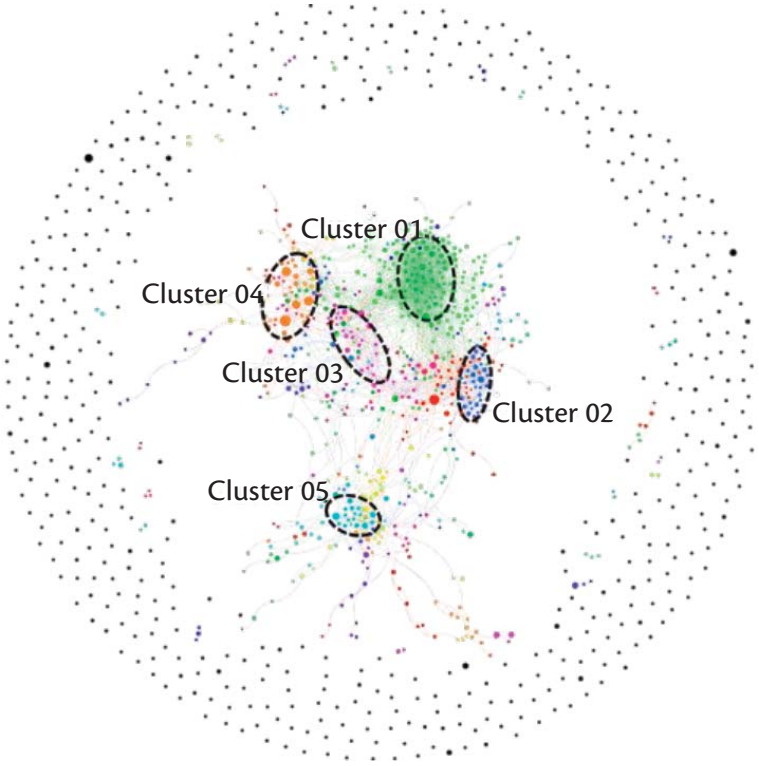


Figura 42 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 94.

Tabela 94 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

Cluster 01: Infraestrutura de redes exigida para o desenvolvimento do compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Sistemas de informação, banco de dados e software aplicados no compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Infraestrutura de telecomunicações exigida para o desenvolvimento do compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Tecnologia da informação e qualidade de energia aplicadas no compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Sustentabilidade, inovação, gestão do conhecimento aplicadas no compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes de computadores. 2. Segurança. 3. Redes sem fio. 4.Redes de sensores. 5. Qualidade de serviço. 6. Internet. 7. Redes de sensores sem fio. 8. Sistemas distribuídos. 9. Roteamento. 10. Redes ad hoc.	1. Engenharia de software. 2. *Framework*. 3. Sistemas distribuídos. 4. Sistemas de informação. 5. Banco de dados. 6. *Software* reuse. 7. Arquitetura de software. 8. Programação orientada a aspectos. 9. Qualidade de *software*. 10. *Middleware*.	1. TV digital. 2. *Middleware*. 3. *Quality of service (QOS)*. 4. Automação. 5. Avaliação de desempenho. 6. Otimização. 7. Redes neurais. 8. Inclusão digital. 9. Telecomunicações. 10. *Smart grid*.	1. Redes neurais artificiais. 2. Inteligência artificial. 3. Redes neurais. 4. Qualidade de energia. 5. Algoritmos genéticos. 6. Lógica *Fuzzy*. 7. Eficiência Energética. 8. Modelagem. 9.Sistemas inteligentes. 10. Otimização.	1. Sustentabilidade. 2. Inovação. 3. Gestão do conhecimento. 4. Estratégia. 5. Tecnologia. 6. Empreendedorismo. 7. Competitividade. 8. Globalização. 9. Meio ambiente. 10. Desenvolvimento sustentável.

Fonte: elaboração própria.

Segurança Cibernética

A macrotemática Segurança Cibernética apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 02, 03, 04 e 05 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Os *clusters* 01, 06 e 07, por outro lado, encontram-se mais afastados dos demais e entre eles, indicando se referirem a outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial, à qualidade da energia, à tecnologia da informação, à gestão do conhecimento, à inovação e à sustentabilidade aplicados à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede.

A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 43.

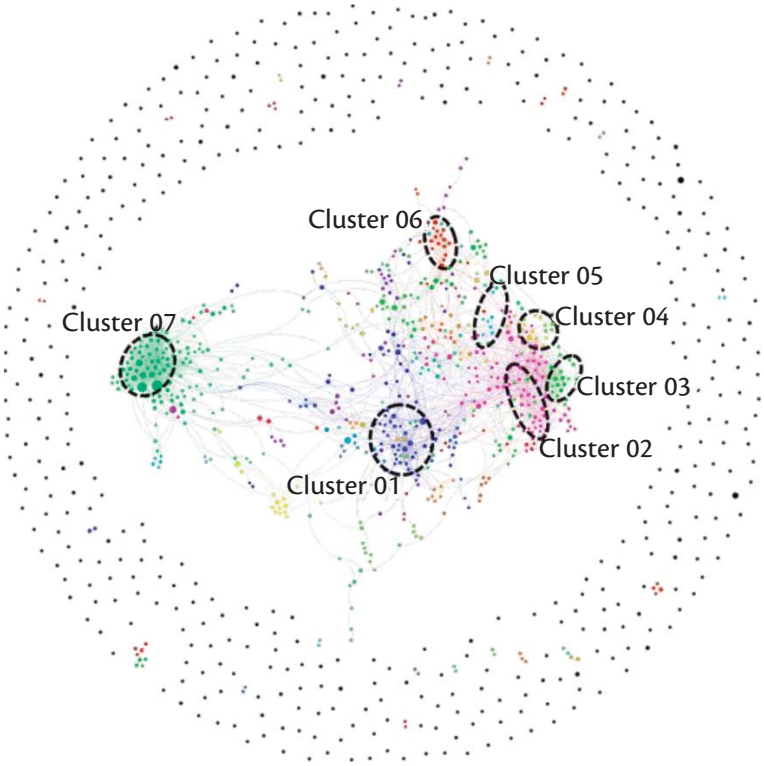


Figura 43 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Segurança Cibernética

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 95 e na Tabela 96.

Tabela 95 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Segurança Cibernética

Cluster 01: Inteligência artificial e qualidade de energia aplicadas à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Redes de computadores, banco de dados e software no contexto da segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Gerenciamento de redes aplicado à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Telecomunicações aplicadas à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes neurais. 2. Redes neurais artificiais. 3. Sistemas inteligentes. 4.Inteligência artificial. 5. Qualidade de energia. 6. Algoritmos genéticos. 7. Banco de dados. 8. Planejamento. 9. Otimização. 10. Automação.	1. Redes de computadores. 2. Segurança. 3. Sistemas distribuídos. 4. Banco de dados. 5. Engenharia de software. 6. *Middleware*. 7. Qualidade de serviço. 8. Criptografia. 9. Computação em nuvem. 10. Dispositivos móveis.	1. Redes de computadores. 2. Qualidade de serviço. 3. Redes sem fio. 4. Roteamento. 5. Redes ad hoc. 6. Redes de sensores. 7. Mobilidade. 8. Redes de alta velocidade. 9. Gerenciamento de redes. 10. *Smart grid*.	1. TV digital. 2. Múltiplas antenas. 3. Criptografia. 4. Comunicação cooperativa. 5. Códigos corretores de erro. 6. Codificação de rede. 7. Codificação de canal. 8. Telecomunicações. 9.Comunicação de dados. 10. Controlador lógico programável (PLC).

Fonte: elaboração própria.

Tabela 96 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Segurança Cibernética (continuação)

Cluster 05: Algoritmos e metrologia legal no contexto da segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Processamento de sinais, comunicações ópticas e automação aplicados à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Tecnologia da informação, gestão do conhecimento, inovação e sustentabilidade aplicadas à segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Grafos. 2. Redes neurais. 3. Algoritmos. 4.Metrologia legal. 5. Otimização combinatória. 6. Complexidade de algoritmos. 7. Segurança da informação. 8. Segurança de *software*. 9. Algoritmos eficientes. 10. Grasp.	1. Telecomunicações. 2. Redes ópticas. 3. Fibras ópticas. 4. OFDM. 5. Automação. 6. Mistura de quatro ondas. 7. *Multi-Protocol Label Switching (MPLS)*. 8. Criptografia. 9. TV digital. 10. Amplificadores ópticos.	1. Tecnologia da informação. 2. Gestão do conhecimento. 3. Inovação. 4. Sistemas de informação. 5. Sustentabilidade. 6. Empreendedorismo. 7. Planejamento estratégico. 8. Competitividade. 9. Segurança da informação. 10. Gestão da informação.

Fonte: elaboração própria.

Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

A macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) apresentou onze *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 08 e 09 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. A mesma relação ocorre entre os *clusters* 06 e 07 e entre os *clusters* 10 e 11. Por outro lado, os *clusters* 02, 03, 04 e 05 encontram-se mais afastados dos demais, indicando se referirem a outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial, à qualidade da energia, à gestão do conhecimento, à inovação e à sustentabilidade aplicados à tecnologia da informação e comunicação nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 44.

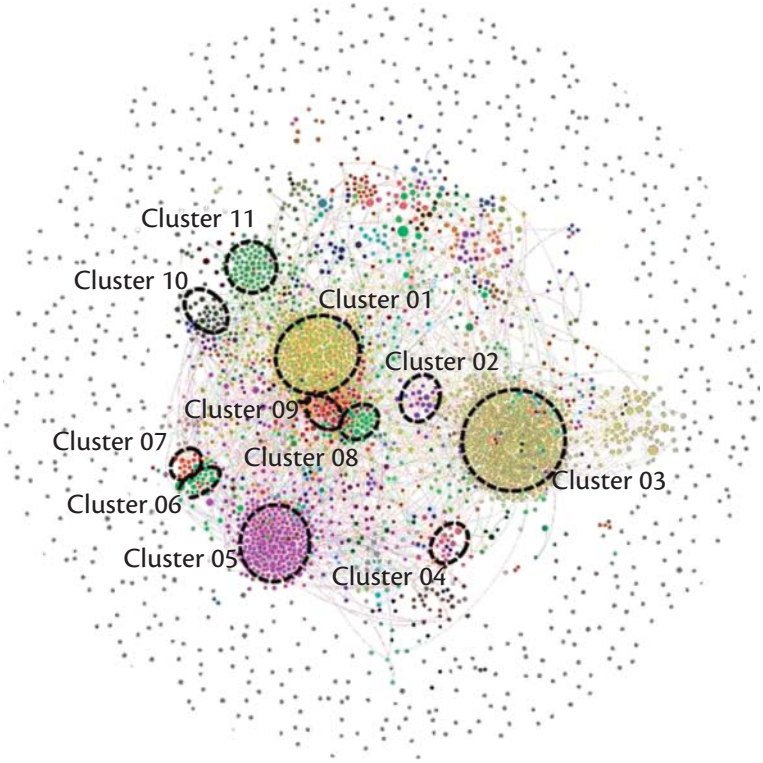


Figura 44 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 89 e na Tabela 90.

Tabela 97 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

Cluster 01: Inteligência artificial e qualidade de energia nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Sistemas de informação e Teoria da Decisão nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Gestão do conhecimento, inovação e sustentabilidade nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Tecnologia da informação para capacitação de recursos humanos nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Redes e engenharia de *software* nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Infraestrutura de Telecomunicações e comunicações ópticas nos sistemas de distribuição de energia elétrica.
1. Redes neurais. 2. Inteligência artificial. 3. Redes neurais artificiais. 4.Eficiência energética. 5. Otimização. 6. Algoritmos genéticos. 7. Automação. 8. Qualidade de energia. 9. Lógica Fuzzy. 10. Sistemas de distribuição.	1. Otimização. 2. Multicritério. 3. Sistemas de informação. 4. *Electre*. 5. Pesquisa operacional. 6. Programação linear. 7. Planejamento estratégico. 8. Teoria da utilidade multiatributo. 9. Teoria da Decisão. 10. Pesquisa e desenvolvimento.	1. Inovação. 2. Sustentabilidade. 3. Gestão do conhecimento. 4. Competitividade. 5. Qualidade. 6. Estratégia. 7. Empreendedorismo. 8. Tecnologia da informação. 9. Planejamento estratégico. 10. Gestão.	1. Realidade virtual. 2. Realidade aumentada. 3. Educação. 4. Inteligência artificial. 5. Redes neurais. 6. Educação à distância. 7. Redes neurais artificiais. 8. Ambientes virtuais. 9. *Virtual Reality Modeling Language (VMRL).* 10. Simulação.	1. Redes de computadores. 2. Segurança. 3. Internet. 4. Redes sem fio. 5. Sistemas distribuídos. 6. Qualidade de serviço. 7. Redes de sensores. 8. Redes *ad hoc*. 9. Banco de dados. 10. Engenharia de *software*.	1. Telecomunicações. 2. Comunicações ópticas. 3. Redes ópticas. 4. *Wavelenght Division Multiplexing (WDM).* 5. Amplificadores ópticos. 6. Fibra óptica. 7. Antenas. 8. Micro-ondas. 9. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).* 10. Comunicações móveis.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 98 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) – (continuação)

Cluster 07: Infraestrutura de Telecomunicações e sensoriamento nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 08: Algoritmos e otimização nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 09: Otimização, Inteligência computacional e aprendizado de máquina nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 10: Tecnologia da Informação e Comunicação para confiabilidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 11: Tecnologia da Informação e Comunicação para eletrônica de potência, qualidade de energia e eficiência energética nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes de Bragg. 2. Sensores à fibra óptica. 3. Sensores. 4.Comunicações ópticas. 5. Amplificadores ópticos. 6. Elementos finitos. 7. Linhas de transmissão. 8. Automação industrial. 9. Dispositivos fotônicos. 10. Telecomunicações.	1. Otimização combinatória. 2. Metaheurísticas. 3. Grasp. 4. Algoritmos genéticos. 5. Pesquisa operacional. 6. Programação matemática. 7. *Scheduling*. 8. *Iterated local search*. 9. Problema do caixeiro viajante. 10. Mineração de dados.	1. Redes neurais. 2. Algoritmos genéticos. 3. Aprendizado de máquina. 4. Otimização. 5. Redes neurais artificiais. 6. Mineração de dados. 7. Inteligência artificial. 8. Otimização por enxame de partículas. 9. Despacho econômico de energia elétrica. 10. Robótica.	1. Descargas atmosféricas. 2. Linhas de distribuição. 3. Confiabilidade. 4. Aterramento. 5. Pára-raios. 6. Telecomunicações. 7. Redes neurais artificiais. 8. Proteção elétrica. 9.Redes neurais e *data mining*. 10. Redes elétricas.	1. Eletrônica de potência. 2. Controle digital. 3. Iluminação pública. 4. Correção de fator de potência. 5. Sistemas de informação. 6. Eficiência energética. 7. Telecomunicações. 8. Sistemas de comunicação. 9. Inteligência artificial. 10. Sistemas de distribuição.

Fonte: elaboração própria.

Operação e Manutenção

A macrotemática Operação e Manutenção apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02, 03, 04, 05 e 06 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. O *cluster* 07, por outro lado, encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial e técnicas de decisão e planejamento para a operação e manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 45.

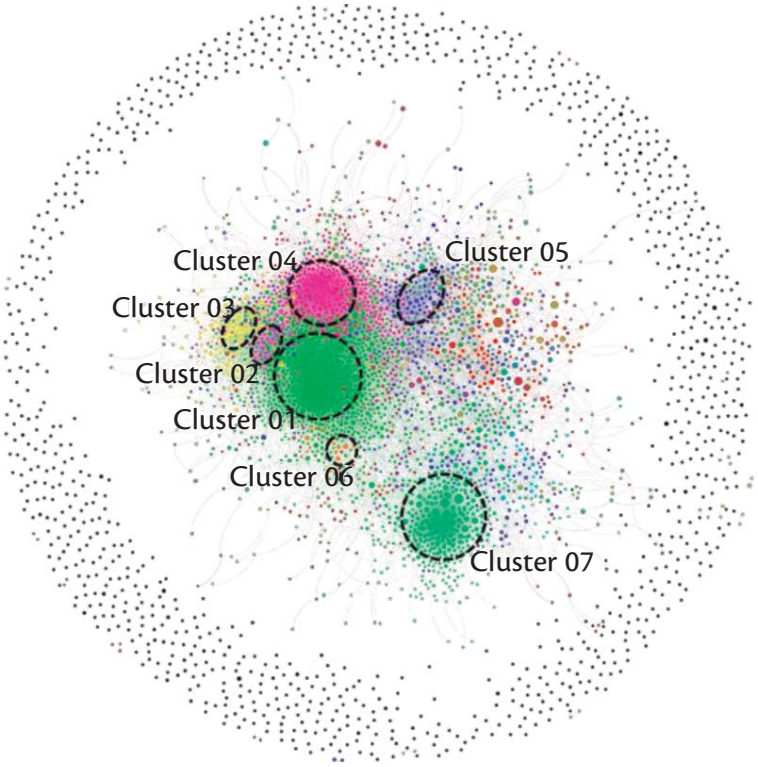


Figura 45 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Operação e Manutenção

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 91 e na Tabela 92.

Tabela 99 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção

Cluster 01: Inteligência artificial para operação e manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Aterramento, proteção e técnicas de alta tensão na operação e manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Redes e sensoriamento aplicados à operação e manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Eletrônica de potência, qualidade de energia e eficiência energética aplicadas à operação e à manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes neurais artificiais. 2. Otimização. 3. Confiabilidade. 4. Redes neurais. 5. Distribuição de energia elétrica. 6. Inteligência artificial. 7. Operação de sistemas de distribuição. 8. Processamento de sinais. 9. Qualidade de energia. 10. Manutenção	1. Descargas atmosféricas. 2. Transitórios eletromagnéticos. 3. Aterramento. 4. Pára-raios. 5. Técnicas de alta tensão. 6. Coordenação de isolamento. 7. Eficiência energética. 8. Linhas de distribuição. 9. Operação de sistemas de potência em tempo real. 10. Manutenção.	1. Redes de computadores. 2. Segurança. 3. Qualidade de serviço. 4. Redes sem fio. 5. Redes de sensores. 6. Redes *ad hoc*. 7. *Middleware*. 8. Gerência e operação de redes. 9. Sistemas distribuídos. 10. Engenharia de *software*.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Controle. 4. Eficiência energética. 5. Controle digital. 6. Geração distribuída. 7. Sistemas SCADA. 8. Engenharia elétrica. 9. Chaveamento. 10. Manutenção.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 100 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção (continuação)

Cluster 05: Operação e manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica considerando-se as energias renováveis e geração distribuída	*Cluster* 06: Gestão da operação e manutenção nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Técnicas de decisão e planejamento da operação e manutenção nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Energia solar fotovoltaica. 2. Energias renováveis. 3. Energia eólica. 4. Eletrificação rural. 5. Conservação de energia elétrica. 6. Bombeamento de água. 7. Engenharia elétrica. 8. Manutenção preditiva. 9. Manutenção preventiva. 10. Geração e distribuição de energia elétrica.	1. Gestão do conhecimento. 2. Ergonomia. 3. Sustentabilidade. 4. Gestão da qualidade. 5. Planejamento estratégico. 6. Custos. 7. Redes de cooperação. 8. Estratégia de produção e operação. 9. Gestão da manutenção. 10. Manutenção centrada em confiabilidade.	1. Decisão multicritério. 2. Pesquisa operacional. 3. Sistemas de distribuição. 4. Fator de incerteza. 5. Gerenciamento de carga. 6. Manutenção. 7. Sistemas de fornecimento de energia elétrica. 8. Planejamento e operação. 9. Confiabilidade. 10. Gerenciamento de riscos.

Fonte: elaboração própria.

Subestações e Equipamentos

A macrotemática Subestações e Equipamentos apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02, 03 e 04 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. O *cluster* 05 fica um pouco mais afastado dos quatro primeiros, mas mantém ainda certa relação com eles. Os *clusters* 06 e 07, por outro lado, encontram-se mais afastados dos demais, indicando se referirem a outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema da macrotemática, porém estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Assuntos relacionados à eletrônica de potência, qualidade da energia, inteligência artificial e algoritmos aplicados a subestações e equipamentos nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 46.

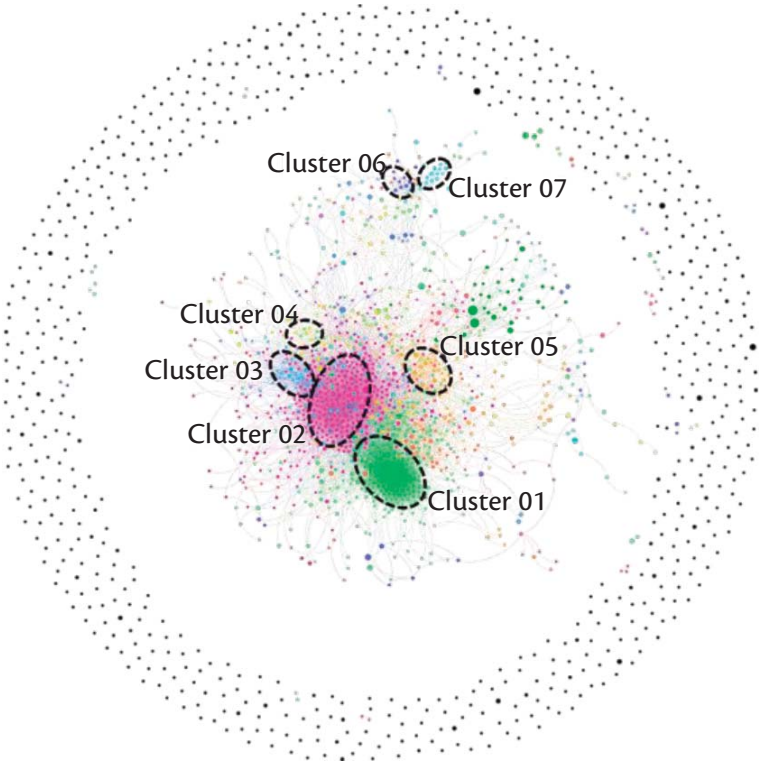


Figura 46 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Subestações e Equipamentos

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 101 e na Tabela 102.

Tabela 101 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Subestações e Equipamentos

Cluster 01: Eletrônica de potência e qualidade de energia em subestações e equipamentos de sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Algoritmos e inteligência artificial aplicados a subestações e equipamentos nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Aterramento, proteção e técnicas de alta tensão em subestações e equipamentos de sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Inteligência artificial e treinamento para serviços em subestações e equipamentos de sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Controle digital. 4. Operação de sistemas. 5. Engenharia elétrica. 6. Equipamentos elétricos. 7. Subestações. 8. Sistemas inteligentes. 9. Geração distribuída. 10. Sistemas de distribuição.	1. Inteligência artificial. 2. Redes neurais. 3. Redes neurais artificiais. 4. Otimização. 5. Sistemas elétricos de potência. 6. Geração distribuída. 7. Algoritmos genéticos. 8. Sistemas de distribuição. 9. Qualidade de energia. 10. Equipamentos de subestações.	1. Alta tensão. 2. Tensão induzida. 3. Descargas atmosféricas. 4. Transitórios eletromagnéticos. 5. Pára-raios. 6. Proteção elétrica. 7. Linhas de distribuição. 8. Aterramentos elétricos. 9. Coordenação de isolamento em subestações. 10. Equipamentos elétricos.	1. Alta tensão. 2. Diagnóstico e monitoramento. 3. Redes neurais. 4. Treinamento baseado em computador. 5. Simulador para treinamento. 6. Transformadores de distribuição. 7. Inteligência artificial. 8. Campo elétrico. 9. Subestações. 10. Equipamentos elétricos.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 102 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Subestações e Equipamentos (continuação)

Cluster 05: Eficiência energética e sustentabilidade aplicados a subestações e equipamentos nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Caracterização de materiais para equipamentos elétricos nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Novos materiais para aplicação em subestações e equipamentos elétricos nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Eficiência energética. 2. Energia. 3. Sustentabilidade. 4. Conservação de energia. 5. Desenvolvimento local. 6. Energias alternativas. 7. Condições climáticas. 8. Subestações de energia elétrica. 9. Inspeções de máquinas, equipamentos e instalações. 10. Carbono (emissão).	1. Vidro. 2. Cerâmica eletro-eletrônica. 3. Nanotecnologia. 4. Viscosidade. 5. Moagem em altas energias. 6. Cristalização. 7. Condutividade iônica. 8. Ferroelétricos. 9. Espectroscopia de impedância. 10. Biomateriais.	1. Diamante-cvd. 2. Filmes finos. 3. Supercondutividade. 4. Aplicações espaciais. 5.Espectroscopia raman. 6. Caracterização microestrutural. 7. Aderência. 8. Tecnologia de plasmas. 9. Propriedades elétricas. 10. Tratamentos térmicos.

Fonte: elaboração própria.

Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição

A macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição apresentou seis *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que todos os *clusters* estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados e o tema da macrotemática possui várias interligações. Assuntos relacionados a algoritmos, inteligência artificial, eletrônica de potência e qualidade da energia aplicados à proteção, à automação e ao controle nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 47.

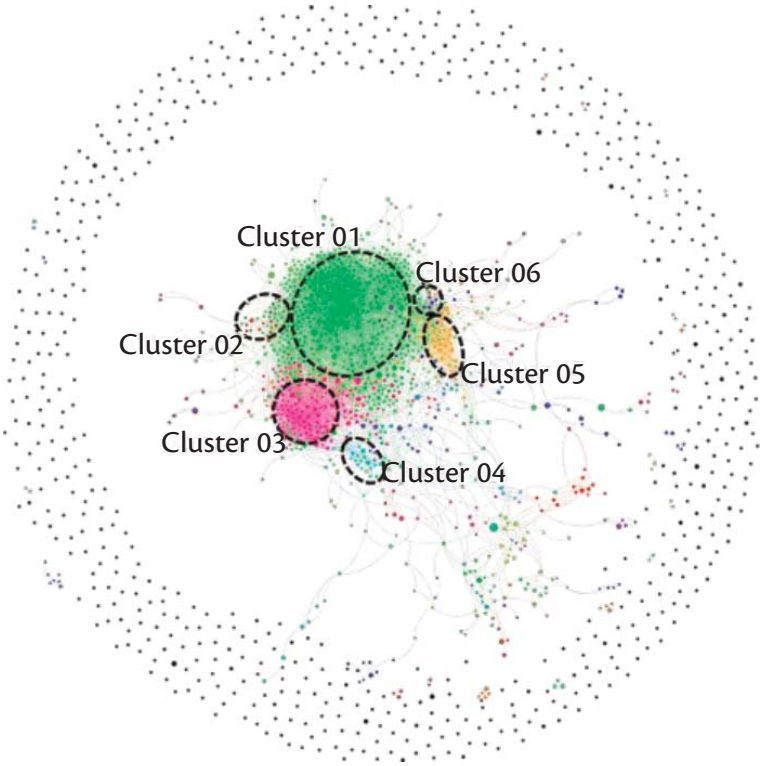


Figura 47 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 103.

Tabela 103 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição

Cluster 01: Algoritmos e inteligência artificial aplicados a proteção, automação e controle nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Redes elétricas inteligentes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Eletrônica de potência e qualidade de energia aplicados a proteção, automação e controle nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Proteção, automação e controle aplicados a fontes alternativas de energia e geração distribuída nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 05: Técnicas de alta tensão e aterramento aplicadas a proteção, automação e controle nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Novos materiais e diagnóstico e monitoramento de proteção, automação e controle nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Inteligência artificial. 2. Redes neurais. 3. Redes neurais artificiais. 4. Lógica *Fuzzy*. 5. Qualidade de energia. 6. Otimização. 7. Algoritmos genéticos. 8. Confiabilidade. 9. Distribuição de energia elétrica. 10. Controle e automação.	1. Redes elétricas inteligentes. 2. Qualidade de energia elétrica. 3. Distribuição de energia elétrica. 4. *Smart grid*. 5. Processamento digital de sinais. 6. Sensores. 7. Equipamento elétrônico. 8. Rede mesh. 9. Microprocessadores. 10. Automação de redes de distribuição.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Operação de sistemas. 4. Sistemas distribuídos. 5. Controle inteligente. 6. Iluminação pública. 7. Conversores cc-cc. 8. Comutação suave. 9. Reator eletrônico. 10. Conversores estáticos.	1. Energia solar fotovoltaica. 2. Eficiência energética. 3. Sensoriamento remoto. 4. Energias renováveis. 5. Geração descentralizada. 6. Planejamento integrado de recursos energéticos. 7. Cogeração. 8. Energia eólica. 9. Subestações. 10. Proteção anti-ilhamento.	1. Descargas atmosféricas. 2. Aterramento. 3. Transitórios eletromagnéticos. 4. Compatibilidade eletromagnética. 5. Sistemas de detecção. 6. Proteção elétrica. 7. Redes de distribuição. 8. Ensaios de impulso atmosférico. 9. Medição fasorial sincronizada. 10. Automação da proteção.	1. Eficiência energética. 2. Pára-raios. 3. Transformadores. 4. Alta tensão. 5. Ligas amorfas. 6. Diagnóstico e monitoramento. 7. Isolador polimérico. 8. Materiais magnéticos. 9. Novos materiais. 10. Óxido de zinco.

Fonte: elaboração própria.

Mobilidade Elétrica

A macrotemática Mobilidade Elétrica apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02 e 03 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Da mesma maneira, os *clusters* 05, 06 e 07 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Por outro lado,

o *cluster* 04 encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à eletrônica de potência e à otimização aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 48.

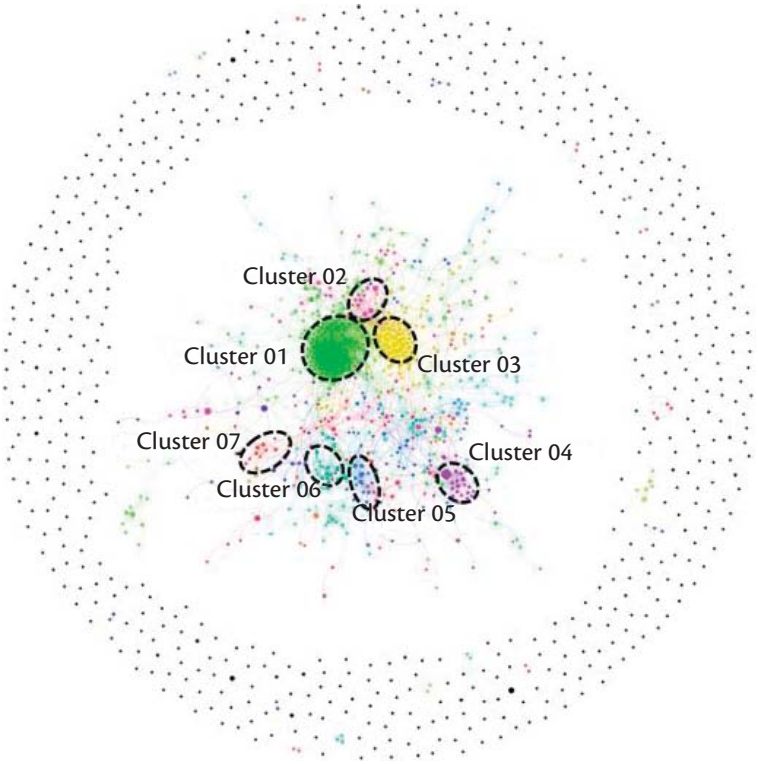


Figura 48 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Mobilidade Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 104 e na Tabela 105.

Tabela 104 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Mobilidade Elétrica

Cluster 01: Eletrônica de potência e otimização aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Algoritmos e inteligência artificial aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Telecomunicações, redes e sensoriamento aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Gestão da inovação aplicada à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Eletrônica de potência. 2. Elementos finitos. 3. Otimização topológica. 4. Controle. 5. Engenharia elétrica. 6. Instrumentação. 7. Sistemas inteligentes. 8. Automação. 9. Veículo elétrico. 10. Armazenamento de energia.	1. Inteligência computacional. 2. Algoritmos genéticos. 3. Otimização. 4. Confiabilidade. 5. Mobilidade urbana. 6. Veículo elétrico – mobilidade. 7. Algoritmos evolutivos. 8. Metaheurísticas. 9. Qualidade de energia. 10. Inteligência artificial.	1. Redes de sensores sem fio. 2. Eficiência energética. 3. Telecomunicações. 4. Redes de computadores. 5. Mobilidade. 6. Veículos elétricos. 7. Veículos aéreos não tripulados. 8. Rastreamento de veículos. 9. Automação elétrica. 10. Gerência de redes.	1. Inovação tecnológica. 2. Gestão da produção. 3. Desenvolvimento de produto. 4. Ergonomia. 5. Mobilidade urbana. 6. Veículos elétricos. 7. Veículos híbridos. 8. Distribuição de energia elétrica. 9. Política tecnológica. 10. Pesquisa e desenvolvimento.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 105 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Mobilidade Elétrica (continuação)

Cluster 05: Geração distribuída e desenvolvimento sustentável aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Geração distribuída, análise de ciclo de vida e gestão ambiental aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Análise de combustíveis aplicados à mobilidade elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Energia solar fotovoltaica.	1. Cogeração.	1. Biodiesel.
2. Eficiência energética.	2. Biomassa.	2. Gasolina.
3. Conservação de energia elétrica.	3. Eficiência energética.	3. Eficiência energética.
4. Energias renováveis.	4. Avaliação do ciclo de vida.	4. Combustíveis.
5. Geração descentralizada.	5. Meio ambiente.	5.Etanol.
6. Mobilidade elétrica.	6. Exergia.	6. Emissões.
7. Geração distribuída.	7. Sistemas híbridos.	7. Veículos elétricos.
8. Veículos elétricos.	8. Mobilidade sustentável.	8. Veículos híbridos.
9. Armazenamento de energia.	9. Gestão ambiental.	9. Mobilidade urbana.
10. Integração de recursos renováveis.	10. Avaliação social do ciclo de vida.	10. Baterias.

Fonte: elaboração própria.

Geração distribuída e Microrredes

A macrotemática Geração Distribuída e Microrredes apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02 e 03 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Da mesma maneira, os *clusters* 04, 05 e 06 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Por outro lado, o *cluster* 07 encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial aplicada à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 49.

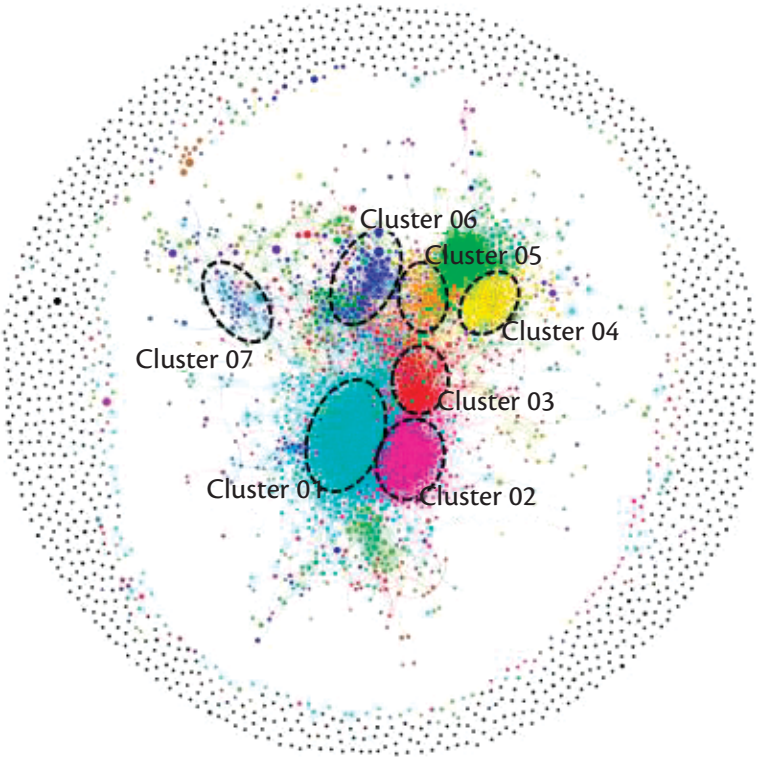


Figura 49 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 106 e na Tabela 107.

Tabela 106 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes

Cluster 01: Inteligência artificial aplicada à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Eletrônica de potência e qualidade de energia aplicadas à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Planejamento e sustentabilidade aplicados à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Gestão da inovação e conhecimento aplicada à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes neurais. 2. Redes neurais artificiais. 3. Eficiência energética. 4. Geração distribuída. 5. Microrredes. 6. Algoritmos genéticos. 7. Distribuição de energia elétrica. 8. Inteligência artificial. 9. Lógica Fuzzy. 10. Simulação.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Eficiência energética. 4. Engenharia elétrica. 5. Geração distribuída. 6. Controle digital. 7. Comutação suave. 8. Inversores. 9. Correção do fator de potência. 10. Microrredes.	1. Energia solar fotovoltaica. 2. Energias renováveis. 3. Energia eólica. 4. Construção sustentável. 5. Conservação de energia elétrica. 6. Geração Distribuída. 7. Geração descentralizada. 8. Eficiência energética. 9. Sustentabilidade. 10. Planejamento energético.	1. Ergonomia. 2. Gestão do conhecimento. 3. Inovação tecnológica. 4. Inteligência organizacional. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Gestão da qualidade. 7. Energias renováveis. 8. Geração e distribuição de energia elétrica. 9. Micro e pequenas empresas. 10. Empreendedorismo.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 107 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes (continuação)

Cluster 05: Sustentabilidade e gerenciamento de resíduos sólidos aplicados à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Prospecção tecnológica e otimização aplicados à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Caracterização de materiais aplicados à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Gerenciamento de resíduos sólidos. 2. Resíduos sólidos urbanos. 3. Caracterização de materiais. 4. Resíduos sólidos industriais. 5. Gestão ambiental. 6. Saneamento ambiental. 7. Energia renovável. 8. Geração distribuída, resíduos sólidos. 9. Redes de distribuição. 10. Distribuição de energia.	1. Biodiesel. 2. Energia. 3. Biomassa. 4. Geração distribuída. 5. Cogeração. 6. Administração de CT&I. 7. Otimização. 8. Prospecção tecnológica. 9. Distribuição. 10. Rede elétrica.	1. Nanotecnologia. 2. Raman. 3. Polímeros condutores. 4. Materiais cerâmicos. 6. Vidros porosos. 7. Eletrodeposição. 8. Microestrutura. 9. Fonte de energia renovável. 10. Distribuição.

Fonte: elaboração própria.

Redes de distribuição aéreas e subterrâneas

A macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas apresentou sete *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 02, 03, 04 e 05 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Por outro lado, os *clusters* 06 e 07 encontram-se mais afastados dos demais, indicando se referirem a outras áreas do conhecimento relacionadas ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial, à eletrônica de potência e à qualidade da energia, aplicados ao planejamento da expansão de redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica, são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 50.

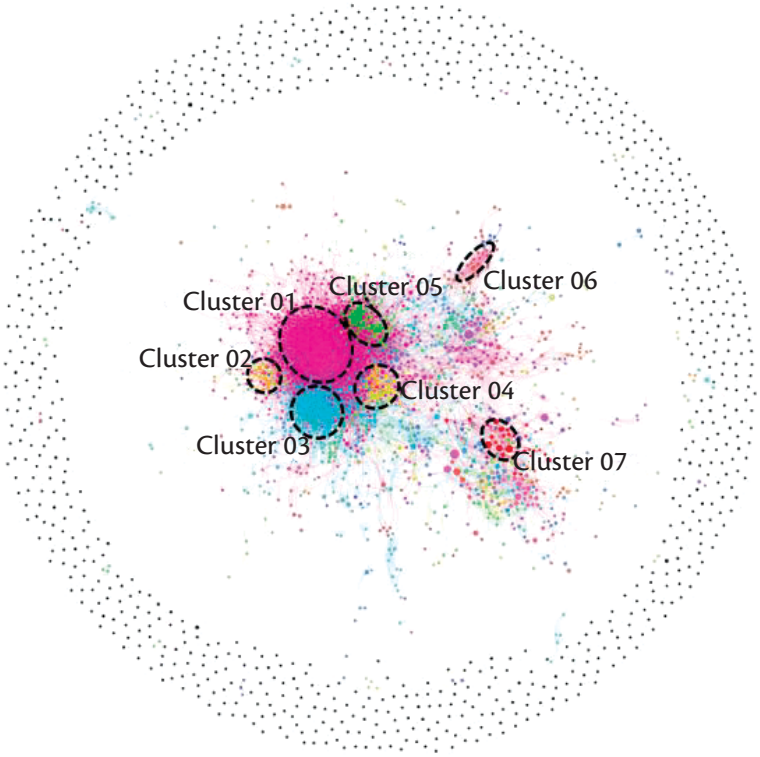


Figura 50 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Redes de distribuição aéreas e subterrâneas.

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 108 e na Tabela 109.

Tabela 108 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas

Cluster 01: Inteligência artificial aplicada ao planejamento da expansão de redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Comunicações ópticas, sensoriamento e telecomunicações aplicados a redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Eletrônica de potência e qualidade de energia aplicados a redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Eficiência energética e planejamento energético aplicado a redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes neurais. 2. Corrente contínua. 3. Perdas. 4. Geração distribuída. 5. Redes aéreas. 6. Algoritmos genéticos. 7. Redes subterrâneas. 8. Inteligência artificial. 9. Lógica Fuzzy. 10. Planejamento da expansão de redes de distribuição.	1. Comunicações ópticas. 2. Dispositivos ópticos. 3. Grades de Bragg. 4. Fibras ópticas. 5. Sensores. 6. Amplificação raman. 7. Redes de computadores. 8. Telecomunicações. 9. Redes sem fio. 10. Perdas por fraudes e perdas elétricas.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade de energia. 3. Eficiência energética. 4. Automação. 5. Controle digital. 6. Geração distribuída. 7. Microrredes. 8. Perdas técnicas. 9. Interligação à rede elétrica. 10. Redes elétricas inteligentes.	1. Eficiência energética. 2. Planejamento energético. 3. Desenvolvimento sustentável. 4. Energias alternativas. 5. Energia e meio ambiente. 6. Conservação de energia elétrica. 7. Sistemas elétricos de potência. 8. Novos materiais. 9. Redes de distribuição. 10. Combate a perdas elétricas.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 109 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (continuação)

Cluster 05: Técnicas de alta tensão, aterramento e proteção elétrica aplicados ao planejamento da expansão de redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Engenharia de materiais e construção civil aplicadas a redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Caracterização de materiais e propriedades mecânicas aplicadas à geração distribuída e às microrredes nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Descargas atmosféricas. 2. Aterramento. 3. Proteção elétrica. 4. Transitórios eletromagnéticos. 5. Tensões induzidas. 6. Pára-raios. 7. Linha de transmissão subterrânea. 8. Corrente contínua. 9. Redes de distribuição. 10. Redes sem fio.	1. Estruturas de concreto. 2. Elementos finitos. 3. Modelagem computacional. 4. Análise estrutural. 5. Análise dinâmica. 6. Fadiga. 7. Linhas aéreas de transmissão. 8. Distribuição. 9. Método dos elementos de contorno. 10. Monitoração de estruturas.	1. Nanocompósitos. 2. Reciclagem. 3. Propriedades mecânicas. 4. Comportamento mecânico. 6. Polímeros. 7. Caracterização. 8. Cabos elétricos. 9. Cabos subterrâneos. 10. Redes sem fio.

Fonte: elaboração própria.

Qualidade da energia elétrica

A macrotemática Qualidade da Energia Elétrica apresentou oito *clusters* principais de Recursos Humanos, considerando-se a similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. Verifica-se que os *clusters* 01, 04, 05, 06 e 07 estão intimamente ligados entre si, mostrando que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Da mesma maneira, os *clusters* 02 e 03 estão intimamente ligados e pode-se dizer que os assuntos relacionados a eles estão, de certa forma, correlacionados. Por outro lado, o *cluster* 08 encontra-se mais afastado dos demais, indicando se referir a outra área do conhecimento relacionada ao tema da macrotemática. Assuntos relacionados à inteligência artificial, à eletrônica de potência, à gestão da qualidade e inovação, aplicados à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica são os mais tratados pelos pesquisadores na rede. A disposição da rede colaborativa pode ser vista na Figura 51.

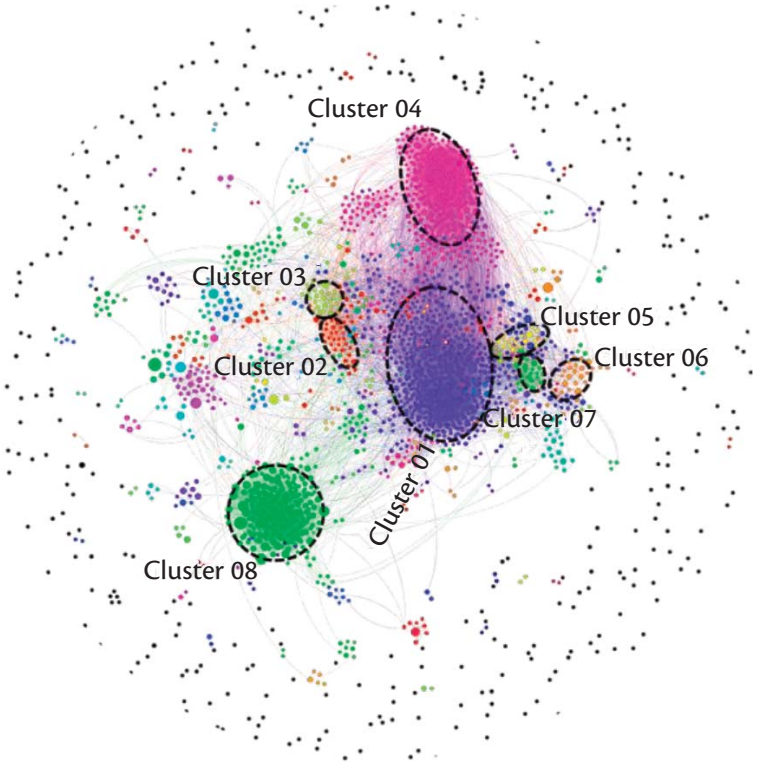


Figura 51 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A caracterização dos *clusters* por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 110 e na Tabela 111.

Tabela 110 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica

Cluster 01: Inteligência artificial aplicada à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 02: Eficiência energética e planejamento energético aplicados à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 03: Distúrbios em sistemas elétricos no contexto da qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 04: Eletrônica de potência aplicada à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Redes neurais. 2. Confiabilidade. 3. Redes neurais artificiais. 4. Geração distribuída. 5. Qualidade da energia elétrica. 6. Distribuição de energia elétrica. 7. Algoritmos genéticos. 8. Qualidade de serviço. 9. Inteligência artificial. 10. Harmônicos.	1. Eficiência energética. 2. Planejamento energético. 3. Conservação de energia elétrica. 4. Energia e meio ambiente. 5. Energias alternativas. 6. Qualidade da energia elétrica. 7. Distorções harmônicas. 8. Controle de tensão. 9. Filtro, harmônicas, qualidade. 10. Distribuição de energia elétrica.	1. Distúrbios em sistemas elétricos. 2. Qualidade da energia elétrica. 3. Distribuição de energia. 4. Compensação reativa. 5. Ressarcimento de danos. 6. Análise harmônica. 7. Controle de tensão. 8. Chaveamento controlado. 9. Corrente de fuga. 10. Filtros harmônicos.	1. Eletrônica de potência. 2. Qualidade da energia elétrica. 3. Controle da qualidade da tensão. 4. Sistemas de distribuição. 5. Reator eletrônico. 6. Controle digital. 7. Sistemas fotovoltaicos. 8. Correção do fator de potência. 9. Comutação suave. 10. Harmônicos.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 111 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica (continuação)

Cluster 05: Técnicas de alta tensão aplicadas à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 06: Comunicações ópticas, sensoriamento e telecomunicações aplicados a redes aéreas e subterrâneas nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 07: Efeitos de descargas atmosféricas e aterramento na qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica	*Cluster* 08: Gestão da qualidade e inovação aplicadas à qualidade da energia elétrica nos sistemas de distribuição de energia elétrica
1. Isoladores. 2. Ensaios em alta tensão. 3. Pára-raios. 4. Linhas de transmissão. 5. Qualidade da energia elétrica. 6. Corrente de fuga. 7. Distorções harmônicas. 8. Coordenação de isolamento. 9. Redes de distribuição. 10. Diagnóstico de isolamento elétrico de alta tensão.	1. Comunicações ópticas. 2. Espalhamento Raman. 3. Grades de Bragg. 4. Qualidade de serviço. 5. Sensores de fibra óptica. 6.Qualidade da energia elétrica. 7. Redes de computadores. 8. Sistemas de Telecomunicações. 9. Redes sem fio. 10. Perdas de energia elétrica.	1. Descargas atmosféricas. 2. Transitórios eletromagnéticos. 3. Aterramento. 4. Linhas de transmissão. 5. Compatibilidade eletromagnética. 6. Sobretensão induzida. 7. Harmônicos. 8. Qualidade da energia elétrica. 9. Ensaios e aplicação de produto. 10. Surtos atmosféricos em unidades consumidoras.	1. Gestão do conhecimento. 2. Gestão da qualidade. 3. Fatores humanos e tecnológicos. 4. Regulador de tensão. 5. Estratégia. 6. Qualidade em serviços. 7. Inovação. 8. Empreendedorismo. 9. Distribuição de energia elétrica. 10. Qualidade da energia.

Fonte: elaboração própria.

Relações de similaridade semântica e coautoria

Foi utilizado o software Gephi para a análise de relações de coautoria e similaridade semântica entre pesquisadores, nas redes colaborativas das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica. A organização e a *clusterização* dos pesquisadores em cada rede colaborativa foram possíveis utilizando-se o software, a partir da extração de currículos referentes aos temas de cada macrotemática com base na plataforma Lattes.

O indicador escolhido para a comparação entre as relações de coautoria e similaridade semântica entre os pesquisadores das diferentes redes colaborativas foi o grau médio. Este indicador tem como resultado um número que representa a quantidade de interações (arestas) de similaridade semântica

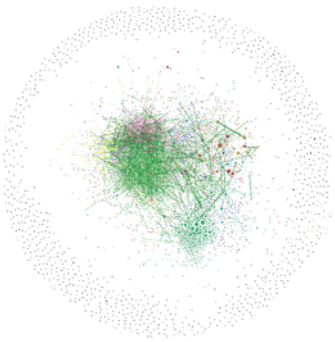
ou coautoria, dividido pelo número de pesquisadores daquela rede (nós), multiplicado por dois. A multiplicação é feita para considerar a relação de reciprocidade entre dois pesquisadores. Quanto maior o valor do grau médio, maiores são as interações dentro daquela rede colaborativa.

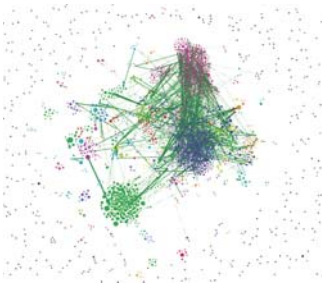
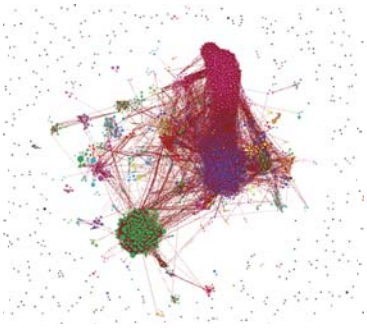
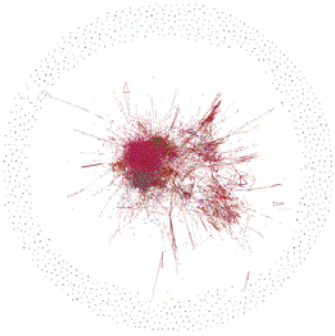
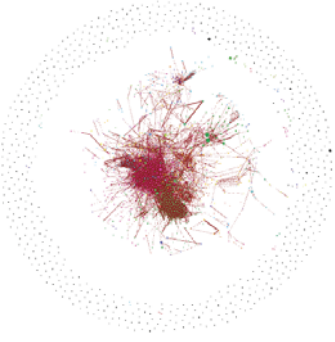
O indicador grau médio não sofre influência na comparação entre redes muito diferentes, em relação à quantidade total de pesquisadores (nós) e interações (arestas), pois está relacionado a uma normalização.

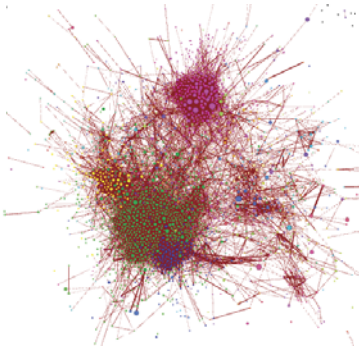
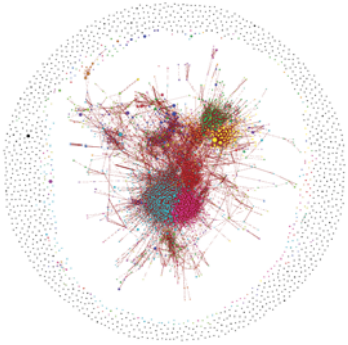
A análise direta do número de colaborações de coautoria ou de similaridade semântica é mais sensível na comparação entre redes muito díspares.

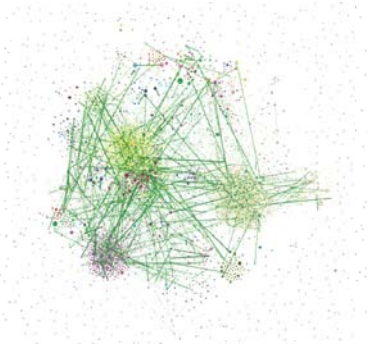
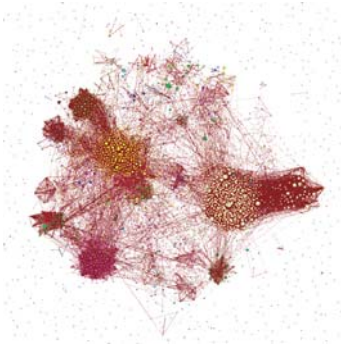
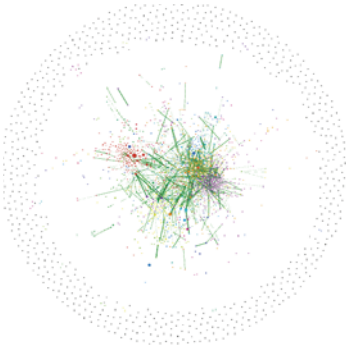
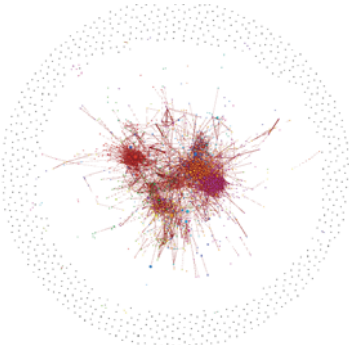
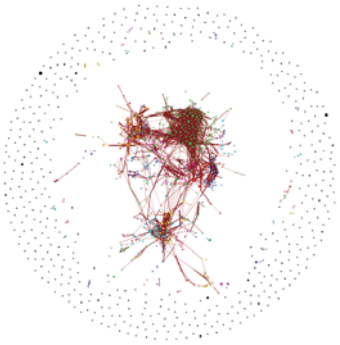
Os resultados do grau médio considerando-se a similaridade semântica e a coautoria nas redes colaborativas de cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica são apresentados na Tabela 112.

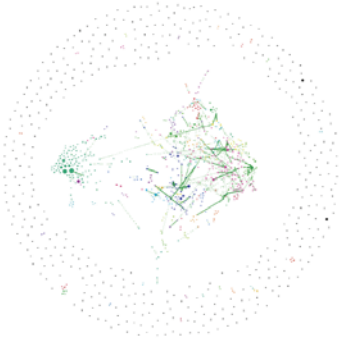
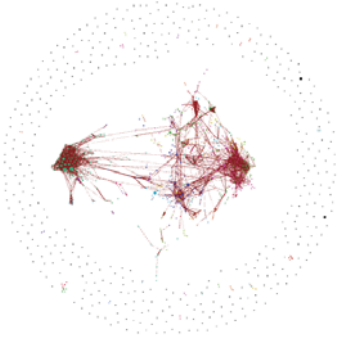
Tabela 112 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Operação e Manutenção	0,943		11,733	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Qualidade da Energia Elétrica	0,895		10,527	
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	0,888		7,75	
Subestações e Equipamentos	0,836		6,700	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Automação da Rede	0,831		9,012	
Geração Distribuída e Microrredes	0,792		11,815	
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	0,76		6,974	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	0,75		11,062	
Mobilidade Elétrica	0,642		6,879	
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	0,419		3,613	

	Grau Médio de Coautoria	Coautoria	Grau Médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Medição Avançada	0,392		2,681	
Segurança Cibernética	0,348		3,345	

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, as redes colaborativas que apresentaram maiores valores de grau médio de coautoria também apresentaram maiores valores de grau médio de similaridade semântica. A mesma relação ocorreu para as redes que apresentaram menores valores de grau médio de coautoria. As exceções foram nas redes das macrotemáticas Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Subestações e Equipamentos, Geração Distribuída e Microrredes e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).

Para a análise dos resultados, definiu-se valores altos, médios e baixos de grau médio em relação ao contexto geral do grupo temático, ou seja, considerando-se os resultados e as comparações entre as doze macrotemáticas.

As macrotemáticas que apresentaram valores mais altos de grau médio de coautoria e de similaridade semântica em relação aos resultados obtidos para as doze macrotemáticas do grupo temático foram Operação e Manutenção, Qualidade da Energia Elétrica e Automação da Rede. Os temas trabalhados pelos pesquisadores dessas áreas são bem correlacionados e apresentam semelhanças, por isso há várias relações de coautoria e similaridade semântica dentre os diversos *clusters* identificados nessas redes colaborativas. Está ocorrendo uma mudança significativa de paradigma tecnológico no setor de Distribuição e, para subsidiar tais mudanças, ter-se-ão, também, níveis avançados de automação, apoiando-se em tempo real os sistemas inteligentes de operação e manutenção, bem como o gerenciamento do desempenho das redes, de modo a garantir a integração e a interoperabilidade dessas tecnologias e maximizar seus benefícios, o que justifica essas redes dinâmicas de colaboração.

As redes colaborativas das macrotemáticas Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Subestações e Equipamentos apresentaram valores mais altos de grau médio de coautoria, porém valores médios de grau médio de similaridade semântica. São redes em que há boa interação entre os pesquisadores, contudo os temas são um pouco mais díspares e tratados de forma diferente, o que explica valores médios de grau médio de similaridade semântica. Essa disparidade pode ser explicada pelo fato dos temas serem mais técnicos, envolvendo engenharia para desenvolvimento das novas tecnologias, o que exige pesquisa em maior quantidade de assuntos.

As redes colaborativas das macrotemáticas Geração Distribuída e Microrredes e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) apresentaram valores médios de grau médio de coautoria, porém valores mais altos de grau médio de similaridade semântica. Os temas trabalhados pelos pesquisadores dessas áreas são bem correlacionados e há várias relações de similaridade semântica dentre os diversos *clusters* identificados na rede. Estes temas são considerados, hoje, de muita importância para o desenvolvimento do grupo temático como um todo, pois o desenvolvimento de infraestrutura para criação de banco de dados, análise e monitoramento com utilização de megadados, juntamente com a expansão da geração distribuída como forma de energias alternativas para compor a matriz energética brasileira e como forma de atingir as metas de acordos climáticos em que o Brasil está comprometido a cumprir é essencial. Como há diversas fontes diferentes de geração distribuída e diversas áreas de TIC, as relações de coautoria não são tão significantes quanto em outras redes colaborativas de outras macrotemáticas já citadas, ou seja, a rede não é tão dinâmica.

As redes colaborativas das macrotemáticas Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Mobilidade Elétrica apresentaram valores médios de grau médio de coautoria e de similaridade semântica. É necessário dominar o projeto e a produção dos dispositivos e dos sistemas necessários para atender às necessidades da rede de distribuição do futuro, em particular às adaptações exigidas pelas tecnologias que retiram o caráter radial da rede. Para isso, é essencial

planejar e preparar o setor de distribuição de energia elétrica brasileiro para a entrada de soluções de mobilidade elétrica, assim como das modificações que ocorrerão no perfil de consumo de energia elétrica, o que explica a pesquisa que vem ocorrendo nessas áreas. Percebe-se ,pela análise na sessão anterior, que as redes dessas macrotemáticas possuem *clusters* em que os assuntos são mais díspares, o que explica os valores médios de grau médio. Como os assuntos são mais diferenciados, as relações de coautoria e similaridade semântica não são tão significativas em comparação às redes de outras macrotemáticas já citadas.

As redes colaborativas das macrotemáticas Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Medição Avançada e Segurança Cibernética apresentaram valores mais baixos de grau médio de coautoria e similaridade semântica. Os temas trabalhados nessas macrotemáticas são, de certa forma, inovações no contexto da pesquisa e desenvolvimento e fomento de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no Brasil. É fato que a tendência mundial alavancou a pesquisa nessas áreas no país. É necessário prover ferramentas de eficiência energética, de eficiência comercial e de eficiência operativa para o sistema elétrico, com o compartilhamento das infraestruturas de medição para os serviços de energia elétrica, geração distribuída, sistemas de armazenamento, veículos elétricos, água e gás, com garantia de autenticidade e integridade da informação de medição, de modo a ensejar a formação, com segurança cibernética, do ecossistema das Cidades Inteligentes. Estas necessidades explicam a pesquisa nessas áreas, que está em ascendência. As redes colaborativas dessas macrotemáticas ainda são pouco dinâmicas, há pesquisadores estudando assuntos diferentes e as interações entre eles ainda são pequenas.

Fato que chama a atenção na CT&I brasileira é a presença de muitos pesquisadores discutindo assuntos similares com relativa escassez de colaboração. Isso pode indicar que, de certa forma, o país mostra um direcionamento de onde investir os recursos em pesquisa, contudo o desenvolvimento dessas pesquisas pode não estar fundamentado em uma diretriz.

Essa constatação permite inferir que, embora sejam observados esforços concentrados acerca de determinados temas, pode ser que não haja uma coordenação entre entes da CT&I no sentido de direcionar esforços para o desenvolvimento de determinadas tecnologias. A falta de coordenação com um foco em comum pode levar ao desperdício do financiamento público de pesquisa. É necessário se construir uma diretriz para a pesquisa no setor que tenha foco no desenvolvimento colaborativo para resolver problemas que impactem diretamente na economia do SEB.

Infraestrutura de CT&I

A Figura 52 apresenta o número de laboratórios em cada Unidade da Federação (UF) do território nacional, relativos ao GT Distribuição de Energia Elétrica. A tendência é a mesma observada nas análises de Recursos Humanos e de produção científica no Brasil (ver Figura 37 e Figura 39).

O Diretório de Grupos de Pesquisa (DGP) da plataforma *Lattes* é utilizado como base de classificação dos laboratórios referentes às macrotemáticas do grupo temático. As instituições são laboratórios ou centros de pesquisa classificadas como do setor de energia elétrica.

Nota-se que não há uniformidade na distribuição dos laboratórios nos estados. Em relação à quantidade de profissionais, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul se destacam quando comparados aos outros estados. Opostamente, Acre, Amapá e Rondônia foram os estados que apresentaram o menor número de laboratórios, sendo que o estado de Roraima não apresentou nenhuma instituição.

Os profissionais que formam a base da pesquisa e desenvolvimento ou que contribuem para a ciência e a tecnologia em áreas do conhecimento ligadas ao GT Distribuição de Energia Elétrica se concentram nas regiões Sudeste e Sul do país e, como consequência, os laboratórios e centros de pesquisa se concentram também nessas regiões. Observam-se números menores, porém expressivos, de instituições na Região Centro-Oeste, nos estados de Goiás e no Mato Grosso, na região Nordeste, nos estados da Bahia, Pernambuco e Paraíba, e, na região Norte, no estado do Pará.

A concentração de laboratórios e centros de pesquisa ligados ao tema da distribuição de energia elétrica na região Sudeste é um resultado esperado e pode ser explicada pela concentração histórica de grandes centros urbanos nessa região do país, da qual decorre a concentração regional do PIB e de polos de pesquisa e produção científica.

A concentração de laboratórios e centros de pesquisa ligados ao tema da distribuição de energia elétrica na região Sul é devida à concentração de pessoas da Academia nas diversas universidades existentes, devido ao potencial hidrelétrico das bacias dos rios Paraná e Uruguai e pelo fato da economia da região girar em torno da indústria e da agropecuária, atividades que exigem uma demanda de energia elétrica crescente.

As atividades de PD&I na área de distribuição de energia elétrica dependem, basicamente, da massa crítica dos Recursos Humanos, de suas competências analíticas e de tecnologias da informação e computacionais e de fatores geograficamente determinados, como potencialidades locais de recursos

naturais, ou da existência de grandes centros tecnológicos com infraestrutura de equipamentos e laboratórios. Nesse sentido, a localização geográfica de profissionais trabalhando nessas áreas do conhecimento influencia bastante no número de instituições ligadas à pesquisa nessas áreas, conforme visto que as regiões Sudeste e Sul se sobressaem em relação às outras.

Pode-se inferir que são necessários incentivos e crescimento da cultura de inovação para o crescimento de instituições ligadas à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, pois as instituições existentes, hoje, ainda estão muito concentradas nas regiões Sudeste e Sul.

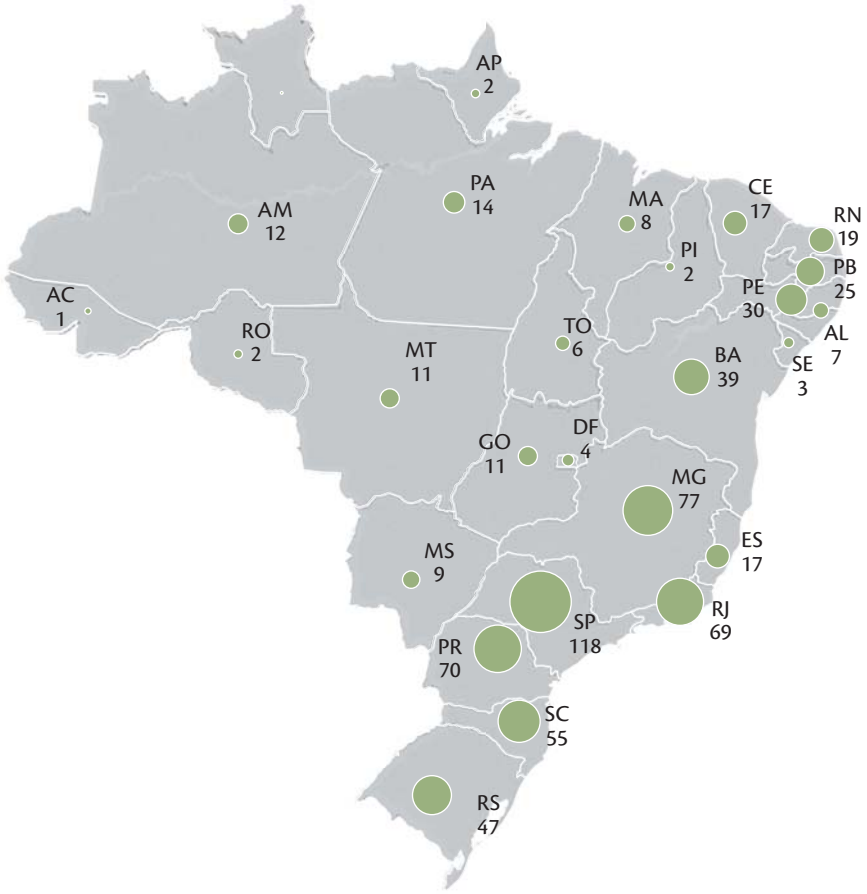


Figura 52 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria

O Gráfico 137 apresenta a quantidade de laboratórios por UF do território nacional relativa a cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica e o Gráfico 138 apresenta o percentual de laboratórios por macrotemáticas do grupo temático. Dentre os estados das regiões Sudeste e Sul, que concentram o maior número de laboratórios, a macrotemática que mais se destacou foi Medição Avançada, mostrando o interesse do país na implantação das redes elétricas inteligentes com utilização de medidores inteligentes. Na sequência se destacaram as macrotemáticas Geração Distribuída e Microrredes, Operação e Manutenção, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Qualidade da Energia Elétrica e Subestações e Equipamentos. Esses temas trabalhados em paralelo são muito importantes para a implantação das mudanças e a inserção no mercado das inovações nos sistemas de distribuição de energia elétrica, garantindo a confiabilidade, a qualidade do produto e do serviço e a excelência comercial e de suporte. Os temas de medição avançada e geração distribuída são mais atuais, mas o impacto dessas tecnologias nos sistemas de distribuição de energia elétrica exige mudanças e pesquisa em temas mais tradicionais trabalhados nas macrotemáticas Operação e Manutenção, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Subestações e Equipamentos e Qualidade da Energia Elétrica.

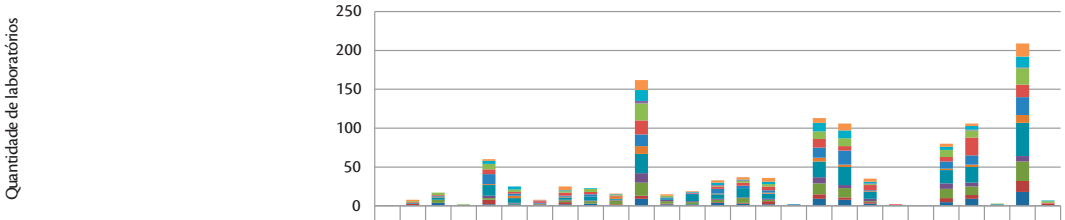
As macrotemáticas Medição Avançada, Operação e Manutenção, Geração Distribuída e Microrredes, Qualidade da Energia Elétrica e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, citadas acima, também se destacaram no contexto geral do GT Distribuição de Energia Elétrica, ficando nas primeiras colocações na comparação entre as doze macrotemáticas, conforme Gráfico 138.

Pode-se perceber que a macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) possui um menor número de laboratórios, mas este tema se destaca no estados de Minas Gerais e São Paulo, sendo que a mesma situação ocorre em relação à macrotemática Mobilidade Elétrica. Já a macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição se destaca no estado de Minais Gerais, mas em número total de laboratórios no território nacional fica em posição mediana no contexto do GT Distribuição de Energia Elétrica.

As macrotemáticas Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes e Automação da Rede também ocupam posição mediana no contexto do grupo temático e se destacam no estado de São Paulo. Por fim, a macrotemática Segurança Cibernética é a que apresenta o menor número de laboratórios, sendo que, em Minas Gerais, possui três dos nove laboratórios, representando um terço do número total.

Conforme análise do Gráfico 140, as macrotemáticas Automação da Rede, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Subestações e Equipamentos, Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, Mobilidade

Elétrica e Segurança Cibernética vieram na sequência em número de laboratórios e centros de pesquisa. É interessante notar que as macrotemáticas que possuem um menor número de instituições ligadas à pesquisa são as que estão em maior ascendência no contexto mundial, mas, no Brasil, ainda estão muito incipientes e necessitando de maiores investimentos e garantias de que as inovações poderão ser inseridas no mercado em curto e médio prazo.



	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	0	2	0	0	2	0	1	5	0	1	13	2	1	3	3	5	0	6	9	4	0	0	4	3	0	17	0
Subestações e Equipamentos	0	0	0	0	4	4	0	1	1	1	14	0	1	3	1	3	0	11	10	2	0	0	4	5	0	14	1
Segurança Cibernética	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	0	1	3	1	7	3	0	2	4	1	22	2	0	1	2	3	0	10	10	1	0	0	9	9	1	21	2
Qualidade da Energia Elétrica	0	1	1	0	6	2	2	4	3	1	18	0	1	3	4	5	0	11	6	7	1	0	6	23	0	16	1
Operação e Manutenção	0	0	1	0	13	3	1	1	3	0	15	2	2	6	3	3	1	13	18	1	0	0	9	12	1	23	0
Mobilidade Elétrica	0	0	1	0	1	3	0	1	0	3	10	0	0	1	0	1	0	5	3	1	0	0	2	3	0	10	0
Medição Avançada	0	1	3	0	14	6	0	3	5	1	25	1	8	6	12	7	1	20	23	9	0	0	17	20	1	43	0
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	0	0	0	1	3	1	1	1	1	1	12	2	1	1	1	1	0	8	4	3	0	0	7	5	0	7	0
Geração Distribuída e Microrredes	1	0	4	0	2	1	1	2	3	5	17	3	3	3	6	2	0	14	12	1	1	0	12	11	0	25	0
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	0	2	0	0	6	0	1	3	0	1	4	1	0	1	1	4	0	6	3	2	0	0	5	5	0	14	3
Automação da Rede	0	1	4	0	2	2	0	2	3	1	9	2	2	4	3	2	0	9	8	3	0	0	5	9	0	18	0

Gráfico 137 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

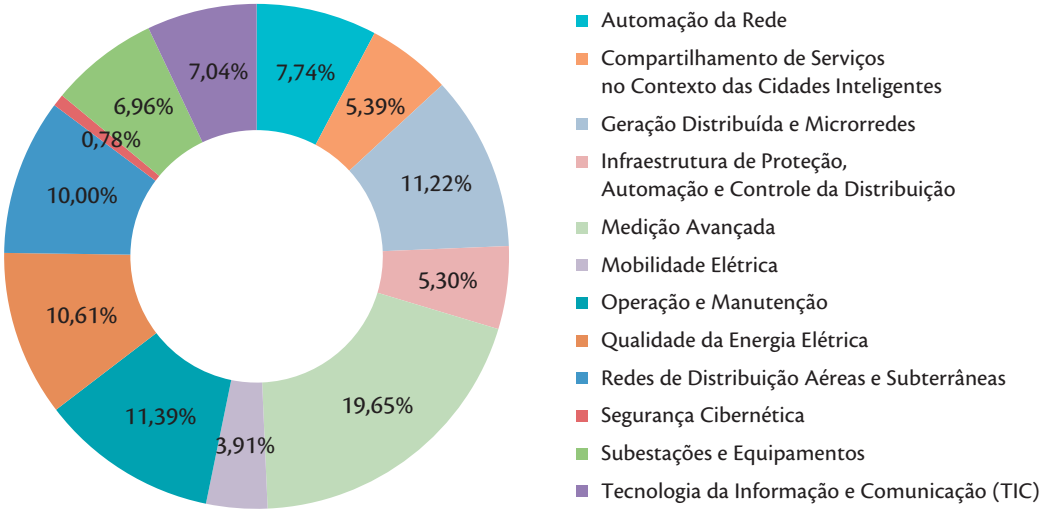


Gráfico 138 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 139 apresenta a quantidade de pesquisadores e a classificação em mestres ou Doutores em cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica. Pela primeira análise, percebe-se que a quantidade de profissionais com doutorado é maior do que a dos profissionais com mestrado, o que indica que o trabalho nas instituições de pesquisa exige alta capacitação. O número total de pesquisadores com mestrado ou doutorado segue um *ranking* comparativo entre as doze macrotemáticas, que quase não muda em relação à distribuição percentual apresentada no Gráfico 138, com destaque para as macrotemáticas Medição Avançada, Geração Distribuída e Microrredes, Operação e Manutenção, Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas e Qualidade da Energia Elétrica.

Em termos de percentual de Doutores em relação ao total de pesquisadores por macrotemática apresentado no Gráfico 139, a macrotemática que se destaca é Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (85,6%), seguida na sequência por Automação da Rede (82,36%), Geração Distribuída e Microrredes (81,68%), Subestações e Equipamentos (81,63%), Operação e Manutenção (80,03%), Segurança Cibernética (78,64%), Medição Avançada (77,89%), Qualidade da Energia Elétrica (76,43%), Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição (76,28%), Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (75,67%), Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes (72,84%) e Mobilidade Elétrica (72,80%). É interessante notar que essa análise do *ranking* das doze macrotemáticas em relação ao número de pesquisadores Doutores pelo total de mestres e Doutores

não segue a ordem do *ranking* apresentado no Gráfico 138, indicando que algumas áreas, mesmo com um número menor de laboratórios, exigem maior capacitação.

Pode-se inferir da análise que vários profissionais da Academia fazem parte dos laboratórios e centros de pesquisa do DGP, fato que força e exige o investimento em capacitação por parte desses profissionais, demonstrado nos percentuais acima, entre 72,80% e 85,6%.

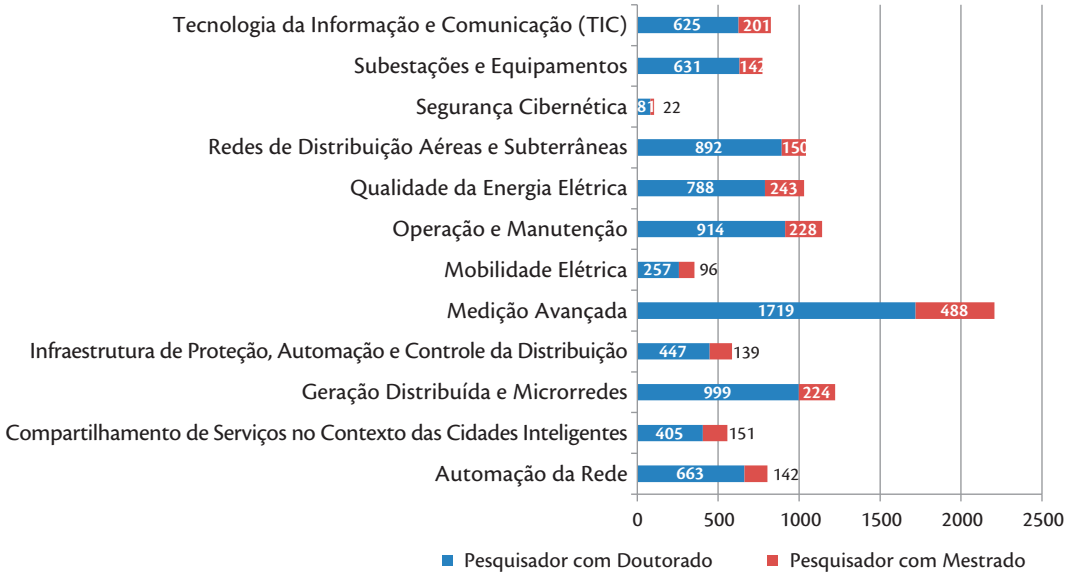


Gráfico 139 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 140 apresenta o número de laboratórios de cada tipo, de ensaios, testes e certificações, de desenvolvimento ou grupo de estudos, para cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica. A classificação foi feita a partir de uma pesquisa de campo, pois a base DGP da plataforma *Lattes* não apresenta essas informações. O espaço amostral foi de 285 laboratórios, que não contemplaram todos os laboratórios do DGP, e foram classificados entre as 48 macrotemáticas referentes aos cinco grupos temáticos do Projeto. Desta maneira, percebe-se que a macrotemática que apresenta o maior número de laboratórios é Geração Distribuída e Microrredes, diferente da análise do Gráfico 140, que aponta a macrotemática Medição Avançada como a que possui o maior número.

É interessante notar que, para a maioria das macrotemáticas, a quantidade de laboratórios de desenvolvimento e de grupo de estudos são próximos. A discrepância maior foi na macrotemática Geração Distribuída e Microrredes, em que o número de grupos de estudos é consideravelmente maior. É notável que a macrotemática Segurança Cibernética possui o menor número de laboratórios classificados pela pesquisa de campo.

Em relação ao número de laboratórios de ensaios, testes e certificações e de desenvolvimento, se destacaram as macrotemáticas Qualidade da Energia Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes e Automação da Rede.

Pela análise do Gráfico 134, percebe-se que essas três macrotemáticas estão entre as cinco que possuem o maior número de Recursos Humanos que trabalham nas áreas relacionadas. Já a macrotemática Segurança Cibernética ficou na penúltima posição em relação à quantidade de Recursos Humanos e, consequentemente, apresentou o menor número de laboratórios. Essa situação indica que a infraestrutura de CT&I tem uma relação, de certa forma, direta entre o número de profissionais e a quantidade de laboratórios e centros de pesquisa, mesmo que algumas macrotemáticas até apresentem um número um pouco maior de laboratórios em relação à quantidade de RH.

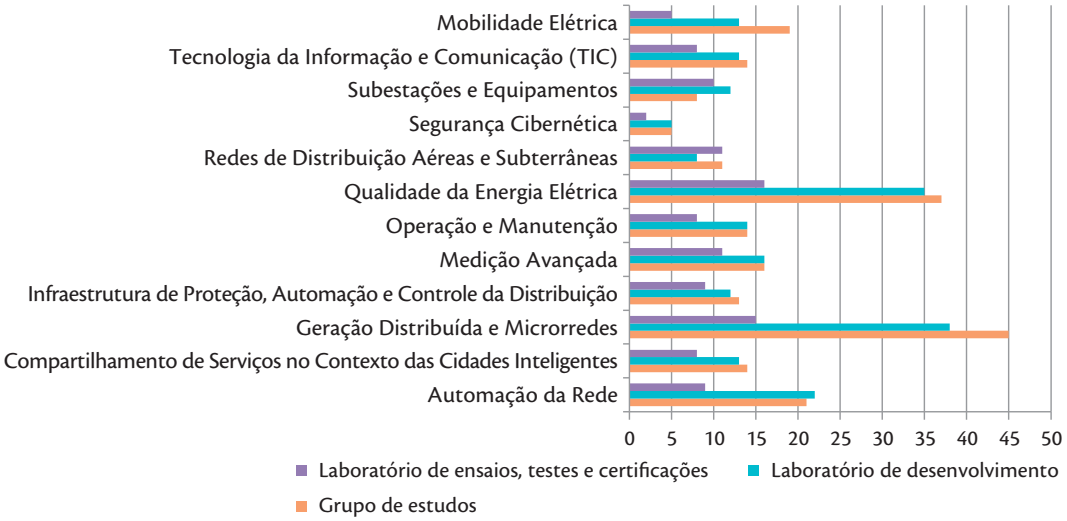


Gráfico 140 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados às GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 141 apresenta a distribuição percentual da capacidade dos laboratórios que foram classificados para as doze macrotemáticas do GT, em termos de cadeia de inovação. As classificações foram feitas a partir de uma pesquisa de campo, a mesma para a análise do Gráfico 140.

É interessante notar que, com exceção da macrotemática Subestações e Equipamentos, todas as outras possuem laboratórios que têm a capacidade de inserção de produtos no mercado. Também nota-se que, para quase todas as macrotemáticas, as etapas de pesquisa básica dirigida e pesquisa aplicada podem ser desenvolvidas, de forma geral, em aproximadamente 50% dos laboratórios, com a maior discrepância em relação a esse valor para a macrotemática Segurança Cibernética, que apresenta maior percentual de laboratórios que podem desenvolver outras etapas mais avançadas da cadeia de inovação.

De forma geral, as macrotemáticas apresentaram distribuições percentuais em relação às etapas da cadeia de inovação parecidas, mais uniformes, com exceção da macrotemática Segurança Cibernética. Pode-se inferir da análise que os laboratórios do setor de energia elétrica referentes ao tema de distribuição de energia elétrica têm buscado desenvolver a PD&I com o intuito de alcançar etapas mais avançadas da cadeia de inovação e produtos de inovação na cadeia produtiva nacional.

Em comparação ao Gráfico 114, que apresenta a distribuição percentual dos resultados dos projetos do Programa de P&D regulado pela Aneel em termos de cadeia de inovação, vê-se nitidamente que o programa da Aneel deve investir em infraestrutura e no interesse dos profissionais em desenvolverem etapas mais avançadas da cadeia de inovação, pois o Gráfico 114 aponta uma macrotemática (Mobilidade Elétrica) que obteve inserção de produto no mercado a partir de projetos, contra onze macrotemáticas apresentadas no Gráfico 141, que possuem laboratórios e centros de pesquisa que têm a capacidade de desenvolvimento dessa etapa a partir da PD&I.

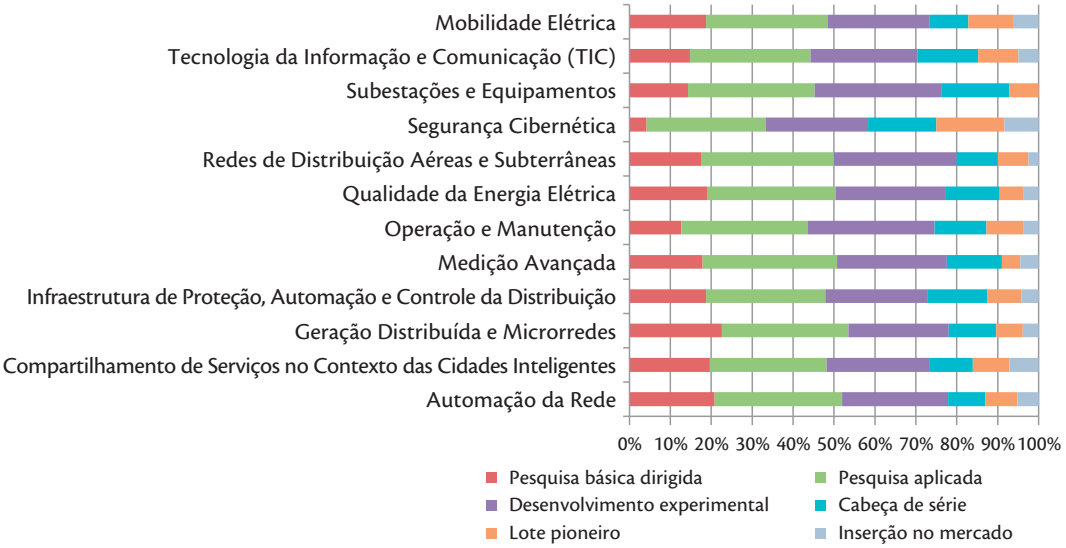


Gráfico 141 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 142 mostra o quantitativo de publicações em periódicos nacionais e internacionais e de depósito de patentes, referentes aos laboratórios do DGP que foram classificados para cada macrotemática.

A macrotemática Medição Avançada se destaca, assim como em quantitativo de laboratórios, apresentando considerável número de patentes e publicações em periódicos nacionais e, principalmente, internacionais. Situação oposta ocorre com a macrotemática Segurança Cibernética, que apresenta quantitativo baixo nos três quesitos.

De forma geral, o depósito de patentes é fraco em todas as macrotemáticas, o que mostra que o Brasil não tem, como interesse, patentear produtos de inovação. A infraestrutura para isso existe, como observado no Gráfico 141, porém, muitas vezes, os profissionais da Academia, que dominam a pesquisa no país, têm interesse em publicação científica, para melhor conceituação e para ganhar espaço e reconhecimento nas universidades, mas o depósito de patentes já não é tão atrativo. É necessária uma política de incentivo para que o país possa apresentar melhores resultados em termos de patentes.

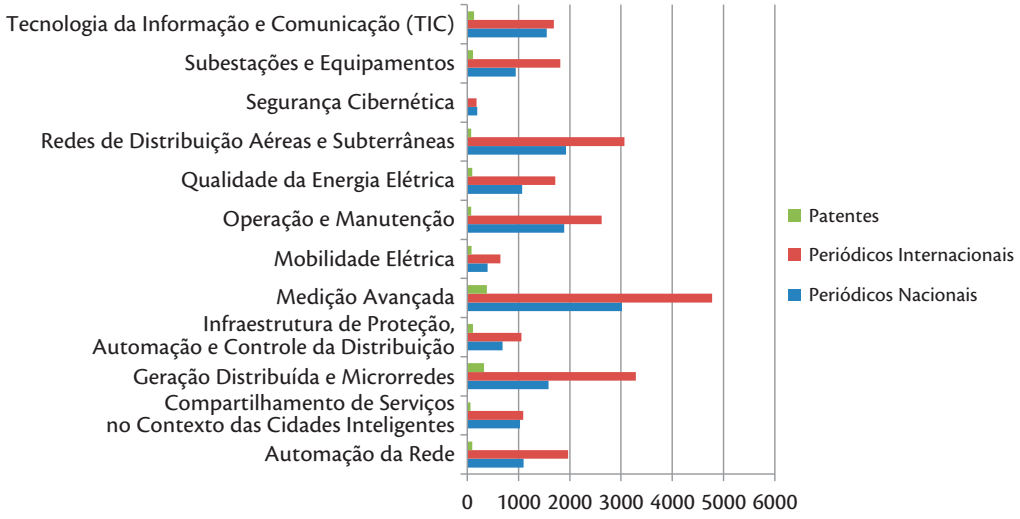


Gráfico 142 - Montante de patentes e publicações gerado nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 143 apresenta a quantidade de investimentos em equipamentos em milhões (R$) nos laboratórios que foram classificados para as macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, a partir do DGP.

A disparidade entre os resultados em comparação entre as macrotemáticas é grande. As macrotemáticas que se destacaram foram Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, Mobilidade Elétrica, Medição Avançada e Geração Distribuída e Microrredes, com investimentos de mais de 100 milhões (R$). Já as outras macrotemáticas do grupo temático tiveram baixo investimento ao longo do período de análise (2014 a 2016, análise censitária da base de dados do DGP), sendo que Qualidade da Energia Elétrica obteve um resultado um pouco melhor em comparação às outras. Pode-se inferir que, nos últimos anos, o interesse em investimento em equipamentos relativos a temas mais atuais e que estão em destaque na tendência mundial foi maior, percebendo-se que temas mais tradicionais não despertaram tanto interesse em melhoria da infraestrutura em termos de equipamentos, sendo que a pesquisa e o desenvolvimento na área de distribuição de energia elétrica, de forma geral, se valeram da infraestrutura já existente.

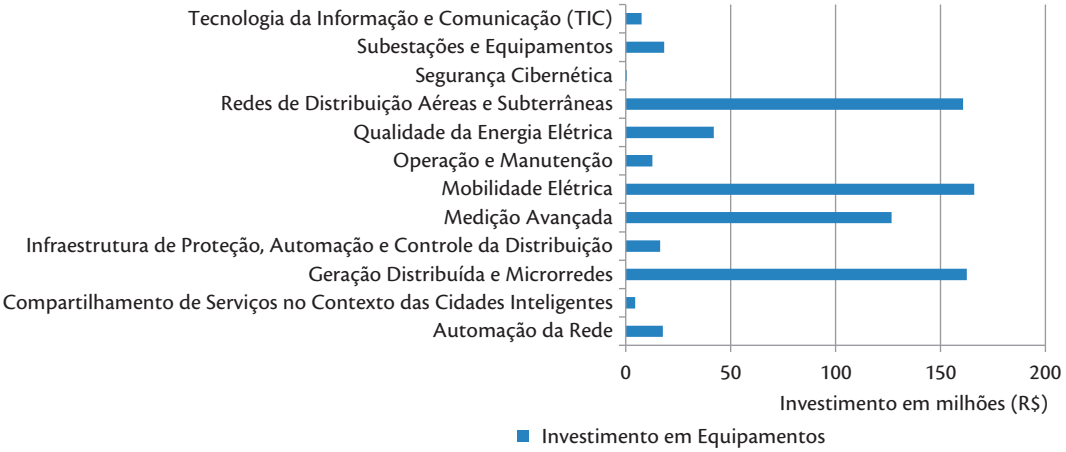


Gráfico 143 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 144 apresenta a quantidade de investimento em *software* em milhares (R$) nos laboratórios que foram classificados para as macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, a partir do DGP.

A disparidade entre os resultados em comparação entre as macrotemáticas não é tão grande quanto na análise do Gráfico 143. As macrotemáticas que se destacaram foram Qualidade da Energia Elétrica, Mobilidade Elétrica e Geração Distribuída e Microrredes, com investimentos próximos de um milhão (R$). A macrotemática Medição Avançada ficou muito na frente de todas as outras em relação a investimento em *software* no período de análise (2014 a 2016, análise censitária da base de dados do DGP), chegando mais próximo do valor de 1,5 milhão (R$). Já as outras macrotemáticas do GT tiveram investimentos mais baixos ao longo do período de análise (2014 a 2016, análise censitária da base de dados do DGP), sendo que Subestações e Equipamentos obteve um resultado um pouco melhor em comparação às outras. Pode-se inferir que, nos últimos anos, houve interesse em investimento em *software* relativo a temas mais atuais e que estão em destaque na tendência mundial, sendo que temas mais tradicionais também despertaram interesse em melhoria da infraestrutura em termos de *software*, porém esse interesse não se refletiu diretamente nos valores dos investimentos. A pesquisa e o desenvolvimento na área de distribuição de energia elétrica, de forma geral, se valeram da tecnologia da informação já existente com utilização de inovações que atenderam melhor às expectativas e às necessidades atuais, porém o crescimento, em termos de investimento, deve ser ainda muito maior para que possa resultar em melhores resultados na cadeia de inovação apresentada no Gráfico 142 e em melhores resultados quanto à quantidade de periódicos e patentes por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica, relacionados aos laboratórios do DGP, apresentada no Gráfico 143.

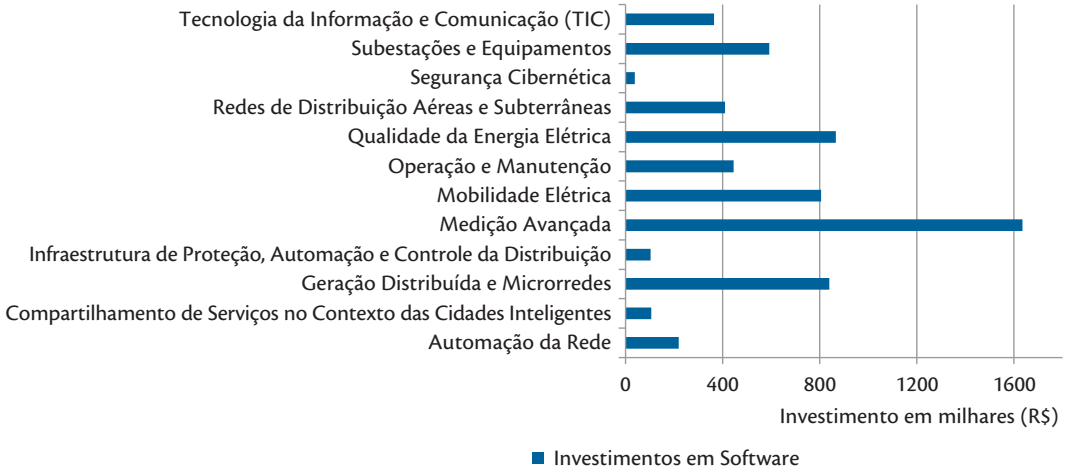


Gráfico 144 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Pode-se inferir, da análise dos laboratórios referentes ao GT Distribuição de Energia Elétrica, que os investimentos em equipamentos são muito maiores, pelo fato destes serem muito mais caros para seu desenvolvimento, pois os *softwares* são apenas modelos computacionais e os equipamentos, por sua vez, dependem de várias matérias-primas e de materiais elétricos ou magnéticos e de metais, por exemplo.

Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu

No GT Distribuição de Energia Elétrica, contabilizou-se um total de 184 programas de Pós-Graduação (PPGs) que realizam, atualmente atividade, de P&D relativo ao grupo. A Figura 53 apresenta a distribuição geográfica dos PPGs associados ao grupo temático.

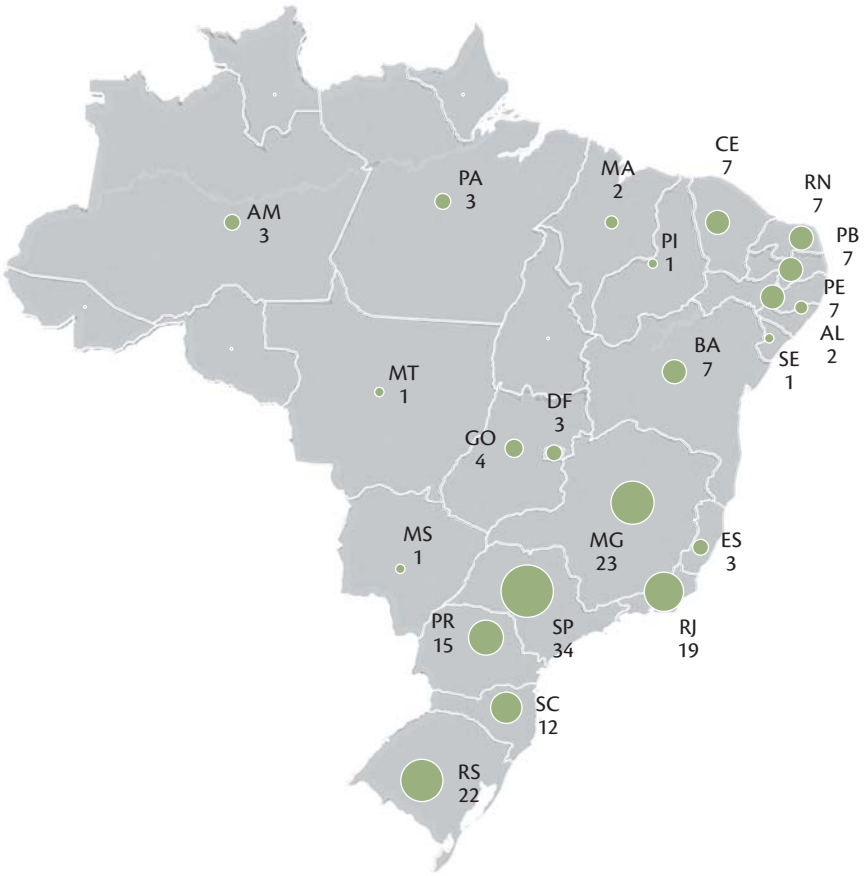


Figura 53 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A distribuição de PPGs do grupo é bem concentrada nas regiões Sudeste e Sul. As duas regiões citadas concentram 70% do total de programas assinalados. Na região Nordeste, nota-se que foram elencados PPGs em todos os estados, mesmo que em pequena quantidade para boa parte deles. A região concentra cerca de 22% do total. Da mesma forma, a região Centro-Oeste apresenta PPGs em todas as UFs. As regiões Centro-Oeste e Norte combinadas concentram apenas 8% do total de PPGs contabilizados no grupo. Em média, há aproximadamente 7 PPGs para cada UF no país.

No estado de Minas Gerais, destacam-se os programas de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJV). O estado de São Paulo é o que apresenta o maior

número de PPGs associados ao grupo. Destacam-se os programas de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade de Campinas (Unicamp) e da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos (USP-SC). No estado do Rio de Janeiro, há também diversos programas contabilizados, os quais desenvolvem uma quantidade expressiva de projetos de pesquisa relativos ao grupo. Vale destacar o programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Na região Nordeste, em específico no estado de Pernambuco, o grande destaque é o programa de Pós-Graduação de Ciência da Computação da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE), com um elevado número de projetos de pesquisa acerca do grupo temático. Na região, destaca-se, também, o programa de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC). Na região Sul, os destaques são os programas de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFPR).

Apesar de existir um grande número de PPGs contabilizados no grupo, há uma grande variabilidade de PPGs quando analisados por macrotemática. O Gráfico 145 apresenta essas quantidades. É importante salientar que um mesmo PPG pode ser associado a mais de uma macrotemática, portanto contabilizado mais de uma vez para essa análise. Dessa forma, a soma das quantidades apresentadas a seguir é maior que o número total de PPGs do grupo.

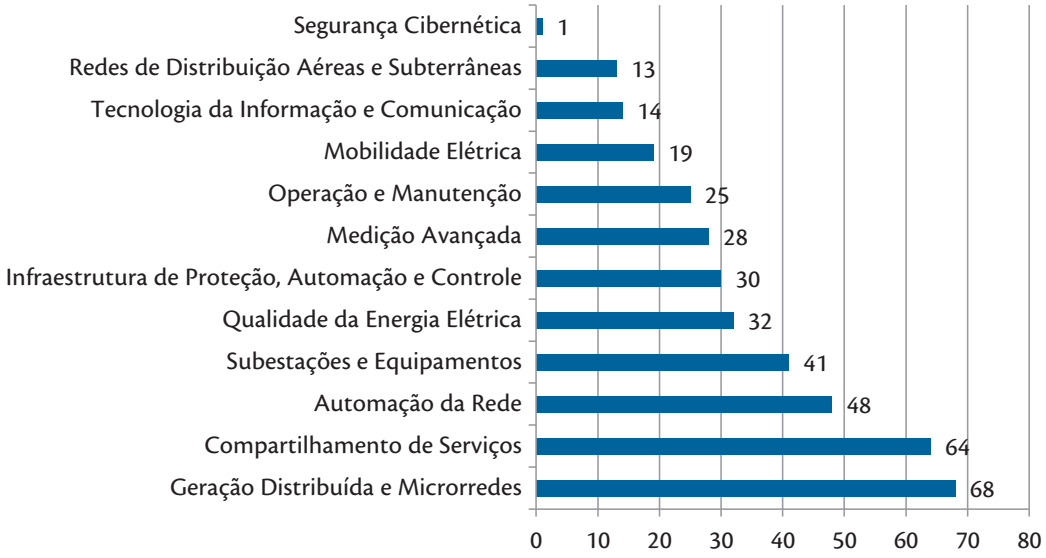


Gráfico 145 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

A distribuição de PPGs no país varia significativamente de acordo com cada macrotemática analisada no grupo temático. Nesse intuito, a Tabela 113 ordena as cinco UFs com maior número de programas para cada macrotemática, além de apresentar a proporção que cada UF listada representa do total de PPGs associados às macrotemáticas.

Tabela 113 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Medição Avançada	SC (21)	SP (18)	MG (11)	PB (11)	PE (11)
Automação da Rede	RS (15)	SP (15)	MG (13)	PB (10)	RJ (8)
Compartilhamento de Serviços	RJ (22)	SP (19)	BA (9)	MG (9)	RS (9)
Segurança Cibernética	RS (100)				
Tecnologia da Informação e Comunicação	SP (29)	RJ (14)	CE (7)	MG (7)	PB (7)
Operação e Manutenção	MG (16)	PB (16)	PR (16)	RS (12)	SP (8)
Subestações e Equipamentos	MG (20)	RS (17)	SC (17)	SP (12)	PE (7)
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle	RS (17)	MG (13)	RJ (13)	SP (10)	PB (7)
Mobilidade Elétrica	SC (26)	SP (26)	GO (11)	RJ (11)	RS (11)
Geração Distribuída e Microrredes	SP (24)	MG (16)	PR (16)	RS (9)	PB (7)
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	MG (46)	SP (23)	RS (15)	PA (8)	PR (8)
Qualidade da Energia Elétrica	MG (19)	SP (16)	RS (13)	PR (9)	RN (3)

Fonte: elaboração própria.

Como esperado, os estados das regiões Sudeste e Sul detêm proporção significativa dos PPGs associados a cada macrotemática. No entanto, alguns estados da região Nordeste se destacam, como Paraíba e Pernambuco.

O Gráfico 146 apresenta as cinco áreas de avaliação em que há mais PPGs associados no grupo temático.

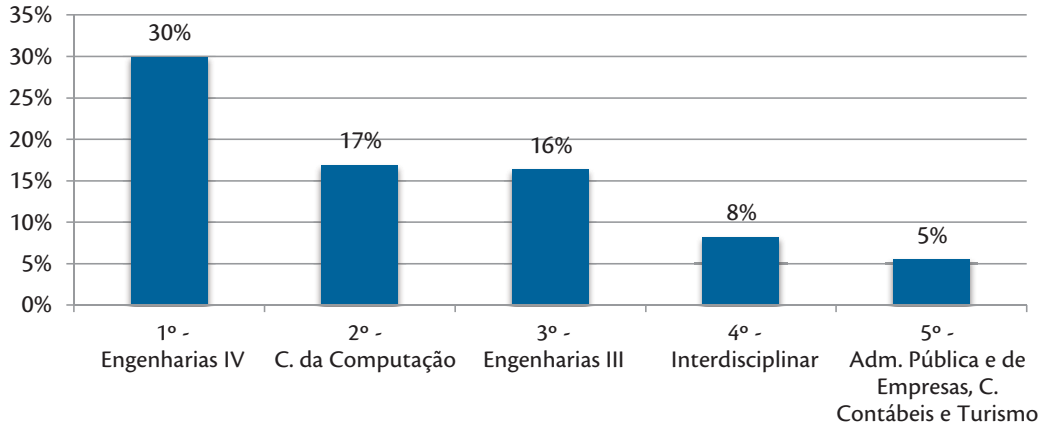


Gráfico 146 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Conforme ilustrado, quase um terço dos PPGs contabilizados é classificado na área de avaliação Engenharias IV, que contempla programas relativos principalmente às engenharias elétrica, de automação e de sistemas. Esses dados ilustram como os assuntos relativos ao grupo temático são, em boa parte, específicos a essa área de avaliação. Em menor proporção, há também PPGs relativos à área de avaliação Engenharias III, que abrange programas relativos principalmente às engenharias mecânica, mecatrônica e de energia. Os PPGs das cinco áreas de avaliação elencadas no gráfico representam, aproximadamente, 76% do total do grupo. As áreas de avaliação contempladas no grupo temático variam conforme a natureza da macrotemática a se pesquisar. Nesse intuito, a Tabela 114, a seguir, apresenta as áreas de avaliação com maior número de PPGs associados para cada macrotemática.

Tabela 114 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

	1º (%)	2º (%)	3º (%)	4º (%)	5º (%)
Medição Avançada	Engenharias IV (57)	Engenharias III (21)	C. da Computação (11)	Interdisciplinar (11)	-
Automação da Rede	Engenharias IV (44)	C. da Computação (33)	Engenharias III (10)	Interdisciplinar (8)	Adm. Pública e de Empresas, C. Contábeis e Turismo (2)
Compartilhamento de Serviços	C. da Computação (33)	Adm. Pública e de Empresas, C. Contábeis e Turismo (16)	Engenharias IV (14)	Engenharias I (8)	Engenharias III (8)
Segurança Cibernética	C. da Computação (100)	-	-	-	-
Tecnologia da Informação e Comunicação	Engenharias IV (79)	C. da Computação (14)	Engenharias I (7)	-	-
Operação e Manutenção	Engenharias IV (64)	C. da Computação (16)	Engenharias III (16)	Engenharias I (4)	-
Subestações e Equipamentos	Engenharias IV (68)	Engenharias III (12)	C. da Computação (7)	Arquitetura, Urbanismo e Design (5)	Engenharias II (5)
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle	Engenharias IV (70)	C. da Computação (13)	Engenharias III (7)	Interdisciplinar (7)	Geociências (3)
Mobilidade Elétrica	Engenharias IV (42)	Engenharias III (32)	Interdisciplinar (21)	Arquitetura, Urbanismo e Design (5)	
Geração Distribuída e Microrredes	Engenharias IV (46)	Engenharias III (18)	Engenharias II (9)	Engenharias I (7)	Interdisciplinar (6)
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	Engenharias IV (69)	C. da Computação (8)	Engenharias I (8)	Engenharias II (8)	Engenharias III (8)
Qualidade da Energia Elétrica	Engenharias IV (78)	Engenharias III (9)	C. da Computação (6)	Interdisciplinar (6)	-

Fonte: elaboração própria.

É interessante notar que as macrotemáticas Geração Distribuída e Microrredes e Compartilhamento de Serviços, as duas com maior número de PPGs registrados, diferem-se consideravelmente quanto à natureza das áreas de avaliação dos PPGs. Nota-se que, no caso da primeira, predominam programas referentes às quatro áreas de Engenharias, enquanto ,na segunda, essas áreas representam uma menor proporção em detrimento das áreas Ciência da Computação e Administração Pública e de Empresas, Ciências Contábeis e Turismo.

Dentre os projetos de pesquisa realizados nos programas de Pós-Graduação, vários são financiados por instituições das mais diversas categorias. O levantamento da quantidade de instituições financiadoras gera uma medida do interesse em que há com a pesquisa associada a cada macrotemática. Além disso, é interessante ressaltar a natureza das instituições elencadas. Por exemplo, muitas empresas financiam projetos de pesquisa com interesses específicos na obtenção de uma nova tecnologia ou capital humano para posterior utilização desses. De forma distinta, o interesse estratégico do financiamento de instituições de fomento à pesquisa, como CNPq ou Finep, faz parte de uma política nacional de fomento à atividade de CT&I. Nesse intuito, o Gráfico 148 apresenta a quantidade de instituições por categoria e por macrotemática que financiaram projetos de pesquisas realizados nos PPGs contabilizados. Vale ressaltar que os valores apresentados por categorias não somam a mesma quantidade que a soma dos valores apresentados por macrotemática. Isso se deve ao fato que uma mesma instituição financiadora pode estar associada a mais de uma macrotemática se estiver financiando projetos em macrotemáticas diferentes. Portanto, a soma dos valores por macrotemática é maior que a soma dos valores por categoria.

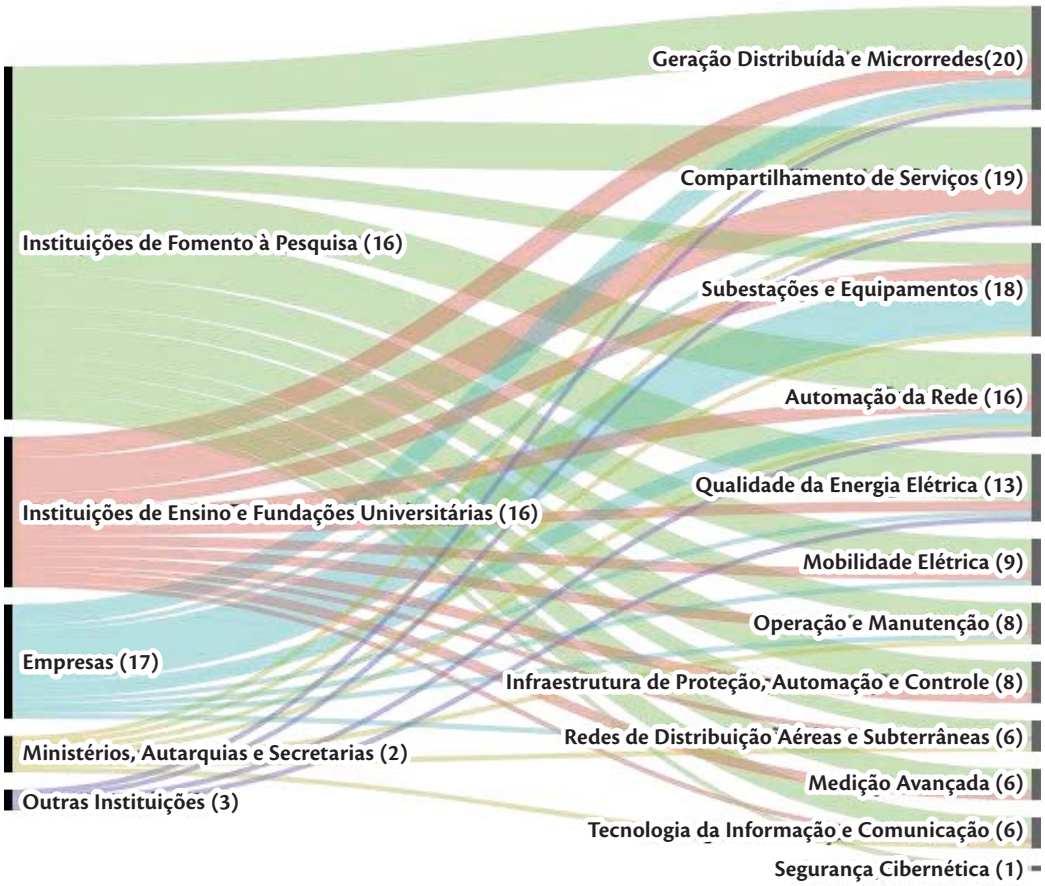


Gráfico 147 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

As instituições financiadoras somam um total de 54 instituições, das mais variadas categorias. Como era de se esperar, as instituições de fomento à pesquisa, constituídas por CNPq, Capes, Finep e as FAPs estaduais, são as que mais financiam projetos nas macrotemáticas do grupo. Ainda que haja um menor número de instituições distintas dessa natureza do que instituições de ensino e fundações universitárias, estas financiam projetos em menos macrotemáticas. É importante ressaltar que, em geral, as instituições das duas categorias citadas financiam um número elevado de projetos de pesquisa, majoritariamente por meio de concessão de bolsas de estudos. Por sua vez, as instituições das outras categorias elencadas financiam um número reduzido de projetos, de maneira geral, projetos que lhes

são estratégicos. Nesse sentido, destaca-se um número considerável de empresas financiando projetos de pesquisa relacionados ao grupo temático.

Mecanismos de Fomento

Conforme descrito na metodologia, nesta seção, faz-se uma análise acerca de projetos de P&D relativos ao GT Distribuição de Energia Elétrica financiados por quatro distintas agências de fomento: Aneel, CNPq, Finep e BNDES Funtec. É importante ressaltar que os projetos analisados do CNPq e Finep são apenas aqueles cujos recursos foram oriundos do FNDCT. Além disso, os dados obtidos de projetos da Aneel são aqueles cuja data de início encontra-se entre os anos de 2008 e 2016, enquanto os dos projetos do CNPq e Finep estão entre 2007 e 2015.

A Tabela 115 apresenta as principais estatísticas descritivas dos projetos analisados por cada agência de fomento no período de 2007 a 2016.

Tabela 115 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Distribuição de Energia Elétrica, por agência de fomento – 2007-2016

	Aneel	CNPq	Finep	BNDES Funtec
Quantidade de Projetos	1050	168	57	4
Valor Total dos Projetos (R$ mil)	3.342.277,93	30.748,99	180.650,90	41.246,25
Valor Médio (R$ mil)	3.183,12	183,03	3.169,31	10.311,56
Valor Mínimo (R$ mil)	21,26	6,04	148,88	5.950,50
Quartil Inferior dos Valores (R$ mil)	1.075,50	27,14	781,62	6.616,86
Mediana dos Valores (R$ mil)	1.683,48	65,49	1.576,43	7.924,36
Quartil Superior dos Valores (R$ mil)	3.008,24	301,04	3.319,66	11.619,06
Valor Máximo (R$ mil)	121.966,89	1.764,99	28.342,31	19.447,03

Valores atualizados pelo IPCA em 31 dez. 2016

Fonte: elaboração própria.

Observa-se um montante expressivo de investimento em projetos relativos ao grupo temático no período considerado. O valor total dos projetos, no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, superou o montante de R$ 3,34 bilhões em valor corrente. Interessante notar a diferença entre o valor máximo e o valor do quartil superior da distribuição. O quartil superior de uma distribuição é o valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados da distribuição. Portanto, 75% dos projetos registrados tiveram custo inferior ou igual a, aproximadamente, R$ 3,01 milhões em valor corrente. No entanto, o projeto de máximo valor custou, aproximadamente, R$ 121,96 milhões. Isso mostra que uma grande proporção de projetos tiveram valores compreendidos dentro de uma faixa relativamente pequena de valores, enquanto uma parcela menor, justamente a dos projetos de maior valor, tem valores dispersos em uma grande faixa. Este fato explica o porquê de o valor médio dos projetos ser mais que o dobro do valor mediano.

Os valores dos projetos financiados pelo CNPq são naturalmente baixos quando comparados aos dos projetos das outras agências de fomento. Por sua vez, há uma menor quantidade de projetos financiados pela Finep em comparação ao CNPq, porém projetos com valores consideravelmente maiores. O valor médio dos projetos financiados pela Finep é quase 6 vezes maior que o valor médio dos projetos financiados pelo CNPq. Destaca-se que há uma proporção consideravelmente maior de projetos desenvolvidos por empresas, por meio do instrumento de subvenção econômica, financiada pela Finep do que pelo CNPq. Este caracteriza-se por financiar projetos quase que exclusivamente demandados por universidades e/ou ICTs.

Finalmente, nota-se que o BNDES Funtec apoiou poucos projetos em relação ao grupo, no período. No entanto, os projetos têm um valor médio muito alto se comparado ao valor médio dos projetos financiados pelas outras agências de fomento. Esse valor é mais que o triplo do valor médio dos projetos financiados pela Aneel.

Analisando os projetos financiados pela Aneel ao longo do período estabelecido, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 148.

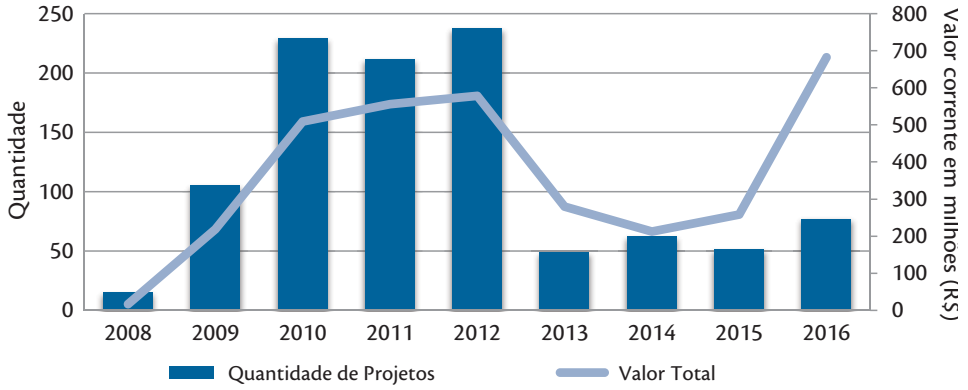


Gráfico 148 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um crescimento tanto do número de projetos quanto do valor total nos anos iniciais do período em análise, seguido de um grande declínio nos anos seguinte. No entanto, o valor médio dos projetos aumenta expressivamente entre 2014 e 2016, dado que o valor total dos projetos aumenta consideravelmente no período, enquanto o número de projetos mantém-se relativamente estável, entre 49 e 77 projetos por ano.

Em relação aos valores investidos pela Aneel em projetos relativos a cada macrotemática do grupo, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 149.

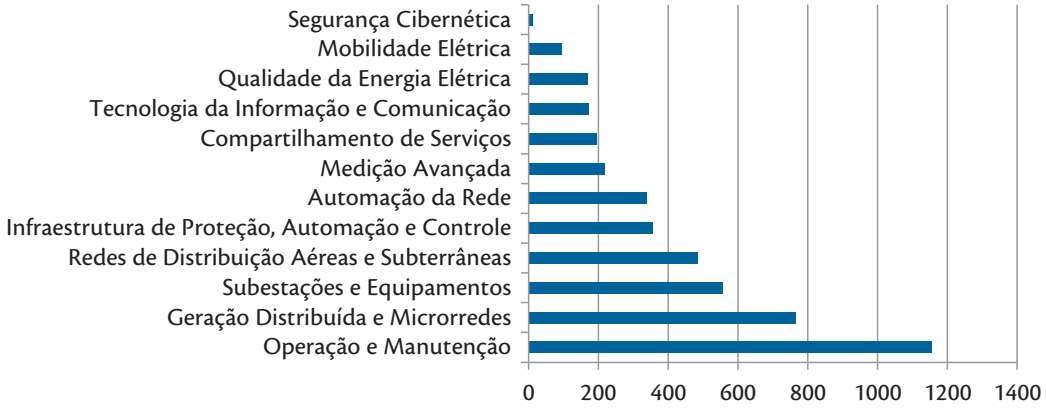


Gráfico 149 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que, para a macrotemática Operação e Manutenção, o montante investido pela Aneel em projetos é superior a R$ 1 bilhão. Em contrapartida, o valor total investido em projetos acerca de Segurança Cibernética não superou R$ 15 milhões.

Em relação aos valores investidos pelo CNPq em projetos relativos a cada macrotemática do grupo, temos os seguintes valores apresentados no Gráfico 150.

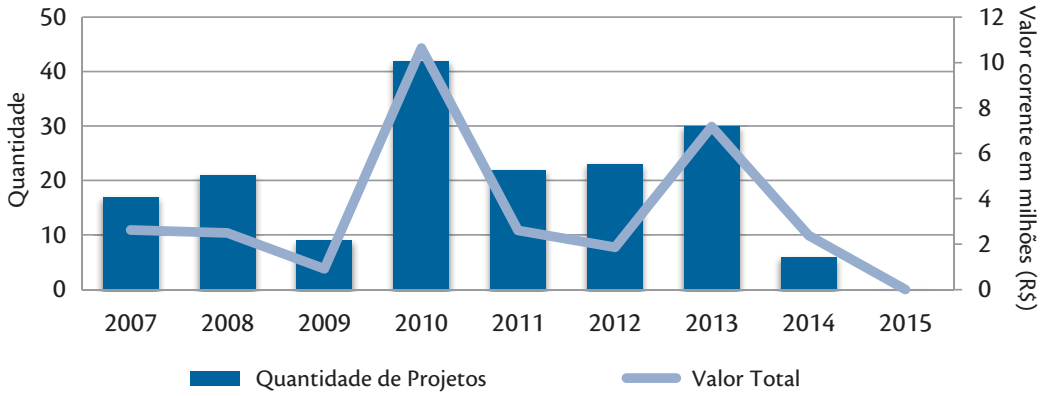


Gráfico 150 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Nota-se, pelo gráfico, que os valores anuais têm um comportamento cíclico, atingindo valor máximo em 2010, próximo de R$ 10 milhões, e mínimo, em 2015, período em que não houve projetos.

Em relação aos projetos financiados pelo CNPq relativos às macrotemáticas, temos os seguintes valores no Gráfico 151.

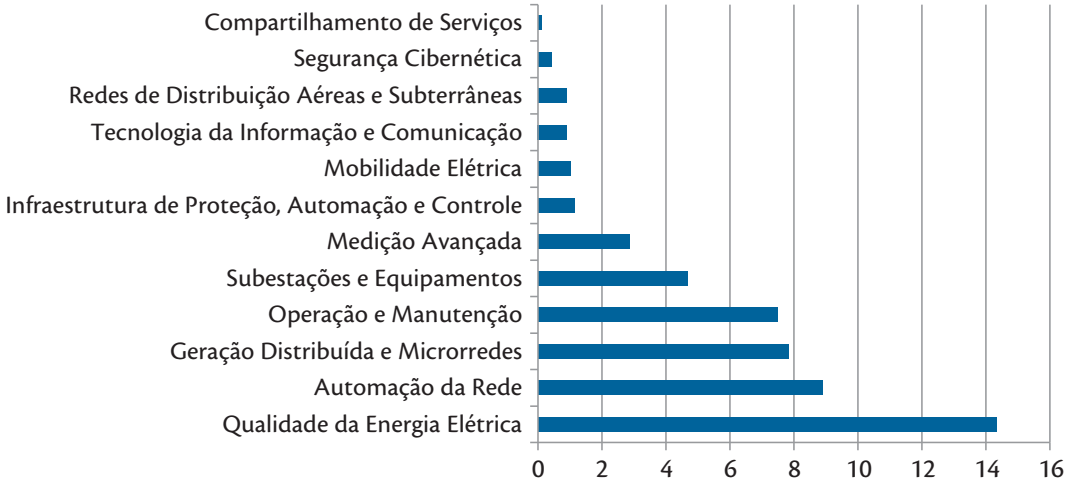


Gráfico 151 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente dos valores dos projetos Aneel, os projetos CNPq tiveram maior montante investido em projetos acerca de Qualidade da Energia Elétrica. Nota-se, também, uma proporção significativa de valores em relação às macrotemáticas Automação da Rede, Geração Distribuída e Microrredes e Operação e Manutenção, com valores superiores a R$ 6 milhões.

Quanto aos projetos da Finep, vimos, na Tabela 115, que foram em menor número, porém com maior montante se comparados aos projetos do CNPq. No Gráfico 152, apresentamos a quantidade de projetos e valor total por ano.

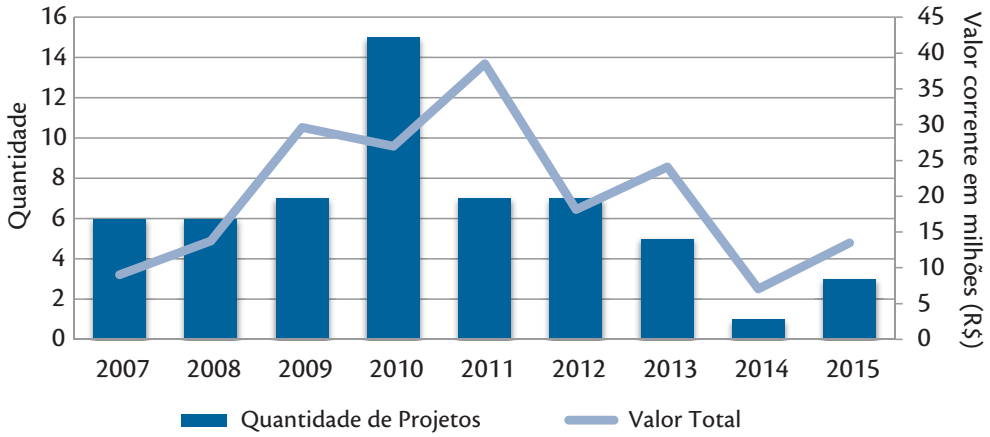


Gráfico 152 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Assim como nos projetos CNPq, temos um pico no ano de 2010 em relação à quantidade de projetos. Nesse ano específico, o número de projetos foi de 31, com valor total de, aproximadamente, R$ 152 milhões. No entanto, o ano de maior valor investido foi o de 2011, com mais de R$ 38 milhões investidos.

Os valores por macrotemática dos projetos Finep são apresentados no Gráfico 153.

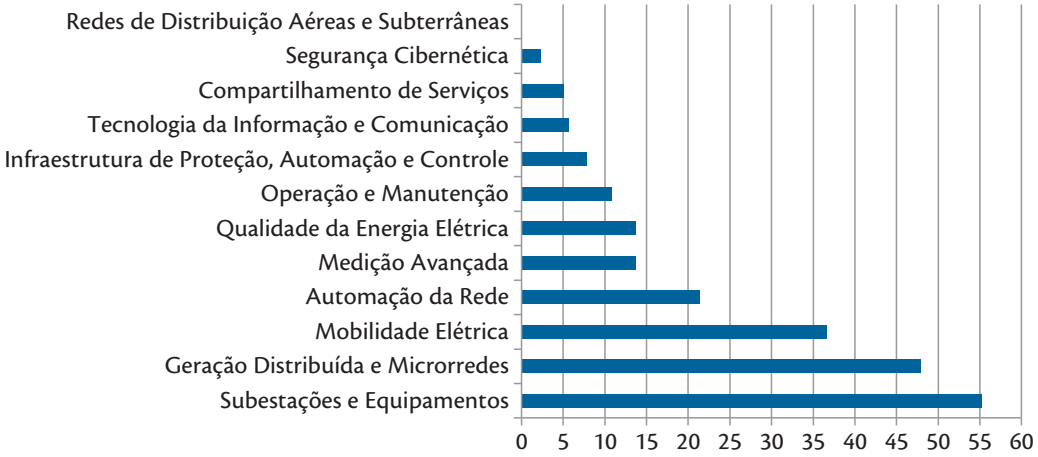


Gráfico 153 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente da Aneel e do CNPq, a macrotemática com maior investimento foi Subestações e Equipamentos. Nota-se que não houve investimento em Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas.

O BNDES Funtec foi a instituição com menor número de projetos. As quantidades e valores são apresentados no Gráfico 154, a seguir.

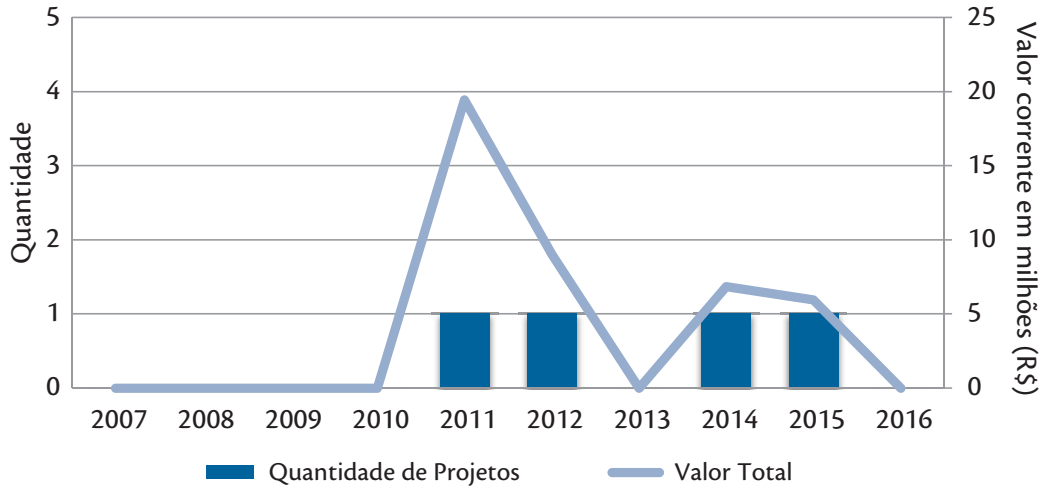


Gráfico 154 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria

Em todos os anos em que houve algum projeto, apenas um foi contabilizado. No ano de 2011, o valor investido foi de quase R$ 20 milhões.

No Gráfico 155, a seguir, são apresentados os valores por macrotemática dos projetos BNDES Funtec.

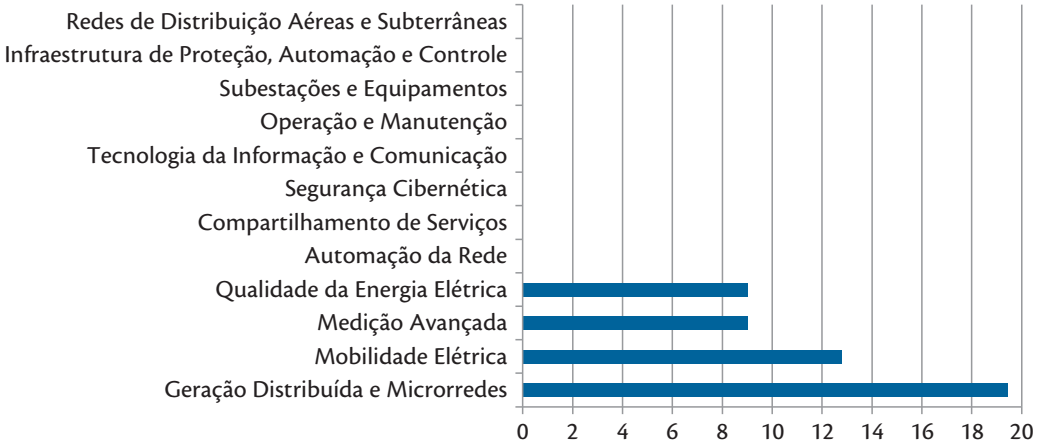


Gráfico 155 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que houve investimento em apenas quatro macrotemáticas. No caso de Geração Distribuída e Microrredes, o valor total foi de, aproximadamente, R$ 19,44 milhões.

Considerando-se os projetos das quatro agências de fomento, temos, no Gráfico 156, as proporções entre valores investidos por cada agência em cada macrotemática.

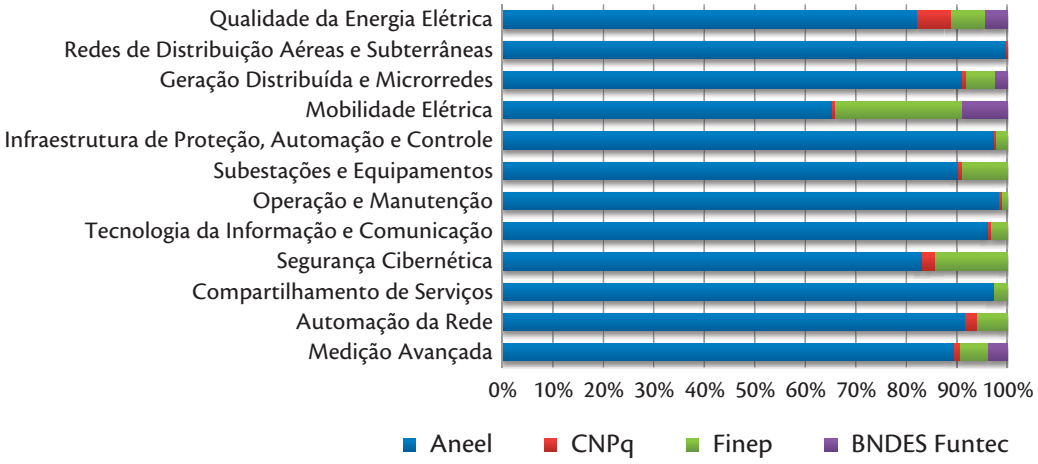


Gráfico 156 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria

Conforme mostrado ao longo da análise, o valor total dos projetos Aneel em cada macrotemática é, de fato, expressivamente superior ao valor total do restante. A macrotemática Qualidade da Energia Elétrica foi a que teve proporcionalmente maior investimento do CNPq, com, aproximadamente, 7% do total investido na macrotemática. A macrotemática Mobilidade Elétrica foi a que teve, proporcionalmente, maior investimento da Finep e do BNDES, com, aproximadamente, 25% e 9%, respectivamente, do total investido na macrotemática.

6.3.5. Dimensão de Mercado

A Tabela 116, a seguir, apresenta os valores atribuídos à Dimensão de Mercado do GT Distribuição de Energia Elétrica.

Tabela 116 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Demanda Atual no Brasil	Demanda Atual no Mundo	Demanda Futura no Brasil	Demanda Futura no Mundo	Marco Regulatório do SEB
Medição Avançada	2	3	3	3	2
Automação da Rede	3	3	3	3	2
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	3	3	3	3	2
Segurança Cibernética	3	3	3	3	4
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	2	3	3	3	3
Operação e Manutenção	3	3	3	3	3
Subestações e Equipamentos	3	3	3	3	3
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	3	3	3	3	3
Mobilidade Elétrica	2	2	3	3	2
Geração Distribuída e Microrredes	2	3	3	3	2
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	3	3	3	3	3
Qualidade da Energia Elétrica	3	3	3	3	2

Demanda Atual/Futura no Brasil/Mundo: (1) Inexistente; (2) Baixa demanda; (3) Alta Demanda. **Marco Regulatório do SEB**: (1) Não favorável; (2) Pouco favorável; (3) Favorável; (4) Muito favorável.

Fonte: elaboração própria.

Como pode ser visto, ainda há uma baixa demanda de tecnologias em algumas macrotemáticas. O maior impacto no mercado, relativo ao grupo Distribuição de Energia Elétrica, será o aumento na demanda por tecnologias relacionadas à geração distribuída em geral. Nesse caso, não só para a macrotemática Geração Distribuída e Microrredes haverá uma alta demanda, mas também para outras com temáticas correlatas, como Medição Avançada e Tecnologia da Informação e Comunicação. Esta, em específico, devido à alta sofisticação de interconexão dos sistemas de distribuição. No caso daquela, há de se destacar o papel do gerenciamento pelo lado da demanda em redes elétricas inteligentes, exigindo uma instrumentação sofisticada para gerenciamento do consumo de energia e possível geração das unidades consumidoras.

Deve-se, também, notar a baixa demanda atual, tanto no país quanto no mundo, de tecnologias envolvendo a macrotemática Mobilidade Elétrica. O mercado de veículos elétricos, principal tecnologia referente à macrotemática, ainda é muito incipiente quando comparado ao mercado de veículos à combustão. A pouca demanda que há é por veículos híbridos. No entanto, diversas empresas do mercado de automóveis têm declarado a intenção de renovar completamente a frota de veículos em um horizonte próximo, com a oferta exclusivamente de veículos elétricos.

O indicador de demanda atual pela tecnologia no mundo exibiu valores altos para todas as macrotemáticas do grupo temático, com exceção já citada da macrotemática Mobilidade Elétrica. Da mesma forma, esta pontuação caracteriza a existência de um mercado mundial já estabelecido para as tecnologias referentes a essas macrotemáticas. Em relação à demanda futura pela tecnologia, no Brasil e no mundo, há expectativa de um mercado estabelecido nos próximos 10 anos para as tecnologias associadas a todas as macrotemáticas do grupo.

Avaliando os aspectos da regulação, foi indicado que o marco regulatório atual do SEB é bastante favorável ao desenvolvimento da macrotemática Segurança Cibernética. Em menor grau, favorece também o desenvolvimento das macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação, Operação e Manutenção, Subestações e Equipamentos, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas. Para o restante das macrotemáticas, indica-se que o marco regulatório é pouco favorável para o seu desenvolvimento.

6.3.6. Cadeia Produtiva

A Tabela 117 indica as classificações dos indicadores de cadeia produtiva para as doze macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica. Os indicadores trabalhados foram: grau de estruturação, acesso aos insumos, itens manufaturados, serviços técnicos, dificuldade futura, infraestrutura de

logística, sinergia, normas e regulações. As classificações, de acordo com os números, são explicitadas na legenda da Tabela 117.

A macrotemática que apresentou os melhores resultados, considerando-se os nove indicadores e a comparação entre todas as macrotemáticas do grupo, foi Subestações e Equipamentos. Na sequência de destaque, apareceram as macrotemáticas Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas. Ao comparar esses resultados à análise dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e na quantidade de patentes em nível mundial e nacional, percebe-se que essas três macrotemáticas também são as que se destacam nesses indicadores. Essa situação demonstra que o desenvolvimento da cadeia produtiva e sua estruturação são fundamentais para se atingirem resultados expressivos em termos de produtos nacionais. Esses temas são mais tradicionais no contexto da distribuição de energia elétrica, e a pesquisa e desenvolvimento já vem se consolidando ao longo do tempo, o que pode ter ajudado na apresentação de melhores resultados em termos de cadeia produtiva.

Já as macrotemáticas Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes apresentaram resultados menos expressivos em termos de cadeia produtiva, o que indica que esses temas ainda necessitam de aporte da PD&I para que se estruturem melhor no âmbito do SEB, com desenvolvimento de componentes e produtos nacionais. Vale lembrar que esses temas são novos no contexto da distribuição de energia elétrica no Brasil e necessitam de definições melhores em termos de marcos regulatórios, planejamento energético e priorização de linhas de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I), para que possam atingir um nível mais robusto de cadeia produtiva que irá influenciar em resultados de indicadores como patentes em nível mundial e nacional, produção científica, projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e na estrutura de CT&I (Recursos Humanos e centros de pesquisa e laboratórios).

Tabela 117 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Distribuição de Energia Elétrica

	Grau de estruturação	Acesso aos insumos	Itens manufaturados	Serviços técnicos	Dificuldade futura	Infraestrutura de logística	Sinergia	Normas	Regulações
Medição Avançada	3	2	3	2	3	2	2	3	3
Automação da Rede	3	3	2	2	3	2	2	3	3
Compartilhamento de Serviços	2	2	2	1	2	2	2	3	3
Segurança Cibernética	2	3	2	2	3	2	2	3	3
Tecnologia da Informação e Comunicação	3	2	2	1	2	2	1	3	2
Operação e Manutenção	3	3	2	3	3	2	2	3	3
Subestações e Equipamentos	4	3	3	3	4	2	3	3	3
Infraestrutura de PAC	3	3	3	2	3	2	3	3	3
Mobilidade Elétrica	2	2	2	2	3	2	2	3	3
Geração Distribuída e Microrredes	3	2	2	2	3	2	2	3	3
Redes de Distribuição	3	3	3	2	3	2	3	3	3
Qualidade da Energia Elétrica	3	3	2	2	3	2	3	3	3

Legenda: Grau de Estruturação: (1) Grau de estruturação inexistente da cadeia produtiva nacional; (2) Grau de estruturação baixo da cadeia produtiva nacional; (3) Grau de estruturação médio da cadeia produtiva nacional; (4) Grau de estruturação alto da cadeia produtiva nacional. **Acesso aos insumos**: (1) Não há disponibilidade de insumos em território nacional para atender às necessidades atuais da cadeia produtiva; (2) Existe disponibilidade de insumos, mas seu acesso/obtenção é difícil; (3) Existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil. **Itens Manufaturados**: (1) Baixa capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (2) Média capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (3) Média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (4) Alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional. **Serviços técnicos**: (1) Baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (2) Médio nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (3) Alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional. **Dificuldade Futura**: (1) Alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (2) Média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro; (3) Média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando-se o contexto de mercado futuro; (4) Baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando-se o contexto de mercado futuro. **Infraestrutura de Logística**: (1) Baixo nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (2) Médio nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (3) Alto nível

de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; **Sinergia**: (1) Não existem sinergias com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, bens e serviços são muito específicos à cadeia produtiva; (2) Existe sinergia com outras cadeias produtivas nacionais quer seja nos insumos utilizados ou nos bens e serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias produtivas nacionais; (3) Existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva. **Normas**: (1) Baixa importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local. **Regulações**: (1) Baixa importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) Média importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) Alta importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.

Fonte: elaboração própria.

6.3.7. Planejamento Estratégico

A Tabela 118 apresenta os indicadores informados pela Governança do SEB a respeito da prioridade em relação às políticas de médio (2026) e longo prazo (2050).

Nota-se que nenhuma macrotemática apresenta baixa prioridade, o que mostra a importância dos sistemas de distribuição de energia elétrica no contexto geral do SEB, reconhecido pela Governança.

As macrotemáticas Medição Avançada, Automação da Rede, Compartilhamento dos Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), Mobilidade Elétrica, Geração Distribuída e Microrredes e Qualidade da Energia Elétrica são apresentadas como de alta prioridade para a política de médio prazo (2026). Já para a política de longo prazo (2050), todas as macrotemáticas apresentam alta prioridade, com exceção de Medição Avançada e Subestações e Equipamentos.

A partir da análise, pode-se inferir que o tema da medição avançada vai ser explorado de forma quase esgotável, sendo que a macrotemática passa a ter média prioridade na política de longo prazo (2050). Em relação às macrotemáticas Segurança Cibernética, Operação e Manutenção, Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição e Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, a prioridade passa de média no médio prazo para alta no longo prazo, indicando serem áreas que demandarão PD&I de forma considerável, para abarcar as mudanças estruturais e de qualidade do produto e do serviço, em relação às fontes intermitentes, geração distribuída, veículos elétricos, redes elétricas inteligentes, que impactarão nos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Destaca-se a macrotemática Subestações e Equipamentos, que terá média prioridade no médio e longo prazo, o que pode indicar que já é uma área melhor consolidada dentro do contexto da distribuição de energia elétrica no SEB.

Tabela 118 - Priorização das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no contexto do planejamento estratégico

	Política de médio prazo (2026)	Política de longo prazo (2050)
Medição Avançada	Alta Prioridade	Média Prioridade
Automação da Rede	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Segurança Cibernética	Média Prioridade	Alta Prioridade
Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Operação e Manutenção	Média Prioridade	Alta Prioridade
Subestações e Equipamentos	Média Prioridade	Média Prioridade
Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição	Média Prioridade	Alta Prioridade
Mobilidade Elétrica	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Geração Distribuída e Microrredes	Alta Prioridade	Alta Prioridade
Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas	Média Prioridade	Alta Prioridade
Qualidade da Energia Elétrica	Alta Prioridade	Alta Prioridade

Fonte: elaboração própria.

6.4. Matriz de análise

Conforme mencionado no capítulo metodológico, serão apresentados, nesse item, os pontos fortes e fracos, além dos desafios e oportunidades observados em cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica. É válido salientar que todos os resultados fazem referência ao GT de Distribuição de Energia Elétrica.

6.4.1. Medição avançada

Conforme mostra a Tabela 119, a macrotemática Medição Avançada precisa apresentar melhores resultados e investir em produção científica nacional, seguindo a tendência mundial de crescimento de pesquisa e desenvolvimento nessa área, os eventos do SEB devem priorizar a pesquisa na medição avançada nos próximos anos, o que acarretará em aumento dos Recursos Humanos relacionados ao tema e pode induzir maior inserção no mercado de produtos nacionais, melhorando a cadeia de inovação. A tendência de surgimento de centros de pesquisa e laboratórios e de qualificação dos profissionais que trabalham nessas instituições deve continuar, priorizando-se a disseminação por todo o território nacional. Aliado a essas ações, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D Aneel, o aumento de programas de Pós-Graduação e consequente titulação dos pesquisadores e o aumento da quantidade em investimentos e fomento de CT&I para a área da medição avançada são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação ao marco regulatório do SEB que deve abarcar as necessidades e mitigar os obstáculos tecnológicos que são a tropicalização de algumas tecnologias e o desenvolvimento da indústria nacional, para o surgimento de novos mercados ou serviços, no contexto das cidades inteligentes, com a tarifação adequada às mudanças que surgirão nos modelos de negócios. Com essas ações, será possível a implementação da medição inteligente e suas aplicações avançadas nos sistemas de distribuição de energia elétrica, com comunicação entre os dispositivos e com infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação robusta para tratar a elevada quantidade de dados.

Tabela 119 - Matriz de análise da macrotemática Medição Avançada

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Apenas 4,43% dos artigos científicos publicados mundialmente são relacionados à macrotemática.	Dimensão Ambiental – A macrotemática classifica-se como sem impacto em relação à Dimensão Ambiental.
Produção científica nacional – Apenas 3,31% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.	Dimensão de Mercado – Em relação à demanda atual no mundo e à demanda futura no Brasil e no mundo, a macrotemática apresenta alta demanda.
Produção complementar – Apenas 1,2% dos artigos científicos publicados nos congressos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e a alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Patentes no mundo – A macrotemática apresentou apenas 1256 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema de medição avançada.	DGP – 19,65% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.
Recursos Humanos – Apenas 2% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.	Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 2207. Essa quantidade é a maior dentre todas as macrotemáticas, fazendo-se a comparação.
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta um indicador pouco favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Os aspectos regulatórios ainda devem ser melhor estabelecidos.	Gerar capacitação para instalação, manutenção, e operação de sistemas automatizados.
Competência nacional – O Brasil possui competência técnica para o desenvolvimento da medição avançada, sendo alavancada devido às características próprias das redes brasileiras, que inviabilizam a tropicalização de algumas tecnologias.	Interoperabilidade entre os dispositivos inteligentes e os sistemas de tecnologia da informação.
Estrutura física de CT&I – Segundo o relatório apresentado pela ABDI, em 2014, existiam, no mercado brasileiro, 60 empresas com áreas de atuação em medição inteligente. Além disso, a participação de centros de pesquisa, desenvolvimento e inovação e universidades tem sido decisiva para a implantação gradativa do conceito de redes elétricas inteligentes no Brasil. Desta maneira, o surgimento de outros centros de pesquisa é essencial para a continuidade do desenvolvimento da macrotemática.	

Desafios	Oportunidades
Estrutura de fomento à CT&I – É necessário ampliar as ações de fomento.	Telecomunicação/comunicação com aprendizagem de máquina *(machine learning)*.
Infraestrutura – Desenvolver estruturas de testes.	Regulação pode influenciar no desenvolvimento da macrotemática, no que diz respeito a novos conceitos de tarifação, abrindo espaço para o surgimento de novos modelos de negócios.
Cadeia produtiva – Estimular o desenvolvimento nacional da cadeia produtiva para sensores e equipamentos (produção no país).	Desenvolvimento da parte produtiva da medição inteligente.
Mercado – Surgimento de novos mercados ou serviços, no contexto das cidades inteligentes.	Implementação da medição inteligente e suas aplicações avançadas, com comunicação entre os dispositivos e com infraestrutura de tecnologia da informação e comunicação robusta para tratar a elevada quantidade de dados.
Obstáculos tecnológicos – Tropicalização de algumas tecnologias.	Normalização e Certificação por conta dos órgãos responsáveis pela homologação dos equipamentos, para disponibilização no mercado.

Fonte: elaboração própria.

6.4.2. Automação da rede

Conforme mostra a Tabela 120, a macrotemática Automação da Rede precisa apresentar melhores resultados e investir em produção científica nacional. Seguindo a tendência mundial de crescimento de pesquisa e desenvolvimento nessa área, precisa priorizar o surgimento de patentes, com uma maior inserção, no mercado, de produtos nacionais, melhorando a cadeia de inovação. A tendência de produção científica nos eventos do SEB, grande quantidade de Recursos Humanos relacionados ao tema da automação das redes de distribuição, com boa qualificação, e de crescimento de programas de Pós-Graduação deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliado a essas ações, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D Aneel, o surgimento de uma maior quantidade de centros de pesquisa e laboratórios com pesquisadores bem qualificados e o aumento da quantidade em investimentos e fomento de CT&I para a área da automação da rede são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à falta de incentivos para a modernização da rede, ao desenvolvimento de equipamentos para automação da rede no cenário brasileiro em que a maioria das redes são aéreas e existe uma sazonalidade no clima nas diferentes regiões do país, ao envolvimento de maior número de empresas, centros de pesquisa e universidades para a implantação gradativa do conceito de *smart grid* no Brasil. O marco regulatório do SEB deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que são a viabilidade econômica e a interoperabilidade entre equipamentos. Com essas ações, será possível o desenvolvimento de novos mercados ou serviços para as empresas, a melhoria na qualidade e a continuidade do serviço das distribuidoras, a modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades e a capacitação para instalação, manutenção e operação dos sistemas automatizados.

Tabela 120 - Matriz de análise da macrotemática Automação da Rede

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Apenas 1,83% dos artigos científicos publicados mundialmente são relacionados à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos, de geração de empregos de alta remuneração e de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Produção científica nacional – Apenas 2% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo.
Patentes no mundo – A macrotemática apresentou apenas 1262 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema da automação da rede.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta um indicador pouco favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	Produção complementar – 9,3% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.
	Recursos Humanos – 13% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.
	Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 88.95%. Esse percentual é o maior dentre todas as macrotemáticas do grupo, fazendo-se a comparação.
	Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta 48 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema da automação da rede.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Falta de incentivo à modernização da rede.	Desenvolvimento de novos mercados ou serviços para as empresas.
Competência nacional – O Brasil deve investir mais em produção científica, patentes e centros de pesquisa e laboratórios, para melhoria na qualidade do serviço prestado aos consumidores e na confiabilidade dos sistemas de distribuição de energia elétrica, para melhorar a competência.	Melhoria na qualidade e continuidade do serviço das distribuidoras.
Estrutura física de CT&I – O tema da automação da rede é um dos principais em que as concessionárias de energia elétrica investem em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Porém, ainda é necessário participação maior de centros de pesquisa e universidades.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades. Desenvolvimento de sensores e atuadores para equipamentos de subestações e de redes. Desenvolvimento de funcionalidades de automação avançada, considerando-se as particularidades do SEB. Impacto da geração distribuída, fontes renováveis, armazenamento de energia na automação da rede (mini centros de operação). Capacitação para instalação, manutenção e operação dos sistemas automatizados.
Estrutura de fomento à CT&I – É necessário ampliar as ações de fomento.	Telecomunicação/comunicação com aprendizagem de máquina *(machine learning)*. Regulação como incentivo à modernização da rede.
Infraestrutura – Desenvolver equipamentos para automação da rede no cenário brasileiro em que a maioria das redes são aéreas e existe uma sazonalidade no clima nas diferentes regiões do país.	
Cadeia produtiva – Melhoria dos indicadores de itens manufaturados, dos serviços técnicos, da infraestrutura de logística e da sinergia entre cadeias produtivas nacionais, no que tange à macrotemática.	
Mercado – Envolvimento de maior número de empresas, centros de pesquisa e universidades para a implantação gradativa do conceito de *smart grid* no Brasil.	
Obstáculos tecnológicos – Viabilidade econômica e interoperabilidade entre equipamentos.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.3. Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

Conforme mostra a Tabela 121, a macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes precisa apresentar melhores resultados e investir em produção científica nacional,

seguindo a tendência mundial de crescimento de pesquisa e desenvolvimento nessa área, aumentar a produção científica nos eventos do SEB, aumentar de forma considerável o interesse e a quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, de forma a aumentar os Recursos Humanos relacionados ao tema do compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição de energia elétrica, com boas qualificações e titulações. Além disso, a macrotemática deve alcançar o patamar de crescimento de número de patentes, com uma maior inserção no mercado de produtos nacionais, melhorando a cadeia de inovação. Para isso, o surgimento de uma maior quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com pesquisadores muito bem qualificados, é essencial. A tendência de surgimento de programas de Pós-Graduação na área deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliados a essas ações, uma maior quantidade de produção científica no contexto mundial e o aumento da quantidade em investimentos e fomento de CT&I para o tema do compartilhamento de serviços nos sistemas de distribuição são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à adequação da regulação, de forma que ela fomente os investimentos e que não crie entraves ao desenvolvimento das iniciativas, à integração de tecnologia e sistemas para a contribuição da disseminação do conceito de cidades inteligentes, para gerar novas oportunidades de melhoria da eficiência operacional e energética e de novos negócios, tanto para as empresas do setor como para outros setores da economia. O marco regulatório do SEB deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito a linhas de financiamento voltadas ao desenvolvimento das cidades inteligentes. Com essas ações, será possível o surgimento de novos modelos de negócios para as empresas concessionárias, a criação dos ecossistemas das cidades inteligentes, com definição da forma de participação dos diversos participantes e da própria sustentabilidade das iniciativas e a integração de tecnologias e sistemas, com compartilhamento da infraestrutura de medição.

Tabela 121 - Matriz de análise da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica nacional – Apenas 2,95% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.	**Dimensão Social** – A macrotemática apresenta expectativa de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Produção complementar – Apenas 1,6% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.	**Dimensão de Mercado** – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo.
Projetos Aneel – Apenas 1,43% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.	**Cadeia produtiva** – A macrotemática apresenta alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Patentes no mundo – A macrotemática apresentou apenas 1624 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema do compartilhamento de serviços nas cidades inteligentes.	**Programas de Pós-Graduação** – A macrotemática apresenta 64 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema do compartilhamento de serviços nas cidades inteligentes.
Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou apenas 10 patentes no Brasil relacionadas ao tema do compartilhamento de serviços nas cidades inteligentes.	
Recursos humanos – Apenas 4% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.	
Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 76,87%. Esse percentual é o menor dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	
DGP – Apenas 5,39% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.	
Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e Doutores – A quantidade de mestres e Doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 556. Essa quantidade é uma das menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	
Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos.	
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta um indicador pouco favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta grau de estruturação baixo da cadeia produtiva nacional, baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional e média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro.	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Adequação da regulação, de forma que ela fomente os investimentos e que não crie entraves ao desenvolvimento das iniciativas.	Novos modelos de negócios para as empresas concessionárias. Melhoria na qualidade do serviço e do produto, atendendo às novas exigências do mercado.
Competência nacional – O Brasil está no caminho do desenvolvimento de competência nacional para a criação das cidades inteligentes e existem diversas instituições envolvidas nessa macrotemática. É necessário ainda desenvolver a produção científica, a cadeia de inovação, a aplicação de mais recursos de pesquisa e desenvolvimento do Programa de P&D regulado pela Aneel, criação de mais laboratórios e centros de pesquisa e aumento dos pesquisadores relativos à área.	Criação dos ecossistemas das cidades inteligentes, com definição da forma de participação dos diversos participantes e da própria sustentabilidade das iniciativas.
Estrutura física de CT&I – As instituições de CT&I necessitam de investimentos para a implantação de laboratórios e ambientes de teste em condições representativas das existentes nas cidades.	Desenvolvimento econômico, social e novas oportunidades de negócios que a implementação do conceito de cidades inteligentes pode gerar, levando-se em conta o contexto nacional vis-à-vis o mercado internacional.
Estrutura de fomento à CT&I – É necessário o aporte da PD&I e investimento por parte dos órgãos envolvidos com o desenvolvimento da macrotemática.	Projetos-piloto poderão ser testados e implementados de forma pioneira no ambiente dos living labs.
Infraestrutura – Compartilhamento da infraestrutura de medição para os serviços de água, energia elétrica e gás.	Compartilhamento da infraestrutura de medição.
Cadeia produtiva – A cadeia produtiva nacional precisa de uma sinalização forte de políticas públicas que incentivem a implementação das cidades inteligentes. Com isso, seria fomentado o empreendedorismo e incentivado o surgimento de novas empresas nacionais.	Integração de tecnologias e sistemas.
Mercado – A integração de tecnologia e sistemas para a contribuição da disseminação do conceito de cidades inteligentes, para gerar novas oportunidades de melhoria da eficiência operacional e energética e de novos negócios, tanto para as empresas do setor quanto para outros setores da economia.	
Obstáculos tecnológicos – São necessárias linhas de financiamento voltadas ao desenvolvimento das cidades inteligentes.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.4. Segurança Cibernética

Conforme mostra a Tabela 122, a macrotemática Segurança Cibernética precisa apresentar melhores resultados e investir em produção científica nos eventos do SEB, aumentar de forma considerável o interesse e a quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, de forma a aumentar os Recursos Humanos relacionados ao tema da segurança cibernética nos sistemas de distribuição de energia elétrica. Além disso, a macrotemática deve alcançar o patamar de crescimento da quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com pesquisadores com boas qualificações e titulações, o que acarreta, naturalmente, o aumento dos programas de Pós-Graduação. O maior desafio é em relação à grande necessidade do aumento da quantidade em investimentos e fomento de CT&I para o tema nos sistemas de distribuição, o que induz a melhorias nos outros indicadores. A tendência de crescimento da produção científica no contexto mundial deve continuar, para induzir o crescimento da produção científica também no Brasil, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliado a essas ações, o desenvolvimento da macrotemática necessita de um patamar de crescimento no número de patentes, com uma maior inserção no mercado de produtos nacionais, melhorando a cadeia de inovação, e a busca por melhores qualificações e titulações por parte dos Recursos Humanos.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à implementação (divulgação, treinamento e conscientização) de um conjunto de controles de segurança mínimo para as concessionárias, que poderá ser materializado em um arcabouço legal e regulatório, a recomendações e melhores práticas e também certificações, visando à homologação de equipamentos e sistemas, a regulação precisa fomentar empreendedorismo e investimentos e não pode criar entraves ao desenvolvimento das iniciativas, à infraestrutura, que ainda deve crescer e ganhar força para o desenvolvimento em larga escala da segurança cibernética no país e a metodologias de análise de risco e impactos da implantação de modelos e medidas de segurança cibernética nos mercados de energia elétrica, sendo que as motivações atuais são mais políticas do que econômicas, com destaque para ações de grupos ciberterroristas e hostilidade entre nações. O grau de estruturação da cadeia produtiva nacional deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito à análise de riscos e aos modelos de maturidade de segurança, avaliação de segurança, visando estabelecer um nível mínimo de segurança cibernética. Com essas ações, será possível criar a cultura de segurança no ambiente das concessionárias, a possibilidade de uso de equipamentos mais seguros, mitigando riscos de ataques e criando estratégias de segurança cibernética no âmbito, considerando-se as peculiaridades do SEB.

Tabela 122 - Matriz de análise da macrotemática Segurança Cibernética

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção complementar – Apenas 1,2% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.	Dimensão Ambiental – A macrotemática não apresenta impacto ambiental.
Projetos Aneel – Apenas 0,29% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Recursos humanos – Apenas 4% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda futura no Brasil e atual e futura no mundo e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
DGP – Apenas 0,78% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 103. Essa quantidade é a menor dentre todas as macrotemáticas do grupo, fazendo-se a comparação.	Produção científica – 6,3% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.
Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta apenas 1 programa de Pós-Graduação relacionado ao tema da segurança cibernética.	
Fomento – A macrotemática apresenta a menor quantidade em investimentos (R$ 16.073.251,57) dentre todas as macrotemáticas do grupo, fazendo-se a comparação.	
Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta grau de estruturação baixo da cadeia produtiva nacional.	
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Deve-se estabelecer e implementar (divulgação, treinamento e conscientização) um conjunto de controles de segurança mínimo para as concessionárias, que poderá ser materializado em um arcabouço legal e regulatório, recomendações e melhores práticas e também certificações, visando à homologação de equipamentos e sistemas. Destaca-se que, ainda que tal regulação tenha de fomentar empreendedorismo e investimentos, não pode criar entraves ao desenvolvimento das iniciativas.	Criar estratégias em cibersegurança para o setor elétrico.

Desafios	Oportunidades
Competência nacional – Não existe, atualmente, um padrão nacional de controles de segurança cibernética para o setor elétrico que possa ser seguido pelas concessionárias a fim de garantir um nível mínimo de segurança. As concessionárias, os fornecedores, os prestadores de serviços e os profissionais de segurança cibernética e automação de processos requerem guias de referência que os ajudem a enfrentar os desafios da segurança e que sejam adequados aos anseios do governo e da sociedade brasileira.	Criar a cultura de segurança no ambiente das concessionárias.
Estrutura física de CT&I – O desenvolvimento da macrotemática fica pautado no aumento de pesquisadores e de centros de pesquisa e laboratórios referentes ao tema da segurança cibernética.	Possibilidade de uso de equipamentos mais seguros, mitigando riscos de ataques.
Estrutura de fomento à CT&I – É necessário o aporte da PD&I e investimento por parte dos órgãos envolvidos com o desenvolvimento da macrotemática.	
Infraestrutura – Para o desenvolvimento tecnológico na área da macrotemática, a infraestrutura nacional, no que se refere a Recursos Humanos e centros de pesquisa, é um ponto forte, com vários grupos de pesquisa no Brasil (vide atuação do CPqD, CHESF. Inmetro, UFRGS e PUC-RJ). A macrotemática tem sido uma área de interesse para o setor privado, mas ainda está muito incipiente no país. A infraestrutura ainda deve crescer e ganhar força para o desenvolvimento em larga escala da segurança cibernética no país.	
Cadeia produtiva – É necessária uma forte sinalização de políticas públicas que incentivem, e, em alguns casos, obriguem que soluções, serviços e produtos levem em consideração aspectos relacionados à segurança cibernética e à privacidade, de modo a fomentar o empreendedorismo e o surgimento de novas empresas nacionais para explorar as oportunidades.	
Mercado – Desenvolvimento e aplicações de metodologias de análise de risco. Impactos da implantação de modelos e medidas de segurança cibernética nos mercados de energia elétrica. As motivações atuais são mais políticas do que econômicas, com destaque para ações de grupos ciberterroristas e hostilidade entre nações.	
Obstáculos tecnológicos – Análise de riscos e modelos de maturidade de segurança, avaliação de segurança. Visando estabelecer um nível mínimo de segurança cibernética, fica evidente a necessidade de uma regulamentação específica para a área.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.5. Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

Conforme mostra a Tabela 115, a macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) precisa apresentar melhores resultados e investir de forma considerável em produção científica nacional, seguindo a tendência mundial de crescimento de pesquisa e desenvolvimento nessa área, aumentar a quantidade de programas de Pós-Graduação e da quantidade de investimentos e fomento de CT&I para o tema da tecnologia de informação e comunicação nos sistemas de distribuição de energia elétrica. A tendência de surgimento de uma maior quantidade de Recursos Humanos interessados e relacionados ao tema, com boas qualificações e titulações, deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliadas a essas ações, uma maior quantidade de produção científica nos eventos do SEB, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, uma priorização no surgimento de patentes, com desenvolvimento da indústria nacional e no surgimento de produtos nacionais, com consequente melhoria na cadeia de inovação e surgimento de uma maior quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com consequente aumento de profissionais melhor qualificados, são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação ao surgimento de uma sinergia entre os setores de telecomunicações e de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestrutura, para que haja mudanças na regulação do setor elétrico, permitindo que possa haver rentabilidade em investimentos de concessionárias que atingem a quase totalidade da população e melhorias e investimentos para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, em quantidade de centros de pesquisa e laboratórios e de titulação dos pesquisadores e à modernização do sistema elétrico que deve ser buscada com a aplicação das tecnologias de informação e comunicação alinhadas às necessidades modernas, mas que não resultem em maior complexidade e custos para o sistema.O nível de oferta de serviços técnicos deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito à integração dos recursos energéticos distribuídos e à sinergia entre os setores de telecomunicações e o de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestruturas, para desenvolvimento das cidades inteligentes. Além disso, a implementação da Internet das Coisas (IoT) e a interoperabilidade e integração entre sistemas e soluções configuram-se, também, como obstáculos tecnológicos. Com essas ações, será possível que se tenha uma melhoria na qualidade e continuidade do serviço das distribuidoras e o uso das tecnologias de informação e estatística pelas empresas do setor no ambiente das redes elétricas inteligentes e das tecnologias disruptivas será fator crítico para

se atingir os benefícios advindos dessa evolução. O sucesso das empresas do setor dependerá de investimentos em TIC e de se tornarem cada vez mais digitais.

Tabela 123 - Matriz de análise da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Apenas 3,03% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.	Dimensão Ambiental – A macrotemática apresenta impacto positivo quanto à Dimensão Ambiental.
Produção científica nacional – Apenas 2,45% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta apenas 14 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema da tecnologia de informação e comunicação (TIC).	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual no mundo e atual e futura no Brasil, e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
Fomento – A macrotemática apresenta uma das menores quantidades em investimentos (R$ 178.897.643,83) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta indicador que existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional, média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e não existem sinergias com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, bens e serviços são muito específicos à cadeia produtiva.	Recursos humanos – 13% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.
	Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 88,23%. Esse percentual é um dos maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – Para que ocorra uma sinergia entre os setores de telecomunicações e de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestrutura, são necessárias mudanças na regulação do setor elétrico, permitindo que possa haver rentabilidade em investimentos de concessionárias que atingem a quase totalidade da população.	Desenvolvimento de novos mercados ou serviços para as empresas.

Desafios	Oportunidades
Competência nacional – o Brasil possui base de competência nacional (pesquisadores e centros de pesquisa nacionais, públicos e privados) atuando no contexto das tecnologias de informação e comunicação, porém é importante que o aporte da PD&i melhore cada vez mais a capacitação do país na área.	Melhoria na qualidade e continuidade do serviço das distribuidoras.
Estrutura física de CT&I – A macrotemática se destaca quanto à quantidade de Recursos Humanos que trabalham com P&D na área da tecnologia da informação e comunicação, porém ainda precisa avançar na produção científica e na quantidade de centros de pesquisa e laboratórios.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades. As novas funcionalidades advindas com as redes elétricas inteligentes significam maior utilização de dispositivos inteligentes com seus firmwares (medidores inteligentes, dispositivos IoT, etc.), mais ativos de telecomunicações e tecnologia da informação na rede e mais aplicações de software para uso das concessionárias e clientes, muitas delas conectadas à Internet.
Estrutura de fomento à CT&I – A deficiência da infraestrutura de telecomunicações para viabilizar a troca de informações entre os elementos das redes elétricas inteligentes deverá ser contornada com o aumento do fomento para desenvolvimento e uso de novas tecnologias eficientes e de custo adequado para a transformação digital das empresas do setor, viabilizadas com o aporte da PD&I.	O uso das tecnologias de informação e estatística pelas empresas do setor no ambiente das redes elétricas inteligentes e em tecnologias disruptivas será fator crítico para se atingirem os benefícios advindos dessa evolução. O sucesso das empresas do setor dependerá de investimentos em TIC e de se tornarem cada vez mais digitais.
Infraestrutura – São necessários melhorias e investimentos para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, em quantidade de centros de pesquisa e laboratórios e de titulação dos pesquisadores.	
Cadeia produtiva – O Brasil, por meio de seus centros de pesquisa, possui estrutura produtiva nacional com condições de desenvolver a macrotemática com recursos próprios, porém, por motivos de economicidade, é importante identificar e fazer uso de tecnologias desenvolvidas em outros países para fazer uso de escala de produção pra desenvolver a cadeia produtiva nacional.	

Desafios	Oportunidades
Mercado – Para a implantação dos dispositivos inteligentes, juntamente com toda a estrutura de comunicação, sistemas e aplicações relacionadas, é necessário realizar investimentos, cujo retorno depende do desenvolvimento de novos modelos de negócios. Destaca-se que o ritmo de desenvolvimento e a evolução tecnológica no sistema elétrico estão diretamente relacionados à evolução da arquitetura tarifária, incluindo tarifas horárias e dependentes de contexto, suportadas pela medição eletrônica para os consumidores de baixa tensão, assim como à solução de questões prementes de maior eficiência operacional e mitigação de perdas. Além disso, deverão ser sempre considerados os aspectos técnico-econômicos, os ativos leados e os novos na evolução do sistema elétrico. Portanto, para a modernização do sistema elétrico deve ser buscada a aplicação das tecnologias de informação e comunicação alinhadas com as necessidades modernas, mas que não resultem em maior complexidade e custos para o sistema.	
Obstáculos tecnológicos – Integração dos recursos energéticos distribuídos, sinergia entre os setores de telecomunicações e o de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestruturas, para desenvolvimento das cidades inteligentes. Além disso, a implementação da Internet das Coisas (IoT) e a interoperabilidade e integração entre sistemas e soluções configuram-se, também, como obstáculos tecnológicos.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.6. Operação e Manutenção

Conforme mostra a Tabela 124, a macrotemática Operação e Manutenção precisa apresentar melhores resultados e investir de forma considerável no aumento das patentes no Brasil, com desenvolvimento da indústria nacional e no surgimento de produtos nacionais, com consequente melhoria na cadeia de inovação. A tendência de se ter uma considerável produção científica nos eventos do SEB, quantidade considerável de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, com consequente interesse de profissionais na área, o que faz com que a macrotemática possua uma considerável quantidade de Recursos Humanos relacionados, bem qualificados e titulados, e a tendência de possuir uma considerável quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com pesquisadores muito bem qualificados e titulados, fazem com que os investimentos e fomento de CT&I para a

operação e manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica tenham a tendência de aparecer em grande quantidade no âmbito do grupo temático, o que deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliados a essas ações, uma maior quantidade de produção científica no contexto mundial e no Brasil, um aumento das patentes em nível mundial e um aumento da quantidade de programas de Pós-Graduação relacionados ao tema são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à necessidade de se ter uma posição estratégica do órgão regulador na tomada de decisão junto aos agentes, a melhorias e investimentos para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, em quantidade de patentes e para que haja interesse por parte das universidades em abrir mais programas de Pós-Graduação na área, e a ser necessário tornar as iniciativas competitivas frente aos produtos internacionais, os quais boa parte já estão consolidados. Os obstáculos tecnológicos devem ser mitigados, no que diz respeito à uniformização, à integração, à otimização de processos, à automação e às novas tecnologias, para a operação e manutenção ser a pauta nas concessionárias, o que não ocorre de forma completa hoje. Com essas ações, será possível a melhoria na qualidade do serviço e do produto, atendendo às novas exigências do mercado, à adequação dos sistemas de operação e à manutenção para atender às novas necessidades do setor elétrico e à criação de centros de operação e coordenação compartilhados para a distribuição de energia elétrica.

Tabela 124 - Matriz de análise da macrotemática Operação e Manutenção

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou apenas 22 patentes no Brasil relacionadas ao tema da operação e manutenção.	**Dimensão Social** – A macrotemática apresenta expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos e geração de empregos de alta remuneração.
	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta indicador de que existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e a alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
	Produção complementar – 28,5% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.
	Projetos Aneel – 34,41% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	Recursos humanos – 15% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.
	Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 88,09%. Esse percentual é um dos maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
	DGP – 11,39% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.
	Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 1142. Essa quantidade é uma das maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
	Fomento – A macrotemática apresenta a maior quantidade de investimentos (R$ 1.174.933.412,71) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Posição estratégica do órgão regulador na tomada de decisão junto aos agentes. Os aspectos técnicos passam a ser subsídio fundamental para que a gestão estratégica esteja alicerçada e proporcione a viabilidade e sustentabilidade no contexto das políticas de regulação.	Melhoria na qualidade do serviço e do produto, atendendo às novas exigências do mercado.
Competência nacional – Aproximação entre as universidades brasileiras e o setor produtivo, aproveitando a profusão de temas.	Adequar os sistemas de operação e manutenção para atender às novas necessidades do setor elétrico.
Estrutura física de CT&I – Manter a quantidade de Recursos Humanos e centros de pesquisa e laboratórios em níveis altos em relação à quantidade.	Criação de centros de operação e coordenação compartilhados para a distribuição de energia elétrica.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar ou adequar as formas de incentivo ao desenvolvimento nacional destas tecnologias.	Parte das soluções desenvolvidas em outros países pode ser aproveitada nas empresas distribuidoras brasileiras.
Infraestrutura – São necessários melhorias e investimentos para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, em quantidade de patentes e para que haja interesse por parte das universidades em abrir mais programas de Pós-Graduação na área.	A tendência de novos paradigmas de relacionamento do consumidor com o sistema.
Cadeia produtiva – Há poucas linhas de fomento contemplando toda a cadeia produtiva, desde a pesquisa básica/ aplicada até a inserção no mercado.	
Mercado – É necessário tornar as iniciativas competitivas frente aos produtos internacionais, os quais, em boa parte, já estão consolidados.	
Obstáculos tecnológicos – Uniformização, integração, otimização de processos, automação e novas tecnologias devem ser a pauta nas concessionárias, o que não ocorre de forma completa hoje.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.7. Subestações e Equipamentos

Conforme mostra a Tabela 125, a macrotemática Subestações e Equipamentos não apresentou pontos fracos, em comparação às outras macrotemáticas do grupo temático. Porém, alguns indicadores apresentaram resultados intermediários e devem continuar em ritmo de crescimento para a continuação do desenvolvimento da macrotemática. São eles: produção científica no âmbito mundial, produção científica nos eventos do SEB, quantidade de Recursos Humanos relacionados ao tema, titulação do RH (mestres e doutores), quantidade de centros de pesquisa e laboratórios do DGP e titulação dos pesquisadores (mestres e doutores) desses laboratórios. A tendência de uma considerável produção científica nacional, de uma quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, de uma quantidade de patentes no mundo e no Brasil, de uma quantidade de programas de Pós-Graduação e de uma grande quantidade em investimentos e fomento de CT&I deve continuar, para o crescente desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à medição com capacidade de sincronismo de relógio e processamento de fasores, já que ainda não há regulação sobre o emprego desse tipo de equipamento no âmbito dos sistemas de distribuição de energia elétrica em função desses ainda estarem em desenvolvimento, uma dificuldade a ser solucionada, ao desenvolvimento da cadeia produtiva de equipamentos de distribuição, como controladores para chaves religadoras, equipamentos de controle de tensão e de compensação de reativos com lógica de operação local e remotamente, com incentivo à cooperação e parcerias entre os níveis da cadeia produtiva e à busca pela garantia de equilíbrio econômico-financeiro da concessão (rentabilidade esperada dos investimentos e modicidade tarifária) e por convênios entre os centros de pesquisa e empresas de equipamentos. Os obstáculos tecnológicos devem ser mitigados, no que diz respeito à infraestrutura de comunicação dedicada aos sistemas de distribuição de energia elétrica que deve ser melhorada, com a necessidade de interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes. Com essas ações, será possível a disseminação de boas práticas entre todos os atores envolvidos, aumentar a eficiência energética do sistema de distribuição, alavancar a competitividade do Brasil frente ao mercado internacional e desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do setor elétrico brasileiro.

Tabela 125 - Matriz de análise da macrotemática Subestações e Equipamentos

Pontos Fracos	Pontos Fortes
	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos de alta remuneração e de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
	Produção científica nacional – 9,43% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.
	Projetos Aneel – 17,06% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta grau de estruturação alto da cadeia produtiva nacional, indicador que indica a possibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional, baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro, indicador que diz que existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva e há alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
	Patentes no mundo – A macrotemática apresentou 6007 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema do compartilhamento de serviços nas cidades inteligentes.
	Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou 139 patentes no Brasil relacionadas ao tema de subestações e equipamentos.
	Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta 41 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema De subestações e equipamentos.
	Fomento – A macrotemática apresenta uma das maiores quantidades em investimentos (R$ 617.983.051,61) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.

Desafios	Oportunidades
Regulação – A regulação do SEB é favorável à evolução da macrotemática, porquanto as normatizações do SEB preconizam a melhoria do fornecimento de energia elétrica no que tange aos aspectos de qualidade do serviço e do produto. Porém, em relação à medição com capacidade de sincronismo de relógio e processamento de fasores, destaca-se que ainda não há regulação sobre o emprego desse tipo de equipamento no âmbito dos sistemas de distribuição de energia elétrica em função desses ainda estarem em desenvolvimento, uma dificuldade que deve ser solucionada.	Disseminação de boas práticas entre todos os atores envolvidos.
Competência nacional – Há competência nacional no que tange a centros de pesquisa e laboratórios, com várias universidades do país envolvidas, porém falta maior integração com a indústria, para que o desenvolvimento traga mais resultados em questão de cadeia de inovação, com maior inserção de equipamentos no mercado nacional.	Aumentar a eficiência energética do sistema de distribuição.
Estrutura física de CT&I – A macrotemática deve proporcionar uma maior quantidade de pesquisadores e centros de pesquisa e laboratórios, para desenvolvimento de produtos nacionais e consequente aumento da etapa de inserção no mercado da cadeia de inovação.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades.
Estrutura de fomento à CT&I – É necessário fomentar, de uma forma geral, o desenvolvimento da cadeia produtiva e da estrutura de CT&I para que seja possível desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do SEB.	Alavancar a competitividade do Brasil frente ao mercado internacional.
Infraestrutura – São necessários investimentos e melhorias para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, em produção científica (apesar de já estar bem colocada em relação ao grupo temático no Brasil), em quantidade e qualificação dos Recursos Humanos relativos ao tema e em quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com profissionais cada vez mais qualificados.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do setor elétrico brasileiro.
Cadeia Produtiva – Desenvolvimento da cadeia produtiva de equipamentos de distribuição, como controladores para chaves religadoras, equipamentos de controle de tensão e de compensação de reativos com lógica de operação local e remotamente. Incentivo à cooperação e parcerias entre os níveis da cadeia produtiva.	
Mercado – Busca pela garantia de equilíbrio econômico-financeiro da concessão (rentabilidade esperada dos investimentos e modicidade tarifária). Busca por convênios entre os centros de pesquisa e empresas de equipamentos. **Obstáculos tecnológicos** – A infraestrutura de comunicação dedicada aos sistemas de distribuição de energia elétrica deve ser melhorada. Necessidade de interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes. Há obstáculos em relação à cadeia produtiva, no que tange às chaves seccionadoras e equipamentos de controle de tensão.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.8. Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição

Conforme mostra a Tabela 126, a macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição precisa apresentar melhores resultados e investir na titulação dos Recursos Humanos relacionados à área, com surgimento de um maior número de mestres e doutores e na quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com consequente aumento da titulação dos profissionais que trabalham nessas instituições.A tendência de se ter uma considerável produção científica nacional, produção científica nos eventos do setor, quantidade considerável de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e quantidade considerável de patentes no mundo e no Brasil deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliadas a essas ações, uma maior quantidade de produção científica no contexto mundial, uma maior quantidade de Recursos Humanos relacionados à PD&I na macrotemática, uma maior quantidade de programas de Pós-Graduação e uma maior quantidade em investimentos e fomento de CT&I são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação às normas internacionais de proteção, automação e controle e à regulação da distribuição de energia elétrica que devem ser atendidas, no que tange à comercialização de produtos de alta qualidade e baixo custo totalmente nacionais, à infraestrutura existente, que pode ser adaptada e ampliada, com a adoção de múltiplos meios e tecnologias complementares, para o atendimento das várias demandas e serviços e ao surgimento de empresas incubadas para fabricar e comercializar toda uma linha de produtos de proteção, automação e controle para atender à área de distribuição de energia elétrica, com a consequente criação de novos mercados. A expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito aos esforços para o aumento da aplicação da tecnologia digital, no que se refere ao monitoramento, à supervisão, à proteção, à medição e ao controle dos sistemas, bem como no estudo de novas topologias que possam acomodar, de maneira adequada, autoprodutores de energia elétrica, de forma a suprir a crescente demanda. Com essas ações, será possível a modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades, o fortalecimento de parcerias nacionais e internacionais, uma melhor detecção e localização de faltas em sistemas de distribuição de energia elétrica e a implantação de dispositivos de religamento automático dos sistemas.

Tabela 126 - Matriz de análise da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 81,75%. Esse percentual é um dos menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Dimensão Ambiental – A macrotemática não apresenta impacto ambiental.
DGP – Apenas 5,30% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 586. Essa quantidade é uma das menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo e apresenta indicador favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta indicador que indica a existência da possibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro, indicador que diz que existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva e há alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
	Produção científica nacional – 9,68% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.
	Produção complementar – 17,6% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.
	Projetos Aneel – 9,68% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	Patentes no mundo – A macrotemática apresentou 9804 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema da proteção, automação e controle da distribuição.
	Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou 255 patentes no Brasil relacionadas ao tema da proteção, automação e controle da distribuição.

Desafios	Oportunidades
Regulação – As normas internacionais de proteção, automação e controle e a regulação da distribuição de energia elétrica devem ser atendidas, no que tange à comercialização de produtos de alta qualidade e baixo custo totalmente nacionais.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do setor elétrico brasileiro.
Competência nacional – Aproximação entre as universidades brasileiras e o setor produtivo, com aumento de centros de pesquisa e empresas incubadas nas universidades.	Melhoria na qualidade do serviço e do produto, atendendo às novas exigências do mercado.
Estrutura física de CT&I – A macrotemática precisa de interesse de uma maior quantidade de pesquisadores, com consequente aumento de centros de pesquisa e laboratórios, sendo que esses profissionais devem possuir alta qualificação.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades.
Estrutura de fomento à CT&I – O aporte da PD&I deve contribuir para a integração das redes de comunicações existentes. Também deve contribuir para o desenvolvimento de novos equipamentos e algoritmos para a proteção, a automação e o controle da geração distribuída, fomentando a criação de novas cadeias produtivas e fortalecendo a indústria e a engenharia do país. Por fim, o fomento deve considerar a melhoria da coordenação e da seletividade das proteções aplicadas aos sistemas de distribuição, que deve provocar uma miríade de dispositivos com alto grau de nacionalização e fomentar capacitação de laboratórios e institutos, favorecendo a indústria e a engenharia do país.	Fortalecimento de parcerias nacionais e internacionais.
Infraestrutura – Atingir uma infraestrutura moderna de comunicações capaz de cobrir desde os centros de operação da distribuição, passando pelas subestações e alimentadores e chegando aos consumidores de energia elétrica. A infraestrutura existente pode ser adaptada e ampliada, com a adoção de múltiplos meios e tecnologias complementares, para o atendimento das várias demandas e serviços.	Melhor detecção e localização de faltas em sistemas de distribuição de energia elétrica.
Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta um aspecto multidisciplinar, com diversas linhas transversais, com impacto em termos de fortalecimento da cadeia produtiva nacional. É necessário que a indústria nacional se atualize para poder competir com dispositivos e equipamentos importados. A cadeia produtiva não tem acompanhado as evoluções tecnológicas vistas no exterior, onde tais produtos possuem maior valor agregado em função da integração de sistemas eletrônicos e digitais microprocessados, novos tipos de sensores e atuadores e, sobretudo, da incorporação de redes de comunicação e protocolos de transmissão de dados.	Soluções de proteção para tratar das faltas de alta impedância.

Desafios	Oportunidades
Mercado – Para haver economia de escala e assegurar competição no mercado nacional, devem surgir empresas incubadas para fabricar e comercializar toda uma linha de produtos de proteção, automação e controle para atender à área de distribuição de energia elétrica. Criação de novos mercados.	Implantação de dispositivos de religamento automático dos sistemas.
Obstáculos tecnológicos – Esforços para o aumento da aplicação da tecnologia digital, no que se refere ao monitoramento, à supervisão, à proteção, à medição e ao controle dos sistemas, bem como no estudo de novas topologias que possam acomodar de maneira adequada autoprodutores de energia elétrica, de forma a suprir a crescente demanda. É necessário que se tenha uma operação resiliente a distúrbios nos sistemas de distribuição de energia elétrica. O modelo atual do Programa de P&D é inadequado, pois não promove a continuidade e a transferência de tecnologia entre as instituições participantes, para que haja o desenvolvimento de novos produtos que possam competir no mercado nacional e internacional.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.9. Mobilidade Elétrica

Conforme mostra a Tabela 127, a macrotemática Mobilidade Elétrica precisa apresentar melhores resultados e investir em produção científica nos eventos do SEB, aumentar de forma considerável o interesse e a quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, de forma a aumentar os Recursos Humanos relacionados ao tema da mobilidade elétrica, além das suas qualificações e titulações nos sistemas de distribuição de energia elétrica.Além disso, a macrotemática deve alcançar o patamar de crescimento da quantidade de centros de pesquisa e laboratórios, com pesquisadores com boas qualificações e titulações, o que acarreta, naturalmente, o aumento dos programas de Pós-Graduação. O maior desafio é em relação à grande necessidade do aumento da quantidade em investimentos e fomento para o tema nos sistemas de distribuição, o que induz às melhorias nos outros indicadores. A tendência de crescimento da produção científica no contexto mundial, aliada ao crescimento do número de patentes nesse contexto e no Brasil deve continuar, para induzir o crescimento da produção científica também no Brasil, priorizando a disseminação, por todo o território nacional, e o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à reformulação do modelo de comercialização de energia elétrica, devido aos impactos da entrada de produtos como veículos elétricos, à rede de distribuição que deve se adequar aos diferentes perfis de recarga dos usuários nas várias aplicações possíveis e à necessidade em desenvolver o mercado local de veículos elétricos, a infraestrutura de recarga, e avaliar como a inserção pode impactar os modelos de negócios já existentes.O marco regulatório do SEB deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito à implantação da mobilidade em grande escala, após as redes de distribuição de energia elétrica estarem mais robustas, em que a matriz energética do sistema elétrico brasileiro deve ter um percentual adequado de fontes renováveis ou de baixo nível de emissão de poluentes, usinas hidrelétricas, parques de geração eólica, uso da biomassa na geração de energia elétrica, uso do potencial da energia solar, com o crescimento da geração distribuída. Com essas ações, serão possíveis a redução do consumo de combustíveis fósseis, o surgimento de novos modelos de negócios para as empresas do setor elétrico e de transporte, a diversificação do uso da energia no sistema de transporte, a exploração da sinergia entre a recarga e a geração de energia elétrica via fontes renováveis e a inserção dos veículos elétricos na matriz energética brasileira, integrados aos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Tabela 127 - Matriz de análise da macrotemática Mobilidade Elétrica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção complementar – Apenas 1,1% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.	Dimensão Ambiental – A macrotemática apresenta impacto positivo em relação à dimensão ambiental.
Projetos Aneel – Apenas 1,29% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Recursos humanos – Apenas 4% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda futura no Brasil e no mundo.
Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 79,55%. Esse percentual é um dos menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e há alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.

Pontos Fracos	Pontos Fortes
DGP – Apenas 3,91% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.	Produção científica – 15,63% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.
Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 353. Essa quantidade é uma das menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Patentes no mundo – A macrotemática apresentou 5817 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema da mobilidade elétrica.
Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta apenas 19 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema da mobilidade elétrica.	Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou 74 patentes no Brasil relacionadas ao tema da mobilidade elétrica.
Fomento – A macrotemática apresenta uma das menores quantidades em investimentos (R$ 145.714.037,87) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta indicador pouco favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	
Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta grau de estruturação baixo da cadeia produtiva nacional.	

Desafios	Oportunidades
Regulação – Reformulação do modelo de comercialização de energia elétrica, devido aos impactos da entrada de produtos como veículos elétricos. É importante destacar a necessidade do surgimento de tarifas horárias e dinâmicas para incentivar recargas de equipamentos do advento da mobilidade elétrica fora do horário da ponta da distribuição, com mudanças em questões regulatórias.	Redução do consumo de combustíveis fósseis.
Competência nacional – O Brasil possui os elementos básicos (Recursos Humanos, técnicos e materiais) para o desenvolvimento da mobilidade elétrica, mas é preciso considerar fatores econômicos e temporais (prazos) para a realização das pesquisas, de forma a adequar e manter o crescimento da infraestrutura e da competência brasileira relacionada a este tema.	Novos modelos de negócios para as empresas do setor elétrico e de transporte.
Estrutura física de CT&I – Por ser uma macrotemática que trata de assuntos que são novidade no contexto de CT&I no Brasil, ainda há muito o que se explorar em termos de quantidade de profissionais e de centros de pesquisa e laboratórios relacionados ao tema da mobilidade elétrica.	Aumento da eficiência energética no setor de transporte.

Desafios	Oportunidades
Estrutura de fomento à CT&I – Para desenvolver os conceitos de mobilidade elétrica no Brasil, diversos tipos de fomento devem surgir, juntamente com o aporte da PD&I, até como forma de alternativa promissora para amenizar os efeitos climáticos.	Crescimento de startups. Aumento da competitividade da indústria nacional. Redução das emissões reguladas e de CO2.
Infraestrutura – Adequar a rede de distribuição aos diferentes perfis de recarga dos usuários nas várias aplicações possíveis. Desenvolvimento de infraestrutura para recarga de veículos elétricos, com todo o aparato tecnológico e questões de normatização e regulação exigidos para isso.	Diversificação do uso da energia no sistema de transporte. Fornecimento de energia, envolvendo os conceitos das redes elétricas inteligentes.
Cadeia produtiva – A cadeia produtiva ainda se encontra pouco desenvolvida, no que tange aos veículos elétricos, sendo necessários incentivos para que essa tecnologia possa ser disseminada. Há também a necessidade de desenvolvimento de novos centros de tecnologia na cadeia produtiva de veículos elétricos.	Exploração da sinergia entre a recarga e a geração de energia elétrica via fontes renováveis. Inserção dos veículos elétricos na matriz energética brasileira, em integração com os sistemas de distribuição de energia elétrica.
Mercado – Crescimento no Brasil dos mercados, comparando-se a mercados internacionais como China, Estados Unidos e diversos países europeus. É necessário desenvolver o mercado local de veículos elétricos, a infraestrutura de recarga e avaliar como a inserção pode impactar os modelos de negócios já existentes.	
Obstáculos tecnológicos – Adequação das normas vigentes à realidade dos veículos elétricos no Brasil, exigindo mudanças de normatização. O principal obstáculo tecnológico para a aplicação da mobilidade elétrica é que, apesar dos veículos elétricos contarem com a maior eficiência do sistema de propulsão dos motores em relação aos motores convencionais à combustão, o investimento em tecnologias de armazenamento de energia e seu descarte, questão da autonomia e tempo de recarga ainda impactam muito na eficiência. Para a implantação da mobilidade em grande escala, as redes de distribuição de energia elétrica devem estar mais robustas, a matriz energética do sistema elétrico brasileiro deve ter um percentual adequado de fontes renováveis ou de baixo nível de emissão de poluentes, usinas hidrelétricas, parques de geração eólica, uso da biomassa na geração de energia elétrica, uso do potencial da energia solar, com o crescimento da geração distribuída.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.10. Geração distribuída e Microrredes

Conforme mostra a Tabela 128, a macrotemática Geração Distribuída e Microrredes precisa apresentar melhores resultados e investir no aumento da quantidade de patentes nacionais, tentando ficar no patamar mundial, e nas melhorias em relação às titulações (mestrado e doutorado) dos Recursos Humanos relacionados à área. A tendência de se ter uma quantidade considerável de produção científica em nível mundial e nacional e nos eventos do SEB, uma quantidade considerável de Recursos Humanos relacionados à macrotemática, quantidade considerável de centros de pesquisa e laboratórios com pesquisadores com boas qualificações e titulações, quantidade considerável de programas de Pós-Graduação e quantidade considerável em investimentos e fomento de CT&I deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliadas a essas ações, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e uma maior quantidade de patentes no contexto mundial são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação ao estabelecimento de critérios técnicos e comerciais para inserção de microrredes no contexto das redes de distribuição, com uma modernização e atualização do arcabouço regulatório para que os impactos da geração distribuída e das microrredes sejam abarcados, ao desenvolvimento de estratégias para a ampliação do uso da infraestrutura tecnológica já existente, associada agora à geração distribuída para serviços ancilares (regulação de tensão, compensação de reativos, melhoria da qualidade da energia elétrica, redução de perdas, controle de frequência, etc.) e à necessidade de melhoria no processo de homologação dos equipamentos, buscando maior agilidade e qualidade, com a liberalização do mercado de energia elétrica, aliada à preocupação com as mudanças climáticas.O marco regulatório do SEB deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito ao uso da geração distribuída, que gera impactos nas redes de baixa tensão, de forma que a instalação de geradores distribuídos nos sistemas de distribuição de energia elétrica deve ser precedida de uma série de estudos técnicos, visando determinar condições de operação, controle e proteção desses geradores, com necessidades de ajustes na legislação, na criação e padronização de normas técnicas, no direcionamento de programas de P&D, na criação de incentivos, na redução de custos, no estudo e criação de modelos e programas de simulação, à medida que o grau de penetração da GD aumentar. Com essas ações, será possível diversificar a matriz energética, utilizando fontes alternativas de geração de energia, desenvolver conhecimento tecnológico no nível das empresas e centros de pesquisa com capacitação de especialistas, a disseminação da tecnologia entre a população que poderá adquirir estas tecnologias, o desenvolvimento da indústria

nacional, com consequente geração de empregos de boa remuneração e qualificação e a exigência do gerenciamento do consumo de energia elétrica pelo lado da demanda.

Tabela 128 - Matriz de análise da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou apenas 18 patentes no Brasil relacionadas ao tema da geração distribuída e microrredes.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos e de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 83,41%. Esse percentual é um dos menores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda futura no Brasil e alta demanda atual e futura no mundo.
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta indicador pouco favorável em relação ao desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro e há alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
	Produção científica – 14,09% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.
	Produção científica nacional – 16,49% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.
	Produção complementar – 10,6% dos artigos científicos publicados nos eventos do setor (CITENEL, SEPOPE, SENDI e SNPTEE) são relacionados à macrotemática.
	Recursos humanos – 13% dos profissionais que trabalham na área de distribuição de energia elétrica são relacionados à macrotemática.
	DGP – 11,22% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.
	Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 1223. Essa quantidade é uma das maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
	Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta 68 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema de geração distribuída e microrredes.
	Fomento – A macrotemática apresenta uma das maiores quantidades em investimentos (R$ 840.888.545,65) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Estabelecimento de critérios técnicos e comerciais para inserção de microrredes no contexto das redes de distribuição. É necessário que haja uma modernização e atualização do arcabouço regulatório para que os impactos da geração distribuída e das microrredes sejam abarcados.	Novos modelos de negócios para as empresas do setor elétrico.
Competência nacional – É necessário aumentar a quantidade de profissionais capacitados e qualificados na área da geração distribuída, de forma a possibilitar o surgimento de mais centros de pesquisa e laboratórios, que possam elevar a posição do Brasil na cadeia de inovação.	Diversificação da matriz energética utilizando fontes alternativas de geração de energia. Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades.
Estrutura física de CT&I – A macrotemática se destaca quanto à quantidade de Recursos Humanos que trabalham com P&D na área da geração distribuída e das microrredes, porém ainda precisa avançar na quantidade de projetos no Programa de P&D regulado pela Aneel e investir na melhor qualificação dos Recursos Humanos envolvidos.	Desenvolver conhecimento tecnológico no nível das empresas e centros de pesquisa com capacitação de especialistas. Disseminar a tecnologia entre a população que poderá adquirir estas tecnologias.
Estrutura de fomento à CT&I – O aporte da PD&I na área da geração distribuída deve ocorrer em busca da mitigação da perda total de energia durante distúrbios e blecautes em sistemas e redes com cargas críticas, aumentando a capacidade do suprimento, aumentando a confiabilidade do suprimento tanto para o consumidor quanto para o sistema, para otimizar e incentivar o uso de fontes de geração de energia renováveis, aumentar a segurança dos sistemas de distribuição, reduzir o carregamento da rede, técnicas para operação em horários de ponta, gerar aproveitamentos ambientais, possibilitar geração de energia a partir da cogeração e ao atendimento de regiões remotas e isoladas.	Desenvolvimento da indústria nacional, com consequente geração de empregos de boa remuneração e qualificação. Possibilitar e exigir o gerenciamento do consumo de energia elétrica pelo lado da demanda.
Infraestrutura – Desenvolvimento de estratégias para a ampliação do uso da infraestrutura tecnológica já existente, associada agora à geração distribuída para serviços ancilares (regulação de tensão, compensação de reativos, melhoria da qualidade da energia elétrica, redução de perdas, controle de frequência, etc.).	
Cadeia produtiva – Incentivo à cadeia produtiva nacional por meio de leilões específicos para a geração distribuída. Há uma boa quantidade de empresas que trabalham com geração distribuída, porém concentradas na sua maior parte na fase de logística e operações.	

Desafios	Oportunidades
Mercado – Necessidade de melhoria no processo de homologação dos equipamentos buscando maior agilidade e qualidade. Liberalização do mercado de energia elétrica, aliada à preocupação com as mudanças climáticas. Criação de mercados promissores para microrredes. Inclusão do tema da geração distribuída nos planejamentos energéticos.	
Obstáculos tecnológicos – O uso da geração distribuída gera impactos nas redes de baixa tensão, de forma que a instalação de geradores distribuídos nos sistemas de distribuição de energia elétrica deve ser precedida de uma série de estudos técnicos, visando determinar condições de operação, controle e proteção desses geradores. Necessidades de ajustes na legislação, na criação e padronização de normas técnicas, no direcionamento de programas de P&D, na criação de incentivos, na redução de custos, no estudo e criação de modelos e programas de simulação, à medida que o grau de penetração da GD aumentar.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.11. Redes de distribuição aéreas e subterrâneas

Conforme mostra a Tabela 129, a macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas precisa apresentar melhores resultados e investir no aumento da produção científica mundial e no aumento da quantidade de programas de Pós-Graduação. A tendência de se ter uma quantidade considerável de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, quantidade considerável de patentes a nível mundial e nacional, pesquisadores dos centros de pesquisa e laboratórios existentes com ótimas qualificações e titulações e uma quantidade considerável de investimentos e fomento de CT&I relacionados aos temas trabalhados pela macrotemática deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliado a essas ações, uma maior quantidade de produção científica nacional e em eventos do SEB, um crescimento na quantidade de Recursos Humanos relacionados à área, com consequente melhoria nas qualificações e titulações, e um aumento na quantidade de centros de pesquisa e laboratórios relacionados às redes de distribuição de energia elétrica são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação ao arcabouço regulatório que deve ser um fator considerado no estabelecimento de soluções locais, ao fato que é cada vez mais necessária a inserção da engenharia econômica mais forte dentro do planejamento e do plano de obras, incluindo riscos físicos, econômicos e regulatórios, já que a modicidade tarifária é de suma importância e deve ser avaliada junto com possíveis alterações a serem implementadas no modelo regulatório da distribuição, tais como na metodologia de determinação dos indicadores de continuidade, em considerações voltadas para as parcelas de riscos e incertezas, nas perdas não-técnicas (furtos e fraudes), na prevenção e na gestão da inadimplência, entre outras, à facilidade em que as soluções locais dificultam a integração das redes de distribuição e, por fim, deve ser dado prioridade a tecnologias que fomentem a redução de custos e beneficiem os mercados e os modelos de comercialização de energia elétrica.

Os obstáculos tecnológicos devem ser mitigados, no que diz respeito à integração dos recursos energéticos distribuídos, à sinergia entre os setores de telecomunicações e o de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestruturas, para desenvolvimento das cidades inteligentes. Além disso, a implementação da Internet das Coisas (IoT) e a interoperabilidade e integração entre sistemas e soluções configuram-se, também, como obstáculos tecnológicos. Com essas ações, será possível a modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades, a melhoria na qualidade e a continuidade do serviço das distribuidoras, a modelagem e a gestão de ativos que vêm ganhando espaço no âmbito das redes de distribuição de energia elétrica e são importantes para seus desenvolvimentos, o projeto de sistemas de distribuição segmentados, ágeis e de implementação fácil, a possibilidade de se ter apoio na tomada de decisão para determinar prioridades de restabelecimento do fornecimento em redes de distribuição e a possibilidade de tratamento de padrões estocásticos e incertezas.

Tabela 129 - Matriz de análise da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Produção científica – Apenas 4,12% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.	Dimensão Social – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Programas de Pós-Graduação – A macrotemática apresenta apenas 13 programas de Pós-Graduação relacionados ao tema de redes de distribuição aéreas e subterrâneas.	Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo e indicador favorável de desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.
	Cadeia produtiva – A macrotemática apresenta indicador que indica a disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro, indicador de que existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva há e alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
	Projetos Aneel – 11,68% dos projetos aplicados ao Programa de P&D regulado pela Aneel são relativos à macrotemática.
	Patentes no mundo – A macrotemática apresentou 9118 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema de redes de distribuição aéreas e subterrâneas.
	Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou 221 patentes no Brasil relacionadas ao tema de redes de distribuição aéreas e subterrâneas.
	Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 1042. Essa quantidade é uma das maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
	Fomento – A macrotemática apresenta uma das maiores quantidades em investimentos (R$ 840.888.545,65) dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Arcabouço regulatório deve ser um fator considerado no estabelecimento de soluções locais. É cada vez mais necessária a inserção da engenharia econômica mais forte dentro do planejamento e do plano de obras, incluindo riscos físicos, econômicos e regulatórios. A modicidade tarifária é de suma importância e deve ser avaliada junto com possíveis alterações a serem implementadas no modelo regulatório da distribuição, tais como na metodologia de determinação dos indicadores de continuidade, em considerações voltadas para as parcelas de riscos e incertezas, nas perdas não-técnicas (furtos e fraudes), na prevenção e na gestão da inadimplência, entre outras.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades.
Competência nacional – Capacitação de Recursos Humanos, principalmente na área de redes de distribuição subterrâneas. O Brasil já conta com fabricação local de equipamentos e componentes de fornecimento nacional, bem como importantes prestadores de serviços de logística e operações. O país apresenta também diversos grupos de pesquisa, porém deve continuar no processo de qualificação e melhoria na competência relacionada ao tema de redes de distribuição aéreas e subterrâneas.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do sistema elétrico brasileiro.
Estrutura física de CT&I – Há carências de laboratórios com a flexibilidade técnica (ensaios fora de condições de normas, envelhecimento acelerado, determinação de suportabilidade de equipamentos, etc.) e de prazos para realizar experimentos de investigação necessários ao desenvolvimento de novas tecnologias por empresas de pequeno porte. As universidades se envolvem pouco em questões de tecnologias construtivas, sendo mais voltadas para modelos. Os fundamentos das tecnologias de redes subterrâneas normalmente sequer fazem parte das disciplinas de graduação, sendo divulgados e aprendidos por alguns trabalhos de Pós-Graduação, fornecedores e ex-funcionários de distribuidoras com experiência, apesar da quantidade de profissionais ser relativamente grande no universo da distribuição de energia elétrica.	Melhoria na qualidade e continuidade do serviço das distribuidoras. Há uma tendência que as soluções tecnológicas sejam nacionais e, de certa forma, locais. A modelagem e a gestão de ativos são atividades que vêm ganhando espaço no âmbito das redes de distribuição de energia elétrica e são importantes para seus desenvolvimentos. Tratamento dos dados existentes em bancos de dados cadastrais e/ou corporativos, visando minimizar ou eliminar os possíveis riscos de erros, visando transformar estes em informações mais confiáveis para utilização nos sistemas de distribuição de energia elétrica.
Estrutura de fomento à CT&I – Necessidade investimentos nos planos de obras, assim como nas manutenções preventivas e corretivas, com aporte da PD&I para desenvolvimento dessas áreas. Além disso, há a necessidade de melhorar a integração das redes de distribuição com o ambiente urbano, incluindo as questões abordadas pelo meio ambiente, a arborização, a segurança, a estética e a poluição visual (apesar de ser inevitável que haja outras redes como de telecomunicações que compartilham os postes).	Tratamento das questões culturais, comportamentais e sociais das pessoas envolvidas, tanto do lado das concessionárias quanto do lado da população, na solução de questões ligadas a perdas não-técnicas. Projeto de sistemas de distribuição segmentados, ágeis e de implementação fácil.

Desafios	Oportunidades
Infraestrutura – São necessários investimentos e melhorias para que a macrotemática esteja melhor colocada em posições de cadeia de inovação, na produção científica mundial e nacional e na criação de maior quantidade de programas de Pós-Graduação que contemplem as redes de distribuição.	Possibilidade de se ter apoio na tomada de decisão para determinar prioridades de restabelecimento do fornecimento em redes de distribuição. Possibilidade de tratamento de padrões estocásticos e incertezas.
Cadeia produtiva – Desenvolvimento da cadeia produtiva para sensores e equipamentos (produção no país). A cadeia produtiva das redes de distribuição no que concerne a materiais, componentes, equipamentos, serviços técnicos e operações é de certa forma desenvolvida no país, com produção nacional. Porém, a quantidade de produtos e de tipos pode aumentar consideravelmente, com o aporte da PD&I no sentido de avanço na cadeia de inovação da macrotemática.	
Mercado – No caso das redes de distribuição subterrâneas, a falta de normas específicas tem sido apontada como eventual causa para inibir aplicações e desenvolvimento de mercados. Há a questão da tendência de introdução da automação e auto-restabelecimento como parte do aumento de inteligência, para chegar ao patamar de redução de despesas operacionais. Facilidade em soluções locais dificulta a integração das redes de distribuição. Por fim, deve ser dada prioridade a tecnologias que fomentem a redução de custos e beneficiem os mercados e os modelos de comercialização de energia elétrica.	
Obstáculos tecnológicos – Integração dos recursos energéticos distribuídos, sinergia entre os setores de telecomunicações e o de energia, sob os aspectos de compartilhamento de infraestruturas, para desenvolvimento das cidades inteligentes. Além disso, a implementação da Internet das Coisas (IoT) e a interoperabilidade e integração entre sistemas e soluções configuram-se, também, como obstáculos tecnológicos.	

Fonte: elaboração própria.

6.4.12. Qualidade da energia elétrica

Conforme mostra a Tabela 130, a macrotemática Qualidade da Energia Elétrica precisa apresentar melhores resultados e investir no aumento da quantidade de patentes em nível mundial e nacional. A tendência de se ter uma quantidade considerável de produção científica em nível mundial e nacional, boas qualificações e titulações dos Recursos Humanos relacionados à macrotemática e

uma quantidade considerável de centros de pesquisa e laboratórios com pesquisadores com boas qualificações e titulações deve continuar, priorizando a disseminação por todo o território nacional. Aliadas a essas ações, uma maior quantidade de produção científica nos eventos do SEB, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, uma maior quantidade de Recursos Humanos para trabalhar com assuntos relacionados à qualidade da energia elétrica, uma maior quantidade de programas de Pós-Graduação e uma maior quantidade em investimentos e fomento de CT&I são primordiais para o desenvolvimento da macrotemática.

O aporte da PD&I e os investimentos devem ser planejados de forma a mitigar os principais obstáculos tecnológicos e os desafios devem ser explorados de forma que as oportunidades de desenvolvimento da macrotemática pela CT&I sejam alcançadas.

Os principais desafios são em relação à necessidade de ser ter uma melhoria e uniformização na determinação dos níveis de qualidade, garantindo a manutenção dos níveis atuais e o equilíbrio financeiro das distribuidoras, pois a regulação vigente hoje, no Brasil, está de acordo com o que é observado em outros países em termos de qualidade da energia elétrica, porém todas as inovações e a integração de redes de distribuição cada vez mais robustas devem ser observadas nas mudanças em relação ao marco regulatório do SEB, a garantir a continuidade em relação ao surgimento de centros de pesquisa super capacitados, sempre em parceria e conectados com centros de referências internacionais, com o envolvimento das indústrias locais no que tange à fabricação de equipamentos mais baratos, menores e robustos, que sejam competitivos no mercado, à necessidade da participação das indústrias locais como forma de dar maior competitividade e desenvolvimento ao mercado de energia elétrica, que apresentem melhor qualidade comercial, de serviços e do produto.

O marco regulatório do SEB deve abarcar essas questões e mitigar os obstáculos tecnológicos que dizem respeito ao desenvolvimento da qualidade da energia elétrica, considerando-se as necessidades nacionais, com definição de índices próprios que caracterizam problemas de QEE, à dificuldade também em se definir um padrão para vários setores e à necessidade de se ter uma determinação clara do ponto de equilíbrio que permitiria o desenvolvimento de instrumentos regulatórios eficientes suficientes, para direcionamento das empresas no atendimento dos níveis de qualidade almejados pela sociedade.

Com essas ações, serão possíveis a melhoria na qualidade do serviço, do produto e do comercial, atendendo às novas exigências do mercado, a modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades, o desenvolvimento de uma indústria nacional competitiva, especialmente para a fabricação de medidores de qualidade da energia elétrica de baixo custo e a chegada a um ponto com determinação clara do equilíbrio entre a qualidade esperada pelo consumidor e a qualidade devida

pelas concessionárias de energia, de forma que sejam definidos parâmetros fixos de cumprimento das obrigações, de forma a exigir uma normatização mais coerente com as peculiaridades do SEB.

Tabela 130 - Matriz de análise da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica

Pontos Fracos	Pontos Fortes
Patentes no mundo – A macrotemática apresentou apenas 959 patentes no contexto mundial relacionadas ao tema da qualidade da energia elétrica.	**Dimensão Social** – A macrotemática apresenta expectativa de geração de empregos de alta remuneração e de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.
Patentes no Brasil – A macrotemática apresentou apenas 4 patentes no Brasil relacionadas ao tema da qualidade da energia elétrica.	Dimensão de Mercado: A macrotemática apresenta alta demanda atual e futura no Brasil e no mundo.
Dimensão Ambiental – A macrotemática apresenta moderado impacto relacionado à Dimensão Ambiental.	**Cadeia produtiva** – A macrotemática apresenta indicador de que existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil, média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando-se o contexto de mercado futuro, indicador de que existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva e há alta importância de se estabelecerem normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.
Dimensão de Mercado – A macrotemática apresenta indicador pouco favorável de desenvolvimento com o marco regulatório atual do SEB.	**Produção científica** – 26,97% dos artigos científicos publicados no mundo são relacionados à macrotemática.
	Produção científica nacional – 35,73% dos artigos científicos publicados no Brasil são relacionados à macrotemática.
	Titulação dos Recursos Humanos (mestres e doutores) – O percentual de mestres e doutores entre os pesquisadores relacionados à macrotemática é de 85,68%. Esse percentual é um dos maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.
	DGP – 10,61% dos laboratórios levantados pela base do DGP são relacionados à macrotemática.
	Pesquisadores dos laboratórios do DGP mestres e doutores – A quantidade de mestres e doutores que são pesquisadores em laboratórios do DGP relacionados à macrotemática é de 1031. Essa quantidade é uma das maiores dentre todas as macrotemáticas do grupo temático, fazendo-se a comparação.

Desafios	Oportunidades
Regulação – Melhoria e uniformização na determinação dos níveis de qualidade, garantindo a manutenção dos níveis atuais e o equilíbrio financeiro das distribuidoras. A regulação vigente, hoje, no Brasil, está de acordo com o que é observado em outros países em termos de qualidade da energia elétrica, porém todas as inovações e a integração de redes de distribuição cada vez mais robustas devem ser observadas nas mudanças em relação ao marco regulatório do SEB. Influência da metrologia legal nas medições de parâmetros de qualidade da energia elétrica devem ser considerada pelas agências reguladoras.	Melhoria na qualidade do serviço, do produto e comercial, atendendo às novas exigências do mercado.
Competência nacional – Há competência nacional para trabalhar as questões da qualidade da energia elétrica que influenciam bastante a operação e a manutenção dos sistemas de distribuição de energia elétrica. Para o desenvolvimento da área continuar crescente, investimentos para melhores resultados em termos de cadeia de inovação são muito importantes, principalmente no que tange ao desenvolvimento de medidores nacionais de parâmetros de qualidade da energia elétrica.	Modernização do sistema de distribuição, implantando novas funcionalidades.
Estrutura física de CT&I – A macrotemática se destaca quanto à quantidade de Recursos Humanos que trabalham com P&D na área de qualidade da energia elétrica e na produção científica, porém ainda é necessário que essas publicações se tornem de fato inovações e ajudem no desenvolvimento de tecnologias e produtos nacionais, o que exige que sempre estejam surgindo centros de pesquisa e laboratórios relacionados ao tema, que proporcionem condições de testes.	Desenvolver soluções adequadas às peculiaridades do sistema elétrico brasileiro. Desenvolvimento de uma indústria nacional competitiva, especialmente para fabricação de medidores de qualidade da energia elétrica de baixo custo.
Estrutura de fomento à CT&I – Ampliar ou adequar as formas de incentivo ao desenvolvimento nacional destas tecnologias. O aporte da PD&I na macrotemática deve considerar uma maior quantidade de programas de Pós-Graduação, uma maior quantidade de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e maiores quantidades em termos de investimentos no SEB.	Definição de metodologias para estudos investigativos para que se tenha um melhor processamento de informações em busca de mapeamento das ocorrências e da definição de índices que melhor venham a representá-las.
Infraestrutura – Garantir a continuidade em relação ao surgimento de centros de pesquisa super capacitados, sempre em parceria e conectados com centros de referências internacionais. Para isso, é necessário o envolvimento das indústrias locais no que tange à fabricação de equipamentos mais baratos, menores e robustos, que sejam competitivos no mercado.	Desenvolvimento de ferramentas capazes de avaliar, a priori, a intensidade das distorções inseridas por um consumidor na rede de distribuição no processo de avaliação do pedido de ligação. Orientação para a realização de projetos de redes de distribuição que garantam níveis mínimos de qualidade da energia a serem entregues aos consumidores.

Desafios	Oportunidades
Cadeia produtiva – Apesar da macrotemática apontar vários pontos fortes em relação ao indicador de cadeia produtiva, ainda é necessário que haja maior envolvimento da indústria, pois se vê que a produção científica que se destaca acaba por apresentar vários problemas que ocorrem nas redes de distribuição pelo país, mas, muitas vezes, não apresentam soluções ou parâmetros internacionais são utilizados, o que acaba por não representar a realidade do país e as peculiaridades do SEB.	Chegada a um ponto com determinação clara do equilíbrio entre a qualidade esperada pelo consumidor e a qualidade devida pelas concessionárias de energia, de forma que sejam definidos parâmetros fixos de cumprimento das obrigações, de forma a exigir uma normatização mais coerente com as peculiaridades do SEB.
Mercado – É necessária a participação das indústrias locais como forma de dar maior competitividade e desenvolvimento ao mercado de energia elétrica, que apresentem melhor qualidade comercial, de serviços e do produto. Além disso, é necessário que haja desenvolvimento de metodologia para a quantificação de prejuízos incorridos pelos consumidores para minimizar impactos negativos da qualidade da energia precária, considerando-se diferentes segmentos de mercado.	
Obstáculos tecnológicos – O Brasil necessita que campanhas de monitoramento sejam desenvolvidas, para que o país deixe apenas de seguir, copiar ou tropicalizar as tecnologias de outros países com adaptações dos parâmetros tratados internacionalmente e passe a desenvolver a qualidade da energia elétrica, considerando-se as necessidades nacionais, com definição de índices próprios que caracterizam problemas de QEE. A dificuldade também está em se definir um padrão para vários setores. Necessidade de se ter uma determinação clara do ponto de equilíbrio que permitiria o desenvolvimento de instrumentos regulatórios eficientes suficientes, para direcionamento das empresas no atendimento dos níveis de qualidade almejados pela sociedade.	

Fonte: elaboração própria.

Capítulo 7

Capítulo 7

Diagnóstico da PD&I no grupo temático: Eficiência Energética

7.1. Introdução

O grupo temático (GT) de Eficiência Energética contempla linhas de pesquisa com foco no aumento da eficiência energética por meio do aprimoramento de processos já existentes e com desenvolvimento de novas tecnologias, objetivando melhor *performance* pelo lado do consumo. São abordadas tecnologias que buscam a melhoria de desempenho e integração das formas de consumo de energia elétrica no contexto de edificações, sistemas de iluminação, saneamento e indústria.

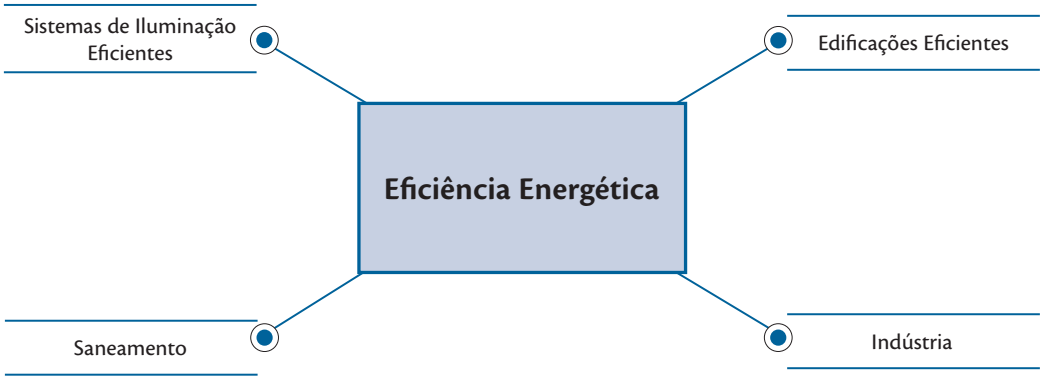


Figura 54 - Macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

7.2. Conceitos das macrotemáticas

As macrotemáticas relativas ao GT Eficiência Energética são conceituadas a seguir.

7.2.1. Sistemas de Iluminação Eficientes

A macrotemática diz respeito às possibilidades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) aplicadas à eficiência energética no setor de iluminação. São apresentados os seguintes pontos prioritários para Pesquisa, Desenvolvimento (P&D): tecnologias de iluminação semicondutora, fabricação de semicondutores, sensores e integração de sistemas inteligentes, sistemas de controle, gestão e monitoramento para iluminação.

7.2.2. Edificações Eficientes

A macrotemática diz respeito às possibilidades de PD&I aplicadas à eficiência energética de edificações. São apresentados os seguintes pontos prioritários para P&D: arquitetura bioclimática, projetos eficientes integrados, integração do usuário, tecnologias ativas, ambiente urbano, caracterização, certificação de edificações eficientes, materiais, componentes e sistemas construtivos avançados.

7.2.3. Indústria

A macrotemática diz respeito às possibilidades de PD&I aplicadas à eficiência energética no setor da indústria. As tecnologias concentram-se nos meios e dispositivos de integração de sistemas consumidores de energia e de sistemas promotores de eficiência energética. Também, são considerados os sistemas de operação e manutenção, além de dispositivos, como motores, caldeiras, sistemas de recuperação de calor, dentre outros, que se destacam como pontos de P&D.

7.2.4. Saneamento

A macrotemática diz respeito às possibilidades de PD&I aplicadas à eficiência energética no saneamento. São apresentados os seguintes ponto prioritários para P&D: reúso da água, medição inteligente, gestão de ativos, geração de energia e tecnologias eficientes no tratamento de água e esgoto.

7.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores

7.3.1. Dimensão Ambiental

A análise ambiental visa a determinar o impacto que as tecnologias e processos associados ao GT Eficiência Energética têm sobre o meio ambiente. Conforme consta da metodologia, o indicador leva em conta o impacto ambiental sob diversos quesitos: poluição do ar, poluição da água, poluição sonora, temperatura local e qualidade do solo. A Tabela 131 a seguir apresenta os valores atribuídos a cada macrotemática do grupo.

Tabela 131 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Eficiência Energética

	Impacto ambiental
Sistemas de Iluminação Eficientes	Sem impacto
Edificações Eficientes	Impacto positivo
Indústria	Impacto positivo
Saneamento	Sem impacto

Fonte: elaboração própria.

Ao contrário dos grupos temáticos relacionados à geração, à transmissão e à distribuição de energia elétrica, assinalou-se que as tecnologias associadas ao GT Eficiência Energética não apresentam impacto ambiental negativo. Os destaques do grupo são as macrotemáticas Edificações Eficientes e Indústria, as quais foram atribuídas um impacto ambiental positivo.

Quanto à poluição do ar, os especialistas apontaram que há impacto positivo causado pelas tecnologias associadas às macrotemáticas Edificações Eficientes e Indústria. No caso da primeira, é considerada pela Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency, IEA)* como uma forma importante de redução na utilização de combustíveis fósseis e em estratégias de combate às mudanças climáticas. De forma semelhante, o processo industrial eficiente utiliza menor quantidade de energia em seus processos e, consequentemente, reduz a queima de combustíveis fosseis. As demais macrotemáticas não apresentaram impactos nesse quesito ambiental.

Novamente em Edificações Eficientes e Indústria, as tecnologias utilizadas geram decréscimo na temperatura local, ou seja, causam impactos positivos nesse quesito ambiental. Em relação às outras macrotemáticas, não há impacto na temperatura associado às suas tecnologias.

Em Edificações Eficientes, os especialistas indicaram, também, que há impacto positivo em relação à poluição da água e à sonora. Com relação a esses quesitos, as demais macrotemáticas não causam impacto ambiental. Além disso, não foram verificados impactos quanto ao impacto na qualidade do solo.

7.3.2. Dimensão Social

A análise da Dimensão Social visa a indicar a expectativa que se tem do impacto de novas tecnologias na geração de novos empregos diretos e indiretos, pela perspectiva do número de empregos gerados, da remuneração e da qualificação majoritariamente exigida para os novos postos de trabalho. Dessa forma, a Tabela 132 a seguir apresenta os indicadores dessa dimensão para o GT Eficiência Energética.

Tabela 132 - Indicadores de Dimensão Social do GT Eficiência Energética

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Sistemas de Iluminação Eficientes	3	1	3
Edificações Eficientes	2	3	3
Indústria	2	2	3
Saneamento	1	2	3

Geração de empregos: (1) Expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos; (2) Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos; e (3) Expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos. **Remuneração**: (1) Expectativa de geração de empregos de baixa remuneração; (2) Expectativa de geração de empregos de média remuneração; e (3) Expectativa de geração de empregos de alta remuneração. **Qualificação**: (1) Expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; (3) Expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

Fonte: elaboração própria.

Há a expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos, a partir dos resultados da PD&I de Edificações Eficientes e Indústria. Adicionalmente, as outras duas macrotemáticas apresentaram expectativa de alta geração de empregos no SEB e na cadeia produtiva destas áreas.

Quanto à remuneração, há expectativa de geração de empregos de alta remuneração em Edificações Eficientes. Isso se deve, em parte, pelo fato de que existem, proporcionalmente, mais profissionais com doutorado e/ou mestrado nessa macrotemáticas do que em relação às outras macrotemáticas (*vide* análise de Recursos Humanos). Como há expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorando, essa proporção deve manter-se. Portanto, o nível de capital humano relativo à macrotemática é maior do que às outras, associando-se a uma maior remuneração. Para a macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes, a expectativa é de geração de empregos de baixa remuneração em relação às demais macrotemáticas. Isso se deve ao fato que, atualmente, é consideravelmente maior o número de profissionais relacionados a essa macrotemática quando comparado com as outras, gerando uma alta oferta de mão de obra, e, além disso, a proporção de profissionais com qualificação mais alta é consideravelmente menor do que o restante do grupo temático (*vide* análise de Recursos Humanos). Em relação às demais macrotemáticas, espera-se que os empregos gerados apresentem média remuneração.

No que tange à qualificação predominante nos empregos gerados, foi indicado para as quatro macrotemáticas deste grupo a expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

7.3.3. Produção de CT&I

Produção Científica

O levantamento da produção de artigos científicos foi realizado por meio das bases de dados *Scopus e Web of Science*, conforme descrito na metodologia. Foram utilizados termos de busca para selecionar toda a produção correlacionada às temáticas de interesse para o grupo de Eficiência Energética. O Gráfico 157 ilustra a participação de artigos científicos no contexto mundial e brasileiro. Nota-se uma disparidade entre os percentuais de cada macrotemática nesses contextos. A tendência mundial está voltada para Edificações Eficientes e Sistemas de Iluminação Eficientes, com uma contribuição diminuta para Saneamento. Já no contexto brasileiro, destaca-se Indústria, seguida de Edificações Eficientes. Embora a macrotemática Saneamento também tenha sido a detentora do menor percentual, este valor é significativamente superior à tendência apresentada em âmbito mundial.

A quantidade de artigos científicos de Indústria equivale a quase metade da produção brasileira para o grupo de Eficiência Energética. No entanto isso não implica afirmar que o Brasil está em um patamar satisfatório em termos de eficiência energética aplicada ao setor industrial. De acordo com

o *Scorecard de Eficiência Energética* Internacional de 2016, publicado pelo *American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE)*, o Brasil figura na décima nona posição em termos de eficiência energética no setor industrial, dentre os 23 países selecionados para a construção do scorecard. Isso indica que, embora se tenha um elevado empenho em pesquisas científicas acerca dessa temática, o conhecimento gerado não está sendo aplicado na indústria propriamente dita. Tais fatos sugerem que a academia e a cadeia produtiva pouco interagem, dificultando o progresso em termos de eficiência energética tanto na indústria quanto nos demais setores.

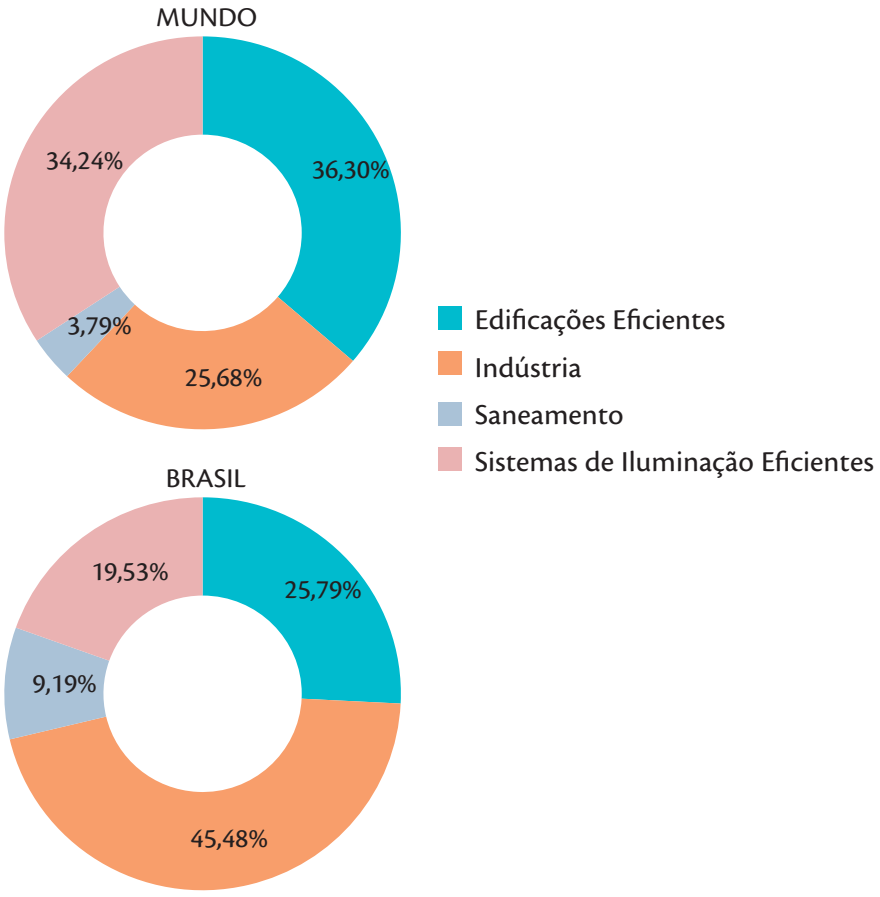


Gráfico 157 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Em termos de produção total para o grupo Eficiência Energética, os países destaques são a China e os Estados Unidos da América (EUA), sendo esses dois os responsáveis por uma produção de quase 30% dos artigos científicos, conforme disposto no Gráfico 158. O Brasil figura na décima terceira colocação, contribuindo com um percentual de produção científica de cerca de 2,4% dos artigos para o grupo temático em questão.

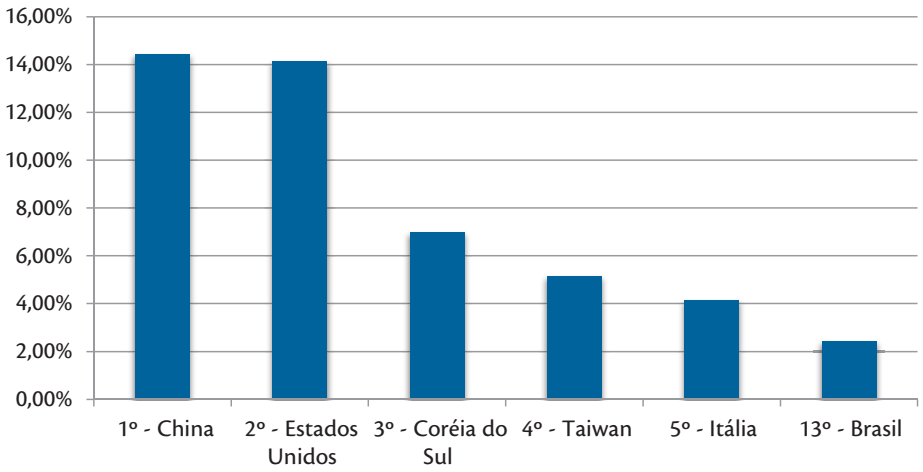


Gráfico 158 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

No tocante a cada macrotemática, a Tabela 133 mostra o *ranking* de países com as maiores produções científicas. Como mencionado previamente, China e Estados Unidos são os países que dominam a produção científica total e, consequentemente, alternam-se entre primeiro e segundo colocados em todas as macrotemáticas, exceto em Sistemas de Iluminação Eficientes. O Brasil tem participação mais significativa em Indústria e Saneamento, ocupando a quarta e terceira colocações respectivamente. Esses resultados mostram-se em conformidade com os percentuais apresentados no Gráfico 157, em que o Brasil apresenta maior participação em Indústria e Saneamento, se comparado à tendência mundial.

Tabela 133 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Eficiência Energética

	1º	2º	3º	4º	5º	Colocação Brasil
Sistemas de Iluminação Eficientes	China	Coreia do Sul	Estados Unidos	Taiwan	Japão	14º
Edificações Eficientes	Estados Unidos	China	Itália	Alemanha	França	16º
Indústria	Estados Unidos	China	Itália	Brasil	Canadá	
Saneamento	China	Estados Unidos	Brasil	Índia	Japão	

Fonte: elaboração própria.

A evolução da produção de artigos científicos no âmbito mundial por macrotemática está elucidada no Gráfico 159. O eixo das abcissas corresponde ao ano, o eixo das ordenadas ao *ranking* e a espessura de cada linha, à quantidade de artigos publicados. Para o período avaliado, observa-se que Edificações Eficientes saltou da terceira colocação em 2007 para a primeira colocação em 2016, mostrando a tendência mundial em termos de publicações científicas acerca dessa macrotemática. Por outro lado, Saneamento manteve-se na última colocação ao longo dos 10 anos avaliados, explicitando a necessidade de pesquisa e investimento nas áreas contempladas por essa macrotemática, considerando seu elevado potencial em termos energéticos.

A macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes figurou na primeira colocação no ano de 2007, apesar de ter perdido essa colocação em 2012, mantendo-se na segunda colocação a partir desse ano. É válido ressaltar que, embora se tenha um declínio gráfico dessa macrotemática, justificado pela perda de colocação, houve singelo aumento no número de publicações de 2011 para 2012.

O Gráfico 160 apresenta a evolução da produção científica de artigos no contexto brasileiro por macrotemática. O eixo das abcissas corresponde ao ano, o eixo das ordenadas ao *ranking* e a espessura de cada linha, à quantidade de artigos publicados. Nota-se uma distinção entre o perfil de publicações brasileiro comparado ao perfil mundial, apresentado no Gráfico 159. A macrotemática Indústria ocupa a primeira colocação durante todo o intervalo considerado neste estudo, enquanto que Saneamento figurou na última colocação no mesmo período. Analogamente, Edificações eficientes e Sistemas de Iluminação Eficientes mantiveram-se na segunda e terceira colocações respectivamente, exceto no ano de 2014 no qual houve uma alternância nessas posições.

Um dos motivos para que Indústria esteja na primeira colocação pode estar relacionado ao art. 5º da Lei nº 9.991/2000, que esclarece as formas com as quais os recursos da mencionada lei devem ser aplicados. O parágrafo único do referido dispositivo ordena que esses investimentos em eficiência energética "deverão priorizar iniciativas e produtos da indústria nacional, conforme regulamentação a ser definida pela Aneel". Ou seja, existe claro incentivo para que se desenvolva na industrial dispositivos ou mecanismos que otimizem o uso da energia elétrica nesse setor.

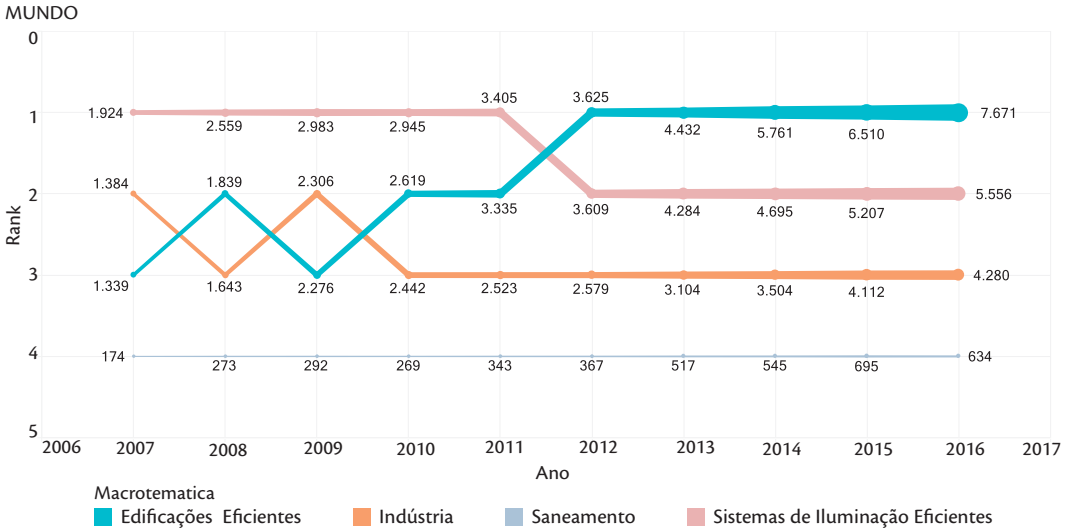


Gráfico 159 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

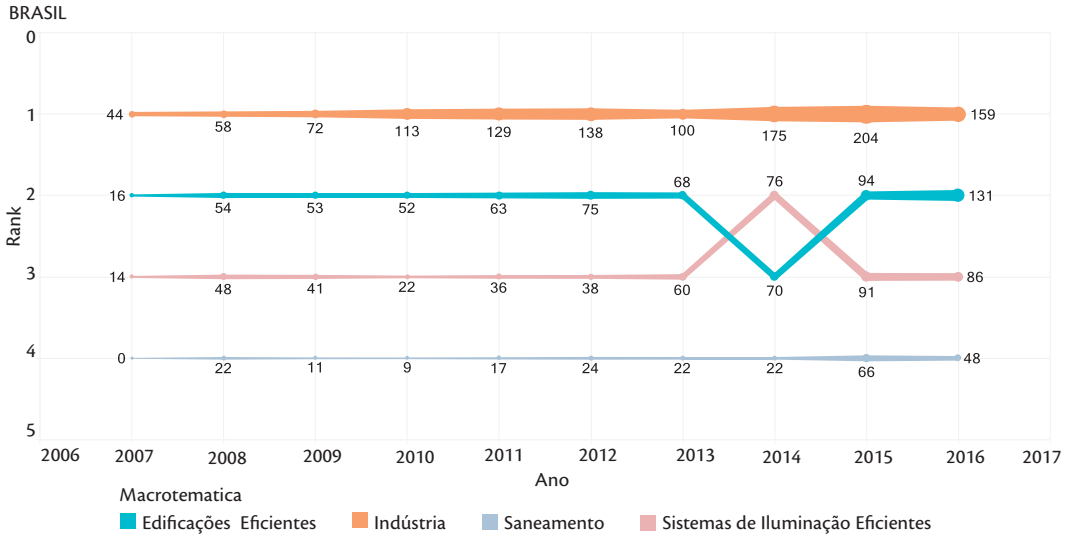


Gráfico 160 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Dispostos os comparativos entre o Brasil e o mundo, ressaltar-se, ainda, a participação por estado na produção científica. Assim como em outros grupos temáticos, no contexto de produção de artigos, fica evidente a elevada participação da região Sudeste na área de eficiência, como apresenta a Figura 55. É válido ressaltar que os valores absolutos dispostos abaixo não consideram as duplicidades referentes aos artigos que se encaixam em mais de uma macrotemática.

Os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais destacam-se em relação aos demais, concentrando mais de 50% de toda a produção científica levantada para o grupo de Eficiência Energética. Em contrapartida, outros estados apresentaram produção diminuta de artigos científicos, são eles Acre, Roraima e Maranhão. Um diferencial para com os demais grupos temáticos foi o estado do Pará, que figurou na quarta colocação dentro das condições estabelecidas neste estudo, com uma produção científica de 139 artigos correlatos ao grupo de Eficiência Energética.

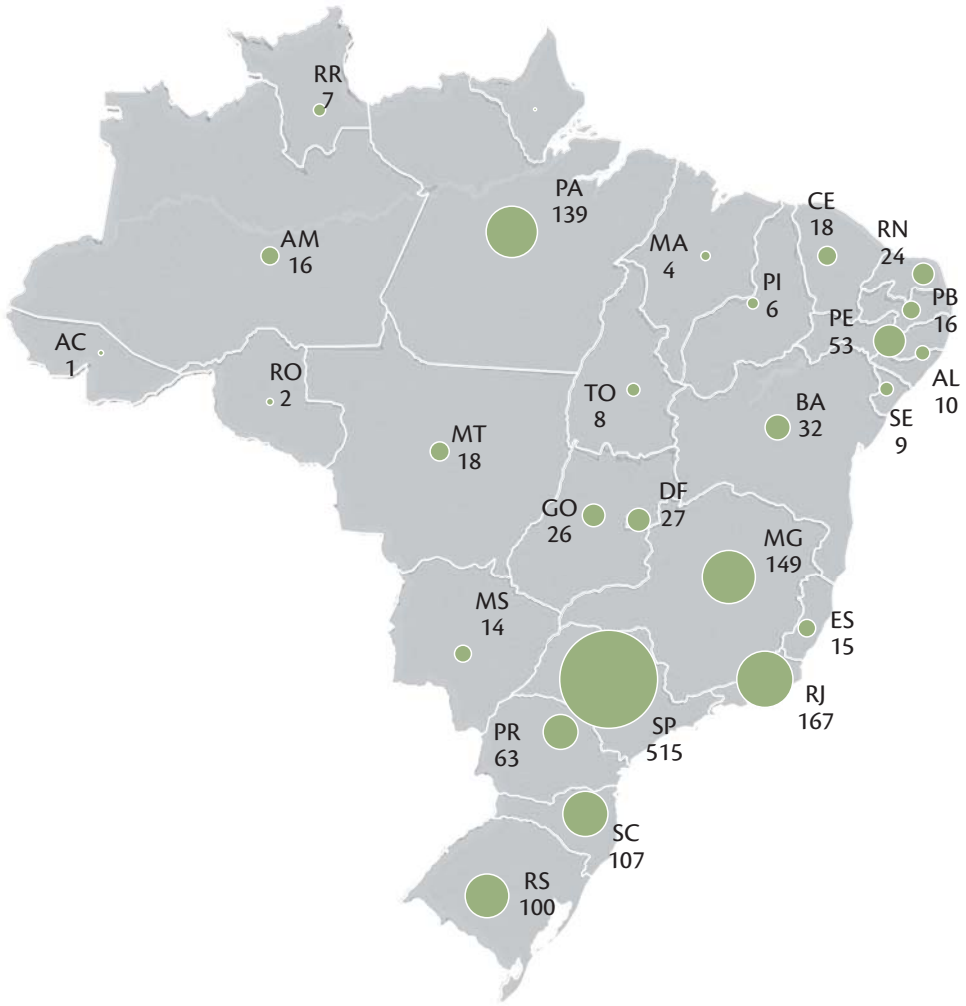


Figura 55 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

A distribuição da produção científica nas unidades da Federação (UFs) por macrotemática está explicitada na Tabela 133. Essa tabela permite avaliar a concentração geográfica da produção de artigos científicos do GT de Eficiência Energética. A título de exemplo, 9,13% de todos os artigos correlatos a macrotemática Saneamento estão concentrados no estado do Rio Grande do Sul. Existem, ainda, parte da produção científica que não foi contemplada em nenhuma macrotemática visto que não possuía UF declarada, sendo esta alocada na penúltima linha da tabela.

Tabela 134 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática por UF para o GT Eficiência Energética

Estado	EF01 (%)	EF02 (%)	EF03 (%)	EF04 (%)
SP	34,77	31,66	38,93	24,07
RJ	13,28	10,50	11,07	9,54
MG	6,45	7,54	12,50	5,81
PA	7,03	11,83	5,54	5,81
RS	11,13	4,29	4,45	9,13
SC	4,30	9,62	4,11	5,39
PE	4,49	3,70	2,77	3,32
PR	3,52	2,96	2,94	6,22
BA	1,56	2,07	2,60	0,83
DF	0,98	1,63	1,17	2,07
RN	0,39	0,89	1,68	2,07
GO	1,37	0,89	1,09	2,07
CE	1,56	0,74	0,76	2,90
AM	0,39	0,89	0,34	6,64
ES	0,00	0,00	1,59	2,07
PB	0,78	0,30	0,92	2,07
MT	1,56	1,33	0,08	1,24
MS	2,73	0,59	0,08	0,00
AL	0,20	0,89	0,25	0,41
PI	0,59	0,00	0,25	1,24
SE	0,59	0,74	0,00	0,41
TO	0,00	0,00	0,59	0,41
RR	0,20	0,30	0,34	0,00
MA	0,00	0,15	0,17	0,41
RO	0,20	0,00	0,17	0,00
AC	0,00	0,00	0,00	0,41
ND*	1,95	6,51	5,62	5,39
Total geral	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: EF01: Sistemas de Iluminação Eficientes; EF02: Edificações Eficientes; EF03: Indústria; EF04: Saneamento; ND – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

Produção Complementar

A pesquisa e o desenvolvimento não estão restritos aos centros de pesquisa especializados e aos laboratórios de instituições de ensino e pesquisa federais. A partir da Lei nº 9.991/2000, a P&D foi incorporada às responsabilidades das empresas do setor elétrico. Como consequência, os estudos estenderam-se aos interesses da cadeia produtiva dedicada ao setor elétrico. Nesse contexto, o Gráfico 161 caracteriza a produção complementar apresentada em eventos por macrotemática do GT Eficiência Energética.

Conforme descrito na metodologia, os dados são relativos ao período compreendido entre 2007 e 2016 e dizem respeito ao Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (Citenel), Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi) e ao Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), os quais fazem parte dos principais eventos do setor elétrico nacional. É válido salientar que não houve produção em Eficiência Energética no Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica (Sepope), sendo este evento contemplado nos demais grupos temáticos.

No que diz respeito ao Gráfico 162, observa-se a contribuição das macrotemática em cada um dos eventos supracitados. Do total de publicações complementares, os percentuais apresentados tiveram uma tendência similar à tendência de produção científica mundial previamente exposta, alternando-se apenas as posições de Indústria e Edificações Eficientes. É possível observar que o Sendi concentra praticamente metade das publicações complementares do grupo de Eficiência Energética, seguido do SNPTEE e Citenel, com 31,1% e 21,7% respectivamente.

Quando observada a quantidade de artigos publicados sobre as macrotemáticas por eventos, nota-se que as publicações de Sistemas de Iluminação Eficientes concentram-se no Sendi. Por outro lado, os assuntos correlatos à macrotemática Indústria são mais abordados no SNPTEE, enquanto que, em Edificações Eficientes, a maioria das publicações ocorreu em eventos do Sendi. A macrotemática Saneamento apresentou pouca participação frente às demais, com apenas 3,3% das publicações complementares nos eventos supracitados.

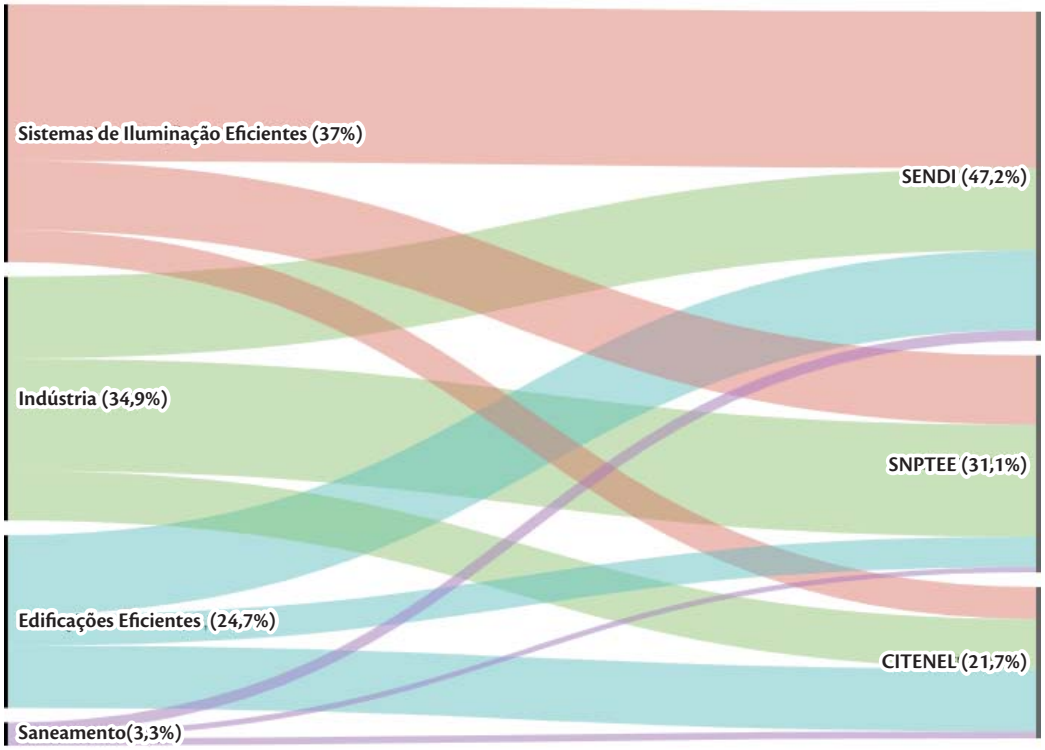


Gráfico 161 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Exposta a visão macro da produção complementar para o grupo de Eficiência Energética, é válido detalhar cada evento separadamente. O Gráfico 162 mostra a quantidade de artigos publicados no Sendi por macrotemática no intervalo de 2008 e 2016, considerando o fato de que esse evento é bienal. A macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes mostra-se como área de interesse em praticamente todas as edições do Sendi, em que se visa a economia energética pelo emprego de tecnologias de iluminação mais eficientes, inteligentes e integradas.

A edição de 2008 apresentou a maior produção intelectual em todas as temáticas do grupo de Eficiência Energética, frente a todo o período considerado. Em contrapartida, observa-se uma baixa aderência nas edições subsequentes, principalmente em publicações relacionadas a Saneamento e Indústria.

No que diz respeito às temáticas abordadas nos artigos publicados no Sendi, destacam-se questões voltadas para automação e controle em sistemas de distribuição, eficiência energética em sistemas

de iluminação pública, sistemas integrados de gerenciamento da distribuição, *lighting design*, uso eficiente da energia, eficiência energética em prédios públicos, utilização de tecnologia *Light Emitting Diode* (LED) e sistemas de iluminação natural e artificial.

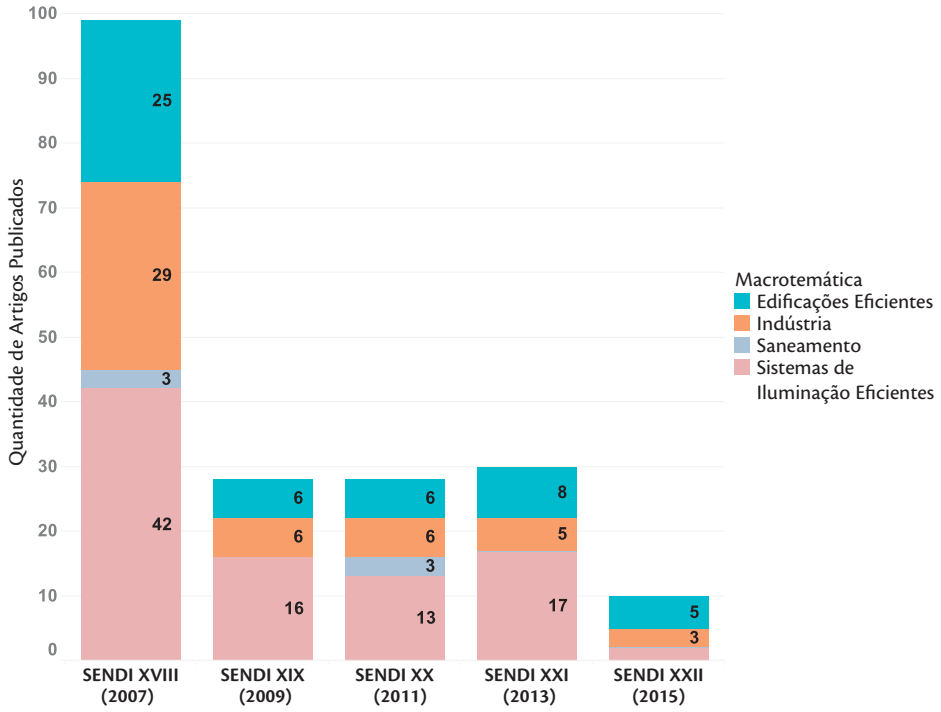


Gráfico 162 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sendi por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 163 mostra a quantidade de artigos publicados no SNPTEE por macrotemática no intervalo de 2007 e 2015, considerando o fato de que esse evento é bienal. Diferente da tendência apresentada no Sendi, a macrotemática Indústria mostra-se como área mais abordada em praticamente todas as edições do SNPTEE, na qual buscam-se tecnologias e métodos para reduzir o consumo energético no âmbito da cadeia produtiva. A macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes apresentou a segunda maior contribuição em termos de publicações durante o período considerado, seguida de Edificações Eficientes .

No que diz respeito às temáticas abordadas nos artigos publicados no SNPTEE, destacam-se questões voltadas para cogeração com resíduos industriais, gestão energética na indústria, sistemas térmicos,

conservação de energia elétrica na indústria, otimização de sistemas motrizes, *retrofit*, integração de recursos renováveis ao Sistema Interligado Nacional (SIN), utilização de LED em sistemas de iluminação, protocolos para telecontrole de *Intelligent Eletronic Devices (IED)*, indicadores de eficiência energética para o setor industrial, planejamento inteligente para sistemas de transmissão e eficiência energética em edificações.

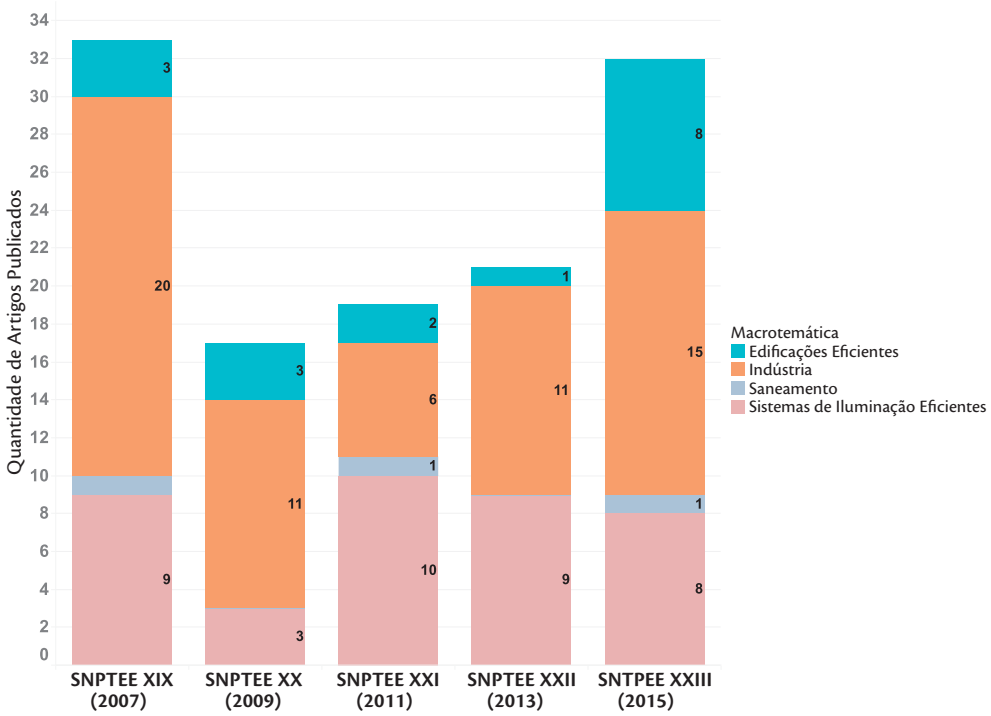


Gráfico 163 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 164 mostra a quantidade de artigos publicados no Citenel por macrotemática no intervalo de 2007 e 2015, considerando o fato de que esse evento é bienal. As macrotemáticas Indústria e Edificações Eficientes alternam-se como as áreas de maior publicação nas edições desse evento.

Observa-se, no ano de 2009, uma produção diminuta em relação às demais edições do Citenel. Ocorre que, a partir de 2009, começou a ser realizado concomitantemente o Seminário de Eficiência Energética no Setor Elétrico (Seenel), que, como o próprio nome sugere, apresenta temáticas que buscam soluções para utilizar a energia de forma mais eficiente. Estes trabalhos não foram considerados

na base de dados de produção científica, o que pode explicar o número de publicações de eficiência energética ser consideravelmente inferior, inclusive em relação aos demais grupos.

No que diz respeito às temáticas abordadas nos artigos publicados no Citenel, destacam-se questões voltadas para otimização de desempenho de redes de distribuição, cogeração, aplicação da tecnologia LED em edificações, educação para o consumo consciente, eficientização de residências e edifícios públicos, metodologias de previsão de demanda de energia elétrica industrial, utilização de *Organic Light Emitting Diode* (OLED) em sistemas de iluminação, edificações green buildin e sistemas de climatização.

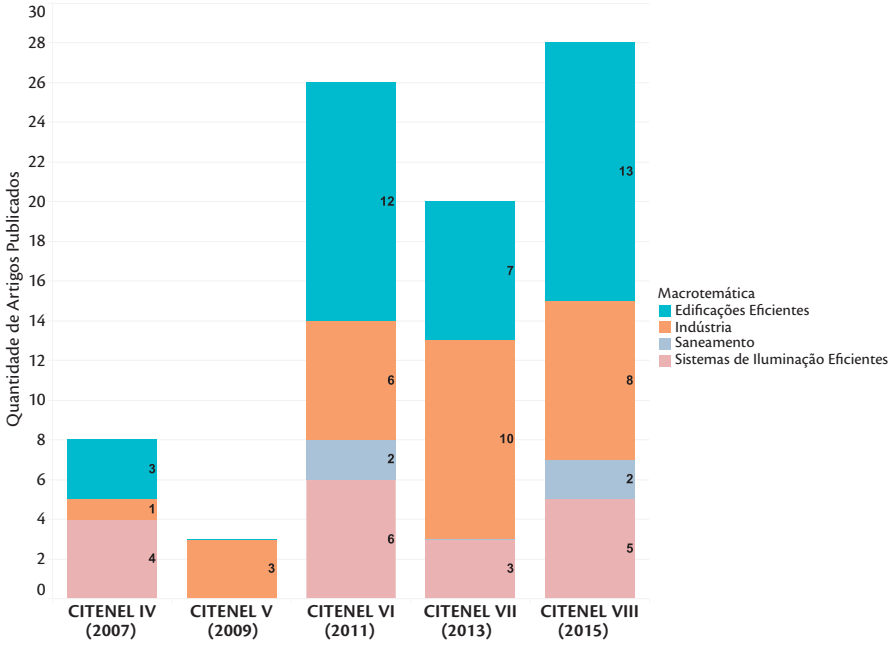


Gráfico 164 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Citenel por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

De modo geral, o grupo de Eficiência Energética mostrou-se presente na produção intelectual em eventos de inovação, transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo essencial o desenvolvimento e o aprimoramento das tecnologias envolvidas a essa temática para atingir patamares satisfatórios de eficiência no setor elétrico. Os temas abordados nesses eventos do setor elétrico para o grupo de Eficiência Energética mostram-se convergentes às linhas de PD&I levantadas neste trabalho (ver Anexo – Mapa do conhecimento).

O Gráfico 165 apresenta a evolução bienal das publicações das macrotemáticas do grupo de Eficiência Energética. Nota-se que as publicações correlatas aos eventos do setor elétrico seguem a tendência mostrada pela produção científica brasileira já apresentada anteriormente. É interessante observar que Edificações Eficientes salta da penúltima colocação em 2007/2008 para a primeira colocação em 2015/2016. Tal comportamento pode ser explicado pelo lançamento por parte do governo do Programa de Certificação de Eficiência Energética para Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços em 2009, seguido do Programa para os Edifícios Residenciais em 2010. Tais programas podem ter impulsionado esforços em pesquisas no sentido de otimizar o uso da energia em edificações.

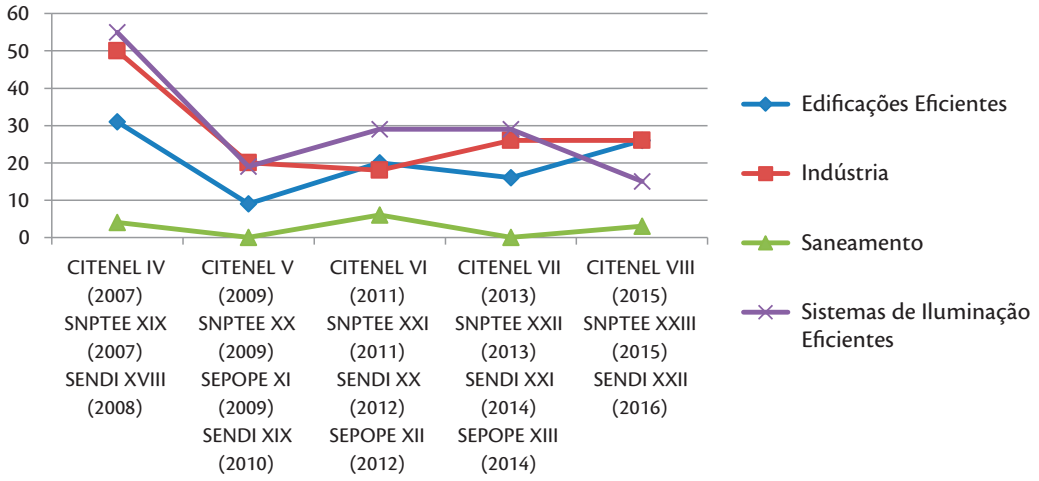


Gráfico 165 - Evolução das publicações de artigos em eventos do setor elétrico para o GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Projetos Aneel

Embora a possibilidade de ações de eficiência no contexto da macrotemática Saneamento seja expressiva, pouco mais de 8% dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) dizem respeito a essa macrotemática (ver Gráfico 166). As empresas do setor elétrico focam em projetos cujo retorno financeiro com a economia de energia impactasse diretamente na produção de bens e na melhoria das instalações prediais.

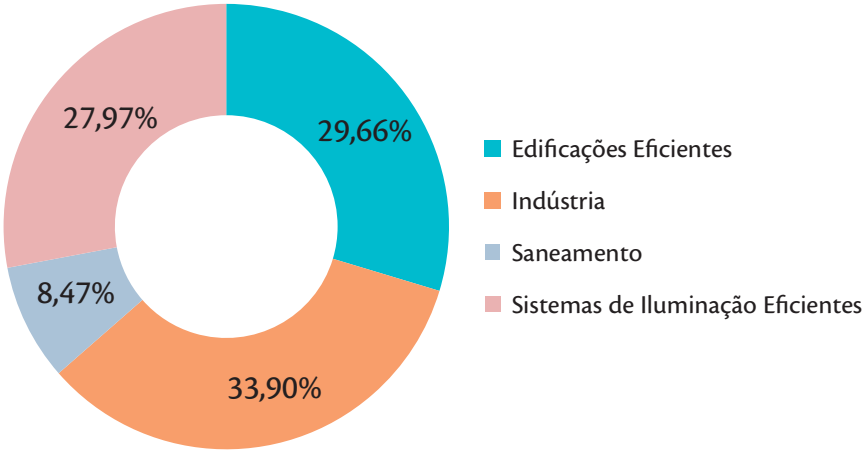


Gráfico 166 - Percentual dos projetos P&D Aneel por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

A maior parte dos investimentos em ações de eficiência energética foram realizados no contexto de edificações inteligentes e indústria (ver Gráfico 168 e Gráfico 169). Embora o montante investido nessas macrotemáticas tenha alcançado a ordem de 140 milhões de reais, aproximadamente, a maior parte dos projetos foi caracterizada como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental (ver Gráfico 167).

Os projetos com maior projeção na cadeia de inovação dizem respeito às macrotemáticas Sistemas de Iluminação Eficientes e Edificações Eficientes (ver Gráfico 167). O passo seguinte à geração do lote pioneiro é a inserção do projeto no mercado (inovação de fato). A parceria entre o setor elétrico e a cadeia produtiva é uma questão-chave para a inovação. Nesse sentido, infere-se que, além do apoio da CT&I, o setor deve promover políticas que tragam os interesses da cadeia produtiva a uma proximidade de mercado eficaz, junto às empresas do setor elétrico.

Em especial à macrotemática Saneamento, a política de incentivo às ações de eficiência nessa área deveria privilegiar os interesses públicos e das empresas do setor elétrico, em uma parceria público-privada, com foco no desenvolvimento social e de mercado para a indústria e empresas do setor.

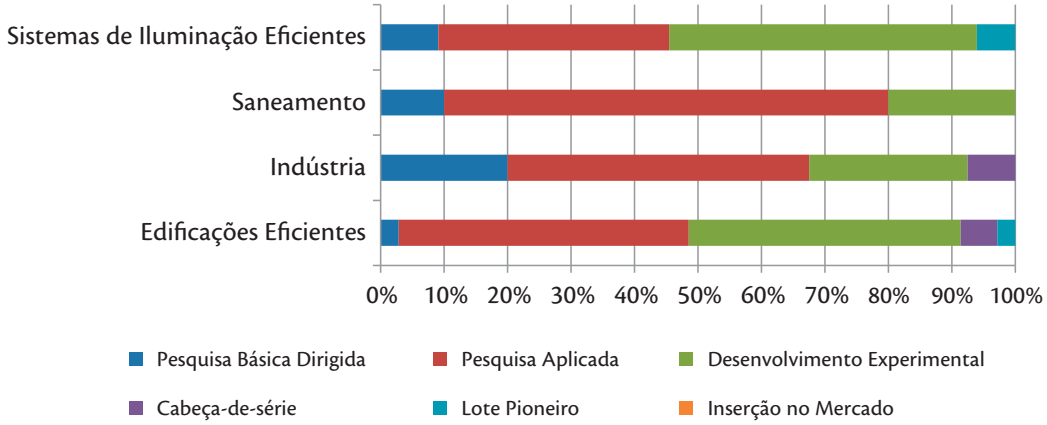


Gráfico 167 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

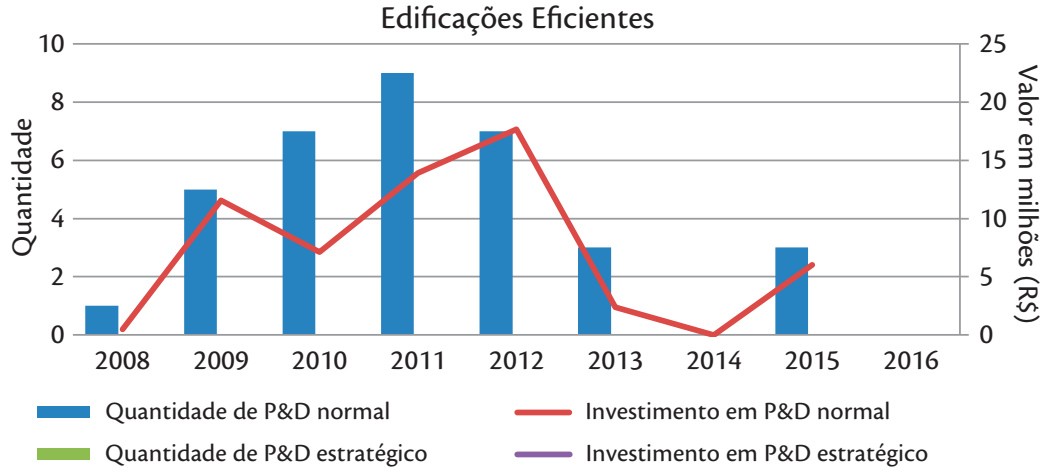


Gráfico 168 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Edificações Eficientes no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

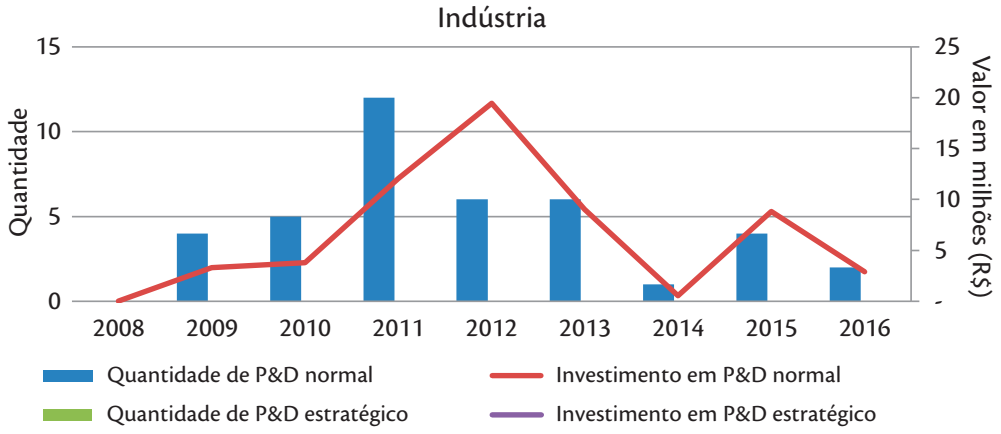


Gráfico 169 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Indústria no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Gráfico 170 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Saneamento no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

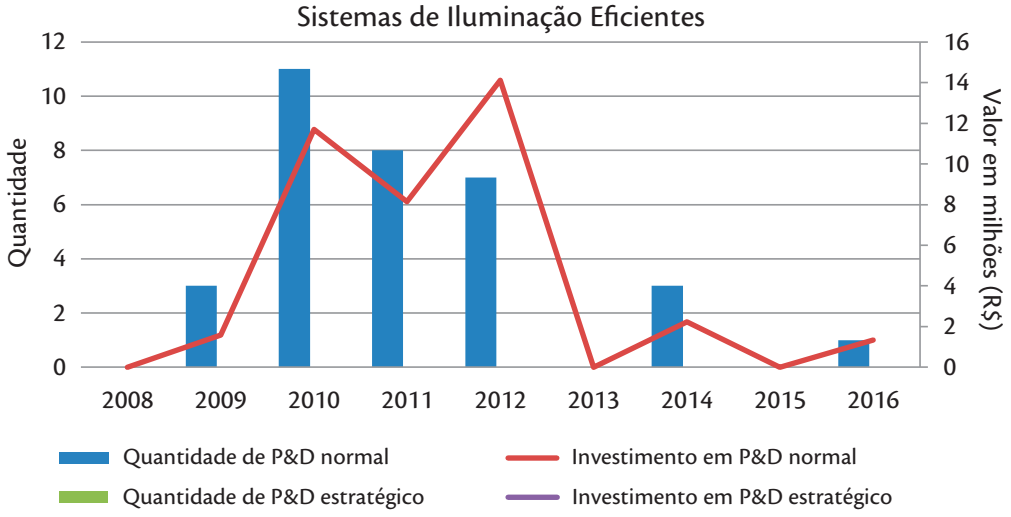


Gráfico 171 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 172 diz respeito à capacitação gerada por intermédio dos projetos P&D Aneel para o GT de Eficiência Energética. Observa-se que Edificações Eficientes destaca-se com a categoria de pós-doutorado, representando quase 20% da capacitação técnica para essa macrotemática. Vale ressaltar que não houve capacitação técnica proveniente dos projetos P&D Aneel para a macrotemática Saneamento

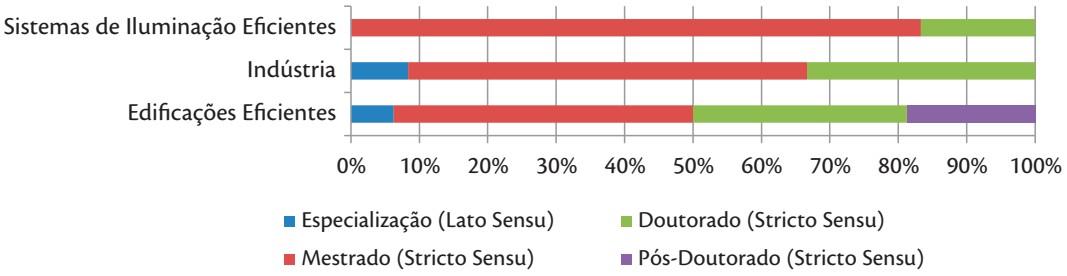


Gráfico 172 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Rede Aneel

Para o GT Eficiência Energética, foram identificados nove *clusters* principais de profissionais de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no âmbito dos projetos de P&D Aneel, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 56.

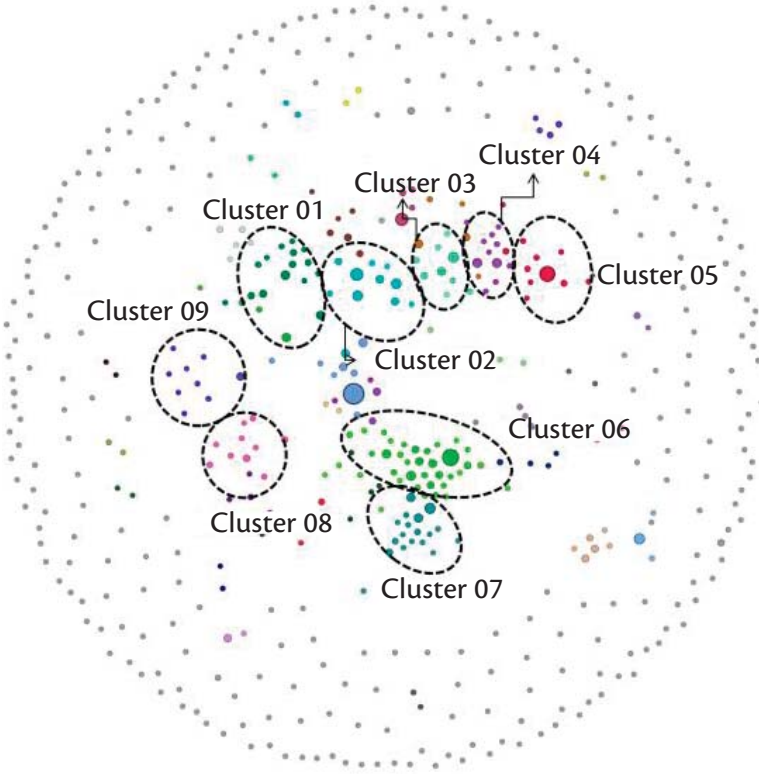


Figura 56 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que todas as macrotemáticas do grupo de Eficiência Energética estão contempladas nas palavras-chave da rede colaborativa de pesquisadores Aneel, conforme ilustrado na Tabela 135 e Tabela 136. Existe uma multidisciplinaridade entre as temáticas apresentadas, em que um *cluster* pode estar relacionado com mais de um assunto no âmbito da Eficiência Energética. Os *cluster*s 03, 04 e 05 mostram-se mais relacionados a Edificações Eficientes, abordando, inclusive, conteúdos convergentes às linhas de PD&I levantadas neste trabalho (ver Anexo – Mapa do conhecimento).

Tabela 135 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética

Cluster 01 Iluminação Eficiente	*Cluster* 02 Saneamento	*Cluster* 03 Edificações Eficientes	*Cluster* 04 Edificações Eficientes	*Cluster* 05 Edificações Eficientes
1. Conforto térmico. 2.Refrigeração. 3. Eficiência energética. 4. Convecção natural. 5. Otimização. 6. Economia de energia. 7. Iluminação natural. 8. Energia solar.	1. Cogeração. 2. Eficiência energética. 3. Sustentabilidade. 4. Conservação de energia. 5. Biogás. 6. Planejamento energético. 7. Geração distribuída. 8. Redes inteligentes.	1. Sustentabilidade. 2. Conforto térmico. 3. Conforto ambiental. 4. Ventilação natural. 5. Iluminação natural. 6. Arquitetura bioclimática.	1. Edificações. 2. Materiais de construção. 3. Construção sustentável. 4. Ecoeficiêcia. 5. Arquitetura e urbanismo. 6. Green building. 7. Certificação verde. 8. P&D.	1. Sustentabilidade. 2. Eficiência energética. 3. Construções sustentáveis. 4. Construção civil. 5. Novos materiais. 6. Durabilidade.

Fonte: elaboração própria.

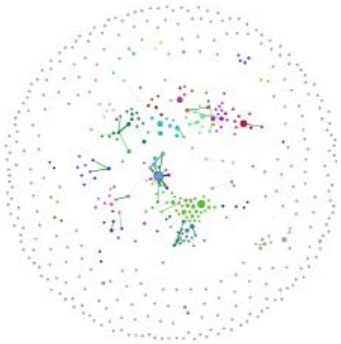
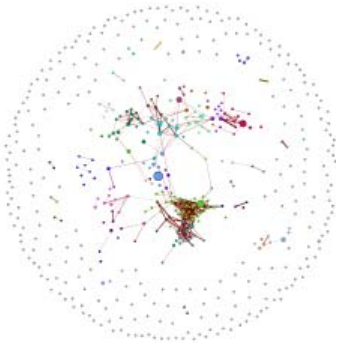
Tabela 136 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética (continuação)

Cluster 06 Indústria	*Cluster* 07 Iluminação eficiente	*Cluster* 08 Operação e controle	*Cluster* 09 Operação e controle
1. Aproveitamentos elétricos. 2. Eficiência energética. 3. Geração distribuída. 4. Eletrônica industrial. 5. Máquinas elétricas. 6. Automação e controle de sistemas. 7. Controle eletrônico da carga. 8. Motores e conversores.	1. LED. 2. Sistemas de iluminação. 3. Interação de conversores. 4. Iluminação eficiente. 5. Sensores/atuadores. 6. Automação e controle. 7. Iluminação de interiores.	1. Otimização de processos. 2. Operação e controle de sistemas elétricos. 3. Eficiência energética. 4. Sensoriamento. 5. Previsão de carga. 6. *Softwares* de controle. 7. Indicadores de desempenho. 8. Medição inteligente. 9. Redes inteligentes. 10. *Smart grid.*	1. Sensores. 2. Automação. 3. Medição de energia elétrica. 4. Monitoramento em tempo real. 5. Técnicas de supervisão. 6. *Smart grid.*

Fonte: elaboração própria.

Além da *cluster*ização, foi levantado o grau médio de coautoria e o grau médio de similaridade semântica, conforme elucidado na Tabela 137. Esse indicador tem como resultado um número que representa a quantidade de interações entre os nós, divido pela quantidade de pesquisadores da rede, existe um fator de multiplicação por dois devido à reciprocidade da interação.

Tabela 137 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria quanto para similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Rede Aneel	0,325		1,416	

Fonte: elaboração própria.

Patentes

Acerca do Gráfico 173 e do Gráfico 174, verifica-se um alinhamento em termos das proporções das patentes nas macrotemáticas tanto a nível internacional quanto nacional. O destaque para as patentes em Eficiência Energética encontra-se nos domínios tecnológicos da indústria. Este movimento pode ser explicado pelo fato de a indústria ser um dos principais atores que buscam a eficiência energética em suas atividades para a ampliação de seu capital e, também, para a redução de custo de suas operações.

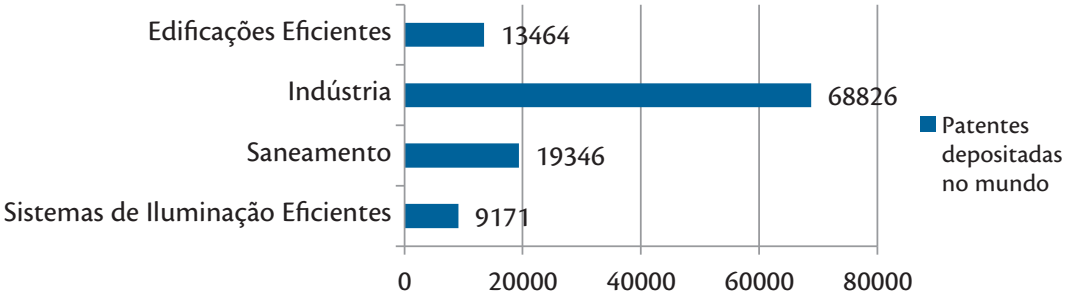


Gráfico 173 - Patentes depositadas no mundo por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

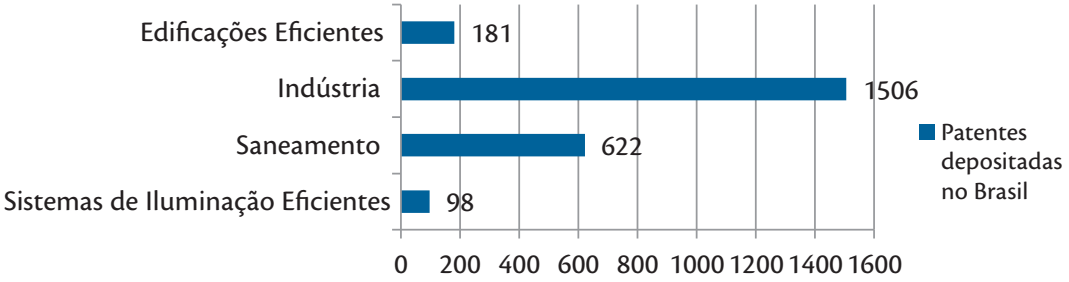


Gráfico 174 - Patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Para Salazar (2012), a eficiência energética vem se destacando, nos últimos anos, no Brasil e no mundo, em função dos impactos ambientais que o uso intensivo de energia gera ao meio ambiente e pelo fato de a oferta de energia (principalmente aquelas advindas de fontes não renováveis) estar se tornando cada vez mais escassa.

Prova disso são as pistas que comprovam a busca pela eficiência energética na indústria brasileira, traduzidas em diversas iniciativas em curso. Uma delas de grande envergadura refere-se ao Programa de Eficiência Energética (PEE), regulado pela Aneel, figura-se como um dos principais mecanismos de atuação e regulação do país nessa área. Nessa medida, todas as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica com operações no Brasil devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional em iniciativas de eficiência energética.

Ações informativas, também, estão ocorrendo no âmbito industrial, como aquelas que vêm sendo desempenhadas pela Confederação Nacional das Indústrias (CNI), juntamente às Federações de Indústrias . Estas estão divulgando uma série de sugestões práticas para a rotina organizacional das indústrias, com o objetivo de promover e difundir o uso eficiente de energia (CNI, 2014). No Gráfico 175, é possível visualizar, claramente, esse destaque por parte da indústria em patentes por eficiência energética.

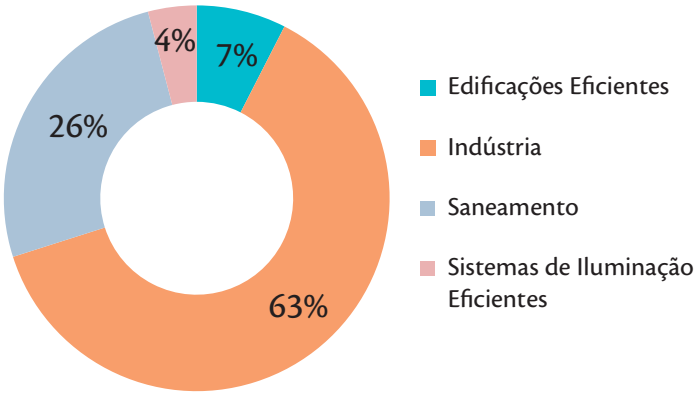


Gráfico 175 - Percentual de patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

A partir do Gráfico 176, nota-se uma tendência geral no setor elétrico – e muito provavelmente, em outros setores também – na disparidade presente entre a atividade internacional e a brasileira, no que tange ao patenteamento em tecnologias deste segmento Mais uma vez, repete-se o comportamento que foi evidenciado também nos outros gráficos que abordaram a relação entre a invenção local/no exterior.

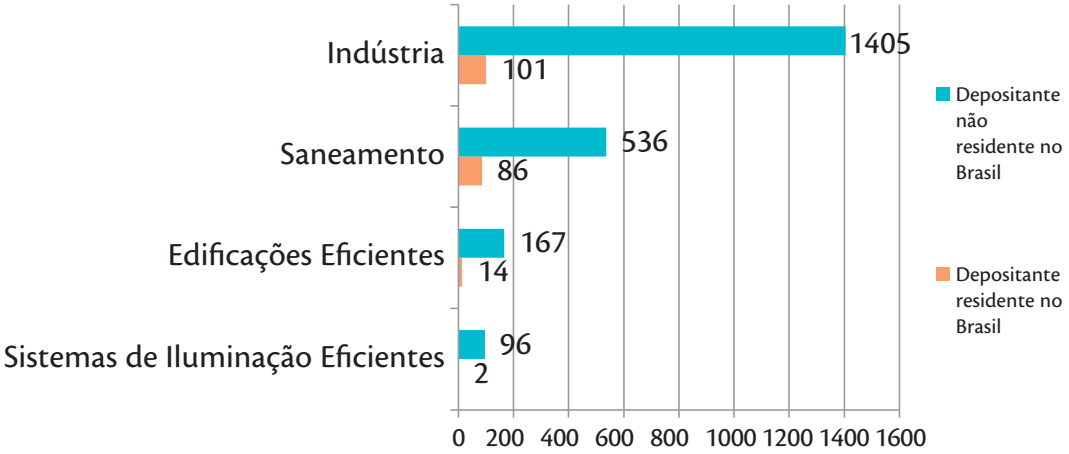


Gráfico 176 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil por depositante residente ou não no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Já o Gráfico 177, identifica um comportamento similar das quatro macrotemáticas gerais de patentes quanto ao tamanho de suas famílias. O único ponto que é ligeiramente diferente refere-se ao tamanho das famílias de patentes de Edificações Eficientes. Em relação ao tamanho das famílias das outras três macrotemáticas, aproximadamente 10% das famílias de patentes apresentam mais de 40 pedidos cada.

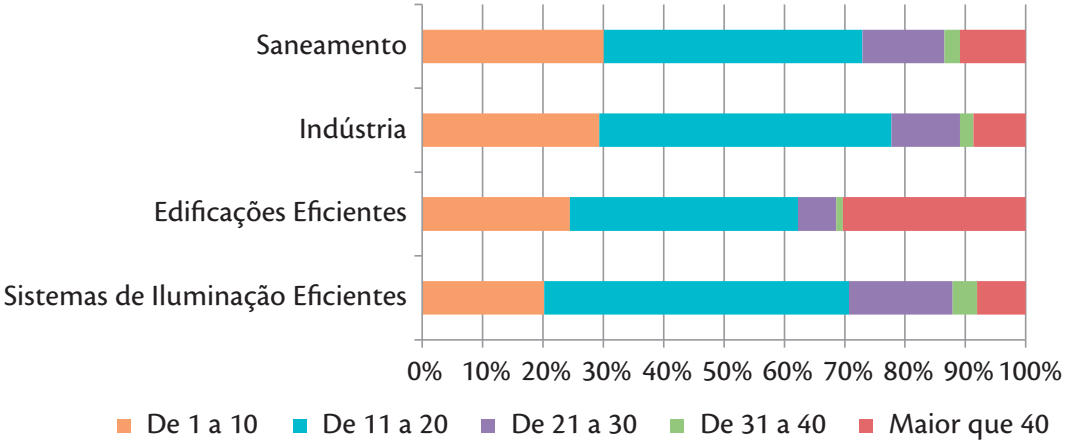


Gráfico 177 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Por fim, na Tabela 138, destacam-se as principais empresas com patentes em Eficiência Energética. A maior parte dessas patentes encontra-se no bojo da macrotemática da Indústria, com destaque para as empresas Siemens, ABB e Knorr. A soma destas três empresas supera a somatória das outras três macrotemáticas que têm patentes em eficiência.

No que toca a Siemens, a empresa mais uma vez reforça sua participação e tradição industrial, com o maior número de patentes dentre aquelas que fizeram pedidos na macrotemática industrial.

Já em sistemas de iluminações eficientes, é notável a participação da Philips, demonstrando os esforços destas empresas em manter sua liderança em iluminação e por almejar estar na vanguarda tecnológica. A Cree, empresa americana especialista em iluminação do tipo LED, fundada nos anos 80, figura-se logo atrás da Philips nos pedidos de patentes dessa temática.

Em Edificações Eficientes, notam-se empresas tradicionais no segmento – como Whirpool e Sony, maiores patenteadoras – e uma nova entrante, que é a *Apple*. As empresas supracitadas de *smartphones* americanas têm seu interesse em dispensar recursos em prol de soluções para Edificações Eficientes dada a sua aposta atual em conectividade de seus aparelhos. A ideia é que os limites de celular e usuário sejam transpostos, e que passem a se conectar com outras tecnologias, como carro e, também, casas, apartamentos e demais tipos de moradias e edificações existentes.

Tabela 138 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética

	Instituição	Número de Patentes
Sistemas de Iluminação Eficientes	Konink Philips	12
	Cree	10
	Philips	8
Edificações Eficientes	Sony	11
	Whirlpool	7
	Apple	6
Indústria	Siemens	55
	Abb	31
	Knorr	20
Saneamento	Unilever	14
	Evonik	8
	Hindustan	8

Fonte: elaboração própria.

7.3.4. Estrutura de CT&I

Recursos Humanos

Profissionais relacionados às macrotemáticas do grupo de Eficiência Energética foram selecionados a partir da base de currículos *Lattes*. As baixas nessa base de dados foram realizadas por meio de termos de busca correlatos à temática em questão. A Figura 57 elucida o número total de profissionais distribuídos no território nacional.

O estado de São Paulo destaca-se em relação aos demais, concentrando cerca de 23% de todos os profissionais levantados para o grupo de Eficiência Energética. O segundo estado em destaque foi Minas Gerais, seguido por Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro. Embora o Rio Grande do Sul figure na terceira colocação, com cerca de 10% do total de Recursos Humanos (RHs), a região Sudeste concentra 44% dos profissionais envolvidos no grupo temático. Em contrapartida, a região Norte foi

a que apresentou o menor número de profissionais. Nota-se também que Acre, Roraima e Amapá foram os estados com menor representatividade para o grupo de Eficiência Energética.

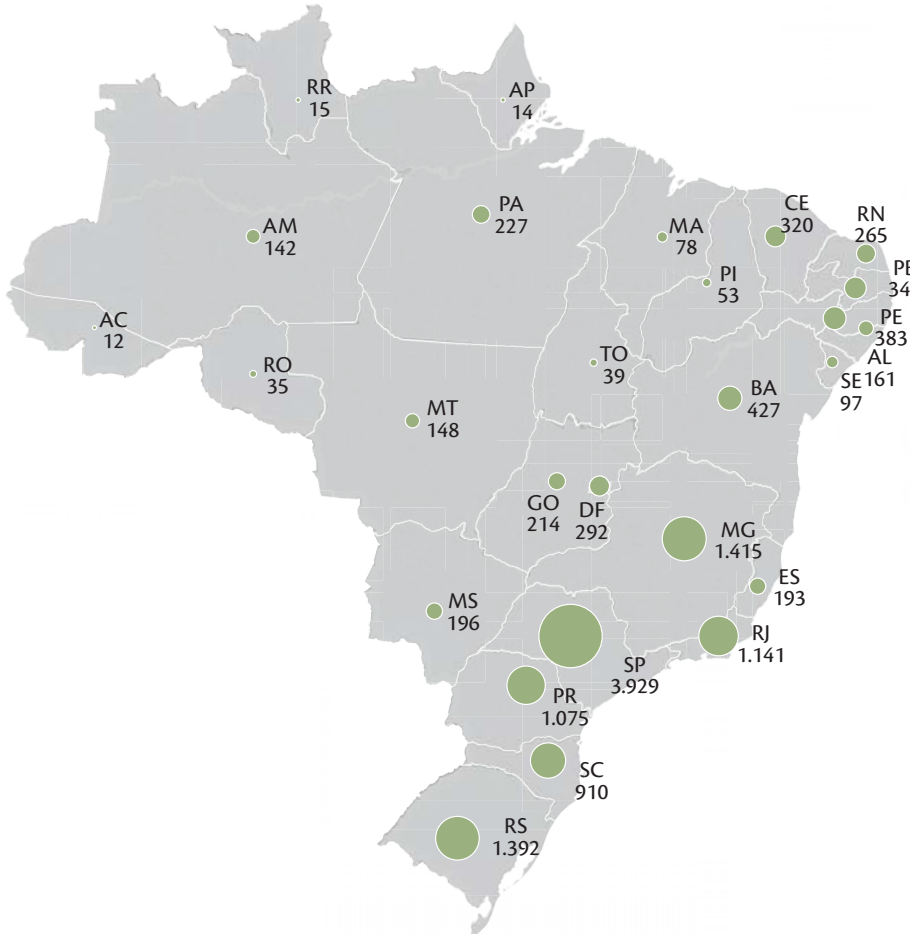


Figura 57 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Todos os currículos levantados para o grupo foram classificados por macrotemática mediante termos de busca. O Gráfico 178 ilustra as quantidades de profissionais alocados em cada macrotemática, em que se destacam-se Sistemas de Iluminação Eficientes e Indústria com 42% e 29% respectivamente. Para Saneamento, a quantidade de profissionais mostrou-se significativamente mais baixa, com 7%, explicitando a necessidade de ampliação dos profissionais atuantes nessa área do conhecimento, tendo em vista o seu potencial para fins energéticos.

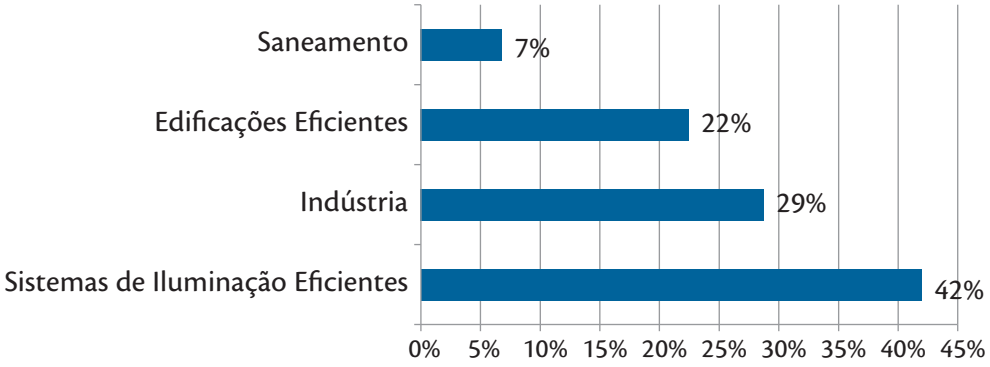


Gráfico 178 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

A distribuição de RH nas unidades Federativas por macrotemática está explicitada Tabela 139. Essa tabela permite avaliar a concentração geográfica dos profissionais do GT de Eficiência Energética. A título de exemplo, 23,63% de todo o RH dedicado à macrotemática Edificações Eficientes está concentrado no estado de São Paulo. Existem, ainda, profissionais que não foram alocados em nenhuma macrotemática visto que não detinham endereço declarado, sendo estes alocados na penúltima linha da tabela.

O comportamento para cada macrotemática acompanha a tendência previamente mencionada para o total de profissionais por UF. As regiões Sul e Sudeste lideraram as contribuições para as quatro macrotemáticas do grupo de Eficiência Energética.

Tabela 139 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática por UF para o GT Eficiência Energética

	EF01 (%)	EF02 (%)	EF03 (%)	EF04 (%)
SP	24,91	23,63	20,10	18,06
MG	10,71	10,62	11,76	10,36
RS	10,15	11,17	10,55	11,69
RJ	8,63	9,12	9,33	9,51
PR	8,66	7,20	9,04	9,22
SC	6,55	6,45	8,30	6,94

	EF01 (%)	EF02 (%)	EF03 (%)	EF04 (%)
BA	3,39	2,36	3,46	3,90
PE	2,80	3,05	2,65	3,14
PB	2,36	2,68	2,95	3,90
DF	2,37	2,96	1,73	2,28
CE	2,43	2,39	2,07	2,19
RN	1,76	2,39	2,23	1,81
PA	1,52	1,47	2,34	2,28
ES	1,45	1,61	1,46	2,19
MS	1,32	0,83	1,89	3,71
GO	1,97	1,35	1,17	1,05
MT	1,25	1,53	1,39	2,00
AL	1,34	1,76	1,10	1,33
AM	1,00	0,66	1,46	0,38
SE	0,62	0,58	0,90	0,95
MA	0,75	0,40	0,40	0,10
PI	0,52	0,40	0,34	0,38
TO	0,32	0,20	0,25	0,19
RO	0,34	0,17	0,22	0,10
AP	0,11	0,09	0,16	0,19
RR	0,11	0,12	0,11	0,19
AC	0,12	0,00	0,11	0,19
ND*	2,54	4,81	2,52	1,81
Total geral	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: EF01: Sistemas de Iluminação Eficientes; EF02: Edificações Eficientes; EF03:Indústria; EF04: Saneamento; ND – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

A partir do Gráfico 179, é possível perceber a participação dentro de cada estado, como se comporta a divisão entre os profissionais de cada macrotemática. Em consequência de que grande parte dos profissionais está concentrada em Sistemas de Iluminação Eficientes, observa-se uma parcela expressiva dessa macrotemática em todos os estados brasileiros.

Mato Grosso do Sul e Acre possuem maior participação dos profissionais em Saneamento em cada um desses estados, embora São Paulo possua a maior quantidade de profissionais em termos absolutos. O percentual de participação dos profissionais de Edificações Eficientes varia entre 12% e 28% em todos os estados, exceto no Acre, onde não foram identificados currículos na base *Lattes* correlatos a essa macrotemática com os termos de busca utilizados.

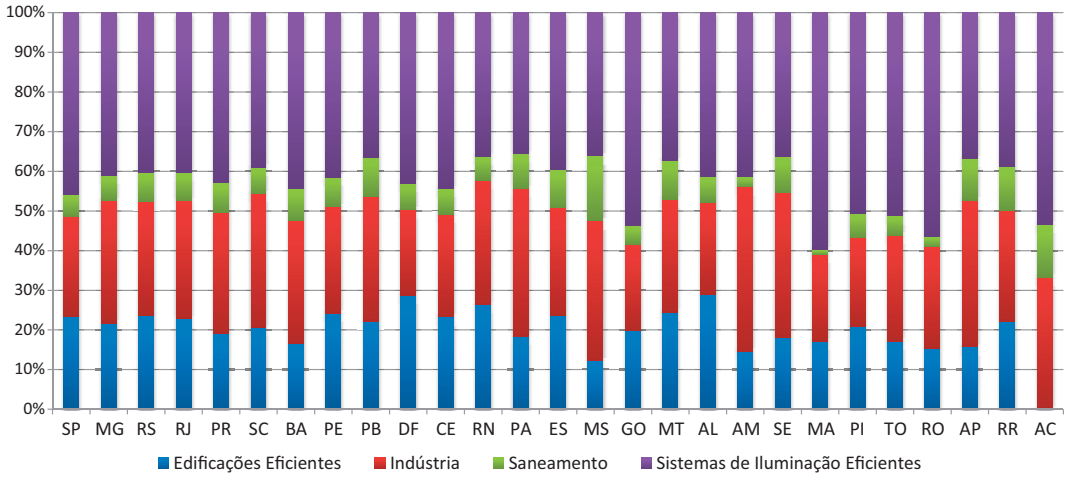


Gráfico 179 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

No que diz respeito à capacitação técnica dos recursos humanos, o Gráfico 180 apresenta a titulação dos profissionais para cada macrotemática do grupo de Eficiência Energética. De modo geral, doutores e mestres possuem maiores percentuais se comparados às demais titulações. Observa-se uma baixa participação de profissionais com nível técnico de ensino médio. Esse baixo percentual pode ser justificado pelo fato de que poucos profissionais com essa titulação utilizam a plataforma *Lattes*, sendo essa base de dados para RH.

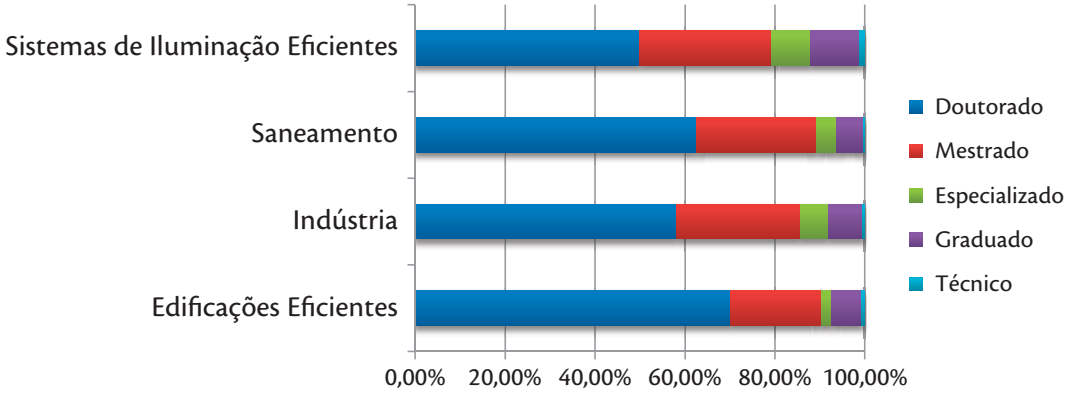


Gráfico 180 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Redes Colaborativas

Caracterização dos Campos de Estudo

Sistemas de Iluminação Eficientes

A macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes apresentou sete *clusters* principais que caracterizam os profissionais da área, considerando a similaridade dos assuntos tratados nesse âmbito. *Os clusters* 01, 02 e 03 apresentam-se próximos devido à força de atração entre eles, indicando, assim, que tais profissionais abordam temas convergentes. Analogamente, os *clusters* 04, 05 e 06 apresentam forças de atração expressivas, indicando a atuação em áreas do conhecimento correlatas. O *cluster* 07 apresenta-se mais afastado por tratar de temáticas um pouco mais aprofundadas acerca da macrotemática em questão. A caracterização dos *cluster*s com base nas palavras-chave identificadas está disposta nas Tabela 140 e Tabela 141.

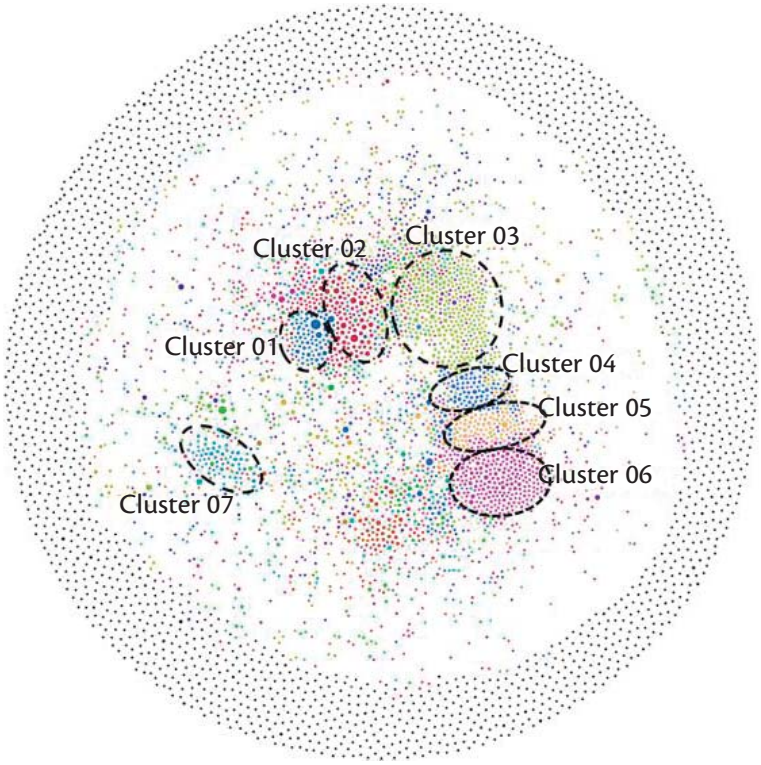


Figura 58 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes

Fonte: elaboração própria.

Os *clusters* 01, 02 e 03 estão voltados principalmente para questões ergonômicas e de conforto térmico e luminoso. Por outro lado, os *cluster*s 04, 05 e 06 abordam temáticas correlatas a sistemas de automação e controle, conversores e iluminação LED. Analogamente, o *cluster* 07 também apresenta palavras-chave nessa perspectiva, mas com enfoque nas tecnologias LED e OLED.

Ressalta-se acentuado vínculo entre as palavras-chave apresentadas na Tabela 140 e na Tabela 141 e as rotas tecnológicas elencadas no mapa do conhecimento (ver Anexo) para a macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes, especialmente as rotas correlatas às seguintes temáticas: Novos Sistemas de Iluminação, com ênfase para luminárias e suas interfaces; e Componentes para Novos Sistemas de Iluminação, incluindo aqueles associados à conversão de energia em luz e às partes óptica, alimentação, controle, comunicação, sensoriamento e materiais.

Tabela 140 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes

Cluster 01	*Cluster* 02	*Cluster* 03	*Cluster* 04
1. Ergonomia. 2. Conforto. 3. Building design. 4. Ecodesign. 5. Arquitetura. 6. Projeto de iluminação. 7. Design de interiores. 8. Ergodesign. 9. Design de produto. 10. Design sustentável.	1. Qualidade. 2. Ergonomia. 3. Conforto térmico. 4. Iluminação. 5. Eficiência energética. 6. Automação. 7. Logística reversa. 8. Sistema de informação.	1. Eficiência energética. 2. Conforto térmico. 3. Iluminação natural. 4. Desempenho térmico. 5. Ventilação natural. 6. Conforto luminoso. 7. LED. 8. Simulação computacional.	1. Eficiência energética. 2. Conservação de energia. 3. Dimensionamento. 4. Energia solar fotovoltaica. 5. Aquecimento solar. 6. Automação. 7. LED.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 141 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes (continuação)

Cluster 05	*Cluster* 06	*Cluster* 07
1. Automação. 2. Otimização. 3. Sistemas Inteligentes. 4. Sistemas de controle. 5. Iluminação LED. 6. Conversão de energia. 7. Detectores de infravermelho.	1. Eletrônica de potência. 2. Automação. 3. Controle. 4. LED. 5. Microcontrolador. 6. Conversores CC-CC. 7. OLED. 8. Internet das Coisas (IoT). 9. LEDs COB. 10. Controle digital.	1. Quantum dots. 2. Sensores. 3. Materiais. 4. Laser. 5. LED. 6. OLED. 7. Infravermelho. 8. Substratos.

Fonte: elaboração própria.

Edificações Eficientes

A macrotemática Edificações Eficientes apresentou cinco *clusters* principais que caracterizam os profissionais da área, considerando a similaridade dos assuntos tratados nesse âmbito. Os *cluster*s 01 e 02 encontram-se mais dispersos, indicando menor força de atração se comparados aos demais. Os *cluster*s 03, 04 e 05 apresentam-se próximos devido ao elevado nível de coautoria ente eles, indicando, também, que esses profissionais abordam temas convergentes. A caracterização dos *cluster*s com base nas palavras-chave identificadas está disposta na Tabela 142.

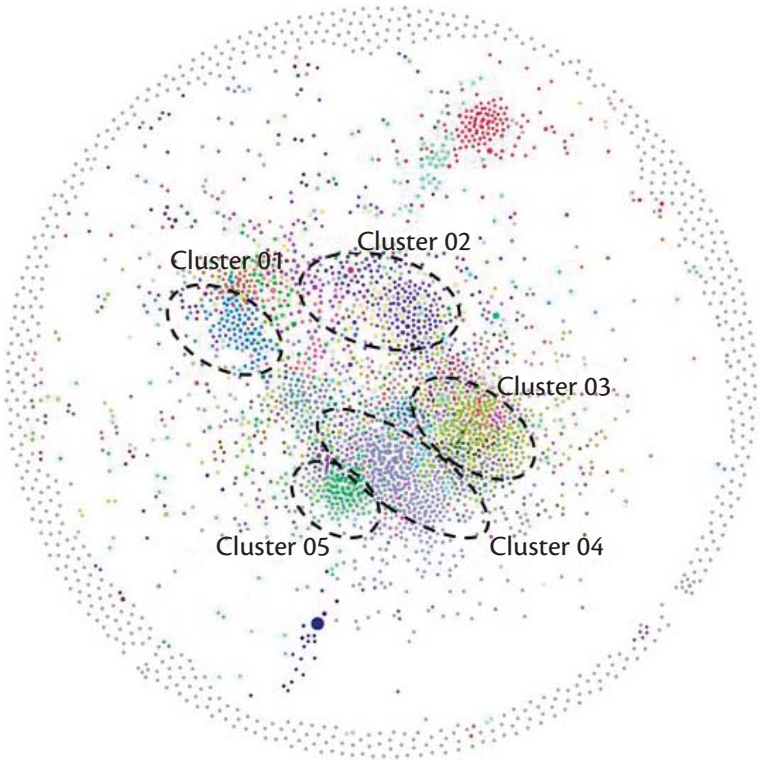


Figura 59 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Edificações Eficientes

Fonte: elaboração própria.

O *cluster* 01 apresenta palavras-chave mais voltadas para sustentabilidade e urbanismo, enquanto o *cluster* 02 aborda temas correlatos ao uso de energias renováveis, mais especificamente energia solar. *O cluster* 03 aponta palavras-chave voltadas para desempenho, conforto e condicionamento térmico, ao passo que o *cluster* 04 aborda temáticas similares, porém mais abrangentes. O *cluster* 05 está voltado para o desenvolvimento e a caracterização de materiais para construção civil.

Ressalta-se acentuado vínculo entre as palavras-chave apresentadas na Tabela 142 e as rotas tecnológicas elencadas no mapa do conhecimento (ver Anexo) para a macrotemática Edificações Eficientes, especialmente as rotas correlatas às seguintes temáticas: Arquitetura Bioclimática, Tecnologias Ativas e Integração do Usuário.

Tabela 142 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Edificações Eficientes

Cluster 01	*Cluster* 02	*Cluster* 03	*Cluster* 04	*Cluster* 05
1. Desenvolvimento sustentável. 2. Aproveitamento. 3. Eficiência 4. Optimization. 5. Energia renovável. 6. Sustentabilidade. 7. Planejamento urbano.	1. Energias renováveis. 2. Energia fotovoltaica. 3. Solar home system. 4. Aquecimento solar. 5. Propriedade dos materiais de construção civil . 6. Climatização. 7. Iluminação eficiente. 8. Transferência de calor.	1. Desempenho térmico. 2. Conforto térmico. 3. Isolante térmico. 4. Ventilação natural. 5. Desempenho energético de edificações. 6. Condicionamento térmico. 7. Sistemas de climatização.	1. Otimização. 2. Cidades sustentáveis. 3. Simulação. 4. Aproveitamento de energia. 5. Sistemas de refrigeração. 6. Energia renovável. 7. Condicionamento.	1. Resistência dos materiais. 2. Novos materiais. 3. Alvenaria estrutural. 4. Revestimento. 5. Manutenção. 6. Iluminação. 7. Modelagem numérica.

Fonte: elaboração própria.

Indústria

A macrotemática Indústria apresentou sete *clusters* principais que caracterizam os profissionais da área, considerando a similaridade dos assuntos tratados nesse âmbito. A rede apresentada possui uma dispersão central que, embora não caracterize um *cluster* bem definido, possui temáticas correlatas ao grupo temático em questão. Os *clusters* 01, 02 e 03 apresentam-se próximos devido à força de atração entre eles, indicando, assim, que tais profissionais abordam temas convergentes. Analogamente, os *cluster*s 05, 06 e 07 apresentam forças de atração significativas, indicando a atuação em áreas do conhecimento correlatas. O *cluster* 04 apresenta-se mais afastado por tratar de temáticas um pouco mais específicas, se comparado aos demais *cluster*s. A caracterização dos *cluster*s com base nas palavras-chave identificadas está disposta nas Tabelas 143 e 144.

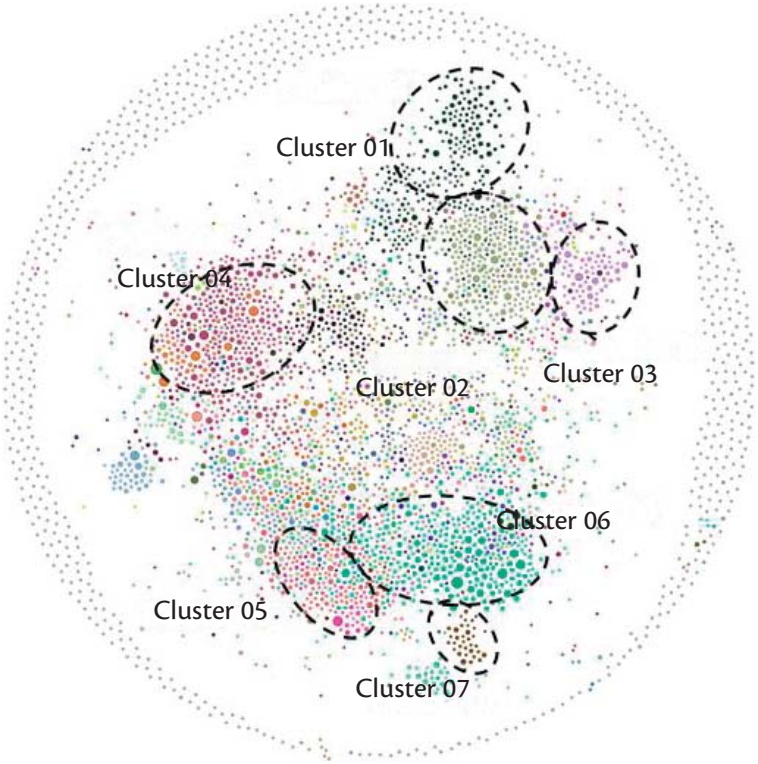


Figura 60 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Indústria

Fonte: elaboração própria.

Os *cluster*s 01, 02 e 03 apresentam palavras-chave com enfoques similares, o que justifica a proximidade entre eles. Os assuntos em destaque estão relacionados majoritariamente a automação e controle, ou seja, sistemas inteligentes que visem à eficiência energética na indústria. O *cluster* 04 aborda temáticas voltadas para sistemas térmicos, destacando-se a temática de cogeração. Os *cluster*s 05 e 06 também estão voltados para automação e controle, assim como os três primeiros *cluster*s, porém com enfoque na área de medição. Similarmente, o *cluster* 07 também aborda a temática de automação, controle e medição, todavia de forma mais aprofundada.

Ressalta-se um vínculo considerável entre as palavras-chave apresentadas nas Tabela 143 e Tabela 144 e as rotas tecnológicas elencadas no mapa do conhecimento (ver Anexo) para a macrotemática Indústria, especialmente as rotas correlatas às seguintes temáticas: Uso da Energia e Tecnologias de Integração.

Tabela 143 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Indústria

Cluster 01	*Cluster* 02	*Cluster* 03	*Cluster* 04
1. Conservação de energia. 2. Acionamentos elétricos. 3. Consumo de energia. 4. Sistemas térmicos. 5. Motor/gerador. 6. Perdas de energia. 7. Acionamento eletrônico. 8. Isolantes térmicos. 9. Acionamento de motores e bombas. 10. Controles.	1. Eficiência energética. 2. Automação. 3. Qualidade da energia. 4. Sistemas inteligentes. 5. Controle inteligente. 6. Planejamento de sistemas. 7. Automação de sistemas. 8. Monitoramento de equipamentos.	1. Controle inteligente. 2. Eletrônica de potência. 3. Planejamento de sistemas. 4. Automação de sistemas. 5. Controle adaptativo. 6. Eficiência energética. 7. Automação e controle. 8. Integração de sistemas.	1. Transferência de calor. 2. Cogeração. 3. Termoeconomia. 4. Sistemas térmicos. 5. Engenharia térmica. 6. Eficiência energética. 7. Condicionamento de ar. 8. Refrigeração.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 144 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Indústria (continuação)

Cluster 05	*Cluster* 06	*Cluster* 07
1. Desempenho térmico. 2. Avaliação de desempenho. 3. Condicionamento térmico. 4. Sistemas de climatização. 5. Controle térmico. 6. Refrigeração. 7. Medições. 8. Iluminação. 9. Termoisolante.	1. Gerenciamento. 2. Eficiência energética. 3. Automação. 4. Instrumentação. 5. Monitoring system. 6. Mapeamento de processos. 7. Sensores. 8. Processos industriais. 9. Integração.	1. Automação de sistemas de potência. 2. Controle de processos. 3. Manutenção preditiva. 4. Detecção de falhas. 5. Sistemas de automação. 6. SCADA. 7. Monitoramento em tempo real.

Fonte: elaboração própria.

Saneamento

A macrotemática Saneamento apresentou cinco *cluster*s principais que caracterizam os profissionais da área, considerando a similaridade dos assuntos tratados nesse âmbito. Existe uma interação significativa entre os *cluster*s 02, 03 e 04. Isso indica que os profissionais atuam em áreas do conhecimento correlatas. O *cluster* 01 apresenta-se mais afastado por tratar de temáticas um pouco mais específicas, se comparado aos demais *cluster*s. A caracterização dos *cluster*s com base nas palavras-chave identificadas está disposta na Tabela 145.

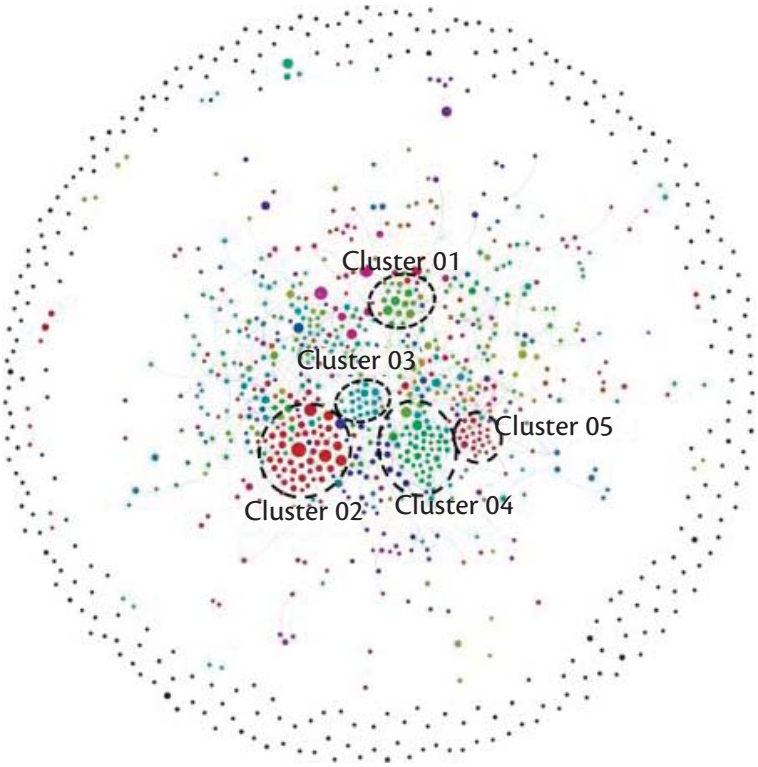


Figura 61 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Saneamento

Fonte: elaboração própria

Em termos de palavras-chave, o *cluster* 01 diferencia-se dos demais por dar enfoque em cogeração e biogás. Os *cluster*s 02, 03 e 04 apresentam palavras-chave similares, relacionadas à utilização do lodo para fins energéticos e ao tratamento de água e esgoto. O *cluster* 05 mostra maior inclinação para as temáticas de automação e simulação, apresentando softwares específicos, como o Epanet.

Ressalta-se acentuado vínculo entre as palavras-chave apresentadas nas Tabela 143 e Tabela 144 e as rotas tecnológicas elencadas no mapa do conhecimento (ver Anexo) para a macrotemática Saneamento, especialmente as rotas correlatas às seguintes temáticas: Eficiência pelo Lado da Oferta, Eficiência Operacional e Geração de Energia.

Tabela 145 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Saneamento

Cluster 01	*Cluster* 02	*Cluster* 03	*Cluster* 04	*Cluster* 05
1. Eficiência energética. 2. Cogeração. 3. Biogás. 4. Planejamento energético. 5. Balanço de energia. 6. Reúso da água. 7. Tratamento de efluentes.	1. Economia de energia. 2. Reúso da água. 3. Tratamento de esgoto. 4. Eficiência no uso da água. 5. Tratamento de efluentes. 6. Lodo de efluentes. 7. Tratamento de resíduos sólidos.	1. Eficiência energética. 2. Lodo. 3. Tratamento de água. 4. Tratamento de esgoto. 5. Águas residuais. 6. Lodo de estação de tratamento de esgoto. 7. Lodo de estação de tratamento de água. 8. Equipamentos. 9. Operação.	1. Biogás. 2. Aterro sanitário. 3. Eficiência energética. 4. Metano. 5. Tratamento de água. 6. Tratamento de esgoto. 7. Geração de energia elétrica. 8. Aproveitamento do lodo.	1. Eficiência energética. 2. Otimização. 3. Epanet. 4. Automação. 5. Modelagem. 6. Simulação. 7. SWMM. 8. Eficiência hidráulica. 9. Sistema de bombeamento.

Fonte: elaboração própria.

Relações de Similaridade Semântica e Coautoria

As relações de similaridade semântica e coautoria ilustram, de forma mais clara, o relacionamento entre cada constituinte da rede colaborativa para com os demais indivíduos. As arestas verdes indicam uma interação de coautoria, enquanto as arestas vermelhas apontam uma interação de similaridade semântica. A análise direta do número de colaborações de coautoria ou de similaridade semântica seria sensível na comparação entre redes muito díspares. Ou seja, o fato de uma rede apresentar visualmente um aglomerado de arestas relacionadas à coautoria ou à similaridade semântica não acarreta, necessariamente, em uma boa interação da rede de modo geral.

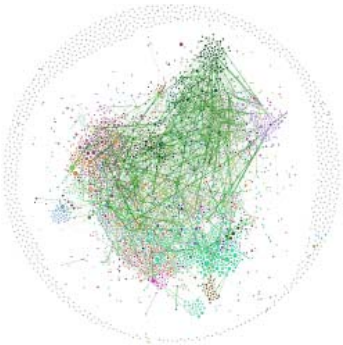
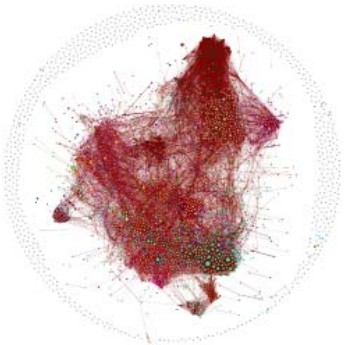
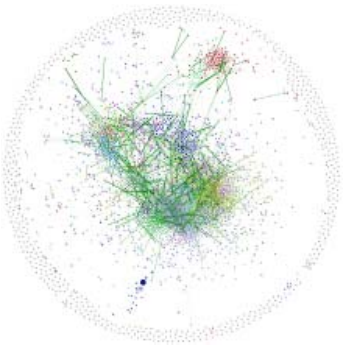
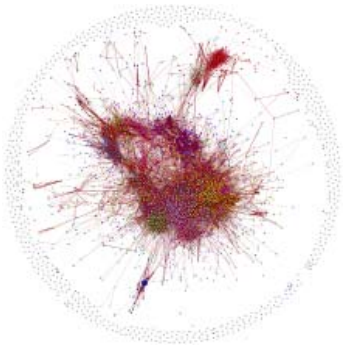
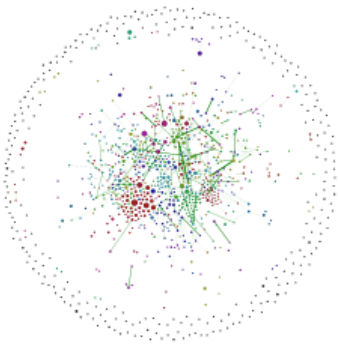
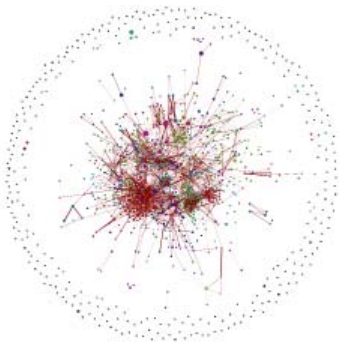
Sendo assim, é preciso adotar um parâmetro para que se possa analisar ou mesmo comparar tais relações de similaridade semântica e coautoria dentro de um universo específico. O indicador utilizado no presente estudo foi o grau médio. O valor resultante desse indicador representa o número de interações (arestas) de similaridade semântica dividido pelo número de pesquisadores de uma rede (nós) e multiplicado por dois. A duplicação é feita para considerar a relação de reciprocidade entre dois pesquisadores. Quanto maior o valor do grau médio, maiores são as interações dentro daquela rede colaborativa.

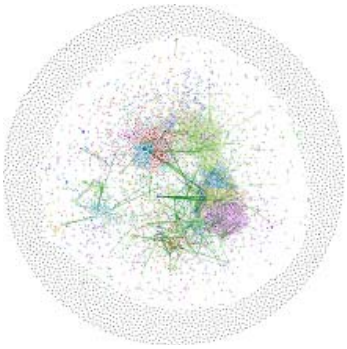
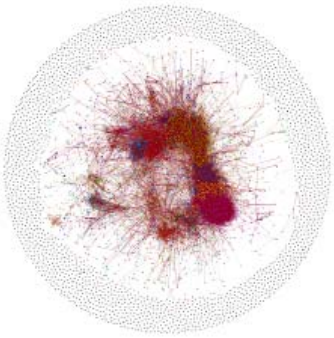
Os resultados do grau médio, ao considerar a similaridade semântica e a coautoria nas redes colaborativas de cada macrotemática do Grupo Temático Eficiência Energética, estão elucidados na Tabela 146. É valido ressaltar que a ordenação das macrotemáticas foi feita levando-se em conta a ordem decrescente do grau médio de coautoria. Observam-se valores baixos de grau médio de coautoria para todas as macrotemáticas. Em contrapartida, o grau médio referente à similaridade semântica foi consideravelmente maior. Esse último comportamento já era esperado, visto que as baixas dos pesquisadores foram realizadas por meio de termos de busca, sendo assim, todos os constituintes de determinada rede possuem alguma similaridade semântica entre si.

As ilustrações contidas na tabela a seguir evidenciam apenas a parte central da rede, em que se concentra a maioria dos *cluster*s e das interações de similaridade semântica e coautoria. Os nós dispostos nas margens da rede não foram alocados em nenhum *cluster*, embora estejam relacionados à macrotemática, não contribuindo com nenhuma relação de similaridade e coautoria. Dependendo da quantidade de nós dispostos nessa periferia, o grau médio tende a reduzir, visto que esses nós são levados em conta no momento do cálculo.

Essa particularidade pode ser bem exemplificada no caso de Sistemas de Iluminação Eficientes, que possuem o menor grau médio de coautoria da Tabela 146. Se fossem desconsiderados os nós marginais dessa rede colaborativa, o grau médio passaria de 0,44 para 1,86. Isso significa que uma pequena parcela dos profissionais dessa área se comunica bem e produz conjuntamente, centralizando, de certa forma, o conhecimento. Tais fatores explicitam a necessidade de maior intercâmbio de conhecimento e parcerias entre os profissionais da área.

Tabela 146 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Eficiência Energética

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Indústria	0,888		10,10	
Edificações Eficientes	0,803		10,22	
Saneamento	0,485		3,54	

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Sistemas de Iluminação Eficientes	0,44		9,77	

Fonte: elaboração própria.

Infraestrutura de CT&I

A avaliação da Infraestrutura de CT&I foi realizada com base no Diretório dos Grupos de Pesquisa (DGP), por meio do qual foram levantados laboratórios que possuem linhas de pesquisa correlatas ao setor elétrico. Essa base censitária apresenta mais de 37 mil grupos de pesquisa registrados, dos quais cerca de 5% desses registros do DGP desenvolvem projetos de CT&I relacionados ao setor elétrico nacional.

Os grupos correlatos ao setor elétrico foram devidamente classificados, levando-se em conta a aderência das suas linhas de pesquisa frente às macrotemáticas de cada grupo temático desse estudo. Foram identificados 479 laboratórios para o grupo de Eficiência Energética, os quais estão distribuídos por macrotemática no Gráfico 184. Vale ressaltar que um laboratório pode desenvolver projetos de CT&I correlacionados a mais de uma macrotemática.

A macrotemática Indústria apresentou a maior produção científica para o grupo de Eficiência Energética, conforme elucidado anteriormente no tópico de Produção de CT&I. Esse fato pode estar intimamente ligado à quantidade de laboratórios que essa macrotemática possui, explicitando uma relação direta de proporcionalidade entre a produção científica e a infraestrutura de CT&I. Os demais grupos temáticos apresentaram uma tendência similar à produção científica, em que apenas

Sistemas de Iluminação Eficientes apresentou um percentual um pouco menor, se comparado com a produção de CT&I dessa macrotemática.

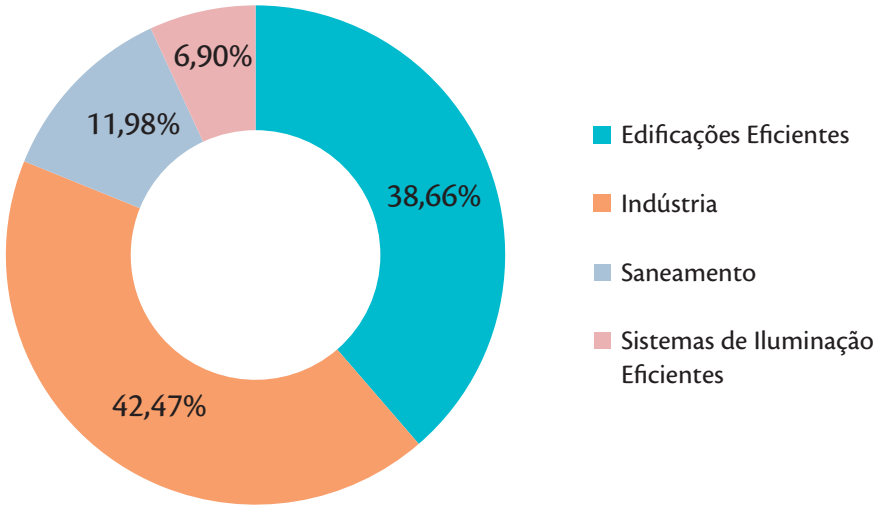


Gráfico 181 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

No tocante à localização geográfica, a Figura 62 mostra a distribuição dos laboratórios de pesquisa levantados por UFs. Como esperado, as regiões Sul e Sudeste concentram a maior parte da infraestrutura de laboratórios, seguindo a tendência apresentada nos outros grupos temáticos.

Exposta a visão macro no que diz respeito à localização dos grupos de pesquisa, é pertinente ilustrar a distribuição por macrotemática em cada estado, conforme ilustrado no Gráfico 182. Observa-se que Indústria e Edificações Eficientes estão presentes em praticamente todos os estados, enquanto que Sistemas de Iluminação Eficientes e Saneamento apresentam menor representatividade.

Embora a produção de CT&I para a macrotemática Saneamento tenha sido a menor, considerando o universo do grupo de Eficiência Energética, o montante de laboratórios de pesquisa não acompanha essa tendência. Tal fato pode ser um indicativo da falta de direcionamento dos laboratórios frente a projetos de CT&I que contemplem essa temática. A macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes apresentou pouca expressividade em praticamente todos os estados, ainda que sua produção de CT&I não acompanhe esse comportamento. Isso pode indicar uma concentração do conhecimento em poucas instituições e seus respectivos laboratórios de pesquisa.

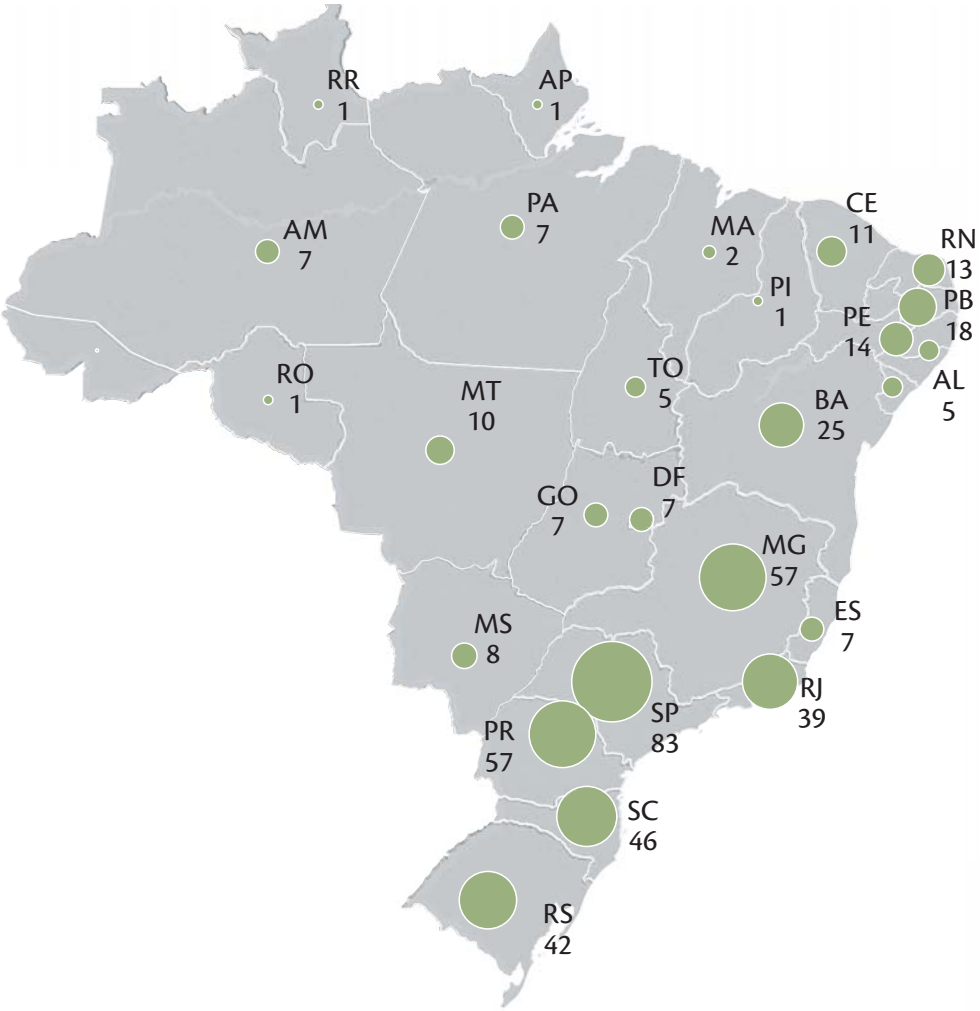
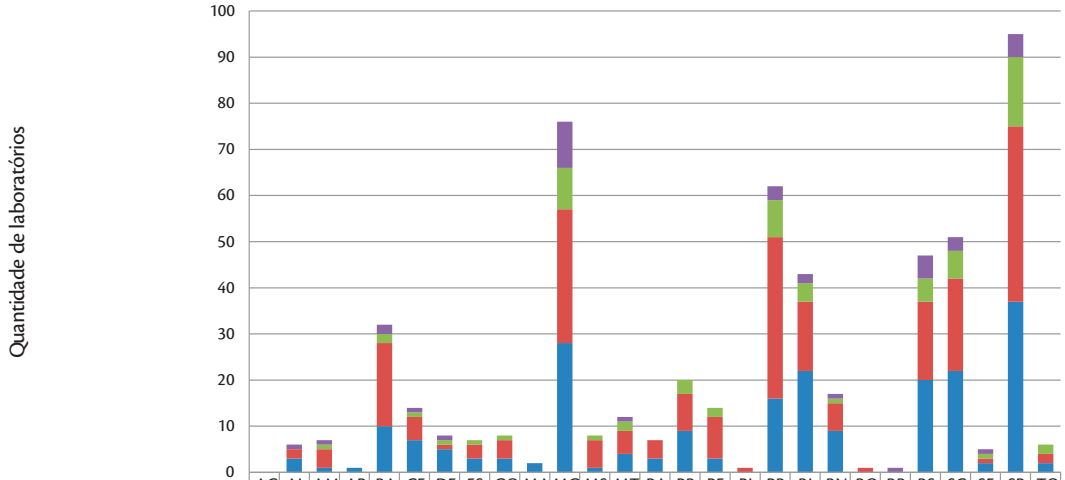


Figura 62 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.



	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
Sistemas de Iluminação Eficientes	0	1	1	0	2	1	1	0	0	0	10	0	1	0	0	0	0	3	2	1	0	1	5	3	1	5	0
Saneamento	0	0	1	0	2	1	1	1	1	0	9	1	2	0	3	2	0	8	4	1	0	0	5	6	1	15	2
Indústria	0	2	4	0	18	5	1	3	4	0	29	6	5	4	8	9	1	35	15	6	1	0	17	20	1	38	2
Edificações Eficientes	0	3	1	1	10	7	5	3	3	2	28	1	4	3	9	3	0	16	22	9	0	0	20	22	2	37	2

Gráfico 182 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Em relação à capacitação técnica dos recursos humanos, o Gráfico 183 elucida a titulação dos pesquisadores para cada macrotemática do grupo de Eficiência Energética. A predominância de doutores é um bom indicativo no que diz respeito à capacitação dos recursos humanos que conduzem as pesquisas nos laboratórios brasileiros. Tal fato permite inferir maior grau de qualificação e capacidade técnica junto às pesquisas dirigidas por esses profissionais.

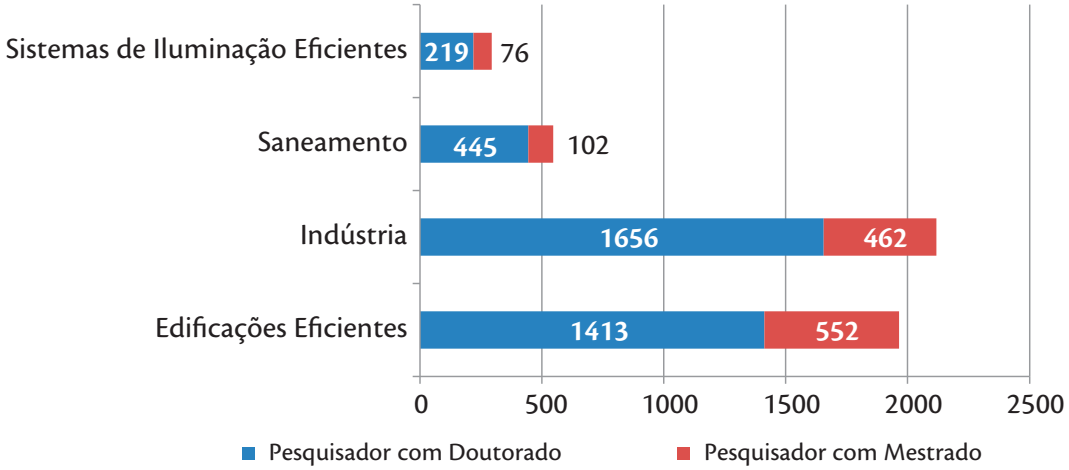


Gráfico 183 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

As informações obtidas por meio da base censitária do DGP permitem que se tenha uma visão macro da infraestrutura de CT&I do setor elétrico. No entanto nem todos os laboratórios ou grupos que tenham pesquisas correlatas ao setor elétrico estão registrados no DGP, existindo, ainda, aqueles que detêm seu cadastro desatualizado na base. Visando um diagnóstico das especificidades e da situação atual dos principais laboratórios de pesquisa do setor elétrico, realizou-se uma pesquisa de campo em todas as regiões brasileiras. As pesquisas constituíram em entrevistas com líderes de instituições e centros que abrigam os grupos de pesquisa proeminentes do setor elétrico.

Por meio dessa pesquisa de campo, foram consultados 285 laboratórios em mais de 100 instituições brasileiras. Os pesquisadores enquadraram suas respectivas linhas de pesquisa nos grupos temáticos em estudo, explicitando as macrotemáticas e as linhas de PD&I que estão em andamento ou podem ser desenvolvidas pelo laboratório. Vale salientar que cada laboratório pode estar correlacionado a mais de uma macrotemática.

A base do DGP não possui campos que categorizem os grupos de pesquisa nem tampouco o estágio da cadeia de inovação em que se encontram. Esses parâmetros foram averiguados na pesquisa de campo, pela qual foi possível traçar um perfil dos laboratórios consultados. O grupo de Eficiência Energética apresenta baixa aderência para laboratórios de ensaios, testes e certificações, enquanto que a maioria dos laboratórios encontra-se na categoria de grupo de estudo, conforme ilustrado no Gráfico 184.

No que diz respeito ao estágio da cadeia de inovação, existem seis subdivisões que podem classificar os laboratórios, são elas: pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, cabeça de série, lote pioneiro e inserção no mercado. O Gráfico 185 explicita que praticamente 80% da infraestrutura de CT&I e dos laboratórios do GT de Eficiência Energética realizam pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental, apresentando, assim, uma atividade ínfima nos demais estágios da cadeia inovativa.

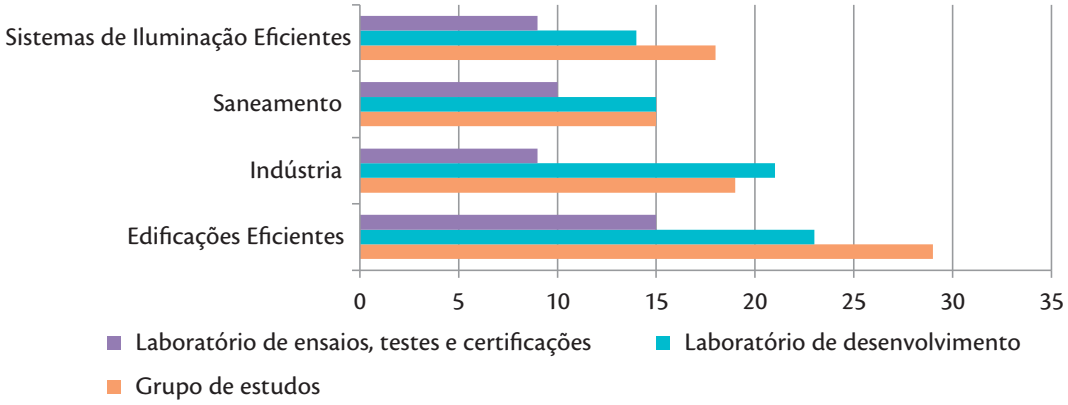


Gráfico 184 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados ao GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

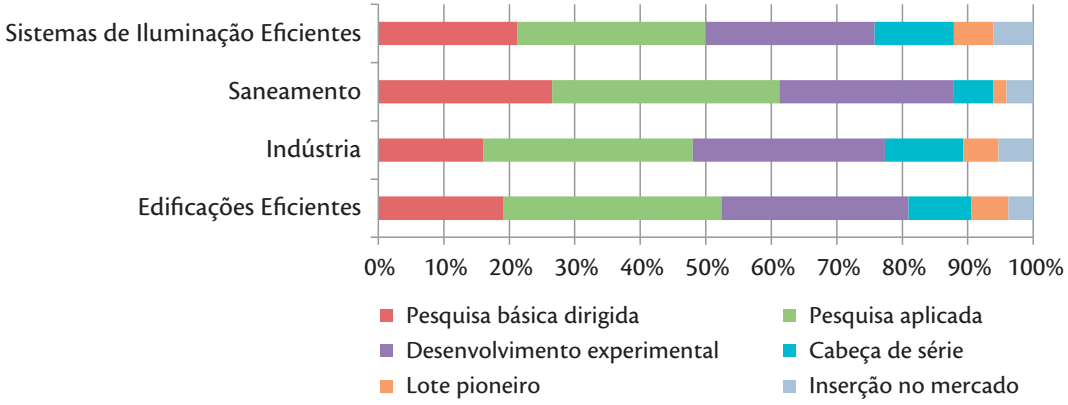


Gráfico 185 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 186 mostra a produção de CT&I vinculada aos laboratórios da base censitária do DGP, explicitando a quantidade de patentes, os periódicos nacionais e periódicos internacionais desenvolvidos por eles. Evidencia-se uma produção de patentes ínfima, fator esse que consolida a constatação obtida pelo Gráfico 185, no qual se observam percentuais ínfimos para inserção no mercado. O desenvolvimento de patentes está intimamente relacionado à cadeia de inovação tecnológica e ao interesse de mercado.

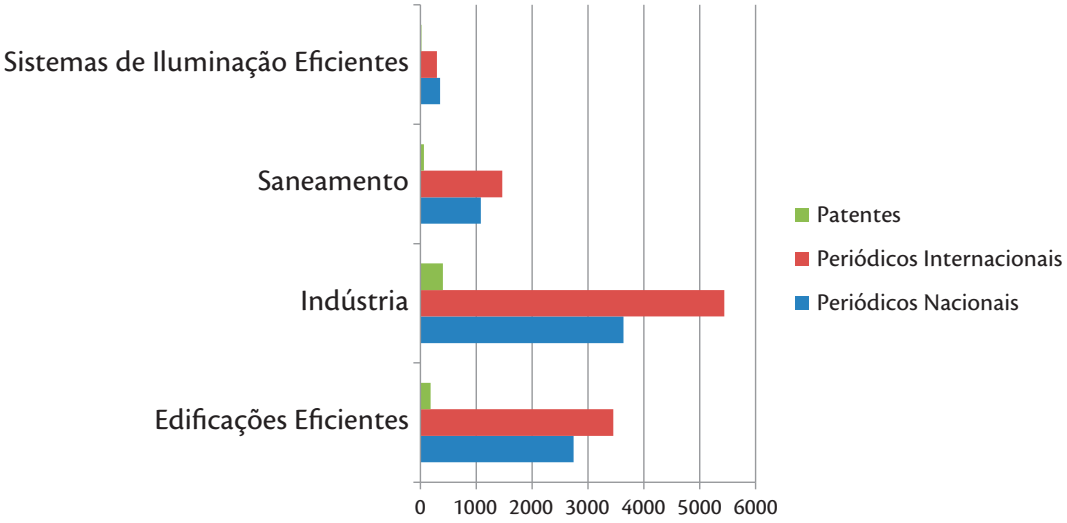


Gráfico 186 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Para que a infraestrutura de CT&I mantenha-se operante e atualizada do ponto de vista tecnológico, é preciso investir tanto em equipamentos quanto em *softwares*. Os valores demonstrados no Gráfico 187 e Gráfico 188 foram levantados a partir dos dados declarados pelos grupos de pesquisa na base do DGP. Ressalta-se o fato de que a base considera apenas valores investidos em equipamentos acima de 100 mil reais, além do fato de que os laboratórios podem optar por não informar tanto o investimento em equipamentos quanto em *software*.

As macrotemáticas Sistema de Iluminação Eficientes e Indústria concentram cerca de 93% e 87% de todo o investimento em equipamentos e *software* respectivamente. Destaca-se, assim, a inobservância do potencial de Sistemas de Iluminação Eficientes e Saneamento como temáticas promissoras no que diz respeito à Eficiência Energética. De nada adianta a macrotemática Sistema de Iluminação Eficientes

possuir uma produção de CT&I razoável se não deter de uma infraestrutura de CT&I adequada para desenvolver tecnologias que vão desde pesquisas básicas até a inserção do mercado propriamente dita.

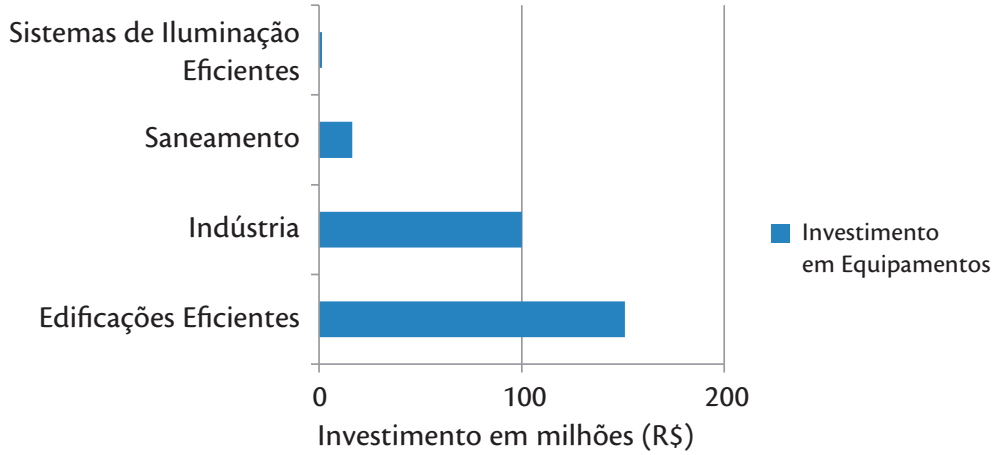


Gráfico 187 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

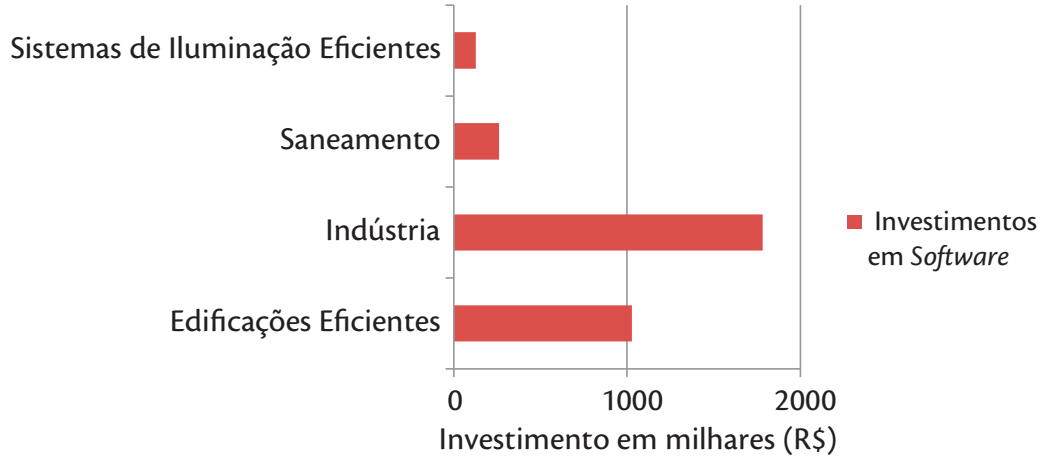


Gráfico 188 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu

No GT Eficiência Energética contabilizou-se um total de 129 Programas de Pós-Graduação (PPGs) que realizam, atualmente, atividade de P&D relativo ao grupo. A Figura 63 a seguir apresenta a distribuição geográfica dos PPGs associados ao grupo temático.

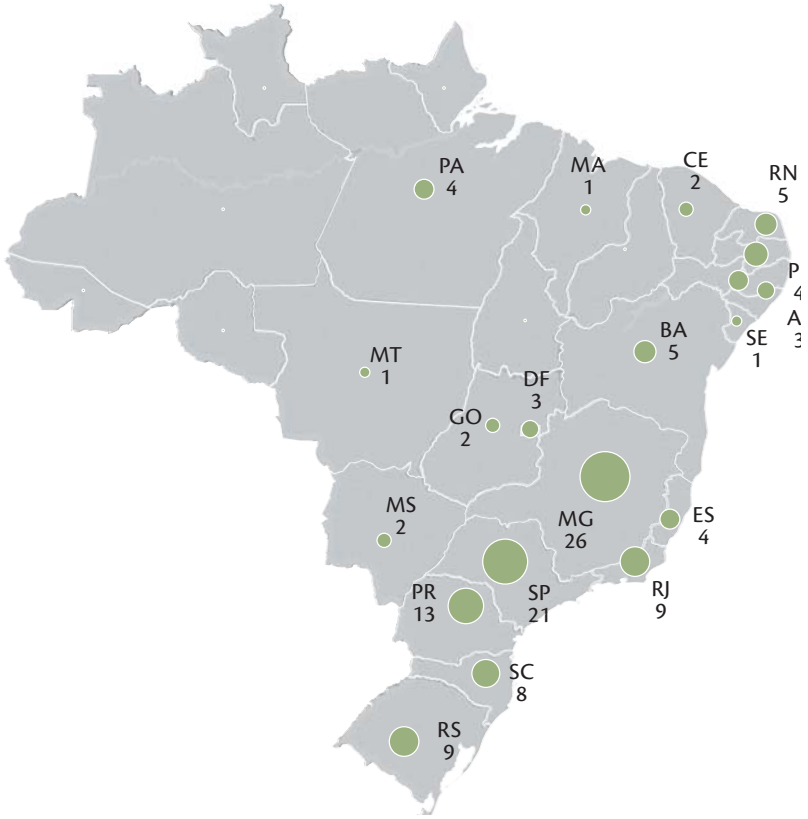


Figura 63 - Distribuição geográfica de Programas de Pós-Graduação do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

O GT Eficiência Energética apresenta uma média de 4 PPGs por UF. O estado de Minas Gerais é o que apresenta o maior número de PPGs associados ao grupo, com um total de 26 programas. Além disso, vale ressaltar que esse número é bem distribuído em várias instituições de ensino distintas, dentre elas a Universidade Federal de Itajubá (Unifei), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG), Centro Federal de Ensino Tecnológico de Minas Gerais (CEFET-MG), Universidade Federal de Viçosa (UFV), entre outras. Em seguida, o estado de São Paulo

apresenta também diversos programas, porém menos distribuídos entre as instituições de ensino do estado. Dentre elas, destacam-se diversos programas presentes nos campi da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade Estadual Paulista (Unesp). Além destas, a Universidade de Campinas (Unicamp) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) destacam-se pelo elevado número de projetos de pesquisa relevantes ao grupo temático. Na região Sul, os destaques são os PPGs de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), com o desenvolvimento de um elevado número de projetos de pesquisa relativos ao grupo temático. Em suma, os PPGs da região Sudeste e Sul representam 70% do total contabilizado no país.

Nas regiões Norte e Centro-Oeste, o número de PPGs associados é proporcionalmente baixo, representando apenas 9% do total do país. Destaca-se, no estado do Pará, a Universidade Federal do Pará (UFPA) com um total de três programas associados. No Distrito Federal, o destaque é a Universidade de Brasília (UnB), com um total também de três programas associados, representado a totalidade dos PPGs contabilizados na UF. Na região Nordeste, o estado da Paraíba apresenta o maior número de PPGs associados. O grande destaque do estado é a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) com elevado número de projetos de pesquisa acerca do grupo temático.

Quando analisado por cada macrotemática, o número de PPGs contabilizados varia consideravelmente. O Gráfico 189, a seguir, apresenta a quantidade associada a cada macrotemática. Vale ressaltar que um mesmo PPG pode estar associado a mais de uma macrotemática. Portanto, a soma dos valores apresentados é maior que o total de PPGs distintos contabilizados para o grupo temático.

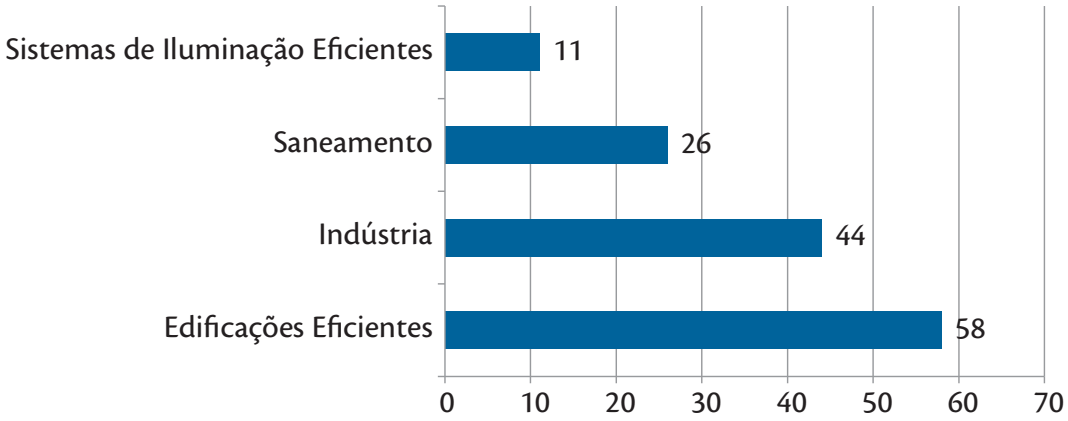


Gráfico 189 - Quantidade de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

A distribuição de PPGs no país varia, significativamente, de acordo com cada macrotemática analisada no grupo temático. Nesse intuito, na Tabela 147 a seguir, são apresentadas as cinco UFs com maior número de PPGs por macrotemática.

Tabela 147 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Eficiência Energética (%)

	1º	2º	3º	4º	5º
Sistemas de Iluminação Eficientes	MG (27)	PB (18)	RJ (18)	ES (9)	MS (9)
Edificações Eficientes	MG (16)	PR (12)	SC (12)	SP (12)	RS (7)
Indústria	MG (27)	SP (23)	PR (9)	BA (7)	ES (5)
Saneamento	SP (19)	MG (12)	PB (12)	PR (12)	RJ (12)

Fonte: elaboração própria.

Como é de se esperar, o estado de Minas Gerais detém o maior número de PPGs nas macrotemáticas com exceção de Saneamento. É interessante notar as proporções significativas de programas do estado da Paraíba nas macrotemáticas Sistemas de Iluminação Eficientes e Saneamento. Também se destaca o estado do Espírito Santo nas macrotemáticas Sistemas de Iluminação Eficientes e Indústria.

O Gráfico 190, a seguir, ordena as cinco áreas de avaliação de maior número de PPGs associados, além de apresentar as respectivas proporções em relação ao total do grupo.

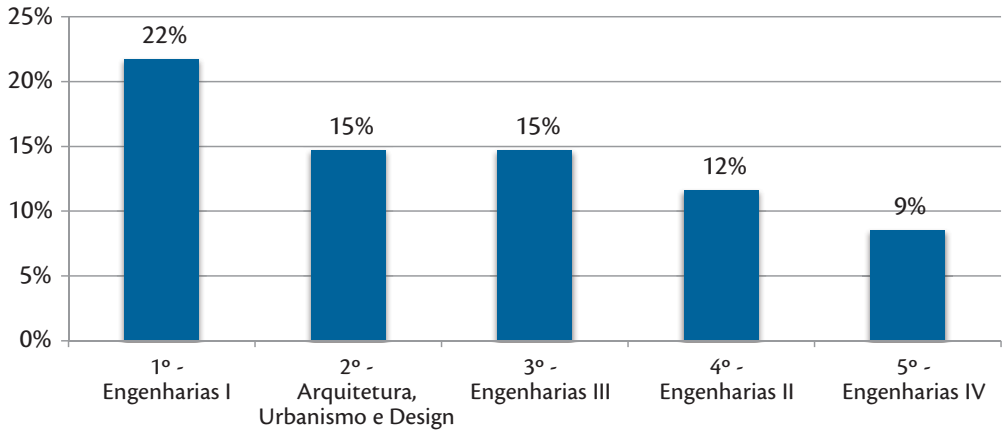


Gráfico 190 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Conforme os dados do gráfico, as cinco áreas de avaliação elencadas totalizam cerca de 73% do total de PPGs do grupo. A de maior destaque é a área Engenharias I, que abrange programas relativos principalmente à Engenharia Civil. Cabe destacar a quantidade significativa de PPGs da área de Arquitetura, Urbanismo e *Design*. Além destas, elencam-se as Engenharias III, II e IV, considerando a ordem das proporções. A área de avaliação Engenharias III abrange programas relativos, principalmente, às Engenharias Mecânica, Mecatrônica e de Energia. Engenharias II abrange programas relativos principalmente às Engenharias Química, Nuclear, de Materiais e Metalúrgica. Por fim, Engenharias IV abrange programas relativos principalmente às Engenharias Elétrica, de Automação e de Sistemas.

Com o intuito de apresentar as áreas de avaliação predominantes em cada macrotemática, a Tabela 148, a seguir, apresenta as cinco áreas de avaliação com maior número de PPGs para cada macrotemática.

Tabela 148 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Eficiência Energética (%)

	1º	2º	3º	4º	5º
Sistemas de Iluminação Eficientes	Engenharias IV (27)	Arquitetura, Urbanismo e Design (18)	Astronomia/ Física (18)	Engenharias I (9)	Química (9)
Edificações Eficientes	Arquitetura, Urbanismo e Design (33)	Engenharias I (22)	C. da Computação (12)	Engenharias III (10)	Engenharias IV (5)
Indústria	Engenharias III (30)	Engenharias II (23)	Interdisciplinar (16)	Engenharias IV (11)	C. Agrárias (5)
Saneamento	Engenharias I (58)	Engenharias II (23)	Engenharias III (8)	Interdisciplinar (8)	C. Ambientais (4)

Fonte: elaboração própria.

Como esperado, predominam-se as áreas de avaliação Arquitetura, Urbanismo e *Design* e Engenharias I na macrotemática Edificações Eficientes. Além dessas áreas, cabe ressaltar, em menor número, os PPGs da área de Engenharias IV, na qual desenvolvem principalmente pesquisa relativa ao uso de sistemas fotovoltaicos em edificações para geração própria de energia elétrica.

O Gráfico 191 apresenta o número de instituições que financiam projetos de pesquisa relativos ao grupo temático. A análise é feita ao distinguir as instituições por categoria e apresentando em quais macrotemáticas há o interesse das instituições financiadoras. O interessante de se ressaltar a natureza das instituições elencadas é que, por exemplo, muitas empresas financiam projetos de pesquisa

com interesses específicos na obtenção de uma nova tecnologia ou capital humano para posterior utilização dos mesmos. De forma distinta, o interesse estratégico do financiamento de instituições de fomento à pesquisa, como Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) ou Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), faz parte de uma política nacional de fomento à atividade de CT&I. É importante ressaltar que os valores apresentados por categorias não somam a mesma quantidade que a soma dos valores apresentados por macrotemática. Isso se deve ao fato de que uma mesma instituição financiadora pode estar associada a mais de uma macrotemática se a mesma estiver financiando projetos em macrotemáticas diferentes. Portanto, a soma dos valores por macrotemática é maior que a soma dos valores por categoria.

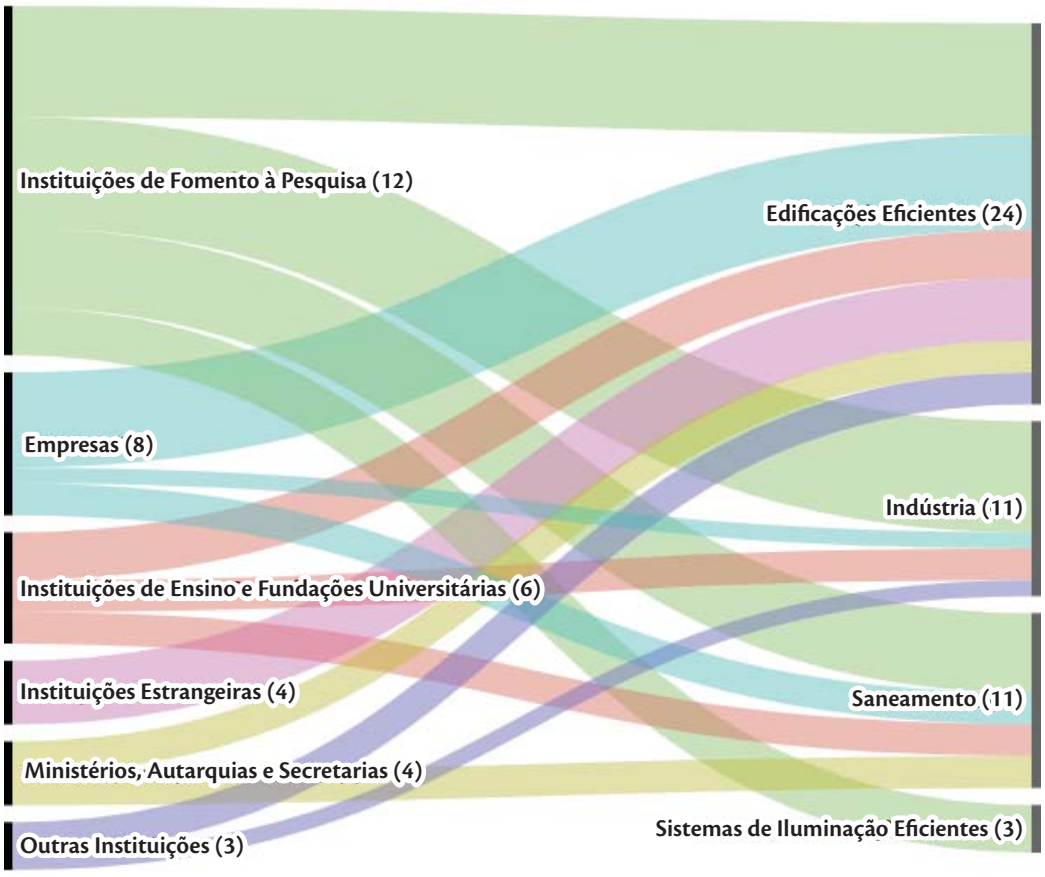


Gráfico 191 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um número consideravelmente maior de instituições financiando projetos relativos à macrotemática Edificações Eficientes. Não somente a quantidade de instituições é relevante, mas também o fato de que há instituições de todas as categorias determinadas. Dentre as empresas elencadas, cabe destacar a Eletrobras S.A. e a Baesa - Energética Barra Grande S.A. Além disso, nota-se que há instituições estrangeiras financiando diretamente projetos de pesquisa nas instituições de ensino relativas a essa macrotemática. São elas: Departamento de Educação dos Estados Unidos da América, Serviço Alemão de Intercâmbio Acadêmico e a Embaixada da República Federal da Alemanha. É importante salientar que empresas e instituições estrangeiras caracterizam-se por financiar um número reduzido de projetos de pesquisa, enquanto que as instituições de fomento à pesquisa e instituições de ensino financiam um número elevado de projetos, majoritariamente por meio de concessão de bolsas de estudos. O total de instituições elencadas é de 37.

Mecanismos de Fomento

Na presente seção, faz-se uma análise acerca de projetos de P&D relativos ao GT Eficiência Energética, financiados por quatro distintas agências de fomento: Aneel, CNPq, Finep e Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES) Funtec. Conforme descrito na metodologia, é importante ressaltar que os projetos analisados do CNPq e Finep são apenas aqueles cujos recursos foram oriundos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). Além disso, os dados obtidos de projetos da Aneel são aqueles cujo data de início compreende-se entre os anos de 2008 e 2016, enquanto que os dos projetos do CNPq e Finep estão entre 2007 e 2015.

A Tabela 149 apresenta as principais estatísticas descritivas dos projetos analisados por cada agência de fomento no período de 2007 a 2016.

Tabela 149 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Eficiência Energética por agência de fomento – 2007-2016

	Aneel	CNPq	Finep	BNDES Funtec
Quantidade de projetos	110	57	24	5
Valor total dos projetos (R$ mil)	227.501,18	7.160,92	66.759,66	48.700,09
Valor médio (R$ mil)	2.068,19	125,63	2.781,65	9.740,02
Valor mínimo (R$ mil)	224,07	11,79	116,88	3.269,09
Quartil inferior dos valores (R$ mil)	871,35	36,09	957,40	3.453,00
Mediana dos valores (R$ mil)	1.414,46	79,93	1.703,72	4.616,79
Quartil superior dos valores (R$ mil)	2.508,65	160,34	4.055,64	12.693,71
Valor máximo (R$ mil)	16.461,31	589,73	11.968,14	24.667,50

Obs.: valores atualizados pelo Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) em 31 dez. 2016.

Fonte: elaboração própria.

Nota-se uma pequena quantidade de projetos e valor total investidos no grupo quando comparado aos outros grupos temáticos. Para fins de comparação, a soma dos valores totais são quatro vezes menor que a soma dos valores totais dos projetos do GT Assuntos Sistêmicos, o segundo grupo com menor valores investidos. Note que, no caso dos projetos no âmbito do Programa de P&D Aneel, a diferença entre o valor máximo e o valor do quartil superior da distribuição não é tão expressiva quanto dos outros grupos. Isso corrobora com o fato de que o valor médio é relativamente próximo do valor mediano.

Os valores dos projetos financiados pelo CNPq são naturalmente baixos quando comparados aos dos projetos das outras agências de fomento. Apesar disso, há uma quantidade considerável de projetos registrados. Por sua vez, há uma menor quantidade de projetos financiados pela Finep em comparação com o CNPq, porém projetos com valores consideravelmente maiores. O valor médio dos projetos financiados pela Finep é quase 10 vezes maior que o valor médio dos projetos financiados pelo CNPq. Destaca-se que há uma proporção consideravelmente maior de projetos desenvolvidos por empresas, por meio do instrumento de subvenção econômica, financiados pela Finep do que pelo CNPq. Este caracteriza-se por financiar projetos quase que, exclusivamente, demandados por universidades e/ou Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação (ICTs).

Finalmente, nota-se que o BNDES Funtec apoiou poucos projetos em relação ao grupo no período. No entanto os projetos têm um valor médio muito alto se comparado com o valor médio dos projetos financiados pelas outras agências de fomento.

Ao analisar os projetos financiados pela Aneel ao longo do período estabelecido, no Gráfico 192, têm-se os seguintes valores.

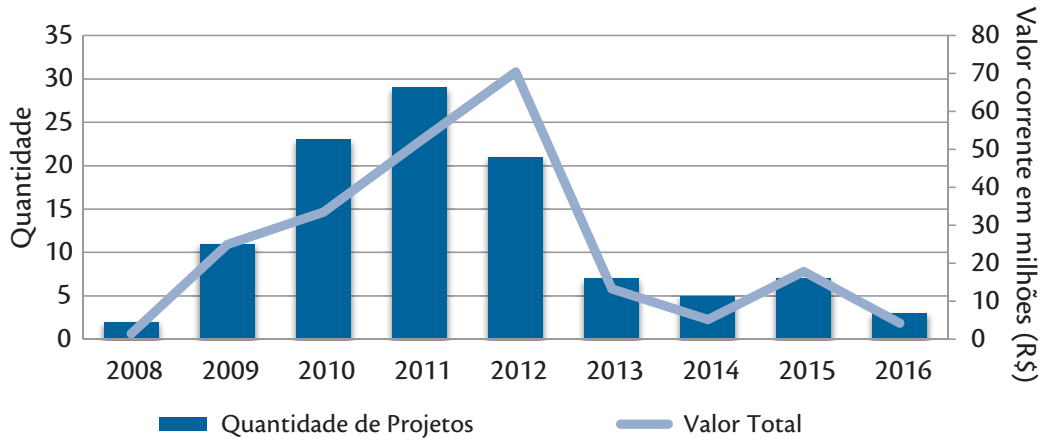


Gráfico 192 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um crescimento tanto do número de projetos quanto do valor total nos anos iniciais do período em análise, seguido de um grande declínio nos anos seguinte. O ano de maior investimento foi o de 2012, com um total de R$70,43 milhões investidos em 21 projetos no ano. Durante os anos de 2013 a 2016, o número de projetos variou entre três e sete projetos por ano.

Em relação aos valores investidos pela Aneel em projetos referentes a cada macrotemática do grupo, têm-se os seguintes valores apresentados no Gráfico 193.

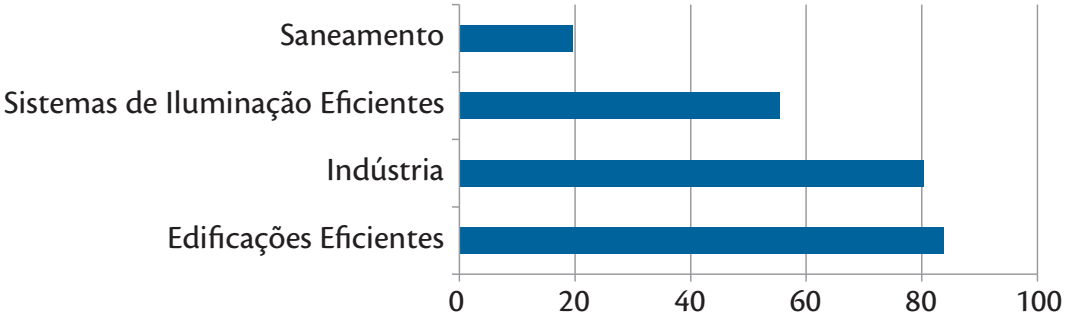


Gráfico 193 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que, para as macrotemáticas Edificações Eficientes e Indústria, o montante investido pela Aneel em projetos foi superior à R$80,00 milhões. Em Saneamento, o investimento foi de aproximadamente R$20,00 milhões, o menor montante do grupo.

Quanto aos dados dos projetos investidos pelo CNPq, no Gráfico 194, têm-se os seguintes valores anuais de quantidade e valor total investido.

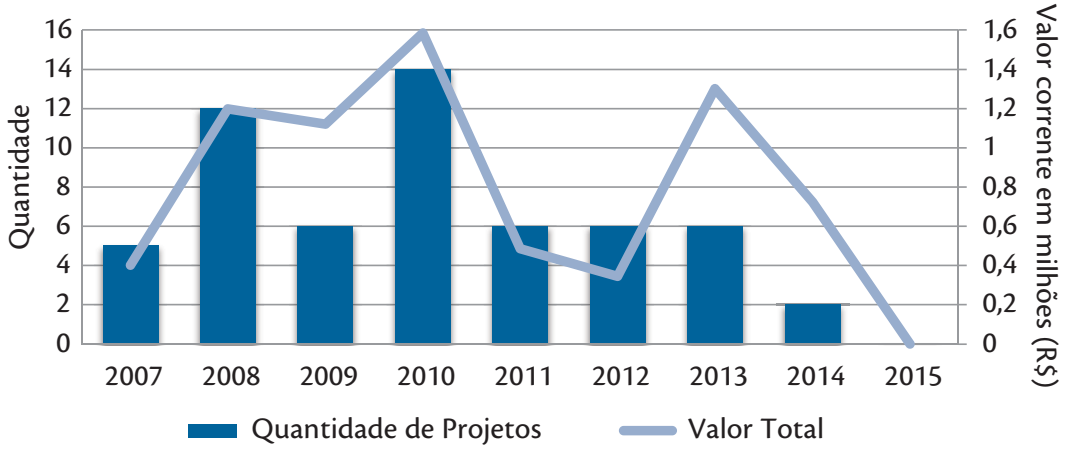


Gráfico 194 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Nota-se pelo gráfico que os valores anuais têm um comportamento cíclico, atingindo valor máximo em 2010 com um valor próximo de R$24 milhões e valor mínimo em 2015, período em que não houve projetos. Quanto ao número de projetos, nota-se uma ciclicidade, mas em menor intensidade do que a volatilidade dos valores.

Em relação aos projetos financiados pelo CNPq referentes às macrotemáticas, no Gráfico 195, têm-se os seguintes valores.

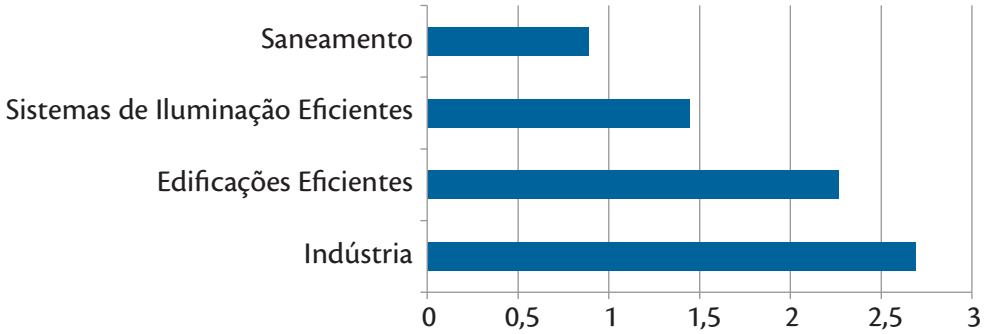


Gráfico 195 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente dos valores dos projetos da Aneel, os projetos do CNPq tiveram maior montante investidos em projetos acerca de Indústria, valor pouco maior que o investido em Edificações Eficientes. O valor investido na macrotemática Saneamento não superou R$1,00 milhão no período.

Quanto aos projetos da Finep, vê-se, na Tabela 149, que foram em menor número, porém com maior montante se comparados aos projetos do CNPq. No Gráfico 196, apresentam-se a quantidade de projetos e valor total por ano.

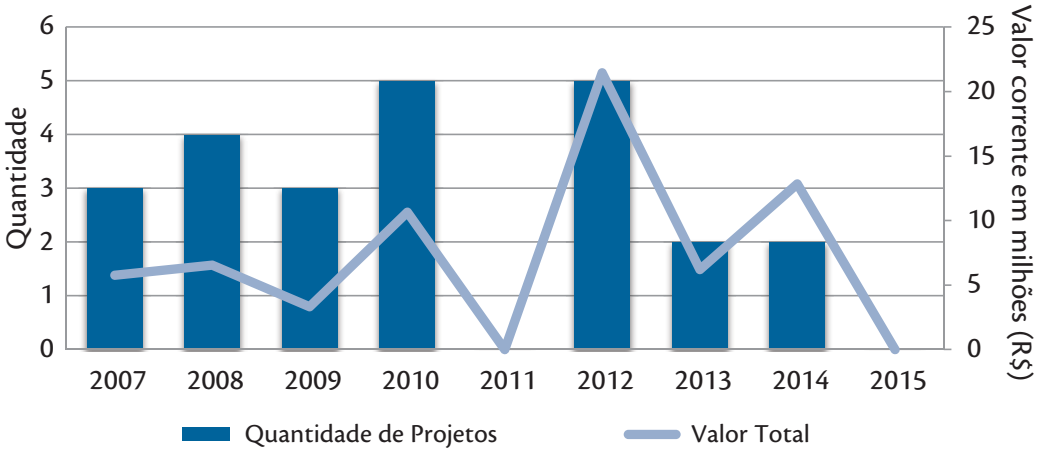


Gráfico 196 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep por ano do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Houve poucos projetos ao longo dos anos, com um máximo de projetos por ano. Em 2012, ocorreu o maior valor investido em projetos, com um total de aproximadamente R$21,4 milhões. Nota-se que, em 2011 e em 2015, não houve projetos.

Os valores por macrotemática dos projetos Finep são apresentados no Gráfico 197.

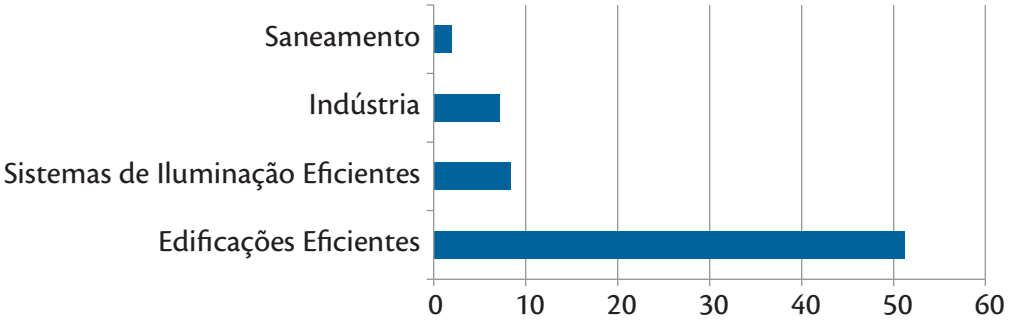


Gráfico 197 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente da Aneel e do CNPq, o investimento em projetos relativos a Edificações Eficientes é bem superior proporcionalmente, superando os R$50,00 milhões. No caso de Saneamento, o investimento foi menor que R$2,00 milhões.

O BNDES Funtec foi a instituição com menor número de projetos. As quantidades e os valores são apresentados no gráfico Gráfico 198.

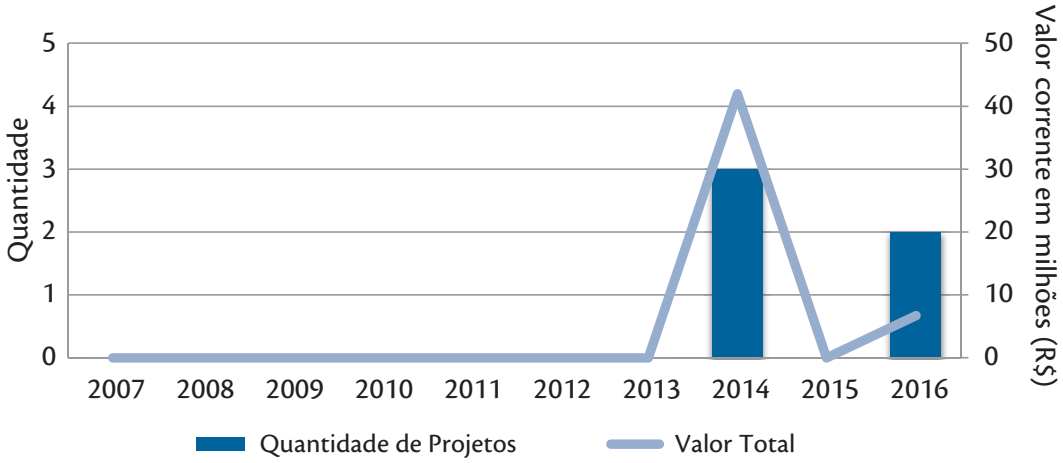


Gráfico 198 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por ano do GT Eficiência Energética

Fonte: elaboração própria.

Apenas em 2014 e 2016, registraram-se projetos relativos ao grupo. Curiosamente, mesmo que a diferença entre o número de projetos entre esses dois anos foi de apenas um projeto, em 2014, o valor total dos projetos foi superior a R$40,00 milhões, enquanto que, em 2016, foi abaixo de R$7,00 milhões.

No Gráfico 199, são apresentados os valores por macrotemática dos projetos BNDES Funtec.

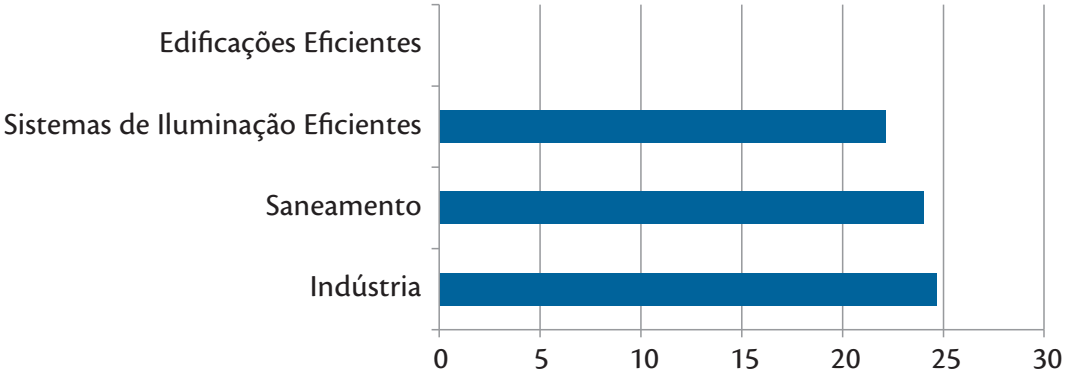


Gráfico 199 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que os valores investidos são pouco menores uns dos outros, com exceção de Edificações Eficientes, que não houve projetos sobre. Curiosamente, essa macrotemática recebeu investimento expressivo pelas outras agências de fomento.

Considerando os projetos das quatro agências de fomento, têm-se, no Gráfico 200, as proporções entre valores investidos por cada agência em cada macrotemática.

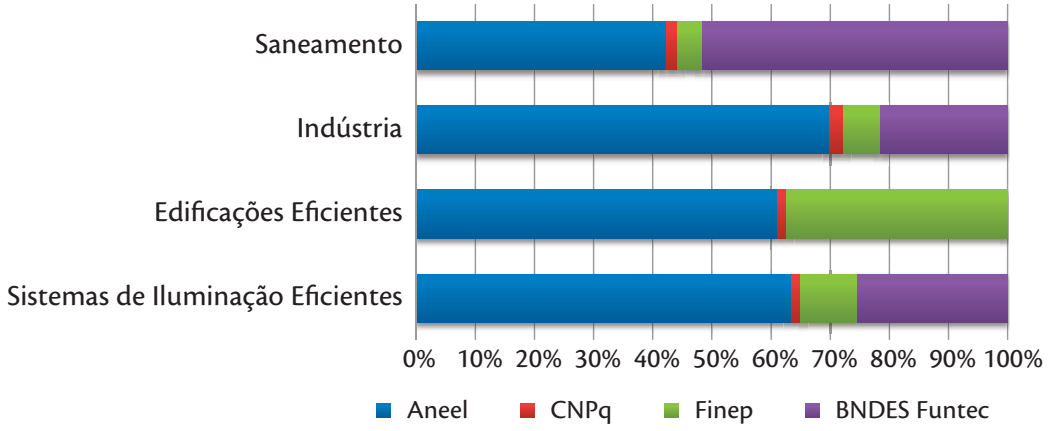


Gráfico 200 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Eficiência Energética e agência de fomento - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

O GT Eficiência Energética é o que possui proporcionalmente menor investimento da Aneel. Como pode ser visto acima, as proporções investidas pela Aneel variam entre 42% e 70% aproximadamente em cada macrotemática. No caso de Saneamento, o BNDES Funtec foi quem investiu maior valor, representando aproximadamente 52% do total da macrotemática. Edificações Eficientes foi a que teve proporcionalmente maior investimento da Finep, com aproximadamente 27% do total investido na macrotemática. Nota-se que o CNPq investiu proporcionalmente pouco em todas as macrotemáticas.

7.3.5. Dimensão de Mercado

A Tabela 150 a seguir apresenta os indicadores da dimensão mercado para o grupo temático. Conforme indica a metodologia, trata-se de indicadores relativos à demanda por tecnologias associadas ao grupo, além da análise do impacto do marco regulatório do setor para o desenvolvimento das mesmas.

Tabela 150 - Indicadores de Dimensão Mercado do GT Eficiência Energética

	Demanda atual no Brasil	Demanda atual no mundo	Demanda futura no Brasil	Demanda futura no mundo	Marco regulatório do SEB
Sistemas de Iluminação Eficientes	3	3	3	3	3
Edificações Eficientes	2	3	3	3	3
Indústria	3	3	3	3	2
Saneamento	3	3	3	3	3

Legenda: Demanda atual/futura no Brasil/Mundo: (1) Inexistente; (2) Baixa demanda; (3) Alta Demanda. **Marco Regulatório do SEB:** (1) Não favorável; (2) Pouco favorável; (3) Favorável; (4) Muito favorável.

Fonte: elaboração própria.

No geral, a demanda por tecnologias associadas ao GT Eficiência Energética é alta, o que configura um mercado bem estabelecido dentro do país para o investimento nessas tecnologias. Apenas para macrotemática Edificações Eficientes, apontou-se baixa demanda atual pelas tecnologias, no Brasil.

No que tange a tecnologias envolvendo a macrotemática Indústria, a demanda alta é consequência do alto dispêndio com energia elétrica das indústrias eletrointensivas, que compõem grande parcela do setor industrial nacional. Ao considerar que o setor industrial é o setor econômico que mais demanda energia elétrica no país, é natural que medidas de redução de consumo sejam consideradas. A eficiência de processos industriais e a redução de custos são altamente relevantes

para a manutenção da competitividade das indústrias. Por exemplo, pode-se notar o grande número de indústrias com tecnologia de cogeração de energia no país atualmente, principalmente indústrias do setor sucroenergético.

Em relação à macrotemática Saneamento, a demanda surge em parte pelo potencial de geração de energia elétrica por gaseificação de resíduos nas estações de tratamento de água e esgoto. Além disso, o setor de saneamento demanda muita energia elétrica para funcionamento de bombas e motores elétricos. A potencial redução de custo com energia gera, naturalmente, uma alta demanda por processos e tecnologias mais eficientes.

O indicador de demanda atual pela tecnologia no mundo exibiu valores altos para todas as quatro macrotemáticas do GT Eficiência Energética. Da mesma forma, essa pontuação caracteriza a existência de um mercado mundial já estabelecido para as tecnologias referentes a essas macrotemáticas. Em relação à demanda futura pela tecnologia, no Brasil e no mundo, há expectativa de um mercado estabelecido nos próximos 10 anos para as tecnologias associadas a todas macrotemáticas do grupo. É natural que haja demanda por medidas de redução de consumo de energia elétrica nos diversos segmentos considerados.

Os valores indicados para o Marco Regulatório do SEB indicam que, em geral, há o entendimento de que há obstáculos significativos à macrotemática Indústria no que compete ao seu desenvolvimento. Essa constatação gera uma emergencial necessidade de modificação da regulamentação relativa a essa macrotemática, *vide* a alta demanda pela mesma. Para o restante das macrotemáticas, apontou-se que o marco regulatório é favorável para o desenvolvimento das mesmas.

7.3.6. Cadeia Produtiva

A partir dos resultados obtidos e apresentado na Tabela 151, pode-se verificar que as macrotemáticas Sistema de Iluminação Eficientes e Indústria apresentam uma cadeia produtiva nacional, ainda, com médio grau de estruturação, porém, para a parte de iluminação, observa-se uma baixa oferta de serviços técnicos que dizem respeito tanto às tecnologias disponíveis quanto ao RH específico para atender à demanda da cadeia. Para as demais macrotemáticas, também existe essa dificuldade quanto aos serviços técnicos, mas um pouco mais amenizada.

Em geral, para as quatro macrotemáticas, as cadeias produtivas apresentam sinergia com outras cadeias produtivas nacionais, quer seja nos insumos utilizados, quer seja nos bens e serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias

produtivas nacionais. Também quanto ao aspecto da logística, as macrotemáticas ainda se mostram com um nível médio de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva, além de apresentarem alta importância em se estabelecer normas e regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva.

As macrotemáticas Edificações Eficientes e Saneamento tiveram resultado melhor do que as demais no quesito de capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional, sendo esse resultado uma capacidade média-alta.

Apenas a macrotemática Edificações Eficientes apresentou disponibilidade, acesso/obtenção dos insumos sem nenhuma restrição ou dificuldade.

Ao olhar para o futuro, as tecnologias envolvidas para a Eficiência Energética na Indústria apresentaram dificuldade maior que as demais macrotemáticas, com dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando o contexto de mercado futuro.

Tabela 151 - Indicadores de cadeia produtiva do GT Eficiência Energética

	Grau de estruturação	Acesso aos insumos	Itens manufaturados	Serviços técnicos	Dificuldade futura	Infraestrutura de logística	Sinergia	Normas	Regulações
Sistemas de Iluminação Eficientes	3	2	2	1	3	2	2	3	3
Edificações Eficientes	2	3	3	2	3	2	2	3	3
Indústria	3	2	2	2	2	2	2	3	3
Saneamento	2	2	3	2	3	2	2	3	3

Legenda: Grau de estruturação: (1) grau de estruturação inexistente da cadeia produtiva nacional; (2) baixo grau de estruturação da cadeia produtiva nacional; (3) médio grau de estruturação da cadeia produtiva nacional; (4) alto grau de estruturação da cadeia produtiva nacional. **Acesso aos insumos**: (1) não há disponibilidade de insumos em território nacional para atender às necessidades atuais da cadeia produtiva; (2) existe disponibilidade de insumos, mas seu acesso/obtenção é difícil; (3) existe disponibilidade de insumos e seu acesso/obtenção é fácil. **Itens manufaturados**: (1) baixa capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (2) média capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (3) média-alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional; (4) alta capacidade de fornecimento de itens manufaturados da cadeia produtiva nacional. **Serviços técnicos**: (1) baixo nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (2) médio nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional; (3) alto nível de oferta de serviços técnicos (RH e tecnologias

de serviços e operações) dedicados à cadeia produtiva nacional. **Dificuldade futura**: (1) alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva, considerando o contexto de mercado futuro; (2) média-alta dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando o contexto de mercado futuro; (3) média-baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando o contexto de mercado futuro; (4) baixa dificuldade para se estabelecer uma cadeia produtiva considerando o contexto de mercado futuro. **Infraestrutura de logística**: (1) baixo nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (2) médio nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva; (3) alto nível de desenvolvimento da infraestrutura de logística no Brasil para atender à cadeia produtiva. **Sinergia**: (1) não existem sinergias com outras cadeias produtivas nacionais, pois os insumos, bens e serviços são muito específicos à cadeia produtiva; (2) existe sinergia com outras cadeias produtivas nacionais, quer seja nos insumos utilizados, quer seja nos bens e serviços ofertados, mas ainda há especificidades da cadeia que são relevantes e dificultam a sua sinergia com outras cadeias produtivas nacionais; (3) existem sinergias relevantes com outras cadeias produtivas nacionais, pois os materiais, bens e serviços utilizados não são específicos à cadeia produtiva. **Normas**: (1) baixa importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) média importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) alta importância de se estabelecerem normas específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local. **Regulações**: (1) baixa importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (2) média importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local; (3) alta importância de se estabelecerem regulações específicas para o desenvolvimento da cadeia produtiva local.

Fonte: elaboração própria.

7.3.7. Planejamento Estratégico

Os indicadores de política de médio e longo prazos estão elucidados na Tabela 152, os quais apresentam as perspectivas apontadas pelos representantes da governança do setor elétrico, como o Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE, Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), Aneel e Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

As macrotemáticas Sistemas de Iluminação Eficientes e Edificações Eficientes apresentam, segundo os representantes da governança do setor elétrico, uma perspectiva de médio prazo mediana, enquanto que, em longo prazo, esta concepção se apresenta com alta prioridade.

A indústria é um dos principais consumidores de energia elétrica, sendo um dos setores prioritários que busca por eficiência energética em suas atividades, com o intuito de, por exemplo, reduzir custos operacionais da produção de modo geral. Somado a isso, existem, ainda, incentivos por parte do governo que direcionam a aplicação de recursos que desenvolvam dispositivos ou mecanismos que otimizem o uso da energia elétrica no setor industrial, como, por exemplo, o art. 5º da Lei nº 9.991/2000. Sendo assim, existe uma alta prioridade para a macrotemática Indústria tanto a médio quanto a longo prazo no âmbito da eficiência energética.

Há uma perspectiva diminuta de desenvolvimento a médio prazo para Saneamento, embora se tenha um elevado potencial energético intrínseco a essa macrotemática. Nesse sentido, a estrutura de CT&I, ainda, está sendo amadurecida para o desenvolvimento de tecnologias que permitam explorar ao máximo os recursos existentes, como, por exemplo, a otimização de processos e métodos de sistemas de água e esgoto para que se atinja um patamar de eficiência satisfatório do ponto do vista operacional. No entanto espera-se que, a longo prazo, as tecnologias correlatas a Saneamento tenham se desenvolvido a ponto de superar as barreiras encontradas na atualidade.

Tabela 152 - Priorização das macrotemáticas do GT Eficiência Energética no contexto do planejamento estratégico

	Política de médio prazo (2026)	Política de longo prazo (2050)
Sistemas de Iluminação Eficientes	Média prioridade	Alta prioridade
Edificações Eficientes	Média prioridade	Alta prioridade
Indústria	Alta prioridade	Alta prioridade
Saneamento	Média prioridade	Alta prioridade

Fonte: elaboração própria.

7.4. Matriz de análise

Conforme mencionado no capítulo metodológico, serão apresentados, neste item, os pontos fortes e fracos além dos desafios e das oportunidade observados em cada macrotemática do grupo Armazenamento de Energia.

7.4.1. Sistemas de Iluminação Eficientes

O comprometimento da energia elétrica com a iluminação dos setores básicos da sociedade como o residencial, o comercial e o público, é por volta de 24%[33], o que tornam as ações de Eficiência Energética nessa macrotemática indispensáveis à conservação da eletricidade. Uso de tecnologias de

33 Foram considerados os dados brutos do Balanço Energético Nacional 2017, relativos ao consumo de eletricidade pelos setores público, comercial e residencial, incluindo o consumo de forma geral (iluminação e outros pontos de consumo).

iluminação eficientes impacta diretamente na produção e conservação de eletricidade na matriz e, por conseguinte, na mitigação dos impactos ao meio ambiente. O desenvolvimento dessas tecnologias emerge como promotores das questões sociais, CT&I e Indústria o que faz dessa macrotemática um segmento estratégico para o planejamento energético e para o mercado (ver Tabela 153).

Como resultado das diretrizes de planejamento, observa-se elevado esforço por parte da CT&I e do setor elétrico em desenvolver e implantar as tecnologias de iluminação eficiente. Por outro lado, a inserção de novas tecnologias no mercado depende de investimentos na infraestrutura de CT&I, RH e cadeia produtiva. De forma geral, os desenvolvimentos nesse contexto precisam focar na competitividade da tecnologia, mitigando os custos de fabricação, operação e manutenção.

Tabela 153 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes

Pontos fracos	Pontos fortes
Patentes – das 98 patentes depositadas no Brasil, apenas 2 são de depositantes residentes no Brasil. Menos de 10% dessas patentes possui famílias fortes (baixa propensão de inserção no mercado).	**Dimensão Ambiental** – sem impacto à qualidade do ar e da água, sem impacto às questões relacionadas à temperatura local.
RH – 42% do RH do universo do grupo de Eficiência Energética desenvolve atividades nessa macrotemática. Comparativamente às demais mecrotemáticas, o RH dessa área apresentam o menor nível de colaboração nos trabalhos.	**Dimensão Social** – projeta-se elevada geração de empregos em elevada qualificação.
Projetos Aneel – 85% dos projetos são classificados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Praticamente, não há projetos com inserção no mercado (inovação).	**Produção científica** – mais de 19% das publicações nacionais dizem respeito à macrotemática Iluminação Eficiente e elevada tendência de aumento da produção intelectual.
Estrutura de CT&I – do grupo, menos que 7% da infraestrutura de CT&I no país desenvolve pesquisa no universo dessa macrotemática. Menos de 10% desses laboratórios desenvolvem projetos no contexto da fase inserção no mercado, da cadeia de inovação. O menor investimento em ativos de laboratórios é atribuído a essa macrotemática. Há poucos cursos de pós-graduação ativos no país, nessa área. Apenas as instituições de fomento e pesquisa trabalham com financiamentos nessa área.	**Produção complementar** – 37% dos trabalhos apresentados nos eventos do Setor Elétrico Brasileiro dizem respeito à macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes.
	Projetos Aneel – mais de 27% dos projetos realizados no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel dizem respeito a essa macrotemática.
	Estratégico – elevada prioridade a longo prazo.
	Mercado – elevada demanda futura pela macrotemática.

Desafios	Oportunidades
Regulação – melhorar a regulação de mercado.	Elaborar regulações favoreçam as novas tecnologias.
Competência nacional – integrar as competências com foco no desenvolvimento tecnológico e de mercado (integração estratégica).	Construir uma rede de conhecimento e desenvolvimento voltada à consolidação das tecnologias nacionais no mercado externo (para se alcançar o mercado externo, precisa-se alcançar a excelência tecnológica).
Estrutura física de CT&I – ampliar os grupos (centro de pesquisas, laboratórios) dedicados ao desenvolvimento tecnológico do segmento Energia Eólica.	Oportunizar a criação de grupos de excelência nacionais, devidamente integrados, coordenados e focados nas questões do mercado nacional e internacional (melhor tecnologia).
Estrutura de fomento à CT&I – ampliar as ações de fomento.	Novos canais de fomento para garantir a continuidade dos incentivos à P&D.
Infraestrutura – desenvolver estruturas de testes.	Desenvolvimento de laboratórios de teste de equipamentos.
Cadeia produtiva – aumentar a capacidade de produção e de se diversificar.	Oportunidade de se modernizar com foco no desenvolvimento de uma cadeia produtiva preparada para a engenharia reversa.
Mercado – mitigar a incerteza de mercado, para que haja investimentos assegurados.	Ampliar o mercado de Sistemas de Iluminação Eficiente.
Obstáculos tecnológicos – redução dos custos de fabricação e logística.	

Fonte: elaboração própria.

7.4.2. Edificações Eficientes

O foco da P&D, nesse contexto, diz respeito a desenvolver estratégias que tornem as edificações energeticamente sustentáveis, mantendo as condições adequadas de conforto, além do desenvolvimento da autoprodução *in loco* de energia elétrica. O desafio dessa meta está em otimizar os custos de fabricação das tecnologias, de implantação, de operação e de manutenção, além de garantir a confiabilidade dos sistemas envolvidos.

Se considerada a possiblidade do montante de energia a ser conservada, bem como a emissão de particulados evitada, essa macrotemática apresenta elevada prioridade a longo prazo, no planejamento estratégico (ver Tabela 154). O desenvolvimento das tecnologias envolvidas não só contribuirá com a manutenção do meio ambiente, como trará expectativas socioeconômicas promissoras. A CT&I nacional, em parceria com o setor elétrico, está empenhada em desenvolver novas tecnologias e

metodologias de ações de eficiência energética nesse contexto. Contudo, ainda, é necessário ampliar a infraestrutura de CT&I, elevar os investimentos nessa área, desenvolver a cadeia produtiva dedicada e criar as normas e diretrizes que incentivem os investimentos no setor.

Tabela 154 - Matriz de análise da macrotemática Edificações Eficientes

Pontos fracos	Pontos fortes
Projetos Aneel – mais de 85% dos projetos são classificados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Não há projetos caracterizados como inserção no mercado.	Dimensão Ambiental – impacto positivo ao meio ambiente.
Patentes – do montante de 181 patentes depositadas no Brasil, apenas 14 são de depositantes residentes no Brasil.	Dimensão Social – expectativa média a alta geração de empregos diretos e indiretos que demandem graduação e/ou especialização, além de elevados salários.
Infraestrutura de CT&I – menos de 5% dos laboratórios disponíveis para essa macrotemática realizam pesquisas na fase de inserção no mercado, da cadeia de inovação.	Produção científica nacional – mais de 36% das publicações nacionais relativas a esse grupo dizem respeito a Edificações Eficientes. Elevada tendência de aumento das publicações confirmada nesse período.
	Produção complementar – mais de 24% dos trabalhos apresentados em eventos do setor elétrico dizem respeito a Edificações Inteligentes.
	Projetos Aneel – mais de 29% dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, no contexto do grupo Eficiência Energética, dizem respeito a essa macrotemática.
	Patentes – mais de 30% das patentes pertencem a famílias fortes.
	RH – 22% do RH do grupo Eficiência Energética desenvolve trabalhos nessa macrotemática. O RH possui excelente qualificação técnica (mestres e doutores, maior que 90%). Comparativamente às demais macrotemáticas, o nível de colaboração entre pesquisadores é mediano.
	Infraestrutura de CT&I – quase 39% da infraestrutura de laboratórios dedicada a esse grupo diz respeito à macrotemática Edificações Eficientes. Possui, dentre as outras macrotemáticas, os maiores valores de investimentos em laboratórios. Apresenta a maior quantidade de cursos de pós-graduação, dentre as outras macrotemáticas. Possui o maior foco das instituições de fomento tecnológico.
	Dimensão mercado – elevada demanda futura pela macrotemática.
	Planejamento estratégico – elevada prioridade a longo prazo.

Desafios	Oportunidades
Regulação – estabelecer um quadro regulatório.	Oportunizará a penetração da tecnologia no mercado e os benefícios da sua aplicação.
Estrutura física de CT&I – criar massa crítica nas instituições nacionais e articular uma integração eficiente entre elas.	Favorece a P&D e a aplicação da tecnologia no BR.
Estrutura de fomento à CT&I – ampliar os incentivos fiscais para a penetração da tecnologia no mercado de energia	Possibilitar o desenvolvimento da tecnologia nacional com foco na melhoria do ambiente e na economia de energia elétrica.
Infraestrutura – desenvolvimento de plataforma de testes. Ampliar e diversificar a rede de laboratórios	Despertar de vez o interesse comercial pela tecnologia.
Cadeia produtiva – criação de uma cadeia nacional. Formatação de parcerias com a cadeia produtiva internacional.	Oportunizaria a tropicalização de parte da cadeia produtiva e fomentaria a abertura de novos segmentos industriais no Brasil (fabricante nacionais).
Obstáculos tecnológicos – desenvolvimento de tecnologia nacional e desenvolvimento de tecnologias para tropicalização dos sistemas inteligentes de edificações.	Disponibilidade de soluções e aplicações para a conservação de energia elétrica.
	Formação de massa crítica, desenvolvimento da cadeia nacional de tecnologias e produção.

Fonte: elaboração própria.

7.4.3. Indústria

Segundo publicado em EPE 2050, é projetado para o setor industrial brasileiro o montante de 15,3% de energia conservada prevista para o ano de 2050, o que equivale a 115 TWh. Considerando esse cenário, os impactos das ações de eficiência sobre o meio e a sociedade serão claramente expressivos. A previsão de economia de energia elétrica para 2050 corresponde a aproximadamente 55% da demanda atual do setor industrial, montante equivalente à produção de eletricidade de uma usina com capacidade de 10 GW de potência, cerca de 80% da capacidade da usina de Itaipu. O reflexo desses efeitos ao meio ambiente é garantidamente positivo e, no contexto social, o desenvolvimento de novas tecnologias com foco nas ações de eficiência energética exigirá maior capacidade produtiva e mão de obra especializada.

O país dispõe de RH e de estrutura de CT&I para desenvolver tecnologias e métodos de promoção de ações de eficiência energética (ver Tabela 155). As pesquisas nessa macrotemática tem tido foco no contexto da cogeração e trigeração, geração distribuída, aprimoramento de processos, sistemas de controle, operação e manutenção, uso de resíduos na autoprodução de eletricidade, além da mudança

de cultura no ambiente industrial. O setor elétrico vem contribuído com o desenvolvimento dessa macrotemática por meio de projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel e pelos desenvolvimentos tecnológicos.

É compreendido que existem barreiras tecnológicas, comerciais, institucionais, tarifárias, dentre outras, que podem inibir o cumprimento do patamar projetado. Nesse sentido, entende-se que é necessário desenvolver mecanismos que possam estimular ou induzir ações de eficiência energética no uso da energia industrial por meio de diretrizes e normas que contabilizem novos modelos governamentais de incentivo à eficiência, mecanismos de fomento e por meio da disponibilidade da CT&I e indústria de tecnologias para a eficiência enérgica, por exemplos.

Tabela 155 - Matriz de análise da macrotemática Indústria

Pontos fracos	Pontos fortes
Projetos Aneel – a maior parte dos projetos são classificados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. Não há projetos desenvolvidos para o mercado.	Dimensão Ambiental – impacto positivo ao meio ambiente.
Patentes – 7% das patentes depositadas no Brasil são de depositantes brasileiros. Apenas 10% das patentes pertencem a famílias fortes.	Dimensão Social – previsão de média a alta geração de empregos, com elevada qualificação.
Infraestrutura de CT&I – menos de 10% dos laboratórios tem competência para colocarem suas pesquisas em forma de produtos no mercado.	Produção científica nacional – mais de 45% da produção relativa ao grupo Eficiência Energética dizem respeito à macrotemática. Elevada tendência de publicações científicas.
	Produção complementar – 35% das publicações apresentadas em eventos do setor elétrico, no contexto do grupo Eficiência Energética, dizem respeito a essa macrotemática.
	Projetos Aneel – 34% dos trabalhos realizados no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel dizem respeito à macrotemática Indústria.
	Patentes – dentre as macrotemáticas do grupo Eficiência Energética, Indústria possui o maior número de patentes depositadas no Brasil (mais de 65%).
	RH – 29% do RH que desenvolve trabalhos no grupo Eficiência Energética são da macrotemática Indústria. 60% dos profissionais possuem doutorado, 25% mestrado e os demais são especialistas, possuem graduação ou são técnicos. Dentre as macrotemáticas desse grupo, os pesquisadores que desenvolvem trabalhos nessa macrotemática apresentam o maior nível de colaboração em trabalhos.

Pontos fracos	Pontos fortes
	Infraestrutura de CT&I – mais de 42% dos laboratórios que desenvolvem trabalhos para o grupo eficiência podem realizar pesquisas para essa macrotemática. No respectivo grupo, os investimentos em ativos de indústria são considerados medianos. Essa macrotemática apresenta a segunda maior frequência de cursos de pós-graduação do grupo Eficiência Energética. Além disso, ele é o segundo foco das instituições de fomento.
	Dimensão de Mercado – elevada demanda futura.
	Planejamento estratégico – elevada prioridade a médio e longo prazos.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – estabelecer um quadro regulatório específico com foco na inovação.	Oportunizaria a penetração da tecnologia no mercado e os benefícios da sua aplicação.
Competência nacional – formar profissionais voltados às ações de eficiência em toda a cadeia industrial.	Favoreceria a P&D e a aplicação da tecnologia de cogeração na indústria.
Estrutura física de CT&I – criar massa crítica nas instituições nacionais e articular uma integração eficiente entre elas.	Possibilitaria o desenvolvimento da tecnologia nacional com foco nas questões de mercado.
Estrutura de fomento à CT&I – ampliar os incentivos fiscais para penetração das tecnologias que conduzem à eficiência energética na indústria.	Elevaria o interesse comercial pelas tecnologias para as ações de eficiência energética na indústria.
Infraestrutura – desenvolvimento de plataforma de testes demonstrativa.	Mitigaria as incertezas atribuídas aos processos de desenvolvimento dos produtos.
Cadeia produtiva – criação de uma cadeia nacional. Formatação de parcerias com a cadeia produtiva internacional. Criação de mais Empresas de Serviços de Conservação de Energia (Escos).	Oportunizaria a tropicalização de parte da cadeia produtiva e fomentaria a abertura de novos segmentos industriais no Brasil (fabricante nacionais).
Mercado – ampliar.	Disponibilizaria soluções e aplicações da cogeração e trigerações para a indústria.
Obstáculos tecnológicos – desenvolvimento de tecnologia nacional e desenvolvimento de tecnologias para tropicalização de elementos ainda com baixo grau de maturidade no Brasil.	Haveria formação de massa crítica, desenvolvimento da cadeia nacional de tecnologias e produção.

Fonte: elaboração própria.

7.4.4. Saneamento

Os serviços de água e esgoto compreendem um mercado maduro e com elevado impacto na matriz elétrica brasileira. A busca por processos e tecnologias inovadoras devem, portanto, fazer parte da dinâmica desse setor. Os serviços de saneamento são a base de um sistema social saudável e, por isso, possuem prioridade no planejamento energético nacional (ver Tabela 149). A área de saneamento básico envolve elevados investimentos financeiros para a implantação de tecnologias e sua exploração (operação e manutenção – O&M), como as instalações pressurizadas para a distribuição de água e evacuação de efluentes. Normalmente, os custos de O&M que envolvem sistemas de água e esgoto são maiores que os custos de implantação desses sistemas (GOMES, 2009). Nesse sentido, a CT&I nacional tem dedicado esforços no desenvolvimento ou aprimoramento de tecnologias voltadas ao reúso dos efluentes industriais e domiciliar, aproveitamento de águas pluviais, desenvolvimento de normas e padrões de saneamento, metrologia avançada, tecnologias de tratamento e bombeamento da água e esgoto e tecnologias e métodos de O&M e monitoramento.

Embora, haja dedicação para o desenvolvimento dos respectivos temas, o país precisa ampliar a sua massa crítica, bem como a estrutura de CT&I e cadeia produtiva dedicados à macrotemática, além de elevar os subsídios para mitigação dos custos dos insumos energéticos necessários à manutenção dos sistemas de saneamento e desenvolvimento de ações de eficiência energética.

Tabela 156 - Matriz de análise da macrotemática Saneamento

Pontos fracos	Pontos fortes
Produção científica nacional – considerada baixa (9%), considerando a produção dedicada às demais macrotemáticas.	Dimensão Ambiental – sem impacto.
Produção complementar – 3,3% dos trabalhos do grupo Eficiência Energética apresentados nos eventos do setor dizem respeito a essa macrotemática	Dimensão Social – média geração de empregos com média remuneração de elevada qualificação.
Projetos Aneel – dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel, no contexto do grupo Eficiência Energética, apenas 8,5% dizem respeito a essa macrotemática. Na maioria, são classificados como pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental (não há alcance de mercado).	Produção científica nacional – baixa tendência de crescimento das publicações.
Patentes – das patentes dedicadas ao saneamento, apenas 16% são patentes depositadas por residentes no Brasil. 10% das famílias de patentes são consideradas fortes.	Patentes – comparativamente às demais macrotemáticas do grupo Eficiência Energética, Saneamento apresenta a segunda maior quantidade de patentes depositadas no Brasil (622 patentes –26%).

Pontos fracos	Pontos fortes
RH – no contexto do grupo Eficiência Energética, o RH que realiza trabalhos no âmbito dessa macrotemática corresponde a 7%.	RH – mais de 60% de doutores e 30% de mestres atuando nessa área. Comparativamente às demais macrotemáticas, apresenta baixa colaboração entre especialistas para realização de trabalhos científicos.
Infraestrutura de CT&I – dos laboratórios que desenvolvem trabalhos no contexto do grupo Eficiência Energética, apenas 12% são dedicados aa saneamento. Menos de 5% dos laboratórios dedicados a essa área desenvolvem tecnologias para o mercado (participam da fase inserção no mercado, da cadeia de inovação). Apresenta baixo investimento em ativos, em comparação às demais macrotemáticas. Apenas 26 programas de pós-graduação ativos no Brasil. 3º foco das instituições de financiamento de projetos.	Mercado – elevada demanda futura.
	Planejamento estratégico – elevada prioridade no logo prazo.
Desafios	**Oportunidades**
Regulação – criar regulações voltadas às ações de Eficiência Energética no segmento de saneamento.	Desenvolver políticas e diretrizes para o desenvolvimento de ações de eficiência energética nessa área.
Competência nacional – ampliar a competência nacional a outros centros de pesquisa e laboratórios.	Desenvolver RH e tecnologias dedicadas à macrotemática saneamento, no contexto do grupo.
Estrutura física de CT&I – ampliar a estrutura física de CT&I.	Oportunizar a criação de centros de pesquisas e principalmente de centro de testes tanto em escala laboratorial quanto em escala de protótipo.
Estrutura de fomento a CT&I – estender as ações de fomento. Elevar os subsídios para mitigação dos custos dos insumos energéticos necessários à manutenção dos sistemas de saneamento e desenvolvimento de ações de eficiência energética.	Fomentar as atividades de campo, que são primordiais ao desenvolvimento das tecnologias.
	Desenvolvimento de práticas e tecnologias de infraestrutura de testes das tecnologias.
Cadeia produtiva – formação de parte da cadeia produtiva e adequação da existente.	Geração de competência técnica e de estrutura de desenvolvimento.
Mercado – fomentar o mercado de energia dos oceanos.	Ampliar a competitividade tecnológica e de mercado no segmento energético, garantindo, assim, maior disponibilidade de recursos tecnológicos, com impacto na conta de luz.
Obstáculos tecnológicos – com relação às energias das ondas e das marés (foco BR), há de se superar o desenvolvimento de tecnologias de avaliação dos recursos, do projeto de conversores e da análise/teste experimental de parques de energia oceânica.	Desenvolvimento de capacidades nacionais e abertura do mercado para o BR.

Fonte: elaboração própria.

Capítulo 8

Capítulo 8

Diagnóstico da PD&I no grupo temático Assuntos Sistêmicos

8.1. Introdução

O GT Assuntos Sistêmicos contempla questões relacionadas à gestão do SEB. Neste grupo, são abordados desafios tecnológicos relacionados aos ramos da economia (modelos de eficiência econômica), aspectos institucionais (políticas e regulação), impactos técnico-econômicos e socioambientais, na sua expansão e operação (planejamento do sistema e da demanda), confiabilidade operacional, impactos das tecnologias, além de tópicos transversais, como planejamento de CT&I, tecnologias para capacitação, normalização, regulamentação e avaliação de conformidade e informações e estrutura de dados do sistema elétrico brasileiro.



Figura 64 - Macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

8.2. Conceitos das Macrotemáticas

As macrotemáticas relativas ao grupo temático Assuntos Sistêmicos são conceituadas a seguir.

Planejamento de CT&I

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas ao estudos de identificação, priorização e planejamento de linhas de PD&I e ações de CT&I. Considera modelos para estudos prospectivos do Sistema Setorial de Inovação, modelos para estudos de prospecção tecnológica, modelos para seleção e priorização de linhas de PD&I e tecnologias e metodologias de monitoramento e avaliação de resultados e impactos de PD&I, sendo abordados os modelos baseados em programação matemática,

modelos multicritério, modelos de decisão em grupo e negociação e modelos de decisão sob incerteza e sendo abordados modelos na fronteira do conhecimento.

Modelos Econômicos e de Mercado

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicados aos modelos de comportamento, modelos de inovação/aprendizagem tecnológica, modelos de evolução do sistema, modelos de transição de desenho de mercado, modelos de definição de produtos, modelos de formação de preços e remuneração (tarifas), modelos de desenho de subsídios, modelos de arquitetura, modelos de interação entre os agentes (negócios), modelos de interações inter-setoriais e modelos de coevolução. Esta macrotemática aborda igualmente os riscos regulatórios, os modelos de leilões, os impactos econômicos das políticas energética e industrial, a avaliação de ativos, o impacto de novas tecnologias na formação de preço da energia.

Demanda por Energia Elétrica

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I sobre o comportamento do consumidor em relação ao consumo de energia elétrica (determinantes e previsão da demanda), os programas de gerenciamento pelo lado da demanda, incluindo técnicas de resposta à demanda e geração distribuída, o empoderamento dos consumidores e também as metodologias e modelos para estimar a demanda.

Modelos de Planejamento da Operação

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas a métodos, conceitos e critérios, ferramentas computacionais e critérios econômicos, elétricos, energéticos e ambientais, relativos aos modelos de pré-despacho (dia seguinte), modelos de planejamento de curto prazo (semana seguinte) e modelos de planejamento de médio prazo (mês seguinte). Estes modelos são necessários para formulação de alternativas e recomendação das fontes de geração e linhas de transmissão, técnica e economicamente mais adequados para a operação do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Modelos de Planejamento da Expansão

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas a métodos, conceitos e critérios, ferramentas computacionais e critérios econômicos, elétricos, energéticos e ambientais, relativos aos modelos de curto e médio prazo (5 a 15 anos) e aos modelos de longo prazo (acima de 20 anos). Estes modelos são necessários para formulação de alternativas e recomendação das fontes de geração e linhas de transmissão, técnica e economicamente mais adequados para a expansão do SIN.

Modelos Institucionais

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas aos modelos que regem a participação dos diferentes agentes (planejador, regulador, operador) que atuam no mercado de energia elétrica nos segmentos de geração, transmissão, distribuição e comercialização e da governança dos órgãos governamentais que estabelecem as políticas, as resoluções e os procedimentos de tal maneira que o setor se desenvolva de forma integrada, levando em conta os aspectos de coordenação, concorrência, confiabilidade e competitividade. É relevante notar que essa macrotemática é ampla e transversal com a apresentação das características principais da governança do setor de energia elétrica.

Regulação

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas à formação e análise de marcos regulatórios voltados ao ordenamento das atividades de geração, da transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica no Brasil, relativos à coordenação e confiabilidade e concorrência e competitividade no transporte e armazenagem, mercado atacadista, mercado varejista e nas inovações tecnológicas. São apresentados os aspectos relevantes da governança da regulação em termos da concessão, regulamentação, fiscalização, operação e mediação, o ordenamento de leis, atos, resoluções, decretos e procedimentos e sugestões de melhorias voltadas às áreas de PD&I.

Sistemas de Informação e Estatística

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas à estruturação e à gestão de bases de dados do setor elétrico, com foco na segurança cibernética (segurança e arquitetura de sistemas), na análise de dados utilizando técnicas de *Big Data*, ferramentas de Business Intelligence (metodologias e ferramentas computacionais para coleta de dados), infraestrutura de processamento e comunicação, metodologias e padrões de desenvolvimento e gestão de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e estatística aplicada.

Análise dos Impactos das Tecnologias

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas aos modelos de avaliação dos impactos das tecnologias aplicadas ao setor de energia elétrica, considerando os impactos das fontes de geração de energia elétrica sobre as tecnologias (impactos da hidroeletricidade, uso do petróleo, gás e derivados, energia nuclear, energia solar, energia eólica, energia da biomassa), os impactos do uso e do armazenamento de energia e as tecnologias (geração distribuída, uso das baterias, redes elétricas inteligentes, padrões de consumo de energia e cogeração), considerando as dimensões econômicas, sociais e ambientais.

Modelos de Avaliação de Políticas Públicas

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas a modelos para a formação de políticas públicas de CT&I, ambiental, voltadas para setores da energia, indústria e economia, voltadas para aspectos socioambientais e para políticas internacionais, entre outras que favoreçam o desenvolvimento do SEB.

Normalização, regulamentação e avaliação de conformidade

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas aos processos de elaboração e adequação às normas, de certificação e de garantia de conformidade, qualidade e segurança da cadeia produtiva do setor de energia elétrica, relativos à metrologia, à normalização e à regulamentação técnica, à

avaliação de conformidade e coordenação institucional e apoio à atividade regulatória, no que tange à governança e vigilância de mercado, objetivando reduzir perdas e melhorar a gestão de todo o processo produtivo.

Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

A macrotemática aborda as possibilidades de PD&I aplicadas à identificação do perfil do profissional para trabalhar no setor de energia elétrica e a metodologias e tecnologias aplicadas à capacitação de recursos humanos, objetivando melhorar a qualificação dos profissionais que trabalham no SEB.

8.3. Diagnóstico: Análise por Indicadores

8.3.1. Dimensão Social

A Tabela 157 apresenta a percepção para a Dimensão Social, no que se refere à expectativa de geração de empregos diretos e indiretos, de remuneração e de qualificação para as macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos.

Tabela 157 - Indicadores de Dimensão Social do GT Assuntos Sistêmicos

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Planejamento de CT&I	2	3	3
Modelos Econômicos e de Mercado	1	3	3
Demanda por Energia Elétrica	2	3	3
Modelos de Planejamento da Operação	2	3	3
Modelos de Planejamento da Expansão	2	2	3
Modelos Institucionais	3	2	3
Regulação	2	3	3
Sistemas de Informação e Estatística	2	2	3

	Geração de empregos	Remuneração	Qualificação
Análise dos Impactos das Tecnologias	3	2	3
Modelos de Avaliação de Políticas Públicas	1	2	3
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	1	2	3
Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos	3	1	3

Legenda: Geração de empregos: (1) Expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos; (2) Expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos; (3) Expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos. **Remuneração**: (1) expectativa de geração de empregos de baixa remuneração; (2) Expectativa de geração de empregos de média remuneração; (3) Expectativa de geração de empregos de alta remuneração. **Qualificação**: (1) Expectativa de geração de empregos que demandem ensino médio e/ou curso técnico; (2) Expectativa de geração de empregos que demandem graduação e/ou especialização; (3) Expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

Fonte: elaboração própria.

Para as macrotemáticas Políticas Públicas, Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade, e Modelos Econômicos e de Mercado, os resultados apontaram que há uma expectativa baixa de geração de empregos diretos e indiretos. Acredita-se que essa atribuição deve-se ao baixo investimento em infraestrutura de pesquisa ou pela pouca efetividade quanto à ampliação significativa do número de postos de trabalho, no que se refere à relação esperada entre os resultados da PD&I e a ampliação dos postos de trabalho. Em contrapartida, há expectativa de alta geração de empregos para as macrotemáticas Modelos Institucionais, Análise dos Impactos das Tecnologias e Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos. Para o restante das macrotemáticas, há expectativa de média geração de empregos.

Em relação à expectativa de remuneração, as macrotemáticas Planejamento de CT&I, Demanda por Energia Elétrica, Modelos de Planejamento da Operação, Modelos Econômicos e de Mercado e Regulação foram assinaladas que há expectativa de geração de empregos de alta remuneração. Praticamente todo o restante das macrotemáticas foram classificadas com valor 2, indicando uma expectativa de geração de empregos diretos (i.e. empregos no SEB) e indiretos (i.e. outros empregos gerados) de média remuneração. A exceção é a macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos. Isso se deve em parte pelo alto número de empregos existentes atualmente e, aliado com o fato de haver expectativa de alta geração de empregos, haja um excesso de oferta de mão de obra relativa à macrotemática em questão.

No que tange à qualificação predominante nos empregos gerados, foi indicado para as quatro macrotemáticas deste grupo a expectativa de geração de empregos que demandem mestrado e/ou doutorado.

8.3.2. Produção de CT&I

Produção Científica

O Gráfico 201 apresenta a produção científica mundial por países do grupo de Assuntos Sistêmicos. Como esperado, Estados Unidos e China, que são as maiores economias do mundo, ocupam os dois primeiros lugares do *ranking*. Irã se destaca em terceiro lugar, enquanto o Brasil ocupa o nono lugar neste *ranking*.

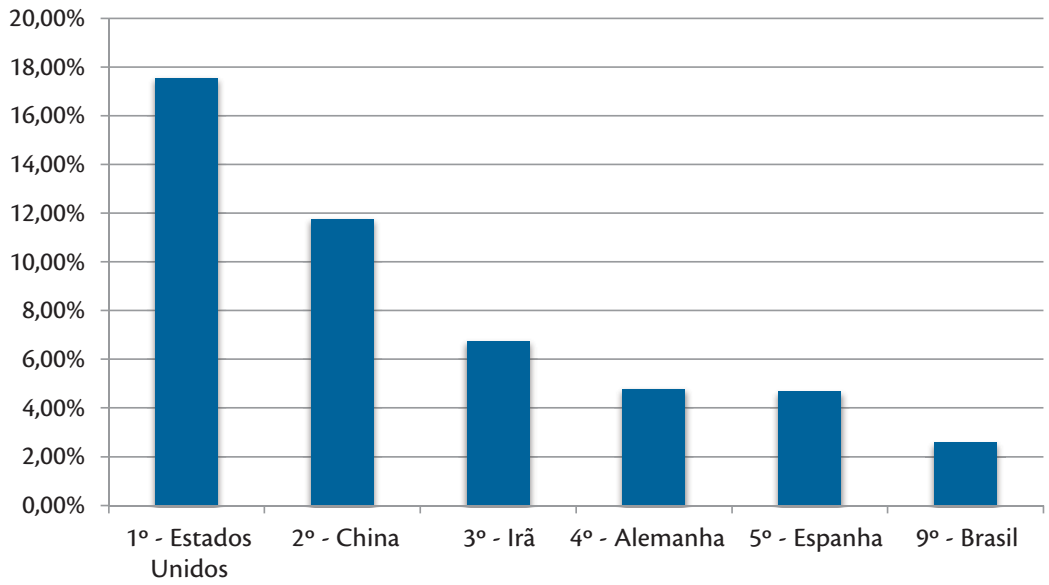


Gráfico 201 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 202 apresenta a composição da produção científica no Brasil e no mundo por macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos.

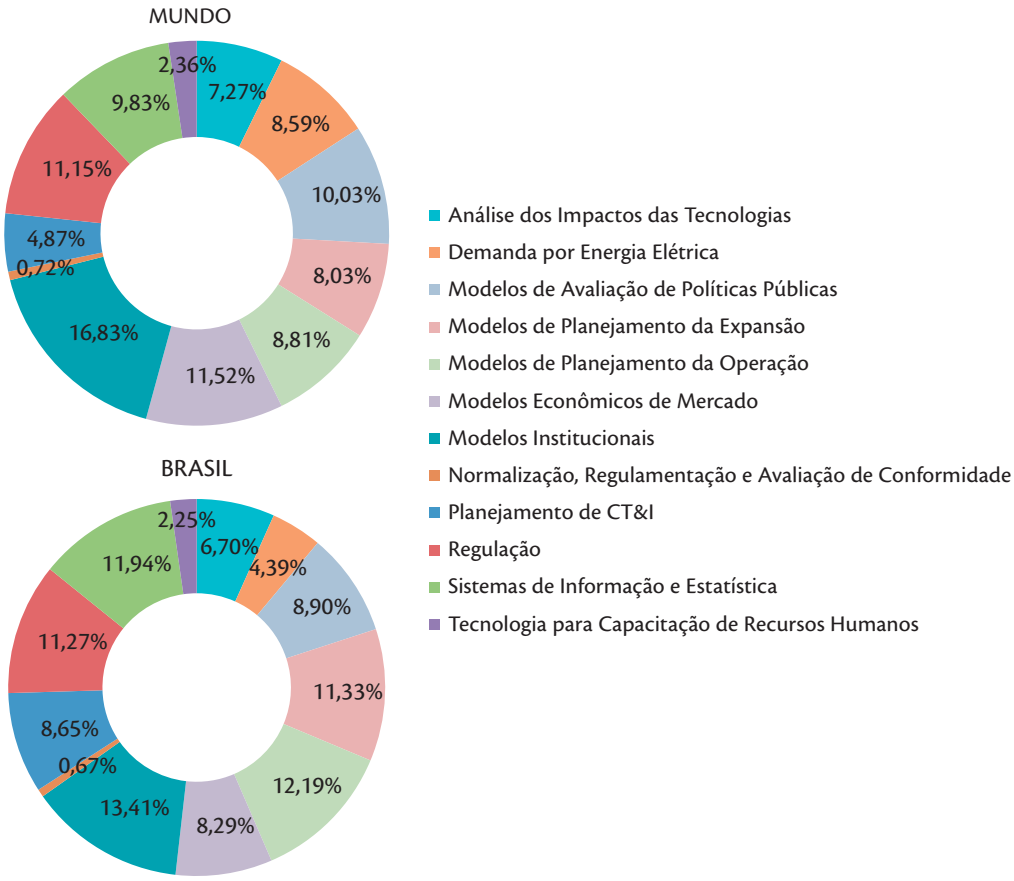


Gráfico 202 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que a macrotemática Modelos Institucionais é a mais trabalhada em termos de produção científica, tanto no Brasil quanto no mundo. O Brasil apresenta uma participação relativamente maior em Modelos de Planejamento da Expansão, Modelos de Planejamento da Operação e Planejamento de CT&I em comparação com a produção científica mundial. Já a produção científica mundial apresenta uma participação relativamente maior na macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado, em comparação com a composição da produção científica brasileira.

A Tabela 158 apresenta o *ranking* de países na produção científica mundial por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos.

Tabela 158 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Assuntos Sistêmicos

	1º	2º	3º	4º	5º	Colocação Brasil
Planejamento de CT&I	EUA	China	Irã	Brasil	Espanha	4º
Modelos Econômicos e de Mercado	EUA	China	Irã	Espanha	Alemanha	15º
Demanda por Energia Elétrica	EUA	China	Irã	Espanha	Alemanha	19º
Modelos de Planejamento da Operação	EUA	China	Irã	Alemanha	Índia	7º
Modelos de Planejamento da Expansão	EUA	China	Irã	Alemanha	Espanha	7º
Modelos Institucionais	EUA	China	Irã	Espanha	Alemanha	13º
Regulação	EUA	China	Irã	Índia	Alemanha	9º
Sistemas de Informação e Estatística	EUA	China	Irã	Espanha	Índia	9º
Análise dos Impactos das Tecnologias	EUA	China	Alemanha	Irã	Espanha	11º
Modelos de Avaliação de Políticas Públicas	EUA	China	Alemanha	Espanha	Austrália	13º
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	EUA	China	Irã	Índia	Alemanha	12º
Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos	EUA	China	Irã	Espanha	Austrália	12º

Fonte: elaboração própria.

No *ranking* de países referente à produção científica mundial na área de Assuntos Sistêmicos, o Brasil encontra-se relativamente bem posicionado em algumas macrotemáticas, com destaque para Planejamento de CT&I, Modelos de Planejamento da Expansão, Modelos de Planejamento da Operação, Regulação e Sistemas de Informação e Estatística.

Como esperado, Estados Unidos e China, que são as maiores economias do mundo, ocupam os dois primeiros lugares do ranking em todas as macrotemáticas. Alemanha se destaca na terceira posição em Análise dos Impactos das Tecnologias e Modelos de Avaliação de Políticas Públicas. Destaca-se também a posição relevante do Irã na produção científica em diversos temas da área de Assuntos Sistêmicos.

O Gráfico 203 e o Gráfico 204 apresentam a evolução da produção científica no Brasil e no mundo por macrotemáticas da área de Assuntos Sistêmicos.

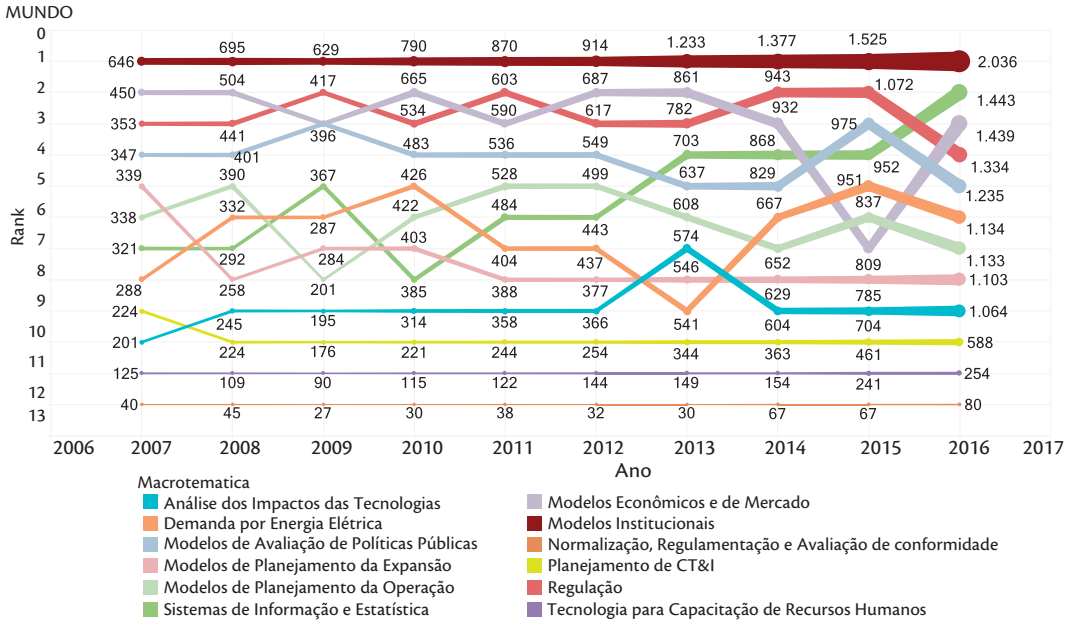


Gráfico 203 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

No cenário mundial, observa-se a produção científica consistentemente mais elevada na macrotemática Modelos Institucionais. A produção científica em Modelos Econômicos e de Mercado cai significativamente em termos relativos às demais macrotemáticas em 2015, recuperando sua posição relativa em 2016. Observa-se também que a produção científica mundial em Sistemas de Informação e Estatística apresenta uma tendência crescente, ganhando posições relativas dentro do grupo temático a partir de 2012.

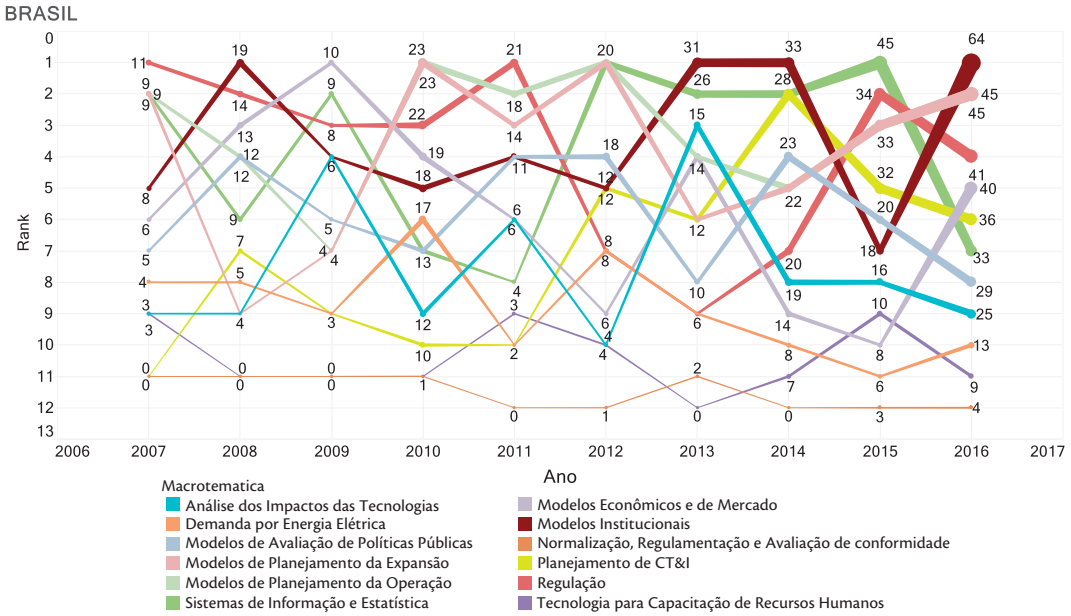


Gráfico 204 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

No Brasil, observa-se uma oscilação maior da composição da produção científica por macrotemáticas relativas à área de Assuntos Sistêmicos. Em 2016, Modelos Institucionais, Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade e Regulação foram as macrotemáticas com maior participação na produção científica brasileira na área de Assuntos Sistêmicos.

A Figura 65 ilustra a concentração da produção científica brasileira na área de Assuntos Sistêmicos por estados do país. Destaca-se a concentração no eixo Rio de Janeiro – São Paulo. Observa-se uma produção científica relevante também na região Sul e no estado do Pará. Ressalta-se que o Pará não concentra um percentual relativamente expressivo de recursos humanos da área de Assuntos Sistêmicos, mas os profissionais localizados nesse estado concentram parcela importante da produção científica nacional.

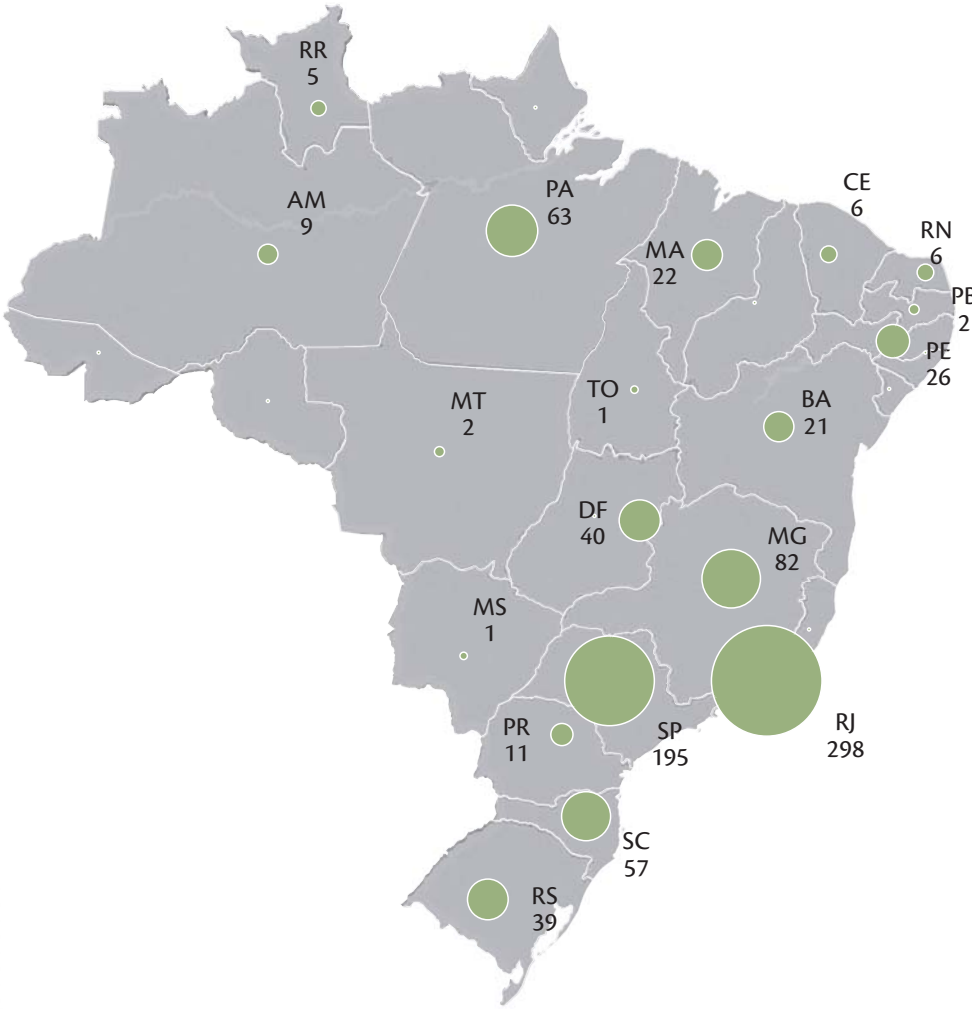


Figura 65 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 159 apresenta a concentração por estados da produção científica brasileira por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos.

Tabela 159 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática por UF para o GT Assuntos Sistêmicos (%)

	AS01 (%)	AS02 (%)	AS03 (%)	AS04 (%)	AS05 (%)	AS06 (%)	AS07 (%)	AS08 (%)	AS09 (%)	AS10 (%)	AS11 (%)	AS12 (%)
RJ	27,46	41,91	31,94	40,50	40,86	32,73	33,51	40,31	32,73	31,51	45,45	24,32
SP	28,87	17,65	20,83	19,00	20,43	21,36	22,16	21,94	20,00	29,45	0,00	16,22
MG	9,15	10,29	9,72	8,50	9,14	8,18	10,27	7,14	16,36	6,85	0,00	2,70
SC	6,34	4,41	6,94	8,00	7,53	8,64	2,16	2,55	3,64	4,11	9,09	0,00
PA	5,63	7,35	5,56	5,50	4,84	6,36	4,32	4,59	1,82	5,48	9,09	13,51
RS	6,34	3,68	5,56	4,00	4,30	3,18	9,19	5,10	0,91	3,42	0,00	10,81
DF	4,23	5,88	5,56	2,00	1,08	3,64	3,24	1,53	3,64	8,22	9,09	5,41
PE	1,41	0,00	0,00	4,50	4,84	3,18	2,70	5,61	6,36	0,68	27,27	5,41
BA	0,70	0,74	2,78	2,00	2,15	1,82	1,62	6,12	6,36	0,68	0,00	0,00
MA	0,00	4,41	5,56	2,50	1,08	5,00	0,54	0,00	0,00	1,37	0,00	0,00
PR	2,82	1,47	0,00	0,00	0,00	0,91	3,24	0,00	4,55	0,00	0,00	5,41
CE	0,00	0,00	0,00	1,50	1,61	0,00	1,62	0,00	0,00	2,05	0,00	13,51
AM	0,70	0,74	1,39	0,00	0,00	0,91	1,08	0,51	0,00	0,68	0,00	2,70
RN	0,70	0,00	0,00	0,50	0,54	0,45	0,00	0,51	0,91	0,00	0,00	0,00
RR	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,62	0,51	0,00	0,68	0,00	0,00
PB	1,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00
MT	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ND*	3,52	0,74	4,17	1,50	1,61	2,73	2,16	3,06	2,73	4,79	0,00	0,00
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: AS01 – Planejamento de CT&I; **AS02** – Modelos Econômicos e de Mercado; **AS03** – Demanda por Energia Elétrica; **AS04** – Modelos de Planejamento da Operação; **AS05** – Modelos de Planejamento da Expansão; **AS06** – Modelos Institucionais; AS07 – Regulação; **AS08** – Sistemas de Informação e Estatística; **AS09** – Análise dos Impactos das Tecnologias; **AS10** – Modelos de Avaliação de Políticas Públicas; **AS11** – Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade; **AS12** – Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos; ND – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

As macrotemáticas em que a produção científica está mais fortemente concentrada no Rio de Janeiro são: Modelos Econômicos e de Mercado, Modelos de Planejamento da Operação, Modelos de Planejamento da Expansão, Sistemas de Informação e Estatística e Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade. Em Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade, destaca-se a participação da produção científica de Pernambuco. Em São Paulo, destaca-se a concentração na produção científica em Planejamento de CT&I e Modelos de Avaliação de Políticas Públicas.

No Pará, destaca-se a participação na produção científica em Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade e Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos. No Ceará, destaca-se a participação na produção científica em Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos.

Produção Complementar

O Gráfico 205 apresenta a distribuição da produção complementar em Assuntos Sistêmicos por macrotemáticas e como essa produção se distribui nos eventos do setor elétrico. Observa-se que as macrotemáticas com maior produção complementar são Modelos Econômicos e de Mercado (21,2%), Sistemas de Informação e Estatística (15,7%) e Modelos Institucionais (10,1%). Já os eventos com maior produção complementar são Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE) e Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica (Sendi).

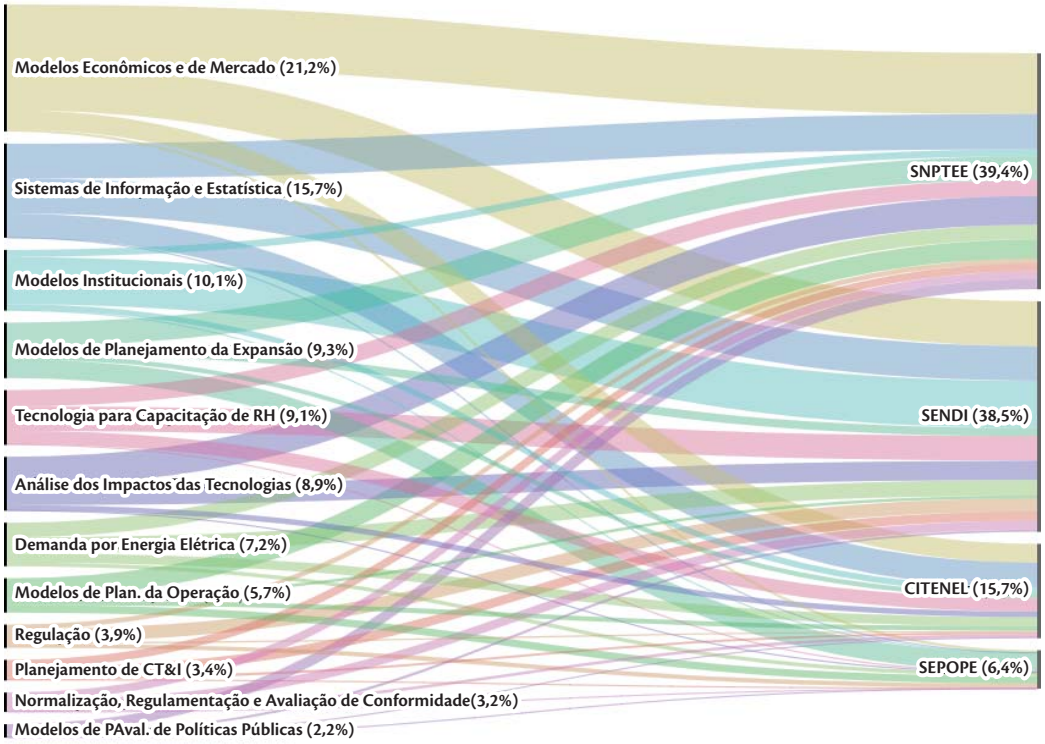


Gráfico 205 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do SEB por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 206 apresenta a evolução da produção complementar por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos no SNPTEE. Os temas mais trabalhados nesse evento entre 2007 e 2015 são Modelos Econômicos e de Mercado e Sistemas de Informação e Estatística. Em grau um pouco menor, mas ainda relevante no contexto dos temas de Assuntos Sistêmicos trabalhados nesse evento, destaca-se a produção complementar nos temas de Modelos de Planejamento da Expansão, Modelos de Planejamento da Operação e Análise dos Impactos das Tecnologias.

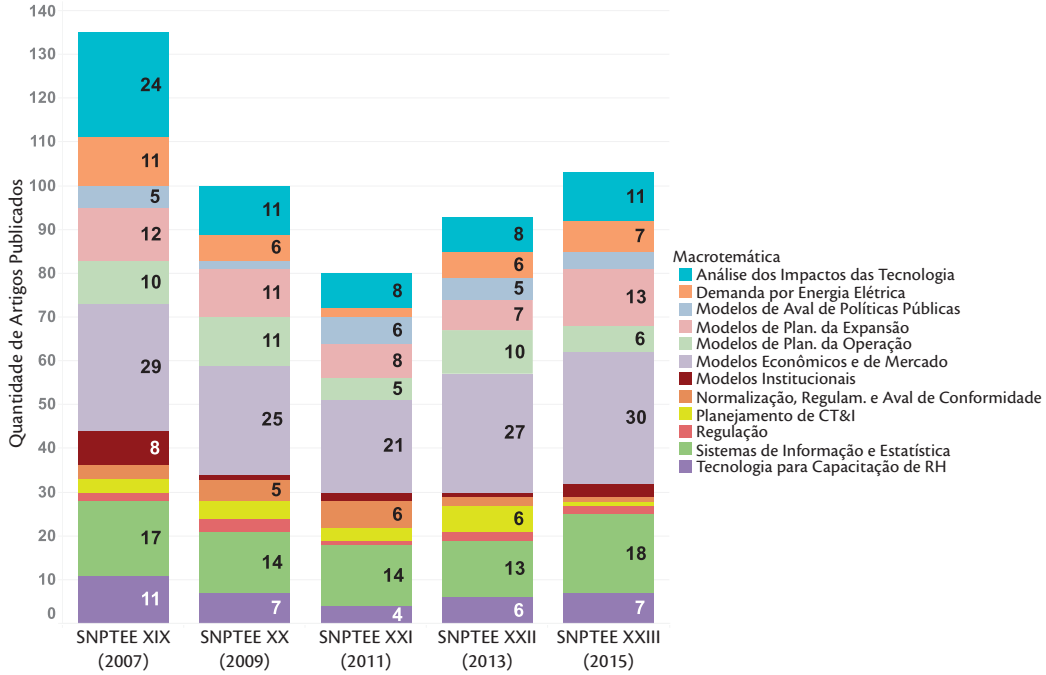


Gráfico 206 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 207 apresenta a evolução da produção complementar por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos no Sendi. Os temas mais trabalhados nesse evento entre 2008 e 2016 são Modelos Econômicos e de Mercado, Modelos Institucionais e Sistemas de Informação e Estatística. Nota-se que, nos últimos sete anos, a produção complementar nesse evento caiu consideravelmente em comparação com 2008.

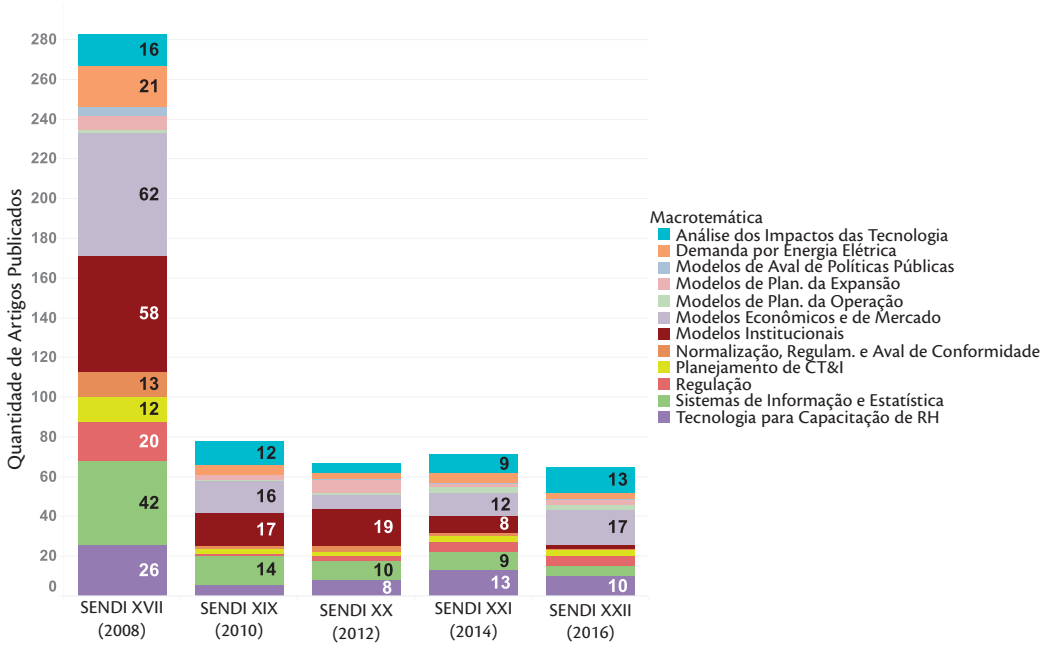


Gráfico 207 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sendi por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 208 apresenta a evolução da produção complementar por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos no Citenel. Os temas mais trabalhados nesse evento entre 2007 e 2015 são Modelos Econômicos e de Mercado e Sistemas de Informação e Estatística. Ao longo dos anos, outros temas são trabalhados em menor grau, mas de maneira expressiva no contexto dos temas de Assuntos Sistêmicos nesse evento. Em 2007 e 2013, destaca-se a produção complementar no Citenel em Demanda por Energia Elétrica. Já a produção complementar em Tecnologia para capacitação de RH destaca-se nos anos de 2009, 2011 e 2015.

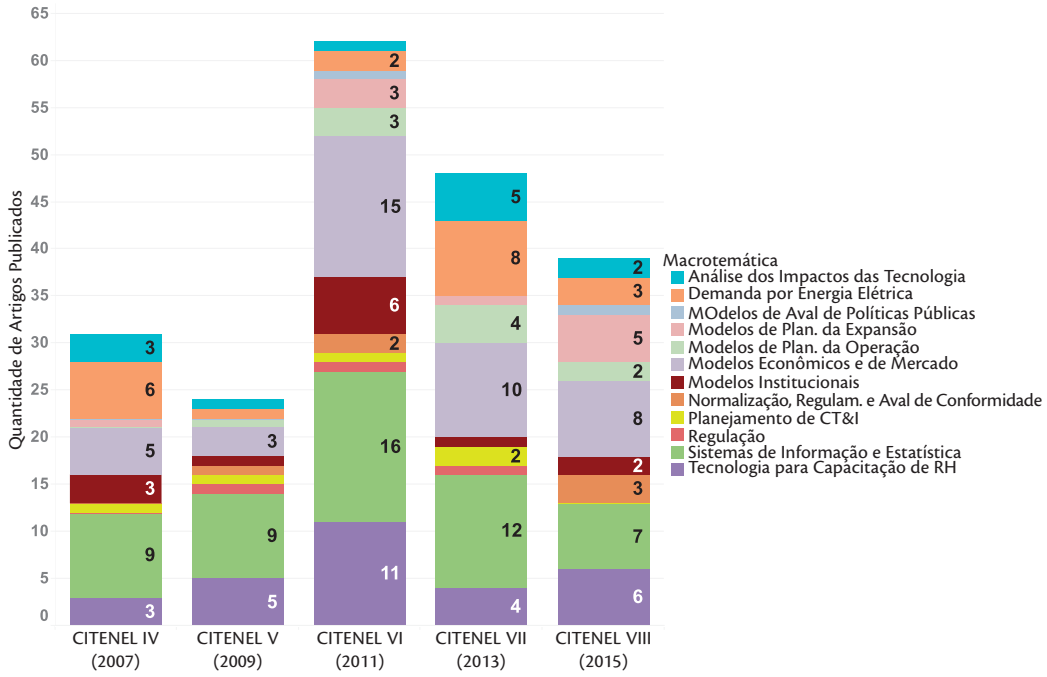


Gráfico 208 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Citenel por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 209 apresenta a evolução da produção complementar por macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos no Sepope. Por se tratar de um evento da área de planejamento da expansão e operação do setor elétrico, as macrotemáticas mais trabalhadas nesse evento são Modelos de Planejamento da Expansão e Modelos de Planejamento da Operação. Outros temas são trabalhados em menor grau, mas de maneira expressiva no contexto dos temas de Assuntos Sistêmicos nesse evento. São eles: Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade e Demanda por Energia Elétrica. A previsão e o monitoramento da demanda são relevantes para o planejamento da expansão e da operação do setor elétrico, o que justifica a participação importante dessa macrotemática no Sepope.

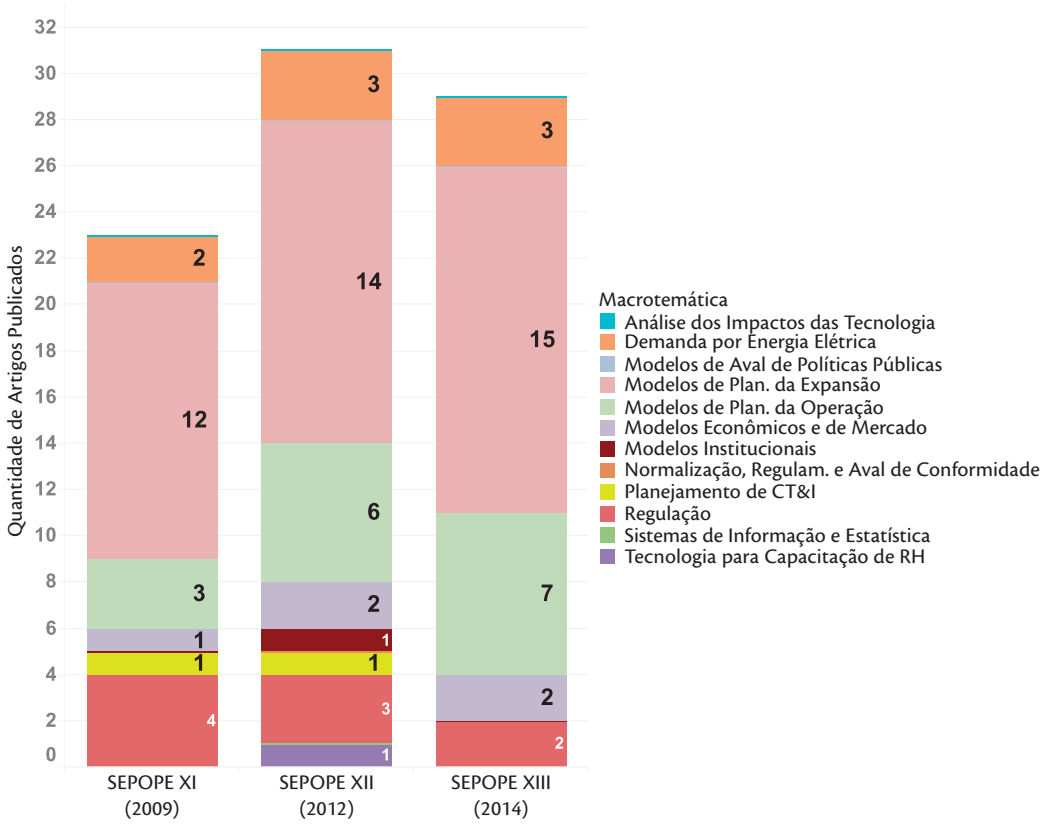


Gráfico 209 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sepope por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Projetos Aneel

O GT Assuntos Sistêmicos apresentou seis *clusters* principais de profissionais de CT&I no âmbito dos projetos de P&D Aneel, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados. A disposição desses *clusters* e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 66.

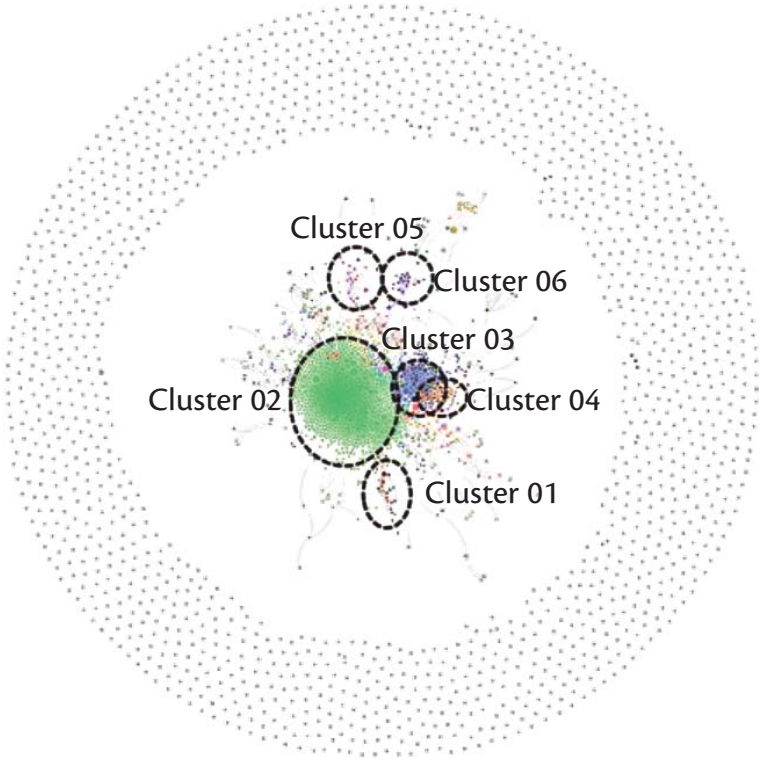


Figura 66 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 66, nota-se que o *cluster* 02 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 03 e 04, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Os demais *cluster*s encontram-se um pouco mais afastados, apontando conjuntos de profissionais que atuam em áreas do conhecimento um pouco menos relacionadas às demais.

A caracterização desses *cluster*s de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita nas Tabela 160 e Tabela 161.

Tabela 160 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos

Cluster 01 Políticas públicas e avaliação econômica de fontes intermitentes, geração distribuída, veículos elétricos e redes inteligentes	*Cluster* 02 Capacidades computacionais para o planejamento da expansão e operação	*Cluster* 03 Sistemas de informação e estatística para o setor elétrico
1. Energia solar fotovoltaica. 2. Geração descentralizada. 3. Edifício solar. 4. Eficiência energética. 5. Política energética. 6. Biomassa. 7. Eólica. 8. Análise econômica. 9. Redes inteligentes. 10. Avaliação econômica da geração fotovoltaica.	1. Eficiência energética. 2. Otimização. 3. Redes neurais. 4. Planejamento energético. 5. Algoritmos genéticos. 6. Geração distribuída. 7. Sistemas de distribuição. 8. Operação de sistemas. 9. Planejamento da operação. 10. Planejamento da expansão.	1. Gestão do conhecimento. 2. Sistemas de informação. 3. Ciência da informação. 4. Plataforma Lattes. 5. Bussiness inteligence. 6. Gestão da inovação. 7. Banco de dados. 8. Políticas públicas. 9. Avaliação em ciência e tecnologia. 10. Arquitetura de sistemas de informação.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 161 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos (continuação)

Cluster 04 Capacidade de inovação e planejamento de CT&I	*Cluster* 05 Formação e capacitação de RH no contexto de gestão e monitoramento de dados em tempo real	*Cluster* 06 Impactos ambientais das tecnologias
1. Inovação. 2. Internacionalização. 3. Estratégia organizacional. 4. Pesquisa e desenvolvimento. 5. Capacidade de inovação. 6. Novas tecnologias. 7. Veículo elétrico. 8. Prospecção tecnológica. 9. Política de ciência, tecnologia e inovação. 10. Gestão da informação e do conhecimento.	1. Interação humano-computador. 2. Usabilidade. 3. Rede inteligente. 4. Educação. 5. Acessibilidade. 6. Ambiente de aprendizagem colaborativa. 7. Construção de interfaces. 8. Sistemas de tempo real. 9. Gerência de redes. 10. Avaliação de interface.	1. Materiais alternativos. 2. Reciclagem. 3. Sustentabilidade. 4. Resíduos sólidos. 5. Meio ambiente. 6. Tecnologias dos materiais. 7. Caracterização de materiais. 8. Impacto ambiental.

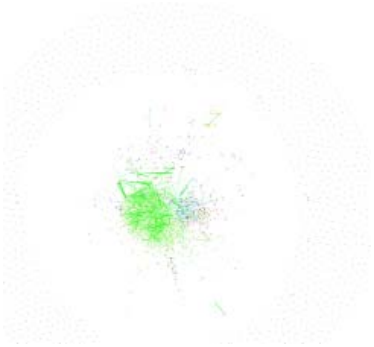
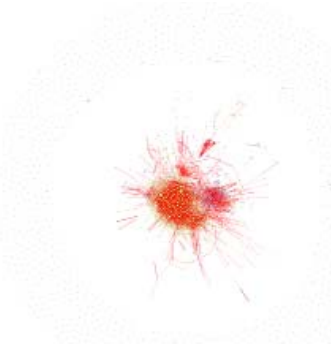
Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: políticas públicas e avaliação econômica de fontes intermitentes, geração distribuída, veículos elétricos e redes inteligentes; capacidades computacionais para o planejamento da expansão e operação; sistemas de informação e estatística para o setor elétrico; capacidade de inovação e planejamento de CT&I; formação e capacitação de RH no contexto de gestão e monitoramento de dados em tempo real; e impactos ambientais das tecnologias.

A análise das relações de coautoria e da similaridade semântica nas redes colaborativas tem como parâmetro o grau médio. Este indicador é resultado da divisão da quantidade de interações de similaridade semântica ou de coautoria (arestas) pelo número de pesquisadores da rede (nós), multiplicado por dois. A multiplicação é feita para captar as relações de reciprocidade entre pesquisadores. Quanto maior o valor do grau médio, maior o grau de relação entre pesquisadores em determinada rede.

Observa-se também que as relações de coautoria são maiores no interior do *cluster* 02, mas não tão expressivas entre pesquisadores de diferentes *clusters*.

Tabela 162 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Rede Aneel	0,644		5,028	

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 210 apresenta o estágio da cadeia de inovação em que se encontram os projetos de P&D de Assuntos Sistêmicos em cada macrotemática do grupo. De forma geral, os projetos estão mais

fortemente concentrados na etapa de pesquisa aplicada. Algumas macrotemáticas já apresentam alguns projetos em atividades mais avançadas da cadeia de inovação, como cabeça de série e lote pioneiro. São elas: tecnologia para capacitação de recursos humanos, sistemas de informação e estatística, normalização, regulamentação e avaliação de conformidade e análise dos impactos das tecnologias. Destacam-se as macrotemáticas Sistemas de Informação e Estatística e Demanda por Energia Elétrica que apresentaram inserção no mercado.

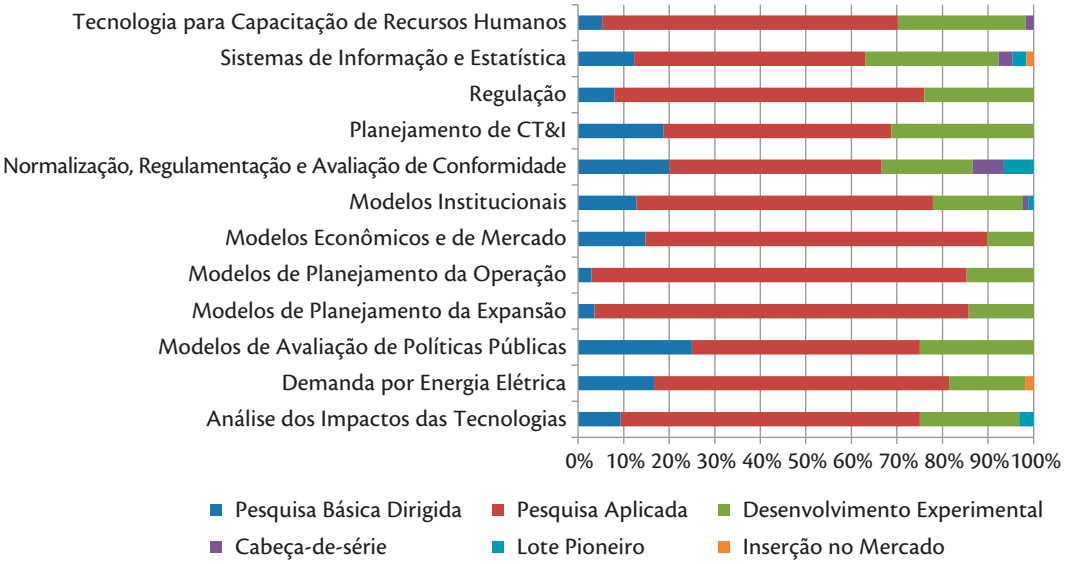


Gráfico 210 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 211 e o Gráfico 212 apresentam a quantidade de projetos e o volume de recursos envolvidos em atividades de P&D das empresas do setor elétrico no contexto do Programa de P&D Aneel.

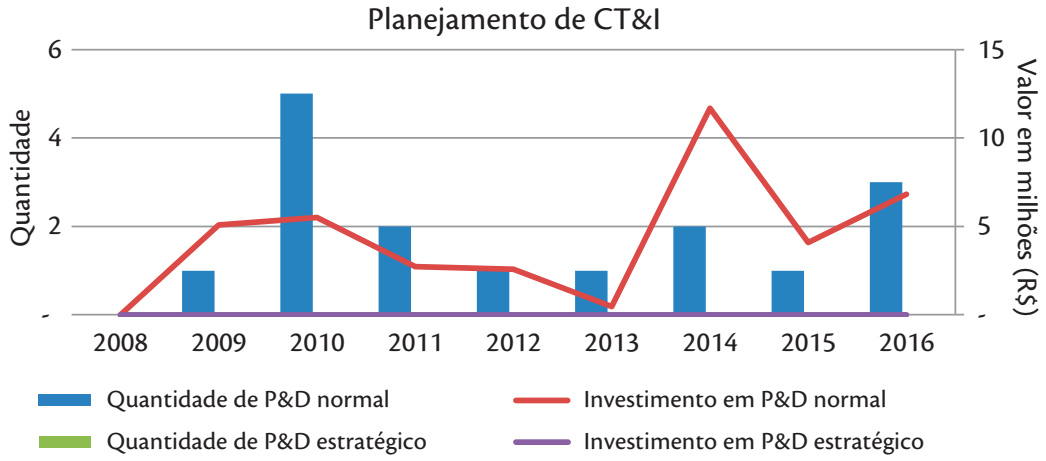


Gráfico 211 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Planejamento de CT&I no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

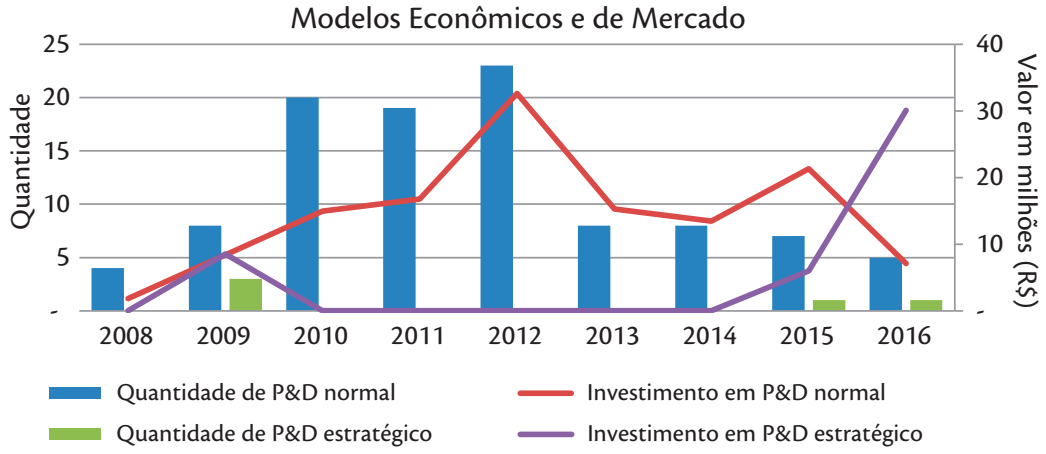


Gráfico 212 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

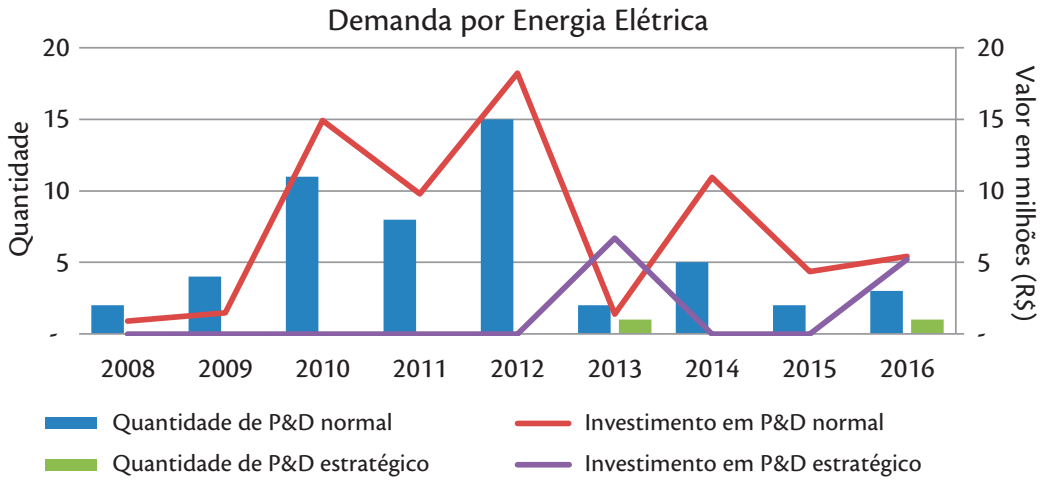


Gráfico 213 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Demanda por Energia Elétrica no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

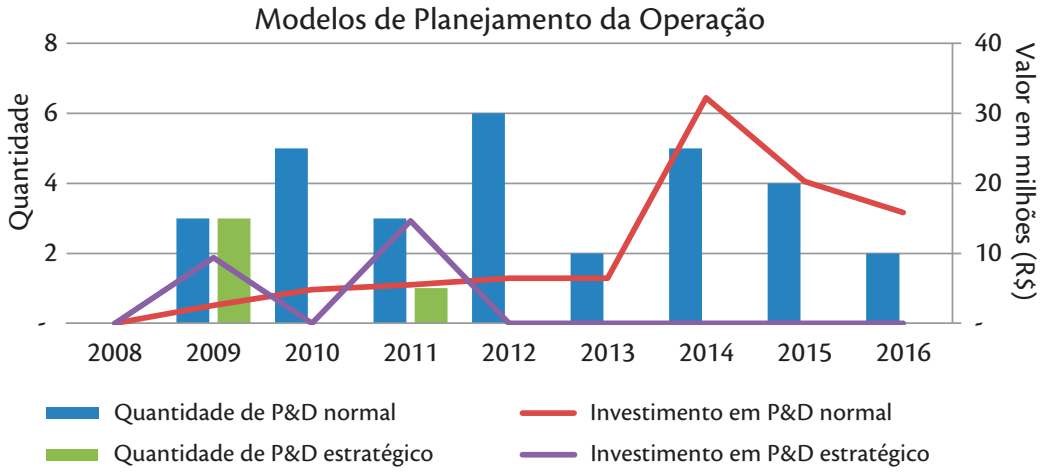


Gráfico 214 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Planejamento da Operação no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

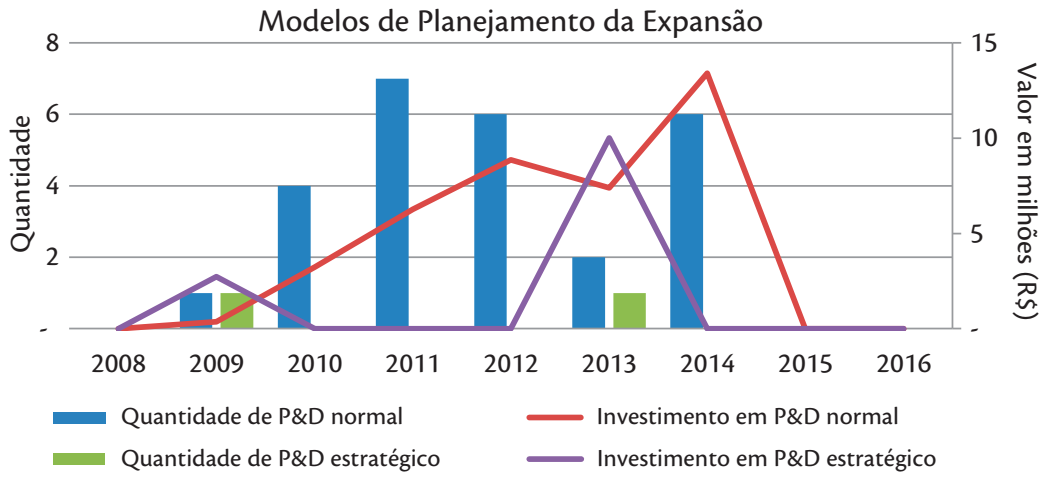


Gráfico 215 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

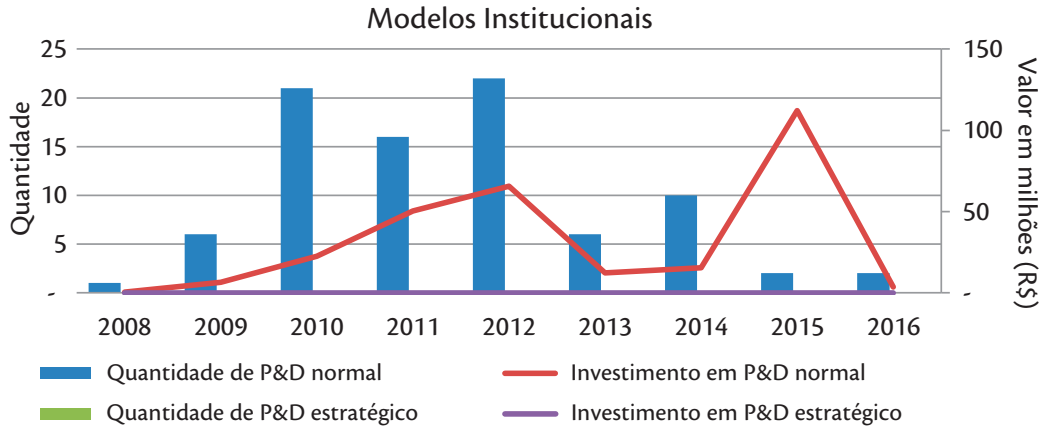


Gráfico 216 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos Institucionais no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

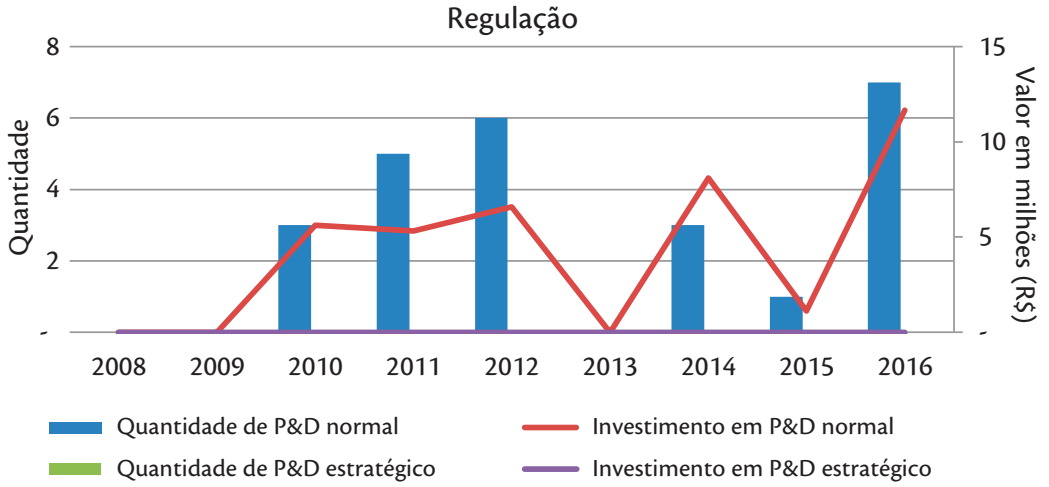


Gráfico 217 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Regulação no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

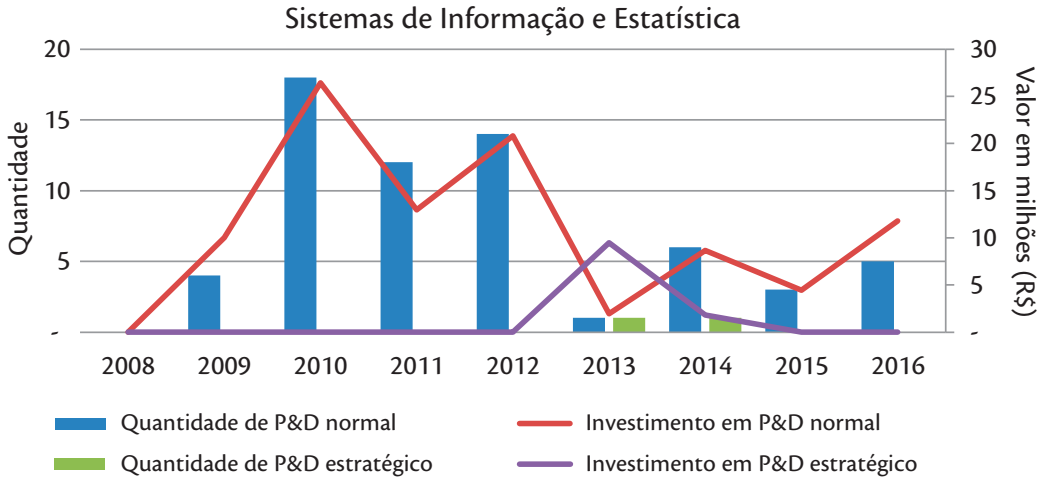


Gráfico 218 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Informação e Estatística no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

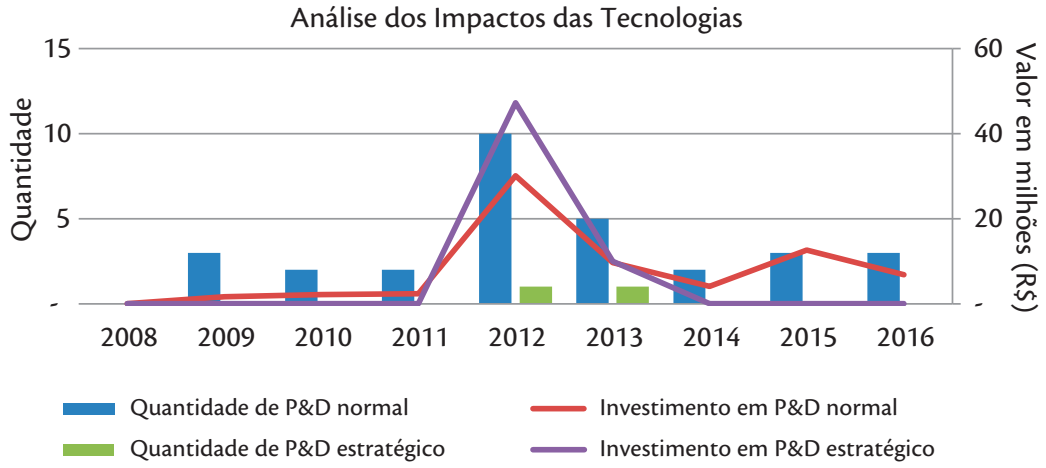


Gráfico 219 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

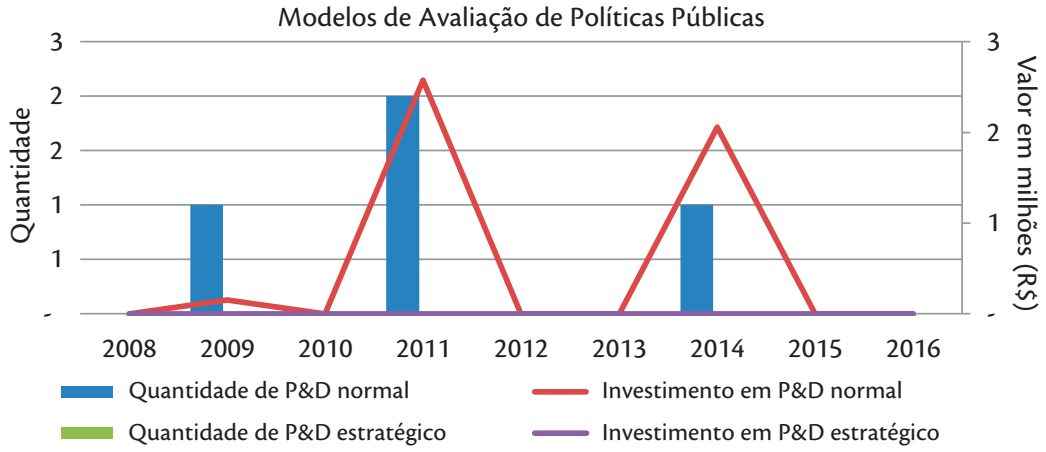


Gráfico 220 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

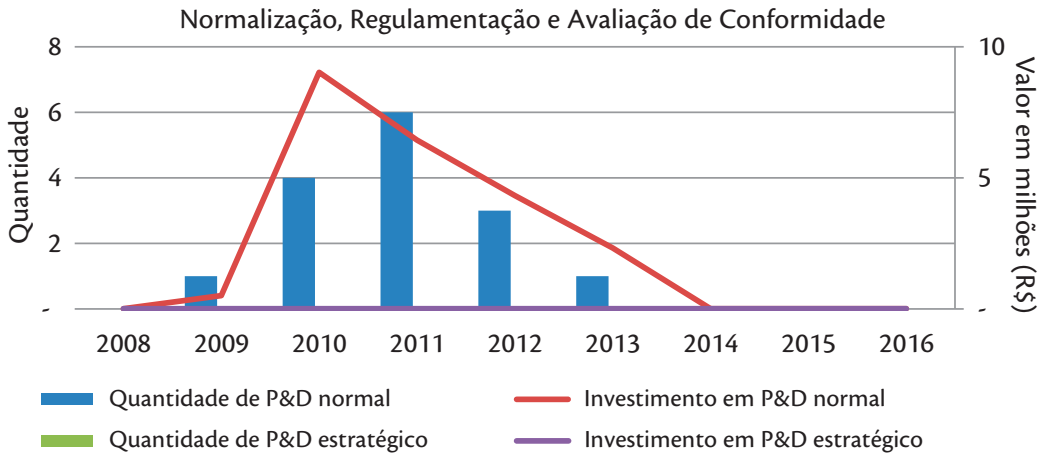


Gráfico 221 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

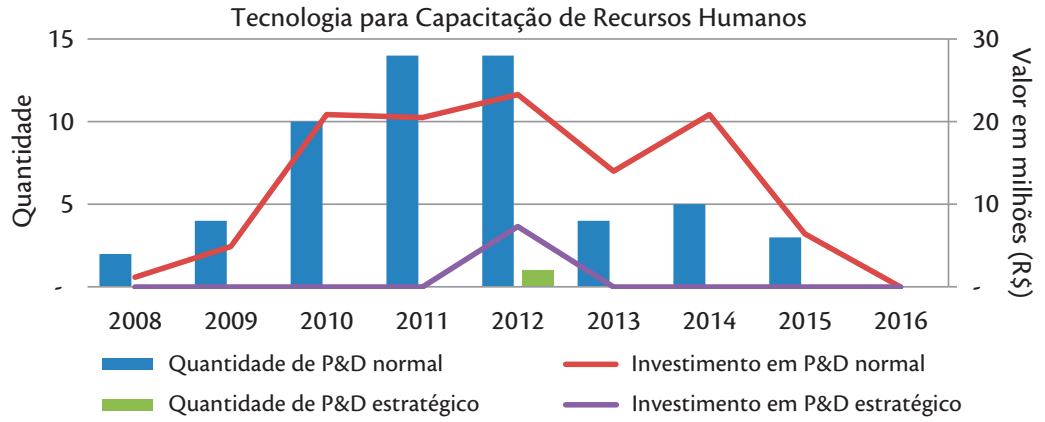


Gráfico 222 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos no período de 2008 a 2016

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, observa-se que a orientação dos recursos por meio das chamadas estratégicas da Aneel tem impacto expressivo sobre o volume de recursos direcionados para determinados temas de P&D. Esse quadro é observado, por exemplo, em Modelos Econômicos e de Mercado, em que há uma queda do patamar do volume de investimentos entre 2013 e 2015, em comparação com o auge de 2014, seguida de uma recuperação dos níveis de investimento em 2016 a partir da introdução em 2015 e 2016 de chamadas estratégicas da Aneel nessa área. Em Modelos de Planejamento da Expansão, observamos que, na ausência de chamadas estratégicas da Aneel, a partir de 2014, não houve investimentos em P&D nessa área nos anos de 2015 e 2016. Em Análise dos Impactos das Tecnologias, a chamada estratégica da Aneel mobilizou um volume expressivo de recursos em 2012, volume este que não se manteve na ausência de chamadas estratégicas da Aneel nessa área nos anos seguintes.

No período analisado, cabe destacar algumas chamadas de projeto de P&D estratégico lançadas pela Aneel mais fortemente relacionadas aos temas trabalhados no GT de Assuntos Sistêmicos. São elas: Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção de Sistemas de Armazenamento de Energia no Setor Elétrico; Aprimoramento do Ambiente de Negócios do Setor Elétrico Brasileiro; Desenvolvimento de Tecnologia Nacional de Geração Heliotérmica de Energia Elétrica, que visa à inserção dessa fonte na matriz e à formação e capacitação de profissionais para o desenvolvimento dessa tecnologia; Metodologia de Elaboração da Função de Custo do Déficit, que é um parâmetro fundamental para o planejamento da expansão da geração e para a programação da operação do Sistema Interligado Nacional; Sistema de Inteligência Analítica do Setor Elétrico, que visa ao desenvolvimento de uma ferramenta que consolide diversas informações do setor elétrico, entre outros.

O Gráfico 223 apresenta, em percentuais, a capacitação de recursos humanos resultante de projetos de P&D Aneel para o GT de Assuntos Sistêmicos.

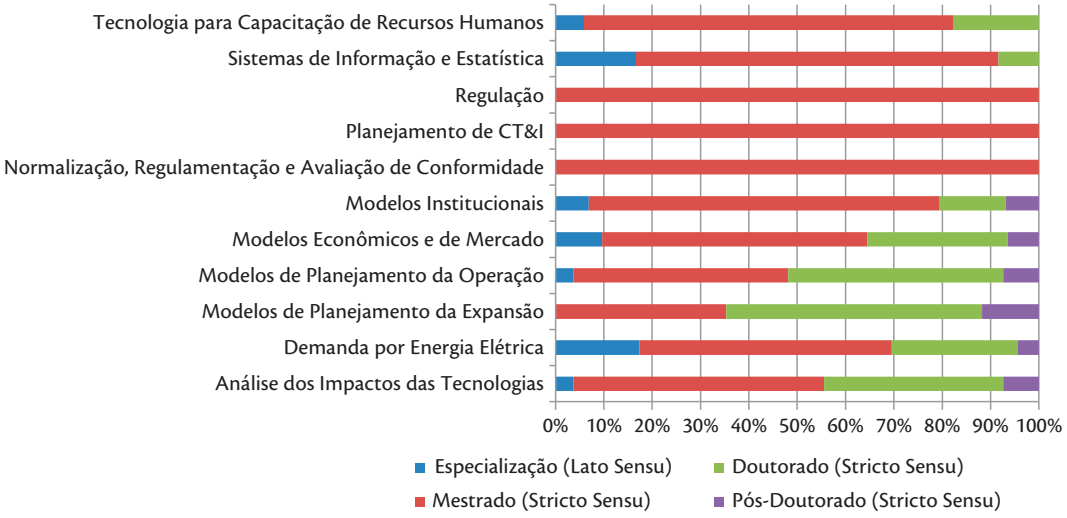


Gráfico 223 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Ressalta-se que, em Regulação, Planejamento de CT&I e Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade, a capacitação de recursos humanos foi totalmente direcionada para o nível de mestrado *stricto sensu*. Em Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos e Sistemas de Informação e Estatística, a maior parte da capacitação de recursos humanos se deu no nível de mestrado stricto sensu, porém observa-se uma capacitação, em menor grau, nos níveis de especialização e de doutorado. As macrotemáticas Modelos Institucionais, Modelos Econômicos e de Mercado, Demanda por Energia Elétrica e Análise dos Impactos das Tecnologias também apresentaram maior direcionamento da capacitação de recursos humanos no nível de mestrado stricto sensu, porém houve também um direcionamento para outros níveis de capacitação, incluindo o nível de pós-doutorado. Por fim, destaca-se que, em Modelos de Planejamento da Expansão e Modelos de Planejamento da Operação, foi mais expressivo o direcionamento da capacitação de recursos humanos para o nível de doutorado.

O Gráfico 224 apresenta o percentual de projetos P&D Aneel por macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos.

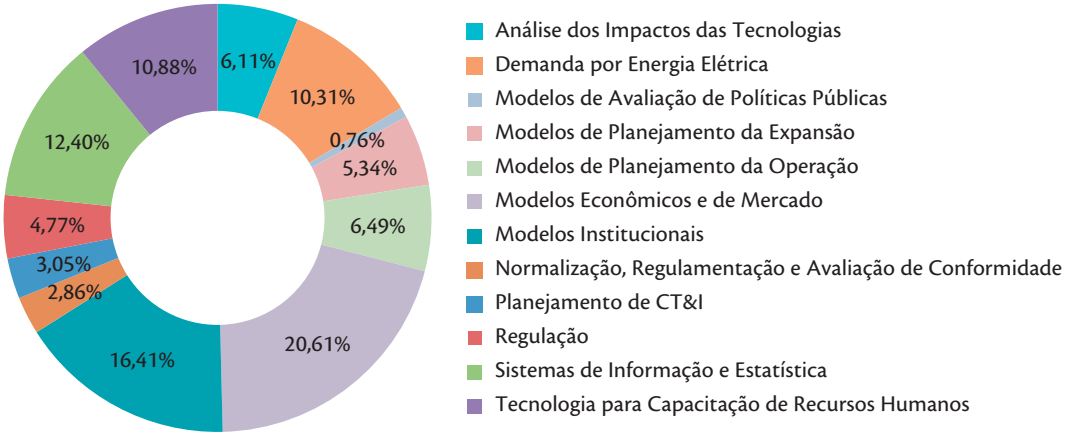


Gráfico 224 - Percentual dos projetos P&D Aneel por macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Ressalta-se que as macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos com maior participação em projetos de P&D Aneel são Modelos Econômicos e de Mercado e Modelos Institucionais. Em seguida, destaca-se a participação das macrotemáticas de Sistemas de Informação e Estatística, Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos e Demanda por Energia Elétrica. A macrotemática com menor participação em projetos de P&D Aneel é Modelos de Avaliação de Políticas Públicas.

8.3.3. Estrutura de CT&I

Recursos Humanos

Os profissionais que formam a base da pesquisa e desenvolvimento em áreas do conhecimento ligadas ao GT de Assuntos Sistêmicos se concentram nas regiões Sudeste e Sul do país. Distrito Federal e um conjunto de estados do Nordeste, com destaque para Pernambuco, Bahia e Ceará, apresentam números menores, porém relevantes, de profissionais atuantes nessas áreas. A Figura 67 ilustra esses resultados.

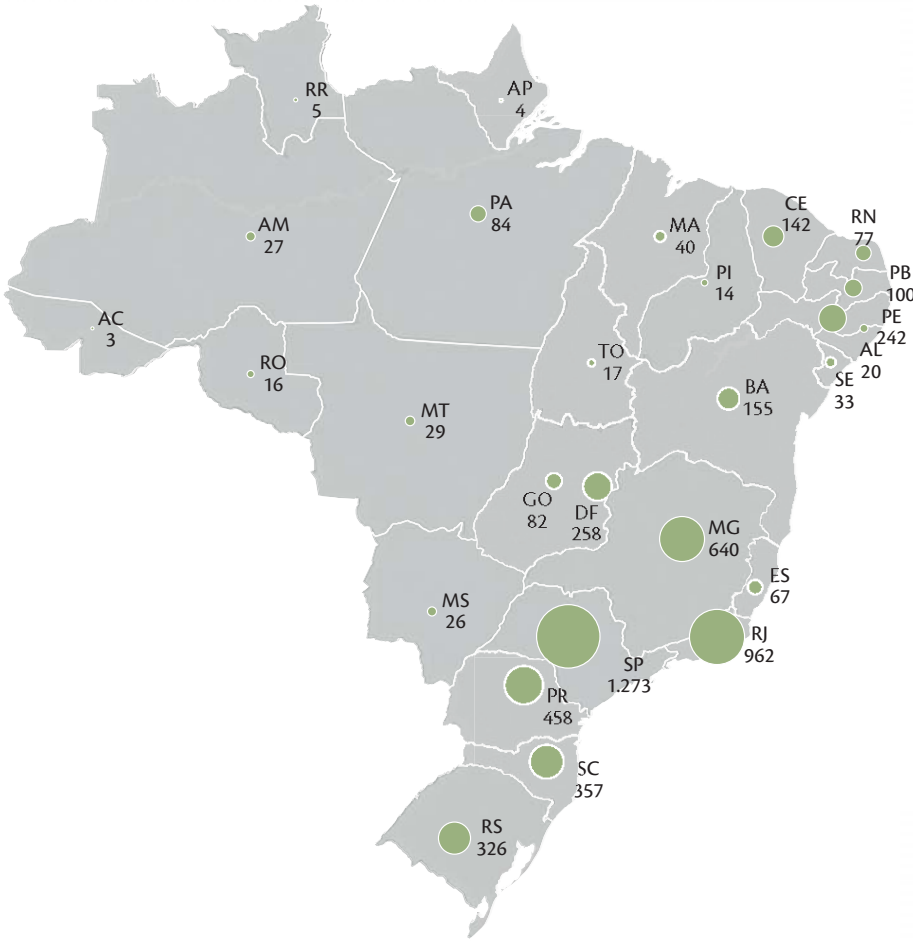


Figura 67 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

A concentração dos profissionais de Assuntos Sistêmicos na região Sudeste é um resultado esperado e pode ser explicada pela concentração histórica de grandes centros urbanos nessa região do país, onde decorre a concentração regional do PIB e de polos de pesquisa e produção científica. Diferente de outros grupos temáticos, que envolvem mais fortemente a atuação das empresas, o grupo de Assuntos Sistêmicos envolve fundamentalmente a governança nacional do setor elétrico e da CT&I, além de atividades de pesquisa nas universidades. Por isso, a localização no Sudeste de grandes universidades, como Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), além da presença de sedes de órgãos importantes da governança, como EPE e Finep, contribuem para a concentração de profissionais nessa região.

Já a presença expressiva de profissionais de Assuntos Sistêmicos no Distrito Federal pode ser explicada pela concentração de grandes órgãos da governança nessa localidade, com destaque aos Ministérios de Minas e Energia, da Ciência, Tecnologia e Inovação e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, além da presença de importante comunidade acadêmica vinculada à UnB.

A presença expressiva de profissionais de Assuntos Sistêmicos em Pernambuco, na Bahia e no Ceará também merece destaque, indicando uma participação importante dos recursos humanos da região Nordeste nas atividades de pesquisa, desenvolvimento e produção científica nacional em temas referentes ao funcionamento sistêmico do SEB.

Cabe destacar que as atividades de P&D em Assuntos Sistêmicos dependem basicamente da massa crítica dos recursos humanos, de suas competências analíticas e de tecnologias da informação e computacionais. Nesse sentido, a localização geográfica de profissionais atuantes nessas áreas do conhecimento depende muito pouco de fatores geograficamente determinados, como potencialidades locais de recursos naturais, ou da existência de grandes centros tecnológicos com infraestrutura de equipamentos e laboratórios. Isso significa que é possível buscar uma distribuição espacial mais equilibrada desses profissionais no país, com a consolidação da rede de recursos humanos na região Nordeste e aumento da rede de recursos humanos na região Norte.

A Tabela 163 aponta que esse padrão de concentração regional ocorre também em níveis mais desagregados de análise, se repetindo em cada uma das 12 macrotemáticas analisadas.

Tabela 163 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática por UF para o GT Assuntos Sistêmicos (%)

	AS01 (%)	AS02 (%)	AS03 (%)	AS04 (%)	AS05 (%)	AS06 (%)	AS07 (%)	AS08 (%)	AS09 (%)	AS10 (%)	AS11 (%)	AS12 (%)
SP	21,98	24,73	23,37	23,85	23,30	23,30	23,85	22,94	23,70	24,81	23,13	21,47
RJ	15,86	15,63	16,54	16,26	17,06	16,62	16,23	15,73	17,11	18,55	14,61	15,87
MG	10,91	12,73	12,86	12,04	11,76	11,69	11,72	11,13	11,43	9,70	12,85	11,68
PR	8,69	7,10	7,81	8,38	8,23	7,87	7,33	8,40	7,43	6,97	9,59	8,05
SC	6,68	7,06	6,63	6,87	6,84	6,31	6,38	7,15	5,70	5,89	7,68	6,90
RS	5,80	5,41	6,23	5,67	5,45	5,53	5,94	5,86	5,30	5,18	6,08	5,84
PE	4,04	4,50	4,12	4,60	4,53	4,30	4,55	4,11	4,55	3,77	4,64	4,17
DF	3,71	4,33	3,73	3,81	4,00	4,30	4,71	3,74	4,06	5,18	3,25	4,35

	AS01 (%)	AS02 (%)	AS03 (%)	AS04 (%)	AS05 (%)	AS06 (%)	AS07 (%)	AS08 (%)	AS09 (%)	AS10 (%)	AS11 (%)	AS12 (%)
BA	2,28	2,64	2,36	2,58	2,52	2,56	2,68	2,64	2,97	2,68	2,72	2,66
CE	2,15	2,82	2,36	2,27	2,19	2,39	2,43	2,48	2,79	2,64	2,24	2,57
PB	1,37	1,34	1,37	1,54	1,63	1,56	1,58	1,56	1,64	1,41	1,60	1,86
PA	1,50	1,13	2,06	1,70	1,69	1,48	1,39	1,66	1,47	1,18	1,49	1,77
RN	1,37	1,13	1,28	1,29	1,36	1,61	1,64	1,50	1,58	1,65	1,71	1,48
GO	1,37	1,47	1,67	1,29	1,36	1,41	1,33	1,41	1,32	1,32	1,33	1,51
ES	1,14	1,08	1,13	1,17	1,21	1,18	1,20	1,41	1,30	1,32	1,12	1,29
MA	0,46	0,52	0,64	0,66	0,68	0,73	0,76	0,49	0,55	0,52	0,64	0,71
MS	0,39	0,74	0,88	0,66	0,65	0,58	0,47	0,58	0,66	0,75	0,48	0,59
SE	0,49	0,52	0,64	0,50	0,56	0,63	0,57	0,61	0,60	0,61	0,43	0,61
AM	0,39	0,39	0,39	0,47	0,44	0,38	0,47	0,61	0,58	0,52	0,48	0,59
MT	0,26	0,65	0,49	0,38	0,36	0,53	0,57	0,46	0,43	0,33	0,27	0,59
AL	0,36	0,39	0,29	0,35	0,36	0,33	0,28	0,34	0,40	0,28	0,37	0,47
TO	0,20	0,13	0,20	0,09	0,15	0,25	0,19	0,34	0,32	0,38	0,16	0,33
RO	0,16	0,22	0,15	0,19	0,21	0,18	0,19	0,15	0,23	0,24	0,21	0,24
PI	0,16	0,22	0,15	0,19	0,21	0,18	0,13	0,31	0,12	0,14	0,11	0,31
RR	0,16	0,13	0,05	0,03	0,09	0,10	0,13	0,09	0,14	0,19	0,16	0,09
AP	0,07	0,00	0,05	0,06	0,09	0,05	0,03	0,03	0,03	0,05	0,16	0,09
AC	0,03	0,00	0,00	0,03	0,03	0,05	0,00	0,06	0,06	0,09	0,00	0,05
ND*	8,04	2,99	2,55	3,06	3,05	3,92	3,25	4,20	3,51	3,67	2,51	3,88
Total Geral	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

Legenda: AS01 – Planejamento de CT&I; **AS02** – Modelos Econômicos e de Mercado; **AS03** – Demanda por Energia Elétrica; **AS04** – Modelos de Planejamento da Operação; AS05 – Modelos de Planejamento da Expansão; **AS06** – Modelos Institucionais; **AS07** – Regulação; AS08 – Sistemas de Informação e Estatística; **AS09** – Análise dos Impactos das Tecnologias; **AS10** – Modelos de Avaliação de Políticas Públicas; **AS11** – Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade; **AS12** – Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos; ND – UF não declarada.

Fonte: elaboração própria.

As macrotemáticas em que os profissionais estão mais fortemente concentrados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais são Modelos Econômicos e de Mercado (AS02 – 53%), Modelos

de Avaliação de Políticas Públicas (AS10 - 53%) e Demanda por Energia Elétrica (AS03 – 52,8%). Considerando todas as macrotemáticas relacionadas ao grupo de Assuntos Sistêmicos, o percentual de concentração de RH na região Sudeste ficou entre 48% e 53%.

Nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, verifica-se um percentual relevante dos profissionais que trabalham em temas ligados à macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade (AS11 – 23%). Considerando todas as macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos, o percentual de concentração de RH na região Sul ficou entre 18% e 23%.

Já nos estados de Pernambuco, Bahia e Ceará, verificam-se percentuais menores, porém relevantes, dos profissionais que trabalham em temas relacionados às macrotemáticas Análise dos Impactos das Tecnologias (AS09 – 10%), Modelos Econômicos e de Mercado (AS02 – 10%) e Regulação (AS07 – 10%). Considerando todas as macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos, o percentual de concentração de RH nesses estados da região Nordeste ficou entre 8% e 10%.

A profunda concentração de RH na região Sudeste, com um intervalo muito pequeno de variação entre as macrotemáticas, indica que é importante trazer outros estados e regiões do país para a pesquisa, produção científica e discussão em grande número de temas que dizem respeito ao funcionamento sistêmico do SEB, tais como Planejamento de CT&I (AS01), Modelos Institucionais e Regulatórios (AS06 e AS07), Sistemas de Informação e Estatística (AS08), Tecnologias para Capacitação de Recursos Humanos (AS12), entre outros.

Observamos, anteriormente, que as atividades de P&D em Assuntos Sistêmicos dependem principalmente da capacidade analítica dos profissionais, aliada a tecnologias da informação e da computação. Nesse sentido, observamos também que esses profissionais dependem, em menor grau, de economias locais de escala e de aglomeração, em comparação com profissionais de outras áreas que trabalham em instalações físicas laboratoriais e/ou precisam realizar interações constantes com uma cadeia de fornecedores. Reiteramos, portanto, que é possível buscar uma distribuição regional mais equilibrada dos recursos humanos nas diversas macrotemáticas de Assuntos Sistêmicos, com base na ampliação e consolidação das redes de profissionais nas regiões Nordeste e Norte do país.

O Gráfico 225 apresenta a distribuição de profissionais atuantes na área de Assuntos Sistêmicos por macrotemática.

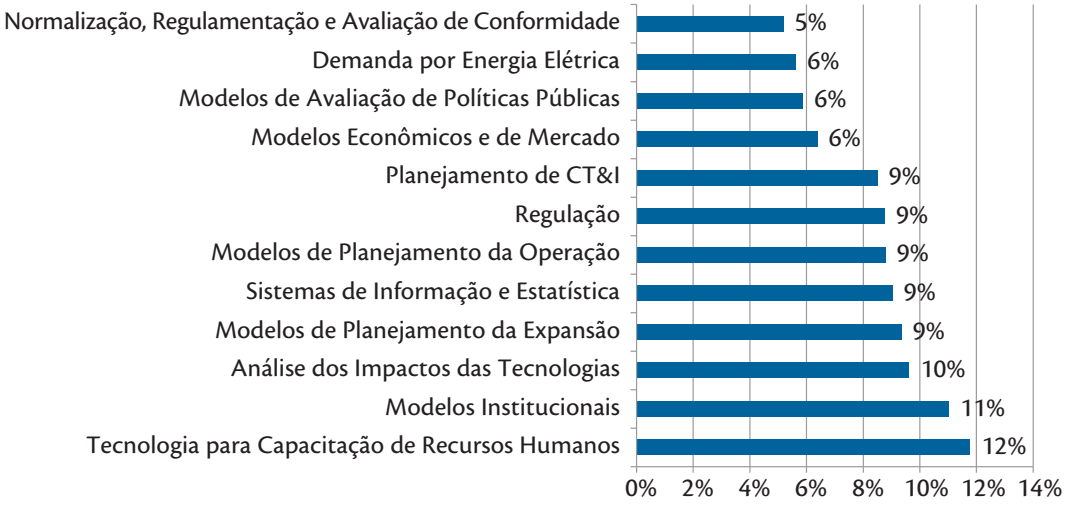


Gráfico 225 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O direcionamento de profissionais para as áreas temáticas relacionadas ao funcionamento sistêmico do SEB é bastante equilibrado. Nos demais grupos analisados, sobretudo Geração e Armazenamento e Eficiência Energética, a distribuição de RH por macrotemáticas evidenciou tendências mais claras de concentração em áreas temáticas específicas. Em Assuntos Sistêmicos, os profissionais distribuem-se de maneira mais desconcentrada entre as diversas macrotemáticas.

Tendo em vista esse quadro de distribuição mais equilibrada do RH entre macrotemáticas, podemos destacar as áreas temáticas de Assuntos Sistêmicos que dispõem de um percentual maior de profissionais. São elas: Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos (12%), Modelos Institucionais (11%) e Análise dos Impactos das Tecnologias (10%).

O direcionamento de profissionais para diferentes áreas temáticas em Assuntos Sistêmicos deve ser analisado à luz da transição tecnológica porque deve passar o SEB no horizonte de tempo de médio/longo prazo. A inserção crescente de fontes intermitentes na matriz, a aplicação em escala de Sistemas de Armazenamento de Energia, a penetração da geração distribuída e a difusão de redes elétricas inteligentes elevarão o grau de complexidade e incerteza no setor elétrico, demandando novos mecanismos de coordenação, monitoramento e controle. Dessa maneira, a mobilização de recursos humanos em determinadas áreas torna-se estratégica.

Em Sistemas de Informação e Estatística, por exemplo, é importante ampliar a rede de profissionais, visando à geração de um sistema integrado de dados reportados em tempo real, que deverão proporcionar os subsídios centrais para a tomada de decisões estratégicas e operacionais no novo contexto de coordenação e operação inteligentes do SEB.

O Gráfico 226 apresenta a distribuição de profissionais atuantes na área de Assuntos Sistêmicos por macrotemática dentro de cada estado da Federação.

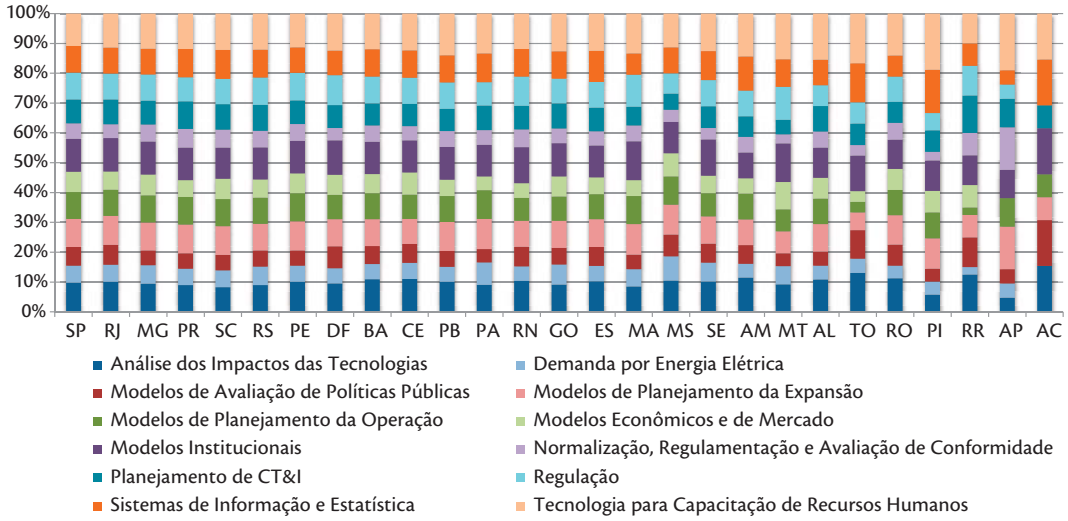


Gráfico 226 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nos diversos estados do país, verifica-se uma distribuição bastante equilibrada do RH de Assuntos Sistêmicos por macrotemáticas – padrão que se assemelha ao observado na ótica mais agregada do total nacional. Em outros grupos temáticos, como Geração e Armazenamento e Transmissão de Energia Elétrica, são mais bem definidas as áreas temáticas de concentração dos profissionais e/ou as potencialidades em cada estado. Já em Assuntos Sistêmicos, os profissionais distribuem-se de maneira mais desconcentrada entre as macrotemáticas em todos os estados brasileiros.

Esse quadro pode ser explicado a partir de um conjunto de argumentos já apresentados. Em primeiro lugar, a disponibilidade regional de recursos energéticos, tais como hídrico, eólico e solar, são determinantes na localização geográfica dos profissionais de Geração e Armazenamento, mas tem pouca influência sobre a localização dos profissionais que atuam na área de Assuntos Sistêmicos.

Isso explica a ausência de padrões de especialização dos estados no âmbito dos temas relativos ao funcionamento sistêmico do SEB, em contraste com padrões de especialização mais evidentes na área de Geração e Armazenamento de Energia.

Em segundo lugar, os demais grupos analisados trabalham mais diretamente com segmentos tecnológicos e soluções de engenharia, que, em alguns casos, podem concorrer entre si ou estar em níveis bastante diferentes de maturidade. Já no grupo de Assuntos Sistêmicos, os temas trabalhados não só se baseiam mais intensamente na capacidade analítica dos recursos humanos, mas também apresentam um grau mais generalizado de complementaridade, já que todos dizem respeito à estratégia mais geral de coordenação, planejamento, operação e monitoramento do SEB. Dessa maneira, justifica-se o direcionamento mais equilibrado dos profissionais de Assuntos Sistêmicos entre macrotemáticas em todos os estados brasileiros.

Por fim, o Gráfico 227 apresenta a titulação dos profissionais de Assuntos Sistêmicos para cada macrotemática analisada.

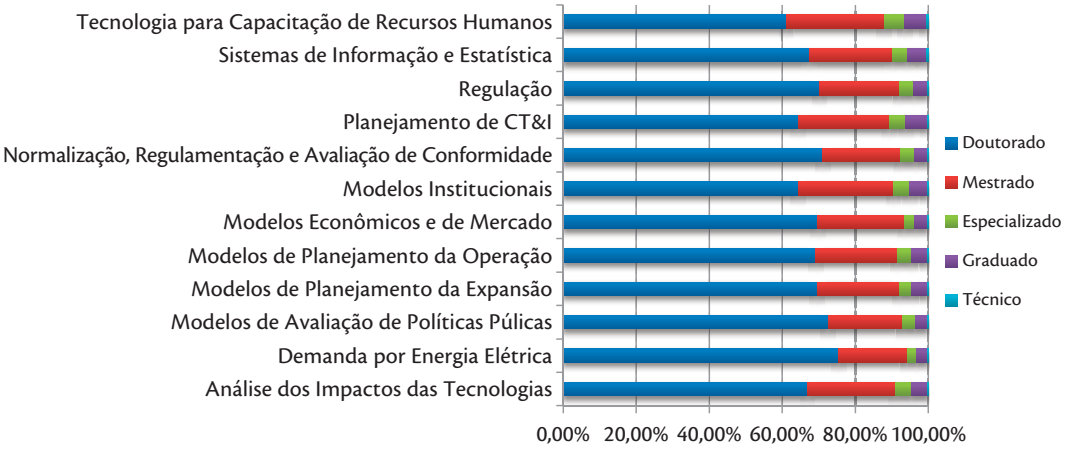


Gráfico 227 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, observam-se proporções similares de níveis de titulação em todas as macrotemáticas, com participação predominante de doutores e mestres, em torno de 90% do total.

Esse resultado pode estar associado a um viés de seleção, já que a base de busca de currículos utilizada para o estudo, a plataforma *Lattes*, é pouco usada entre os profissionais com titulação de especialização, graduação ou formação técnica.

Ainda assim, a participação predominante de doutores e mestres em Assuntos Sistêmicos é um resultado esperado, tendo em vista que os profissionais dessa área trabalham com temas que demandam mais intensamente competências analíticas de recursos humanos, como coordenação, planejamento e avaliação do SEB. As áreas em que se verifica uma participação relativamente maior de técnicos, embora muito reduzida em comparação com os demais profissionais, são Sistemas de Informação e Estatística (0,43%), Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos (0,38%) e Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade (0,27%).

Redes Colaborativas

Caracterização dos Campos de Estudo

Na análise de redes colaborativas para o GT de Assuntos Sistêmicos, foram identificados os principais *clusters* de recursos humanos atuantes nessa área, considerando o número de pesquisadores, representados pelo número de nós, e as palavras-chave trabalhadas por esses pesquisadores. O algoritmo utilizado pelo Gephi para apresentação e organização dos *clusters* tem por influência as forças de atração de similaridade semântica e coautoria entre os nós. Os nós apresentados à região marginal dos *clusters* foram assim dispostos pelo algoritmo por apresentarem pouca ou nenhuma interação com os demais, em termos de similaridade semântica e coautoria. Não obstante, eles não foram desconsiderados na análise, pois abordam tópicos relevantes para o tema.

Planejamento de CT&I

A macrotemática Planejamento de CT&I apresentou cinco *clusters* principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 68.

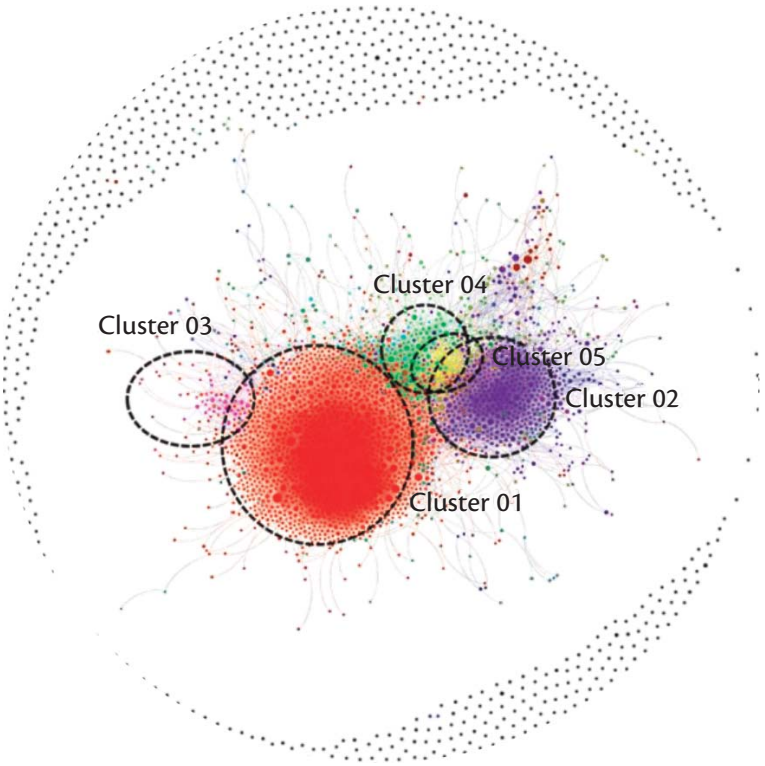


Figura 68 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Planejamento de CT&I

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 68, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. Os *cluster*s 01 e 03 apresentam força de atração expressiva, inclusive com uma área de interseção entre eles, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Os *cluster*s 02, 04 e 05 também estão fortemente relacionados, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas. Destaca-se que o *cluster* 05 é um subgrupo de profissionais dos *cluster*s 02 e 05, indicando sobreposição nas áreas de atuação.

A caracterização dos *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 164.

Tabela 164 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Planejamento de CT&I

Cluster 01 Estudos de prospecção tecnológica	*Cluster* 02 Capacidades computacionais para planejamento de CT&I	*Cluster* 03 Atuação do Estado no planejamento de CT&I	*Cluster* 04 Meio ambiente e planejamento de CT&I	*Cluster* 05 Planejamento integrado de recursos
1. Prospecção tecnológica. 2. Gestão do conhecimento. 3. Planejamento estratégico. 4. Inovação. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Pesquisa e desenvolvimento. 7. Gestão ambiental. 8. Políticas públicas. 9. Estudos prospectivos. 10. Tecnologia da informação.	1. Redes neurais artificiais. 2. Otimização. 3. Geração distribuída. 4. Algoritmos genéticos. 5. Pesquisa e desenvolvimento. 6. Planejamento estratégico. 7. Eficiência energética. 8. Data mining. 9. Lógica fuzzy. 10. Inteligência artificial.	1. Direito ambiental. 2. Regulação. 3. Desenvolvimento. 4. Políticas públicas. 5. Mercosul. 6. Concorrência. 7. Intervenção do Estado. 8. Planejamento da inovação. 9. Gestão da inovação. 10. Direito Econômico.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Barragens. 4. Efeitos estufa. 5. Sustentabilidade. 6. Eficiência energética. 7. Impactos ambientais. 8. Pesquisa e desenvolvimento. 9. Biomassa. 10. Planejamento energético.	1. Energia solar. 2. Planejamento energético. 3. Sistemas fotovoltaicos. 4. Energias renováveis. 5. Planejamento energético. 6. Radiação solar. 7. Desenvolvimento sustentável. 8. Planejamento integrado de recursos energéticos. 9. Pesquisa e desenvolvimento.

Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: estudos de prospecção tecnológica; capacidades computacionais para o planejamento de CT&I; atuação do Estado no planejamento de CT&I; meio ambiente e planejamento de CT&I; e planejamento integrado de recursos.

Modelos Econômicos e de Mercado

A macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado apresentou quatro *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 69.

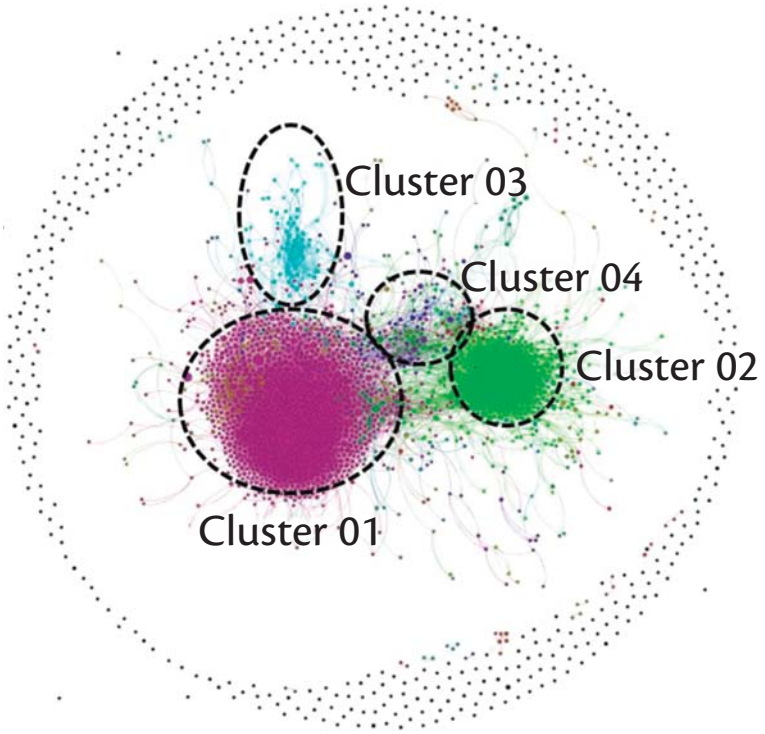


Figura 69 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 69, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 01 apresenta força de atração expressiva em relação aos *cluster*s 03 e 04, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Analogamente, os *cluster*s 02 e 04 apresentam significativa força de atração, com uma pequena área de interseção entre eles, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização desses *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 165.

Tabela 165 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado

Cluster 01 Modelagem de preços, negócios e comportamento do consumidor	*Cluster* 02 Capacidades computacionais para modelos econômicos	*Cluster* 03 Modelos regulatórios	*Cluster* 04 Modelos de mercado para o desenvolvimento sustentável
1. Administração. 2. Planejamento estratégico. 3. Gestão da inovação. 4. Inovação. 5. Teoria dos Jogos. 6. Modelos econométricos. 7. Modelos de negócios. 8. Preços e remuneração. 9. Teoria Econômica. 10. Comportamento do consumidor.	1. Eficiência energética. 2. Redes neurais artificiais. 3. Confiabilidade. 4. Geração distribuída. 5. Otimização. 6. Teoria dos Jogos. 7. Algoritmos genéticos. 8. Data mining. 9. Lógica fuzzy. 10. Planejamento da expansão. 11. Planejamento da operação.	1. Direito ambiental. 2. Mercosul. 3. Desenvolvimento. 4. Direito do consumidor. 5. Regulação. 6. Direito e economia. 7. Concorrência. 8. Intervenção do Estado. 9. Políticas públicas. 10. Agências reguladoras.	1. Cogeração. 2. Eficiência energética. 3. Biomassa. 4. Política energética. 5. Planejamento energético. 6. Meio ambiente. 7. Conservação da energia. 8. Mudanças climáticas. 9. Desenvolvimento sustentável. 10. Externalidades.

Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: modelagem de preços, negócios e comportamento do consumidor; capacidades computacionais para modelos econômicos; modelos regulatórios; e modelos de mercado para o desenvolvimento sustentável.

Demanda por Energia Elétrica

A macrotemática Demanda por Energia Elétrica apresentou cinco *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 70.

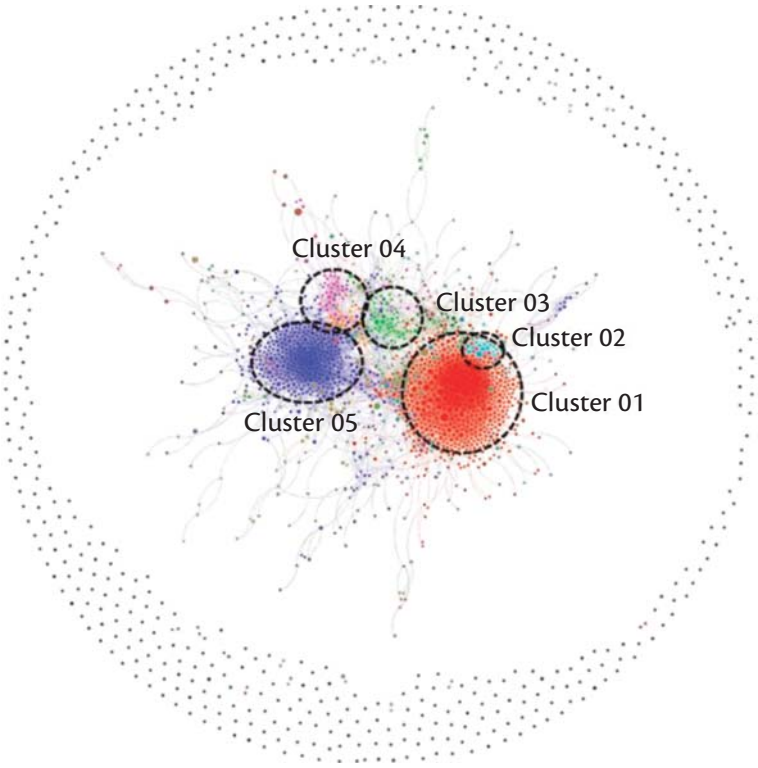


Figura 70 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Demanda por Energia Elétrica

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 70, nota-se que os *cluster*s 01 e 02 estão intimamente relacionados, indicando atuação desse conjunto de profissionais em temas correlatos. Destaca-se que o *cluster* 02 representa um subgrupo de profissionais dentro do *cluster* 01, indicando sobreposição nas áreas de atuação desses profissionais. Os *cluster*s 03, 04 e 05, também, apresentam força de atração expressiva entre si, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização dos *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 166.

Tabela 166 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Demanda por Energia Elétrica

Cluster 01 Demanda de energia no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 02 Demanda de energia e preços	*Cluster* 03 Cenários de demanda e planejamento energético	*Cluster* 04 Demanda de energia, energias renováveis e geração distribuída	*Cluster* 05 Capacidades computacionais para modelagem da demanda
1. Sustentabilidade. 2. Inovação. 3. Gestão do conhecimento. 4. Planejamento estratégico. 5. Tecnologia da informação. 6. Comportamento do consumidor. 7. Políticas públicas. 8. Business intelligence. 9. Análise multicritério. 10. Previsão da demanda.	1. Inflação. 2. Consumidor. 3. Administração pública. 4. Índice de preços ao consumidor. 5. Competitividade. 6. Desenvolvimento sustentável. 7. Políticas públicas. 8. Custos de produção. 9. Métodos quantitativos. 10. Medidas de elasticidade.	1. Gestão ambiental. 2. Cogeração. 3. Biomassa. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Eficiência energética. 6. Planejamento energético. 7. Cenários de demanda de energia. 8. Demanda de eletricidade. 9. Demanda de combustíveis. 10. Projeções de demanda de energia.	1. Energia solar. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. Radiação solar. 4. Eficiência energética. 5. Energias renováveis. 6. Energia eólica. 7. Sensoriamento remoto. 8. Geração distribuída. 9. Planejamento energético. 10. Gerenciamento pelo lado da demanda.	1. Redes neurais artificiais. 2. Sistemas elétricos de potência. 3. Algoritmos genéticos. 4. Geração distribuída. 5. Otimização. 6. Data mining. 7. Gerenciamento pelo lado da demanda. 8. Previsão da demanda. 9. Meta-heurística. 10. Incertezas da demanda.

Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: demanda de energia no contexto de inovações e sustentabilidade; demanda de energia e preços; cenários de demanda e planejamento energético; demanda de energia, energias renováveis e geração distribuída; e capacidades computacionais para modelagem da demanda.

Modelos de Planejamento da Operação

A macrotemática Modelos de Planejamento da Operação apresentou cinco *clusters* principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses clusters e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 71.

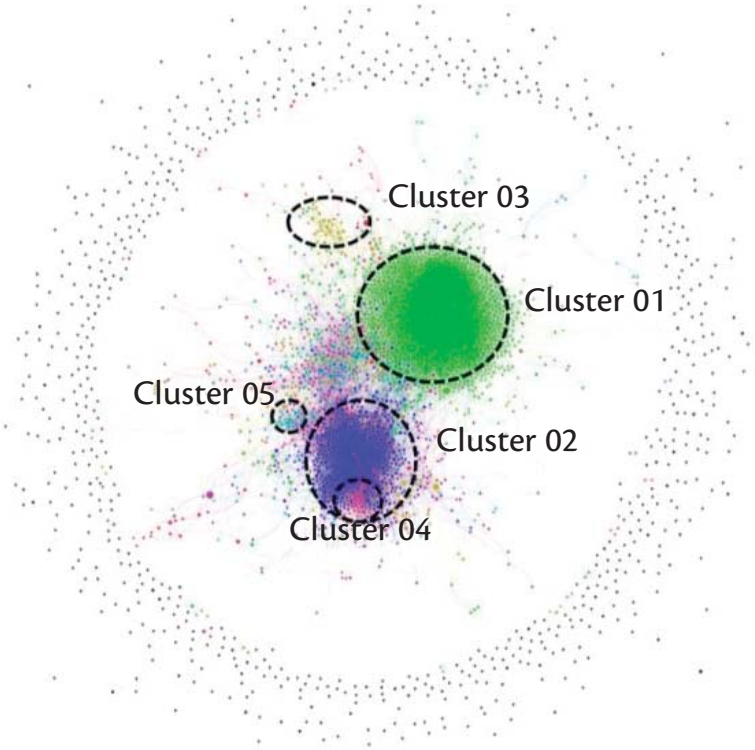


Figura 71 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação

Fonte: elaboração própria.

Os *cluster*s identificados nesta macrotemática apresentam uma disposição um pouco mais dispersa em comparação com os padrões até aqui observados. O *cluster* 01 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração semelhante em relação a todos os *cluster*s da rede. O *cluster* 03 encontra-se um pouco mais isolado, apontando um conjunto de profissionais que atuam em uma área do conhecimento um pouco menos relacionada às demais. Já os *cluster*s 02, 04 e 05 estão mais fortemente relacionados, indicando atuação desses profissionais em temas correlatos. Destaca-se que o *cluster* 04 representa um subgrupo de profissionais dentro do *cluster* 02, indicando sobreposição nas áreas de atuação.

A caracterização dos *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 167.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: planejamento da operação no contexto de inovações e sustentabilidade; capacidades computacionais para o planejamento da operação; aspectos regulatórios no planejamento da operação; confiabilidade de redes elétricas e planejamento da operação; e representação de incerteza de fontes intermitentes.

Tabela 167 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação

Cluster 01 Planejamento da operação no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 02 Capacidades computacionais para o planejamento da operação	*Cluster* 03 Aspectos regulatórios no planejamento da operação	*Cluster* 04 Confiabilidade de redes elétricas e planejamento da operação	*Cluster* 05 Representação de incerteza de fontes intermitentes
1. Gestão do conhecimento. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação tecnológica. 4. Planejamento estratégico. 5. Competitividade. 6. Sistemas de informação. 7. Processo decisório. 8. Comportamento do consumidor. 9. Séries temporais. 10. Eficiência energética.	1. Redes neurais artificiais. 2. Otimização. 3. Geração distribuída. 4. Algoritmos genéticos. 5. Mineração de dados. 6. Planejamento da operação. 7. Métodos probabilísticos. 8. Previsão de cargas. 9. Previsão de vazões. 10. Modelos de pré-despacho.	1. Direito administrativo. 2. Regulação. 3. Desenvolvimento. 4. Políticas públicas. 5. Mercosul. 6. Direito ambiental. 7. Direito econômico. 8. Agências reguladoras.	1. Descargas atmosféricas. 2. Linhas de transmissão. 3. Alta tensão. 4. Transitórios eletromagnéticos. 5. Aterramento. 6. Ensaios em alta tensão. 7. Isoladores. 8. Transformadores. 9. Medição em alta tensão. 10. Arco elétrico.	1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Sistemas fotovoltaicos. 4. Energias renováveis. 5. Sensoriamento remoto. 6. Energia eólica. 7. Geração descentralizada. 8. Planejamento integrado de recursos energéticos. 9. Simulação. 10. Análise de incerteza.

Fonte: elaboração própria.

Modelos de Planejamento da Expansão

A macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão apresentou cinco *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 69.

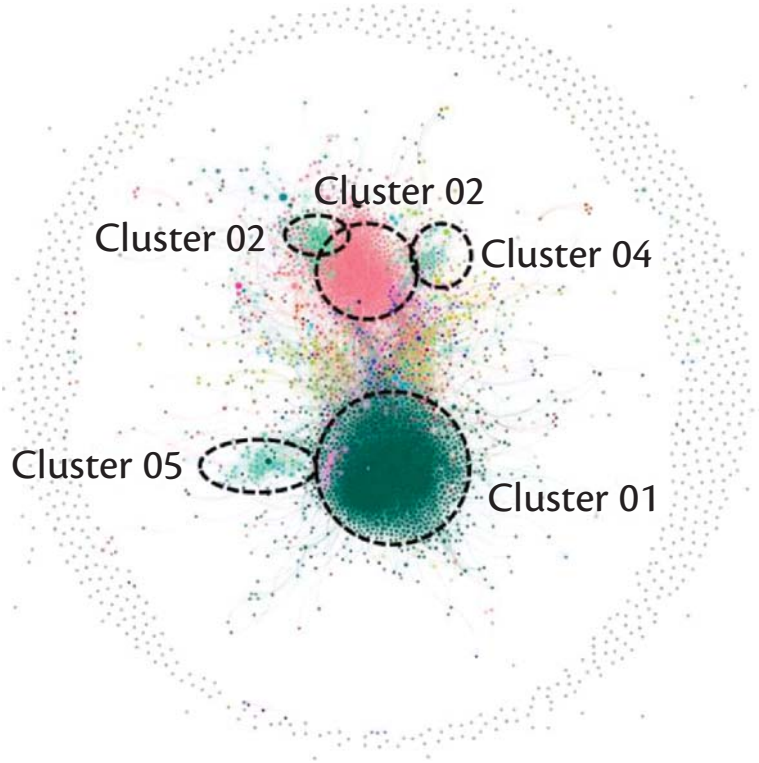


Figura 72 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 72, notam-se dois grupos de *cluster*s com força de atração mais acentuada entre si. Os *cluster*s 01 e 05 apresentam força de atração mais expressiva, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Analogamente, o *cluster* 02 apresenta significativa força de atração em relação aos *cluster*s 03 e 04, indicando atuação desses profissionais em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização dos *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 168.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: planejamento da expansão no contexto de inovações e sustentabilidade; capacidades computacionais para o planejamento da expansão; confiabilidade de redes elétricas no planejamento da expansão; representação de incerteza de fontes intermitentes; e aspectos regulatórios no planejamento da expansão.

Tabela 168 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão

Cluster 01 Planejamento da expansão no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 02 Capacidades computacionais para o planejamento da expansão	*Cluster* 03 Confiabilidade de redes elétricas no planejamento da expansão	*Cluster* 04 Representação de incerteza de fontes intermitentes	*Cluster* 05 Aspectos regulatórios no planejamento da expansão
1. Gestão do conhecimento. 2. Planejamento estratégico. 3. Inovação tecnológica. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Políticas públicas. 6. Sistemas de informação. 7. Séries temporais. 8. Previsão de demanda. 9. Modelos de previsão. 10. Gestão da demanda.	1. Redes neurais artificiais. 2. Otimização. 3. Geração distribuída. 4. Algoritmos genéticos. 5. Mineração de dados. 6. Fluxo de potência ótimo. 7. Planejamento da expansão. 8. Projeção de demanda. 9. Custo marginal de operação. 10. Custo do déficit.	1. Descargas atmosféricas. 2. Linhas de transmissão. 3. Transitórios eletromagnéticos. 4. Confiabilidade. 5. Aterramento. 6. Ensaios em alta tensão. 7. Isoladores. 8. Eficiência energética. 9. Descargas parciais.	1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Sistemas fotovoltaicos. 4. Energias renováveis. 5. Energia eólica. 6. Sensoriamento remoto. 7. Geração descentralizada. 8. Planejamento integrado de recursos energéticos. 9. Análise de incerteza. 10. Simulação.	1. Direitos fundamentais. 2. Direito constitucional. 3. Administração Pública. 4. Políticas públicas. 5. Meio ambiente. 6. Desenvolvimento. 7. Direito administrativo. 8. Regulação. 9. Direito ambiental.

Fonte: elaboração própria.

Modelos Institucionais

A macrotemática Modelos Institucionais apresentou cinco *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, são representados na Figura 73.

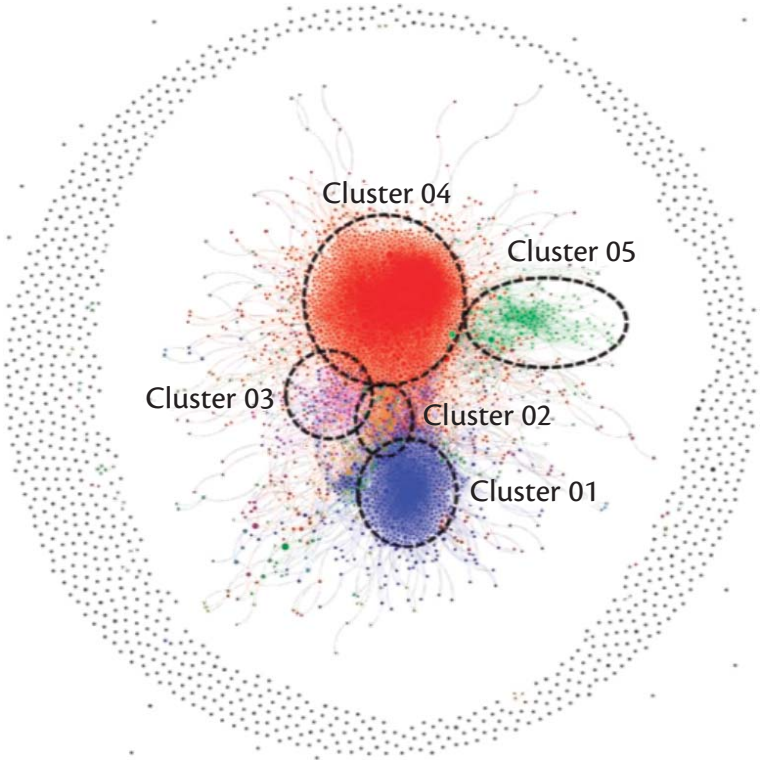


Figura 73 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos Institucionais

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 73, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 04 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 02, 03 e 05, indicando atuação desse conjunto de profissionais em áreas do conhecimento correlatas. Analogamente, os *cluster*s 01 e 02 também apresentam força de atração expressiva entre si, indicando atuação em temas correlatos.

A caracterização desses *cluster*s por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 169.

Tabela 169 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos Institucionais

Cluster 01 Planejamento, operação e modelos de comercialização	*Cluster* 02 Modelos institucionais para mitigação de impactos ambientais	*Cluster* 03 Modelos institucionais para gestão de recursos naturais	*Cluster* 04 Inovações, sustentabilidade e novos modelos institucionais	*Cluster* 05 Modelos institucionais para a integração regional e defesa da concorrência
1. Redes neurais artificiais. 2. Otimização. 3. Confiabilidade. 4. Geração distribuída. 5. Mineração de dados. 6. Comercialização de energia elétrica. 7. Comercialização e análise de riscos. 8. *Benchmarking.* 9. Planejamento e operação de sistemas elétricos. 10. Contratos de energia.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Efeito estufa. 4. Cogeração. 5. Mudanças climáticas. 6. Barragens. 7. Biomassa. 8. Gestão ambiental. 9. Desenvolvimento sustentável. 10. Licenciamento ambiental.	1. Sensoriamento remoto. 2. Geoprocessamento. 3. Bacia hidrográfica. 4. Gestão ambiental. 5. Gestão de recursos hídricos. 6. Cartografia digital. 7. Sistemas de informações geográficas. 8. Geoestatística. 9. Caracterização do meio físico. 10. Sustentabilidade.	1. Estratégia. 2. Gestão do conhecimento. 3. Inovação. 4. Sustentabilidade. 5. Desenvolvimento sustentável. 6. Competitividade. 7. Confiabilidade. 8. Arranjos institucionais. 9. Políticas institucionais de gestão tecnológica. 10. Coordenação de área temática.	1. Mercosul. 2. Desenvolvimento. 3. Atores políticos. 4. Concorrência. 5. Intervenção do Estado. 6. Direito do consumidor. 7. Políticas públicas. 8. Direito administrativo. 9. Regulação. 10. Direito e economia.

Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: planejamento, operação e modelos de comercialização; modelos institucionais para mitigação de impactos ambientais; modelos institucionais para gestão de recursos naturais; inovações, sustentabilidade e novos modelos institucionais; e modelos institucionais para integração regional e defesa da concorrência.

Regulação

A macrotemática Regulação apresentou cinco *clusters* principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses clusters e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 74.

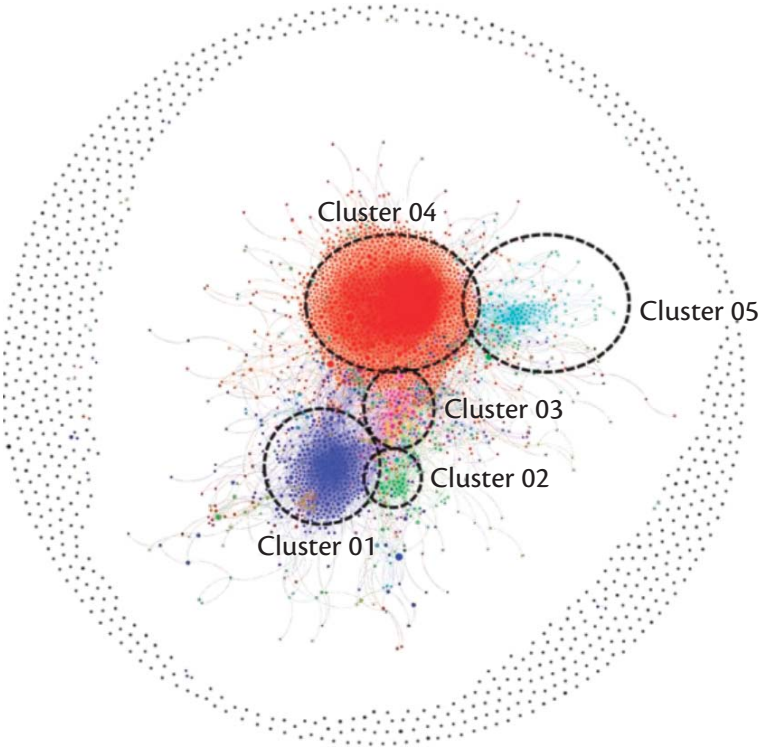


Figura 74 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Regulação

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 74, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 04 concentra o maior número de currículos e apresenta força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 03 e 05, indicando que esse conjunto de profissionais trabalha em temas correlatos. Analogamente, os *cluster*s 01, 02 e 03 também estão fortemente relacionados, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização dos *cluster*s de currículos nesta macrotemática por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 170.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: planejamento, operação e modelos de comercialização; arranjos regulatórios para fontes renováveis; arranjos regulatórios para mitigação de impactos ambientais; inovações, sustentabilidade e adequação do marco regulatório; e regulação ambiental, integração regional e defesa da concorrência.

A macrotemática Regulação apresentou uma disposição de *cluster*s e assuntos muito parecidos com os observados em Modelos Institucionais. Esse resultado era esperado, já que a similaridade de temas nestas macrotemáticas é muito intensa. Ambas tratam da definição das regras que regem a participação de diferentes atores no setor elétrico, da estrutura e atuação da governança neste setor, e de questões gerais de coordenação, confiabilidade, concorrência e competitividade em um setor caracterizado pela existência de indústrias de rede e monopólios naturais – particularmente nos segmentos de transmissão e distribuição de energia elétrica.

Tabela 170 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Regulação

Cluster 01 Planejamento, operação e modelos de comercialização	*Cluster* 02 Arranjos regulatórios para fontes renováveis	*Cluster* 03 Arranjos regulatórios para mitigação de impactos ambientais	*Cluster* 04 Inovações, sustentabilidade e adequação do marco regulatório	*Cluster* 05 Regulação ambiental, integração regional e defesa da concorrência
1. Redes neurais artificiais. 2. Eficiência energética. 3. Geração distribuída. 4. Algoritmos genéticos. 5. Comercialização de energia elétrica. 6. Comercialização e análise de risco. 7. *Benchmarking*. 8. Planejamento e operação de sistemas elétricos. 9. Contratos de energia. 10. Lastro de potência.	1. Energia solar. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. Eficiência energética. 4. Radiação solar. 5. Energias renováveis. 6. Energia eólica. 7. Sensoriamento remoto. 8. Planejamento energético integrado. 9. Recursos hídricos. 10. Regulação e gestão competitiva.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Efeito estufa. 4. Gestão ambiental. 5. Impactos ambientais. 6. Desmatamento amazônico. 7. Desenvolvimento sustentável. 8. Licenciamento ambiental. 9. Marco regulatório. 10. Análise de impacto regulatório.	1. Estratégia. 2. Gestão do conhecimento. 3. Inovação. 4. Sustentabilidade. 5. Competitividade. 6. Gestão da inovação. 7. Marco regulatório. 8. Mercado atacadista. 9. Mercado varejista. 10. Transporte de energia.	1. Direito ambiental. 2. Meio ambiente. 3. Direito do consumidor. 4. Direitos fundamentais. 5. Desenvolvimento. 6. Mercosul. 7. Atores políticos. 8. Concorrência. 9. Agências reguladoras. 10. Direito econômico.

Fonte: elaboração própria.

Sistemas de Informação e Estatística

A macrotemática Sistemas de Informação e Estatística apresentou cinco *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito.

A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 75.

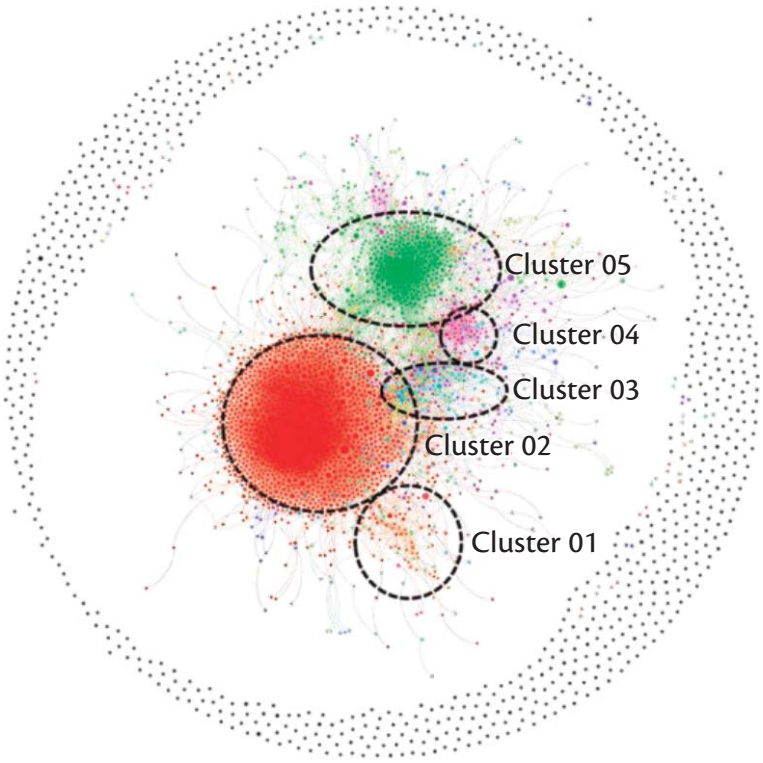


Figura 75 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 75, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 02 concentra o maior número de currículos e apresenta força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 01 e 03, indicado que esse conjunto de profissionais atua em áreas do conhecimento correlatas. Analogamente, o *cluster* 05 apresenta força de atração mais expressiva em relação ao *cluster* 04, indicando atuação em temas correlatos.

A caracterização desses *cluster*s de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 171.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: questões jurídicas e regulatórias na difusão de tecnologias da informação e comunicação; infraestrutura de processamento e análise de dados; estruturação e gestão de dados sobre impactos ambientais; estruturação e gestão de dados de energias renováveis; e capacidades computacionais para estruturação e gestão de dados.

Tabela 171 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística

Cluster 01 Questões jurídicas e regulatórias na difusão de TICs	*Cluster* 02 Infraestrutura de processamento e análise de dados	*Cluster* 03 Estruturação e gestão de dados sobre impactos ambientais	*Cluster* 04 Estruturação e gestão de dados de energias renováveis	*Cluster* 05 Capacidades computacionais para estruturação e gestão de dados
1. Desenvolvimento. 2. Mercosul. 3. Concorrência. 4. Intervenção do Estado. 5. Direito do consumidor. 6. Políticas públicas. 7. Direito público. 8. Regulação. 9. Tecnologia da informação. 10. Proteção de dados pessoais. 11. Sistematização de dados.	1. Gestão do conhecimento. 2. Estratégia. 3. Inovação. 4. Sustentabilidade. 5. Tecnologia da informação. 6. Ergonomia. 7. Avaliação de desempenho. 8. Multicritério. 9. Sistemas de informação. 10. Gestão da informação. 11. Análise envoltória de dados.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Efeito estufa. 4. Mudanças climáticas. 5. Barragens. 6. Gestão ambiental. 7. Desmatamento amazônico. 8. Hidrelétricas. 9. Sistema de informação geográfica. 10. Banco de dados.	1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Energia eólica. 4. Sensoriamento remoto. 5. Geração distribuída. 6. Recursos hídricos. 7. Planejamento energético. 8. Modelagem e simulação. 9. Banco de dados. 10. Softwares.	1. Redes neurais artificiais. 2. Eficiência energética. 3. Algoritmos genéticos. 4. Geração distribuída. 5. Mineração de dados. 6. Confiabilidade. 7. Inteligência artificial. 8. Otimização. 9. Meta-heurística. 10. Simulação.

Fonte: elaboração própria.

Análise dos Impactos das Tecnologias

A macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias apresentou seis *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 76.

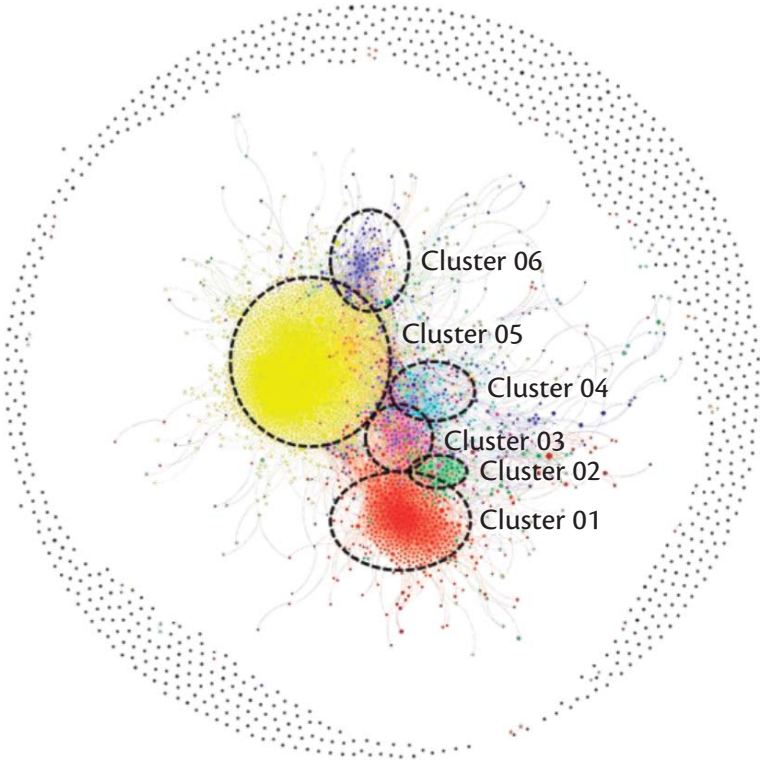


Figura 76 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 76, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 05 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 03, 04 e 06, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Os *cluster*s 01, 02 e 03 também estão mais fortemente relacionados, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização desses *cluster*s de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 172 e Tabela 173.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: capacidades computacionais para análise dos impactos das tecnologias; análise dos impactos de fontes renováveis e da geração distribuída; análise dos impactos ambientais das tecnologias do setor elétrico; análise dos impactos socioambientais da

hidroeletricidade; análise dos impactos das tecnologias no contexto de inovações e sustentabilidade; e questões jurídicas e regulatórias nos impactos das tecnologias.

Tabela 172 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias

Cluster 01 Capacidades computacionais para análise dos impactos das tecnologias	*Cluster* 02 Análise dos impactos de fontes renováveis e da geração distribuída	*Cluster* 03 Análise dos impactos ambientais das tecnologias do setor elétrico
1. Redes neurais artificiais. 2. Geração distribuída. 3. Eficiência energética. 4. Otimização. 4. Confiabilidade. 5. Algoritmos genéticos. 6. Descargas atmosféricas. 7. Inteligência artificial. 8. Lógica fuzzy. 9. Smart grids. 10. Otimização multicritério.	1. Energia solar. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. Eficiência energética. 4. Energias renováveis. 5. Energia eólica. 6. Eletrificação rural. 7. Geração distribuída. 8. Impacto ambiental. 9. Análise de desempenho. 10. Análise de ciclo de vida.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Efeito estufa. 4. Cogeração. 5. Mudanças climáticas. 6. Barragens. 7. Biomassa. 8. Energia nuclear. 9. Modelos de avaliação. 10. Análise de ciclo de vida.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 173 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias (continuação)

Cluster 04 Análise dos impactos socioambientais da hidroeletricidade	*Cluster* 05 Análise dos impactos das tecnologias no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 06 Questões jurídicas e regulatórias nos impactos das tecnologias
1. Sensoriamento remoto. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Bacias hidrográficas. 4. Meio ambiente. 5. Geoprocessamento. 6. Geoestatística. 7. Gestão ambiental. 8. Sustentabilidade. 9. Erosão. 10. Análise ambiental. 11. Impactos de vizinhança.	1. Gestão do conhecimento. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação. 4. Competitividade. 5. Avaliação de desempenho. 6. Avaliação de impactos ambientais. 7. Impactos sociais. 8. Impactos econômicos. 9. Avaliação do ciclo de vida. 10. Petróleo e gás.	1. Direito ambiental. 2. Regulação. 3. Mercosul. 4. Desenvolvimento. 5. Direito administrativo. 6. Direito do consumidor. 7. Políticas públicas. 8. Impactos ambientais. 9. Impactos sociais e regionais. 10. Cidadania e estudo de impacto de vizinhança.

Fonte: elaboração própria.

Modelos de Avaliação de Políticas Públicas

A macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas apresentou seis *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 77.

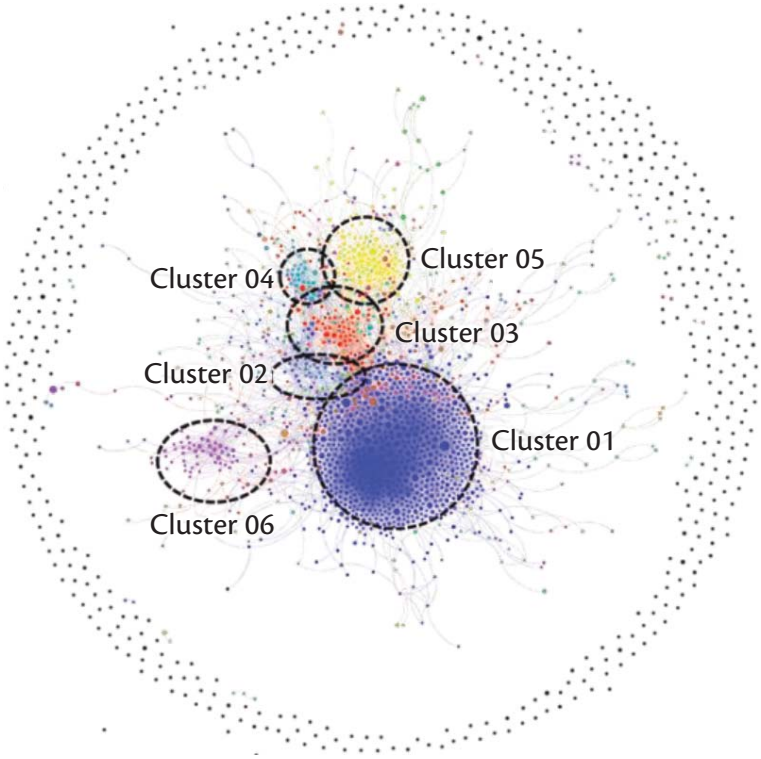


Figura 77 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 77, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 01 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 02 e 03, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Os *cluster*s 03, 04 e 05 também estão mais fortemente relacionados, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas. Já o *cluster* 06

encontra-se um pouco mais afastado, apontando um conjunto de profissionais que atuam em uma área do conhecimento um pouco menos relacionada às demais.

A caracterização desses *cluster*s de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita nas Tabela 174 e Tabela 175.

Tabela 174 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas

Cluster 01 Inovações, sustentabilidade e avaliação de políticas públicas	*Cluster* 02 Avaliação da política energética no contexto do desenvolvimento sustentável	*Cluster* 03 Avaliação dos impactos de políticas ambientais sobre o setor elétrico
1. Gestão do conhecimento. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Competitividade. 6. Avaliação de políticas públicas. 7. Política ambiental. 8. Política industrial e tecnológica. 9. Políticas sociais. 10. Política econômica. 11. Economia política.	1. Desenvolvimento sustentável. 2. Energias renováveis. 3. Planejamento energético. 4. Energia e meio ambiente. 5. Gestão ambiental. 6. Política energética. 7. Biomassa. 8. Política de pesquisa em bioenergia. 9. Política científica e tecnológica. 10. Política ambiental.	1. Aquecimento global. 2. Desmatamento. 3. Efeito estufa. 4. Cogeração. 5. Mudanças climáticas. 6. Gestão ambiental. 7. Políticas de sustentabilidade. 8. Política de P&D. 9. Política energética. 10. Políticas de saneamento.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 175 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas (continuação)

Cluster 04 Avaliação de políticas para fontes renováveis e eletrificação rural	*Cluster* 05 Capacidades computacionais para avaliação de políticas públicas	*Cluster* 06 Avaliação de políticas de integração regional e defesa da concorrência
1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Sistemas fotovoltaicos. 4. Energia eólica. 5. Geração distribuída. 6. Planejamento energético. 7. Recursos hídricos. 8. Impactos de tecnologias limpas. 9. Avaliação de projetos. 10. Avaliação de programas de eletrificação rural.	1. Otimização. 2. Eficiência energética. 3. Geração distribuída. 4. Redes neurais artificiais. 5. Algoritmos genéticos. 6. Sistemas inteligentes. 7. Avaliação econômica. 8. Avaliação de desempenho. 9. Avaliação de programas de eficiência energética. 10. Avaliação de pós-graduação.	1. Direito ambiental. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Direito do consumidor. 4. Atores políticos. 5. Mercosul. 6. Concorrência. 7. Políticas públicas. 8. Direito regulatório. 9. Cidadania. 10. Avaliação de políticas públicas.

Fonte: elaboração própria.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: inovações, sustentabilidade e avaliação de políticas públicas; avaliação da política energética no contexto do desenvolvimento sustentável; avaliação dos impactos de políticas ambientais sobre o setor elétrico; avaliação de políticas para fontes renováveis e eletrificação rural; capacidades computacionais para avaliação de políticas públicas; e avaliação de políticas de integração regional e defesa da concorrência.

Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade

A macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade apresentou quatro *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 78.

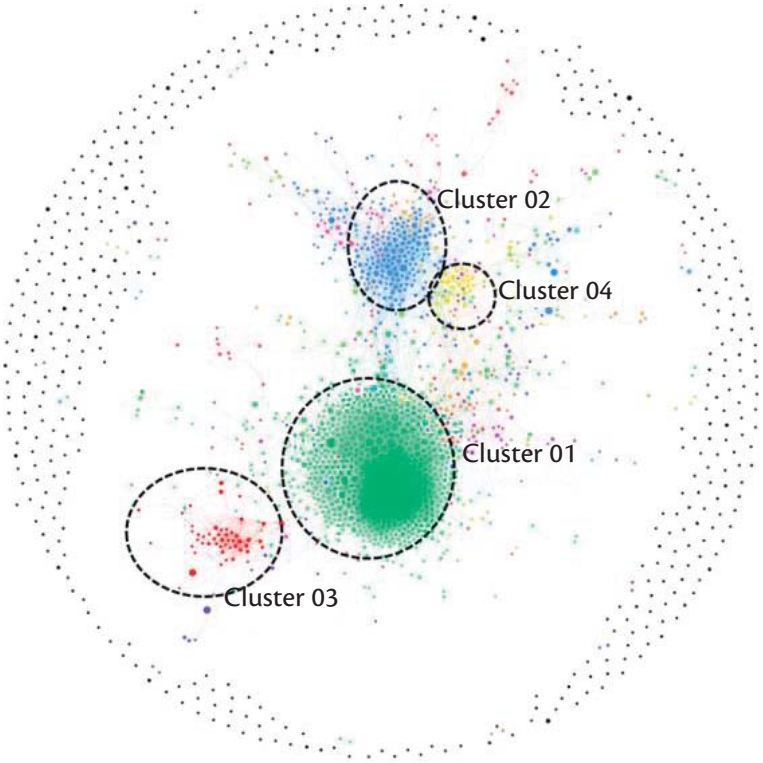


Figura 78 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade

Fonte: elaboração própria.

Os *cluster*s identificados nessa macrotemática apresentam uma disposição um pouco mais dispersa em comparação com os padrões mais frequentemente observados nas demais macrotemáticas. O *cluster* 01 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação ao *cluster* 03, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. O *cluster* 02 é o segundo maior da rede e está mais fortemente relacionado ao *cluster* 04, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização desses *cluster*s de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita na Tabela 176.

Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: normalização e avaliação de conformidade no contexto de inovações e sustentabilidade; capacidades computacionais, metrológicas e métodos para ensaios e testes; arranjos regulatórios e institucionais para conformidade às normas técnicas; e requisitos técnicos para equipamentos e sistemas elétricos.

Tabela 176 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade

Cluster 01 Normalização e avaliação de conformidade no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 02 Capacidades computacionais, metrológicas e métodos para ensaios e testes	*Cluster* 03 Arranjos regulatórios e institucionais para conformidade às normas técnicas	*Cluster* 04 Requisitos técnicos para equipamentos e sistemas elétricos
1. Gestão do conhecimento. 2. Sustentabilidade. 3. Inovação. 4. Confiabilidade. 5. Metrologia. 6. Regulamentação. 7. Avaliação de conformidade. 8. Normas técnicas. 9. Padrões de qualidade. 10. Coordenação interinstitucional.	1. Redes neurais artificiais. 2. Eficiência energética. 3. Geração distribuída. 4. Confiabilidade. 5. Mineração de dados. 6. Metrologia. 7. Medição inteligente. 8. Monitoramento de equipamentos elétricos. 9. Ensaios e projeto de equipamentos elétricos. 10. Métodos de testes e ensaios.	1. Direito ambiental. 2. Direito administrativo. 3. Direito do consumidor. 4. Desenvolvimento. 5. Direito regulatório. 6. Análise econômica do direito. 7. Regulação. 8. Desenhos institucionais. 9. Normas da ABNT. 10. Inmetro.	1. Energia solar. 2. Eficiência energética. 3. Energia eólica. 4. Geração descentralizada. 5. Eletrificação rural. 6. Ensaios de equipamentos. 7. Equipamentos fotovoltaicos. 8. Equipamentos de proteção da rede elétrica. 9. Eficiência energética de equipamentos. 10. Caracterização de materiais.

Fonte: elaboração própria.

Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

A macrotemática Tecnologia para capacitação de Recursos Humanos apresentou seis *cluster*s principais de profissionais de CT&I, considerando coautorias e similaridade de assuntos tratados nesse âmbito. A disposição desses *cluster*s e o seu tamanho, em termos de concentração de currículos, estão representados na Figura 79.

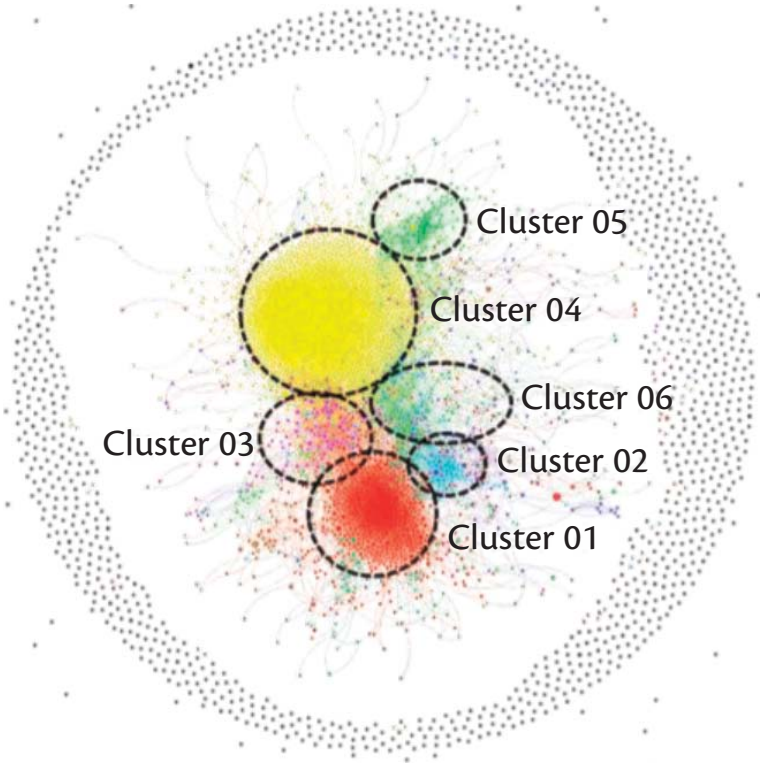


Figura 79 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

Fonte: elaboração própria.

Da Figura 79, nota-se uma força de atração relevante entre todos os *cluster*s da macrotemática, com algumas forças de atração mais acentuadas. O *cluster* 04 concentra o maior número de currículos e apresenta uma força de atração mais expressiva em relação aos *cluster*s 03, 05 e 06, indicando que esses conjuntos de profissionais trabalham em temas correlatos. Analogamente, o *cluster* 01 é o segundo maior da rede e está mais fortemente relacionado aos *cluster*s 02 e 03, indicando atuação em áreas do conhecimento correlatas.

A caracterização desses *clusters* de currículos por temas e áreas do conhecimento, com base nas palavras-chave identificadas, é feita nas Tabela 177 e Tabela 178.

Tabela 177 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

Cluster 01 Capacitação e treinamento para confiabilidade de redes elétricas	*Cluster* 02 Capacitação e treinamento para fontes renováveis, geração distribuída e eletrificação rural	*Cluster* 03 Identificação de perfil profissional para gestão de recursos hídricos
1. Redes neurais artificiais. 2. Algoritmos genéticos. 3. Geração distribuída. 4. Mineração de dados. 5. Descargas atmosféricas. 6. Fluxo de potência ótimo. 7. Planejamento e operação de sistemas. 8. Simulação. 9. Treinamento de operadores. 10. Engenharia de software. 11. Veículos aéreos não tripulados.	1. Energia solar. 2. Sistemas fotovoltaicos. 3. Eficiência energética. 4. Energias renováveis. 5. Energia eólica. 6. Eletrificação rural. 7. Planejamento integrado de recursos. 8. Sensoriamento remoto. 9. Geração descentralizada. 10. Biomassa. 11. Capacitação.	1. Sensoriamento remoto. 2. Gestão de recursos hídricos. 3. Bacia hidrográfica. 4. Meio ambiente. 5. Geoprocessamento. 6. Geoestatística. 7. Impactos ambientais. 8. Sistema de informação geográfica. 9. Perfil profissional. 10. Formação profissional.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 178 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos (continuação)

Cluster 04 Capacitação e treinamento no contexto de inovações e sustentabilidade	*Cluster* 05 Formação e capacitação de profissionais para a área regulatória	*Cluster* 06 Capacitação de profissionais para termoeletricidade e integração com o setor de petróleo e gás
1. Gestão do conhecimento. 2. Educação. 3. Sustentabilidade. 4. Inovação. 5. Competitividade. 6. Gestão de pessoas. 7. Capacitação e treinamento. 8. Capacitação tecnológica. 9. Capacitação profissional. 10. Acompanhamento e avaliação da capacitação.	1. Direito ambiental. 2. Direito do consumidor. 3. Desenvolvimento. 4. Mercosul. 5. Atores políticos. 6. Políticas públicas. 7. Direito regulatório. 8. Recursos humanos. 9. Ensino e aprendizagem. 10. Docência no ensino superior.	1. Planejamento integrado de recursos energéticos. 2. Desenvolvimento sustentável. 3. Gás natural. 4. Eficiência energética. 5. Energização rural. 6. Petróleo. 7. Regulação do petróleo. 8. Políticas de gás. 9. Termoelétricas. 10. Gestão do conhecimento.

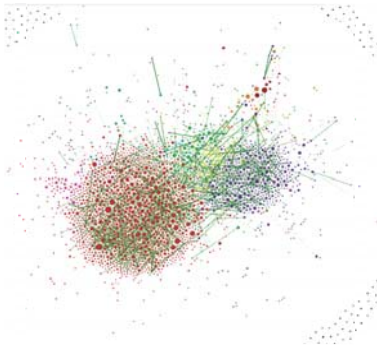
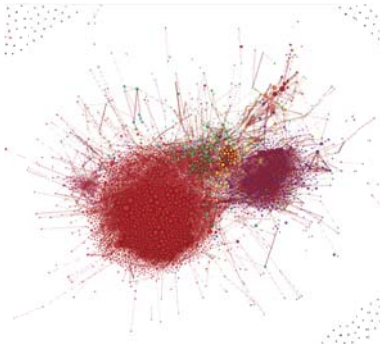
Fonte: elaboração própria.

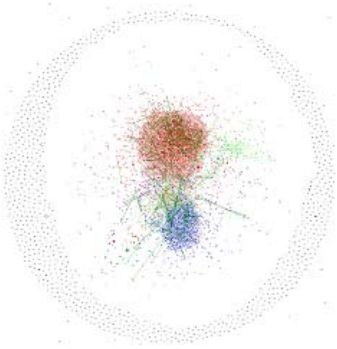
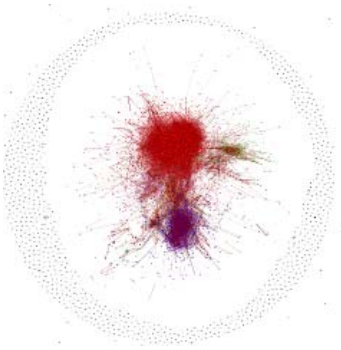
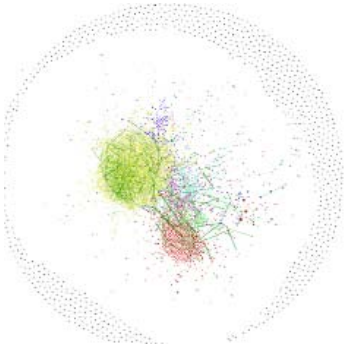
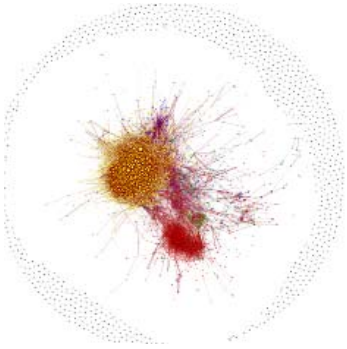
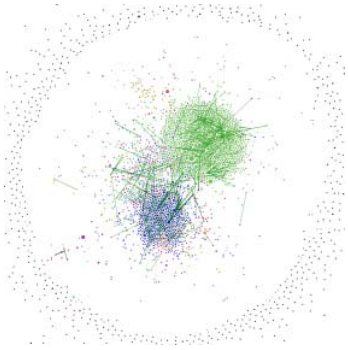
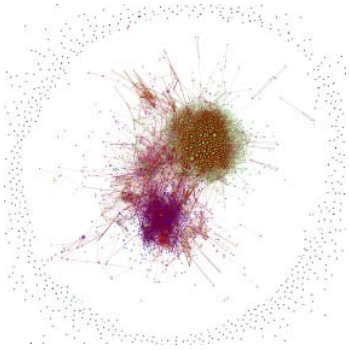
Os temas mais trabalhados pelos pesquisadores da rede são: capacitação e treinamento para confiabilidade de redes elétricas; capacitação e treinamento para fontes renováveis, geração distribuída e eletrificação rural; identificação de perfil profissional para gestão de recursos hídricos; capacitação e treinamento no contexto de inovações e sustentabilidade; formação e capacitação de profissionais para a área regulatória; e capacitação de profissionais para termoeletricidade e integração com o setor de petróleo e gás.

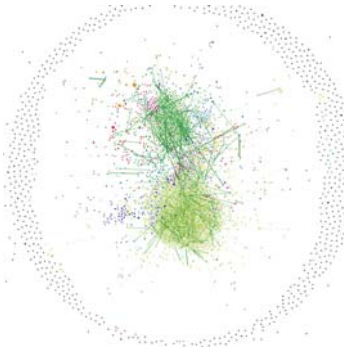
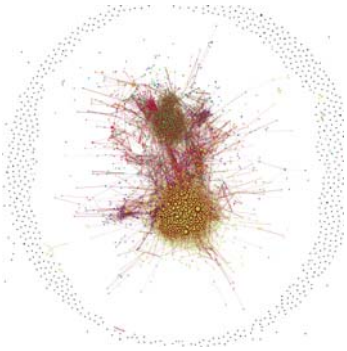
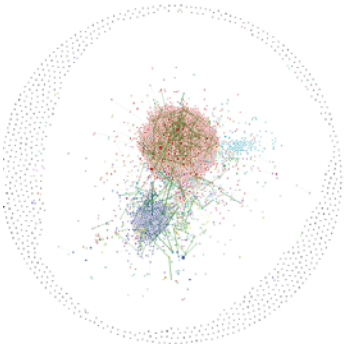
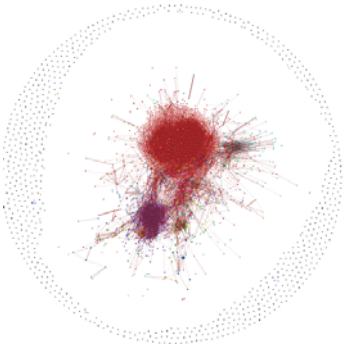
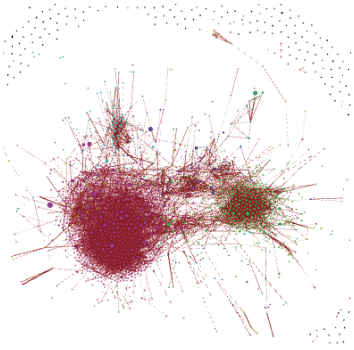
Relações de similaridade semântica e coautoria

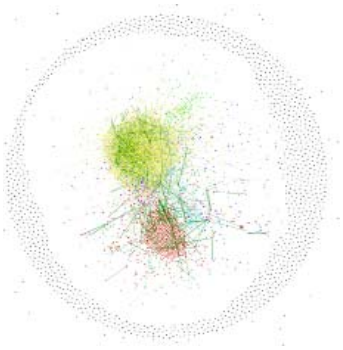
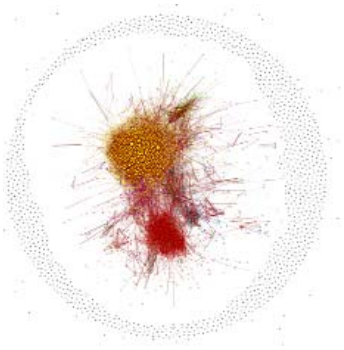
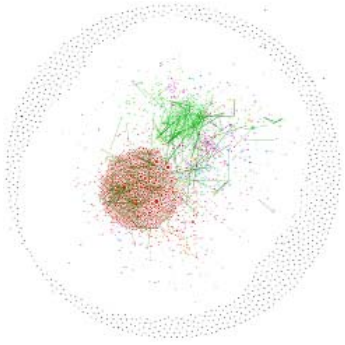
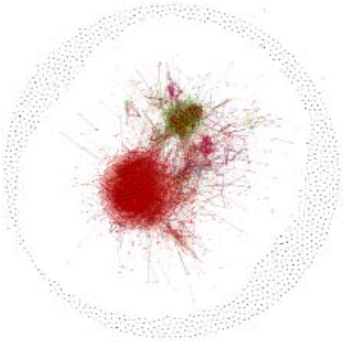
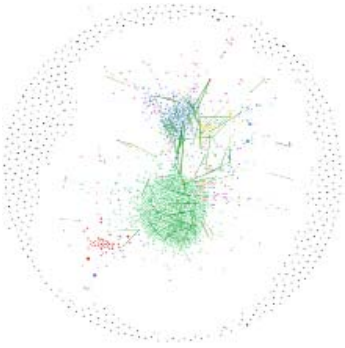
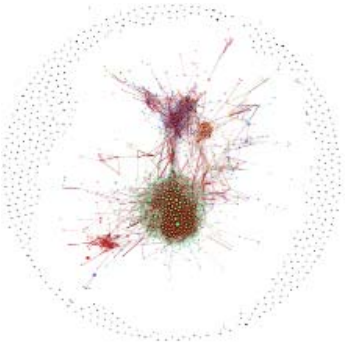
A análise das relações de coautoria e similaridade semântica nas redes colaborativas tem como parâmetro o grau médio. Este indicador é resultado da divisão da quantidade de interações de similaridade semântica ou de coautoria (arestas) pelo número de pesquisadores da rede (nós), multiplicado por dois. A multiplicação é feita para captar as relações de reciprocidade entre pesquisadores. Quanto maior o valor do grau médio, maior o grau de relação entre pesquisadores em determinada rede.

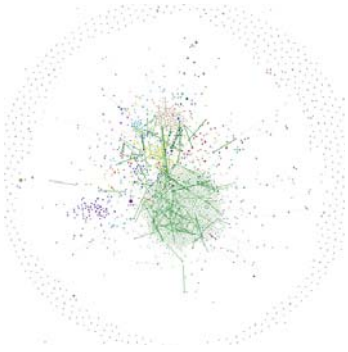
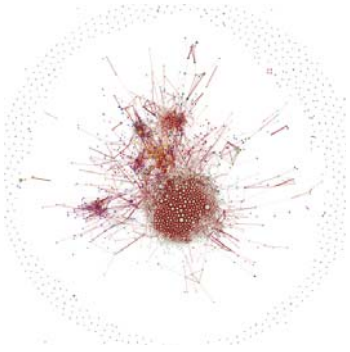
Tabela 179 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Planejamento de CT&I	0,956		13,749	

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Modelos Institucionais	0,709		11,6	
Análise dos Impactos das Tecnologias	0,707		11,353	
Modelos de Planejamento da Operação	0,705		10,601	

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Modelos de Planejamento da Expansão	0,7		10,779	
Regulação	0,689		10,636	
Modelos Econômicos e de Mercado	0,688		10,146	

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos	0,658		11,384	
Sistemas de Informação e Estatística	0,65		9,683	
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	0,631		8,912	

	Grau médio de coautoria	Coautoria	Grau médio de similaridade semântica	Similaridade semântica
Demanda por Energia Elétrica	0,613		8,304	
Modelos de Avaliação de Políticas Públicas	0,575		7,915	

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, observam-se relações mais intensas e dinâmicas de coautoria nas redes que apresentam maior grau de similaridade semântica entre os currículos de pesquisadores. Esse é um resultado esperado, já que a similaridade de temas e a correlação entre áreas do conhecimento condicionam o desenvolvimento e a publicação de trabalhos conjuntos e autorias compartilhadas.

Nessa perspectiva, a rede de pesquisadores que apresentou graus mais elevados de similaridade semântica e coautoria no conjunto das macrotemáticas analisadas foi Planejamento de CT&I (13,749 e 0,956, respectivamente). A caracterização dos clusters dessa rede, em termos dos principais temas trabalhados pelos pesquisadores, indica, de fato, alta similaridade e complementaridade das áreas de pesquisa, que gravitam em torno da prospecção tecnológica e da gestão do conhecimento para

viabilizar uma transição tecnológica no SEB – centrada em mecanismos de coordenação e operação inteligentes e na funcionalidade do setor ao desenvolvimento sustentável. O grau relativamente mais elevado de coautorias nessa rede é um indicador importante, já que a interação e a colaboração entre pesquisadores no Planejamento de CT&I poderão gerar melhores resultados na orientação das linhas de PD&I necessárias a esse processo de transição tecnológica no SEB.

Outro conjunto de macrotemáticas apresentou graus de similaridade semântica e coautoria em patamares um pouco mais baixos do que em Planejamento de CT&I, mas ainda expressivos em comparação com as demais macrotemáticas. Esse conjunto é composto por: Modelos Institucionais (11,6 e 0,709); Análise dos Impactos das Tecnologias (11,353 e 0,707); Modelos de Planejamento da Operação (10,601 e 0,705); e Modelos de Planejamento da Expansão (10,779 e 0,7).

Os temas trabalhados nos *clusters* de pesquisadores dessas macrotemáticas também remetem a importantes desafios diante da transição tecnológica por que deve passar o SEB nos próximos anos, tornando fundamental a interação e colaboração entre pesquisadores nessas áreas. Em Modelos Institucionais, por exemplo, é relevante traçar novos arranjos para introdução de redes inteligentes nos sistemas de transmissão e distribuição de energia, estruturar novos modelos para inserção e comercialização da geração intermitente e da geração distribuída, e buscar articulações institucionais para integração energética com países vizinhos. Já em Modelos de Planejamento da Expansão e da Operação, é importante aprimorar a representação de incertezas relacionadas a fontes intermitentes nos modelos de planejamento, bem como adequar as ferramentas de previsão ao novo contexto de gestão e monitoramento de dados em tempo real. A Análise dos Impactos das Tecnologias tem relação direta com essas questões, pois a transição tecnológica no SEB traz consigo a necessidade de avaliar como a infraestrutura do setor se comporta diante da inserção de novas tecnologias.

A importância desses elementos no contexto atual de inovações no SEB pode ter contribuído para o maior dinamismo dessas redes de pesquisadores em termos de relações de coautoria.

Infraestrutura de CT&I

A Figura 80 apresenta a distribuição por estados brasileiros dos laboratórios que trabalham em temas de Assuntos Sistêmicos, considerando a base de Diretórios de Grupos de Pesquisa (DGP) do CNPq. Observa-se uma concentração de laboratórios na região Sudeste-Sul do país, com destaque para o estado de São Paulo, e uma concentração menor, porém relevante, de laboratórios em um conjunto

de estados da região Nordeste, com destaque para Bahia, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. Destacam-se, também, laboratórios no estado do Pará.

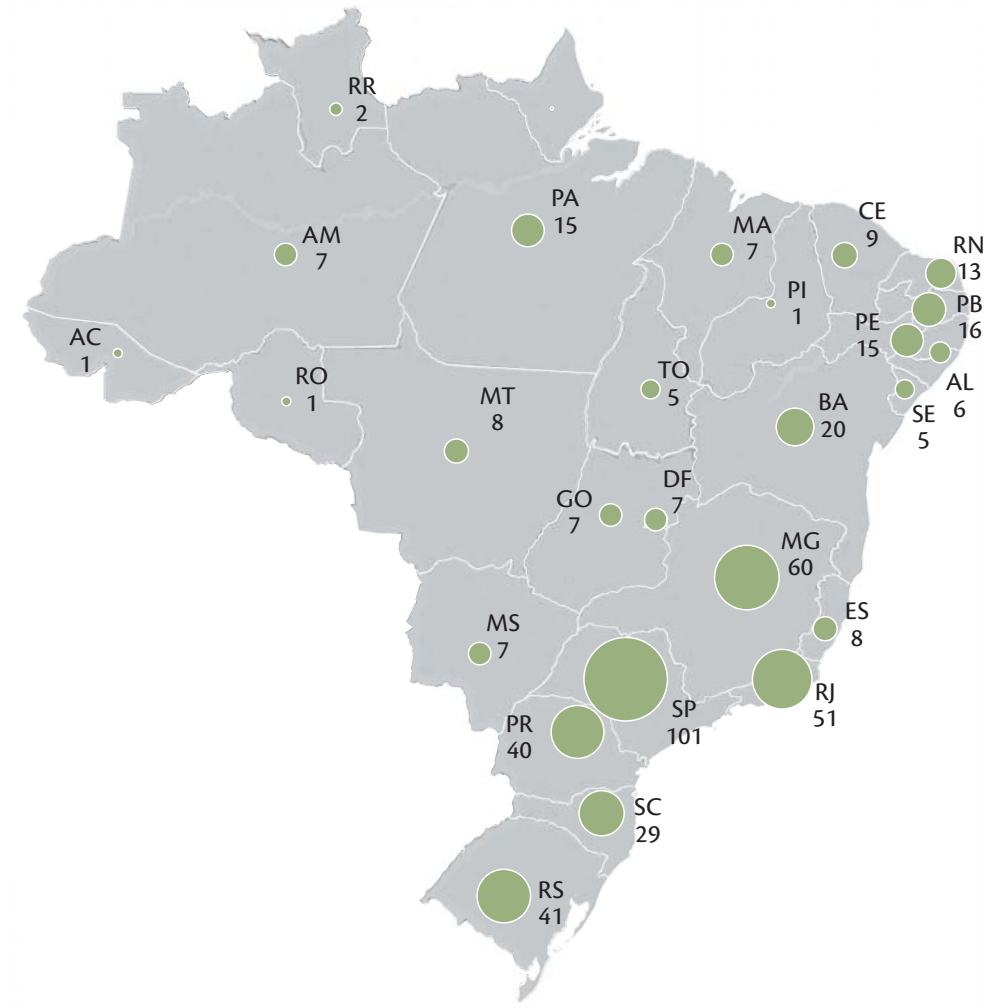
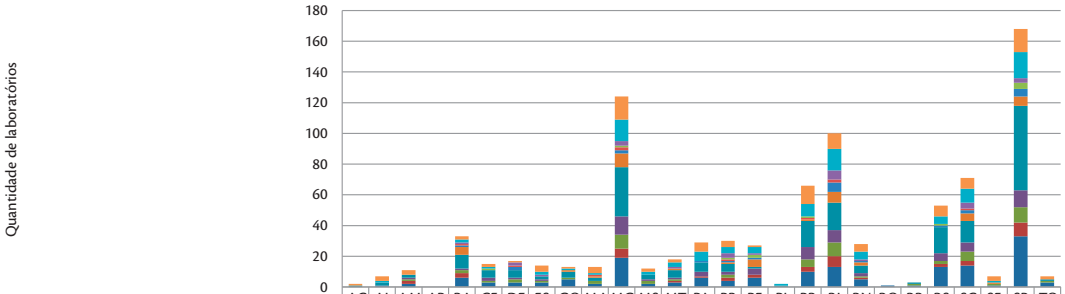


Figura 80 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 228 apresenta a distribuição de laboratórios nos estados brasileiros por macrotemáticas do GT de Assuntos Sistêmicos.



	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos	1	3	3	0	2	2	1	4	1	4	15	2	2	6	4	1	0	12	10	5	0	0	7	7	3	15	2
Sistemas de Informação e Estatística	0	1	0	0	2	1	0	2	1	1	14	2	3	6	4	4	1	8	14	5	0	0	5	9	1	17	0
Regulação	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	3	0	1	0	3	1	0	0	6	1	0	0	0	4	0	3	0
Planejamento de CT&I	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	0
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0
Modelos Institucionais	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	0	0	6	1	0	0	1	2	0	5	0
Modelos Econômicos e de Mercado	0	0	0	0	5	0	0	0	1	1	9	0	1	0	1	5	0	1	7	2	0	0	0	5	1	6	0
Modelos de Planejamento da Operação	1	2	2	0	9	5	5	2	4	2	32	3	5	6	5	1	1	17	18	5	0	1	17	14	0	55	1
Modelos de Planejamento da Expansão	0	0	1	0	1	2	1	1	0	0	12	1	1	3	2	4	0	8	8	2	0	0	5	6	0	11	0
Modelos de Avaliação de Políticas Públicas	0	0	1	0	2	1	2	1	1	2	9	2	1	0	2	0	0	5	9	1	0	1	2	6	1	10	1
Demanda por Energia Elétrica	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	6	0	1	1	2	2	0	3	7	1	0	0	2	3	0	9	0
Análise dos Impactos das Tecnologias	0	1	2	0	6	3	3	3	5	2	19	2	3	6	4	6	0	10	13	5	1	1	13	14	1	33	3

Gráfico 228 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

De forma geral, os estados que concentram um número mais expressivo de laboratórios, como São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná, apresentam um número maior de laboratórios nas macrotemáticas de Modelos de Planejamento da Operação, Análise dos Impactos das Tecnologias, Sistemas de Informação e Estatística e Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos.

O Gráfico 229 apresenta o percentual de laboratórios por macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos. Em coerência com os resultados observados anteriormente, as macrotemáticas com maior participação no número de laboratórios do país são Modelos de Planejamento da Operação, Análise dos Impactos das Tecnologias, Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos e Sistemas de Informação e Estatística.

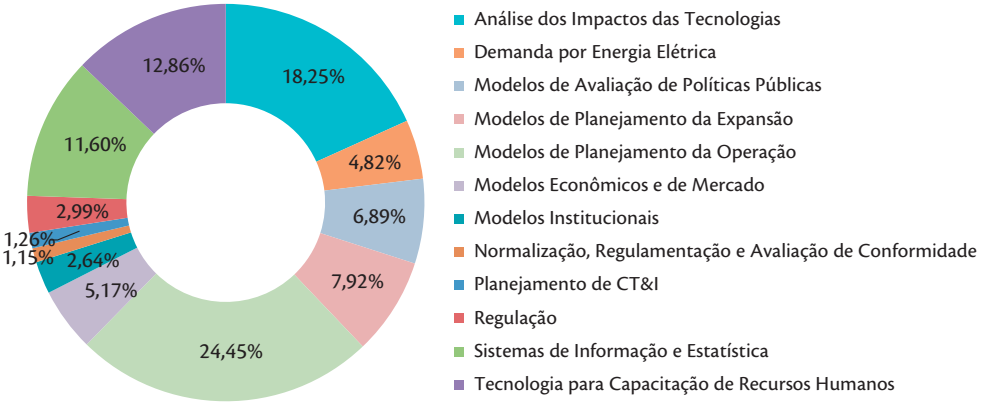


Gráfico 229 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 230 apresenta o percentual de pesquisadores mestres e doutores nos laboratórios por macrotemáticas do grupo de Assuntos Sistêmicos. Em todas as macrotemáticas, observa-se um percentual mais expressivo de doutores do que de mestres nos laboratórios de pesquisa.

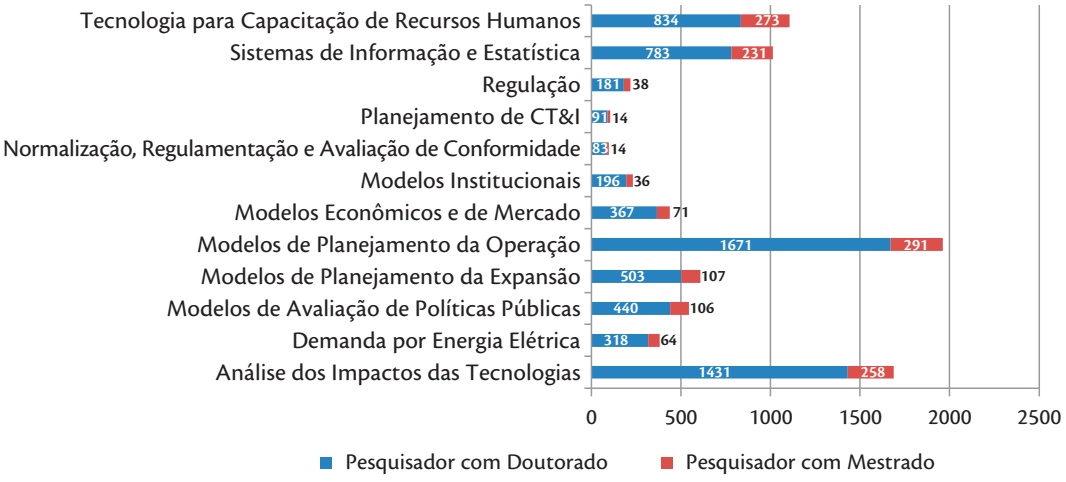


Gráfico 230 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O Gráfico 231 e o Gráfico 232 apresentam o perfil dos laboratórios por macrotemáticas segundo a caracterização de suas atividades e inserção nas etapas da cadeia de inovação. Ressalta-se que essas informações foram levantadas a partir de uma pesquisa de campo em um universo de 285 laboratórios no país, que foram classificados de acordo com as 48 macrotemáticas que estruturam este projeto.

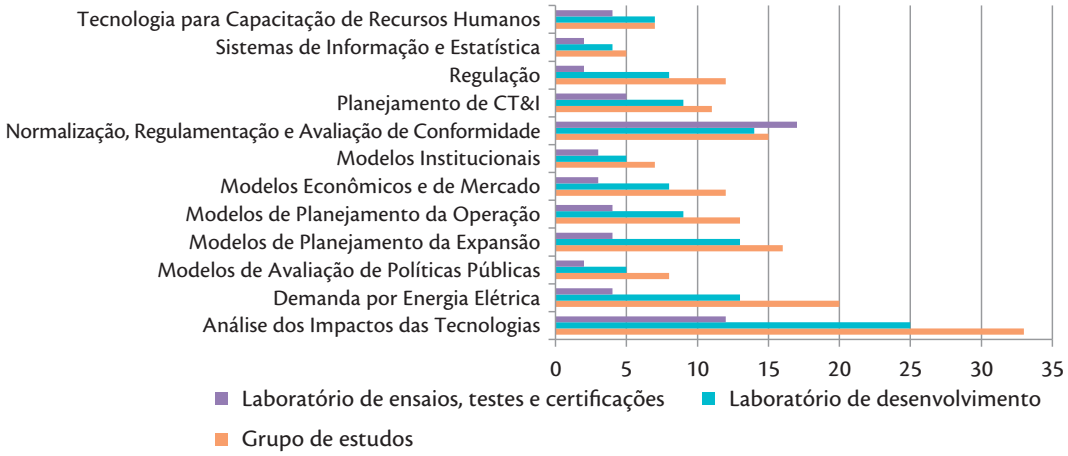


Gráfico 231 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados aos GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Observa-se que, em praticamente todas as macrotemáticas, os grupos de estudo têm maior participação no universo de laboratórios pesquisados, enquanto os laboratórios de ensaios, testes e certificações têm menor participação nesse universo. Esse resultado decorre da natureza dos temas analisados no GT de Assuntos Sistêmicos, que estão mais associados a questões analíticas dos recursos humanos do que a soluções de engenharia que demandam testes laboratoriais. Esse quadro só não ocorre na macrotemática de Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade, em que os laboratórios de ensaios, testes e certificações têm maior participação, já que a macrotemática trata diretamente de temas relacionados a essas questões de ensaios laboratoriais, testes e certificações.

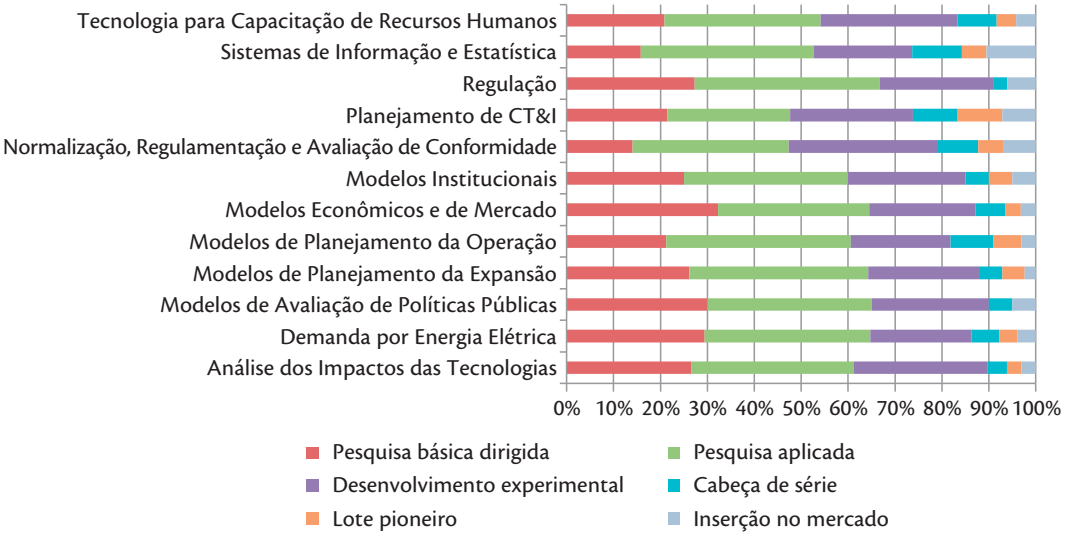


Gráfico 232 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Já no Gráfico 232, observa-se, em todas as macrotemáticas, uma concentração das atividades dos laboratórios analisados nas etapas da cadeia de inovação relacionadas à pesquisa básica dirigida, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental. As macrotemáticas em que há um envolvimento maior em atividades mais avançadas da cadeia de inovação, particularmente relacionadas à inserção no mercado, são Sistemas de Informação e Estatística e Normalização, Regulamentação de Avaliação de Conformidade, que são também macrotemáticas mais técnicas.

O Gráfico 233 apresenta a produção científica, em termos de publicações em periódicos nacionais e internacionais e depósito de patentes, dos laboratórios analisados no universo da base de DGP do CNPq.

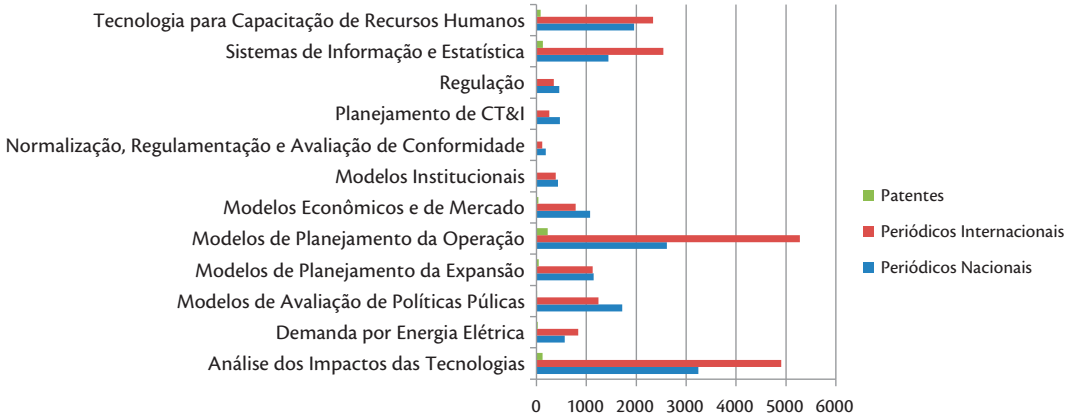


Gráfico 233 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Ressalta-se que a publicação de trabalhos dos laboratórios em periódicos nacionais e internacionais é mais elevada nas macrotemáticas de Modelos de Planejamento da Expansão, Análise dos Impactos das Tecnologias, Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos e Sistemas de Informação e Estatística. Em menor grau, observam-se publicações nas macrotemáticas de Modelos de Avaliação de Políticas Públicas, Modelos de Planejamento da Operação e Modelos Econômicos e de Mercado. Nas demais macrotemáticas, o volume de publicações é relativamente muito mais baixo.

Cabe destacar, ainda, que as macrotemáticas com maior volume de publicações apresentam um volume mais elevado de publicações em periódicos internacionais, enquanto as macrotemáticas com um volume de publicações relativamente intermediário apresentam mais publicações em periódicos nacionais.

Por fim, destaca-se o volume bastante inexpressivo de patentes neste grupo temático, que, em parte, pode estar associado à natureza dos temas trabalhados nessa área, que se relacionam mais a *softwares* e análises dos pesquisadores do que a equipamentos e produtos em geral ligados a soluções tecnológicas de engenharia.

O Gráfico 234 e o Gráfico 235 apresentam o volume de investimentos dos laboratórios que trabalham em temas da área de Assuntos Sistêmicos, considerando-se a base DGP do CNPq.

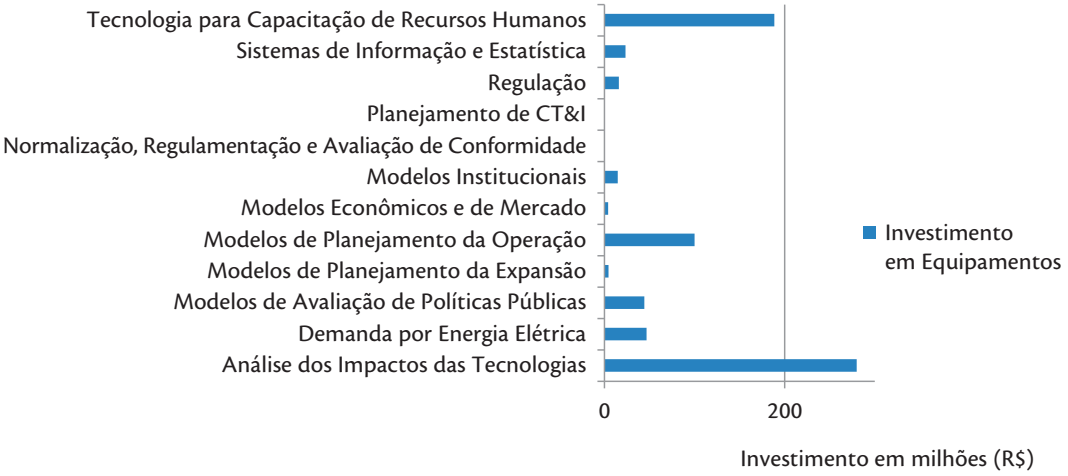


Gráfico 234 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

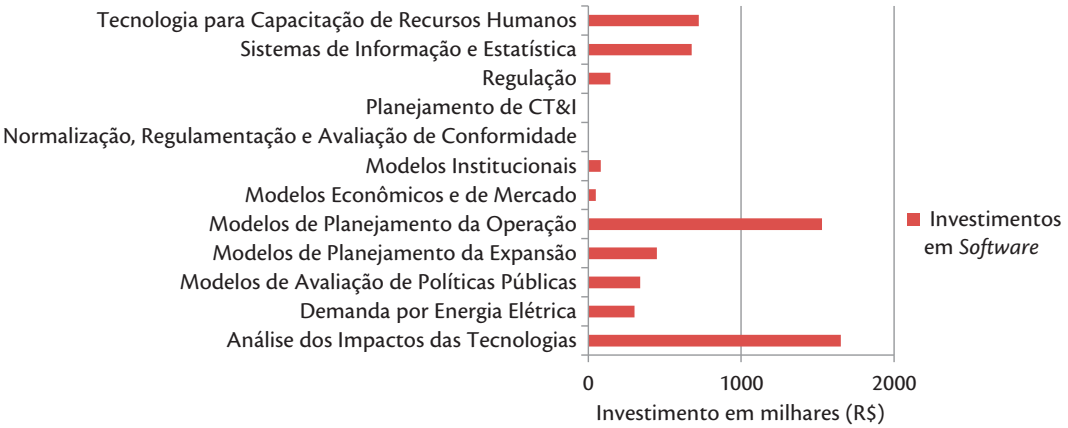


Gráfico 235 - Investimentos financeiros em softwares realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016

Fonte: elaboração própria.

Observa-se, de forma geral, que os investimentos em *software* superam, em larga escala, os investimentos em equipamentos, o que é coerente com as características específicas dos temas englobados em Assuntos Sistêmicos.

Programas de Pós-Graduação Stricto Sensu

O grupo temático Assuntos Sistêmicos difere-se consideravelmente dos demais grupos temáticos quanto à natureza da atividade de P&D. Em suma, as macrotemáticas do grupo referem-se ao planejamento e à gestão do SEB, abrangendo, em menor número, pesquisas quanto à inovação e eficiência tecnológica, mas, em maior número, pesquisas quanto ao funcionamento do setor sob diferentes aspectos, tanto técnico quanto econômico e/ou institucional. Dessa forma, a atividade de P&D relacionada ao grupo temático é bem diversificada e presente em áreas distintas das dos demais grupos temáticos. Como será visto ao longo da análise, isto se reflete quanto às diferentes áreas de avaliação dos Programas de Pós-Graduação (PPGs) que realizam atividade de P&D referente às macrotemáticas do grupo Assuntos Sistêmicos.

Em relação ao número de PPGs contabilizados no grupo, há um total 172 programas elencados. A Figura 81 ilustra a distribuição geográfica no país dos PPGs que realizam atividade de P&D relacionada ao grupo temático.

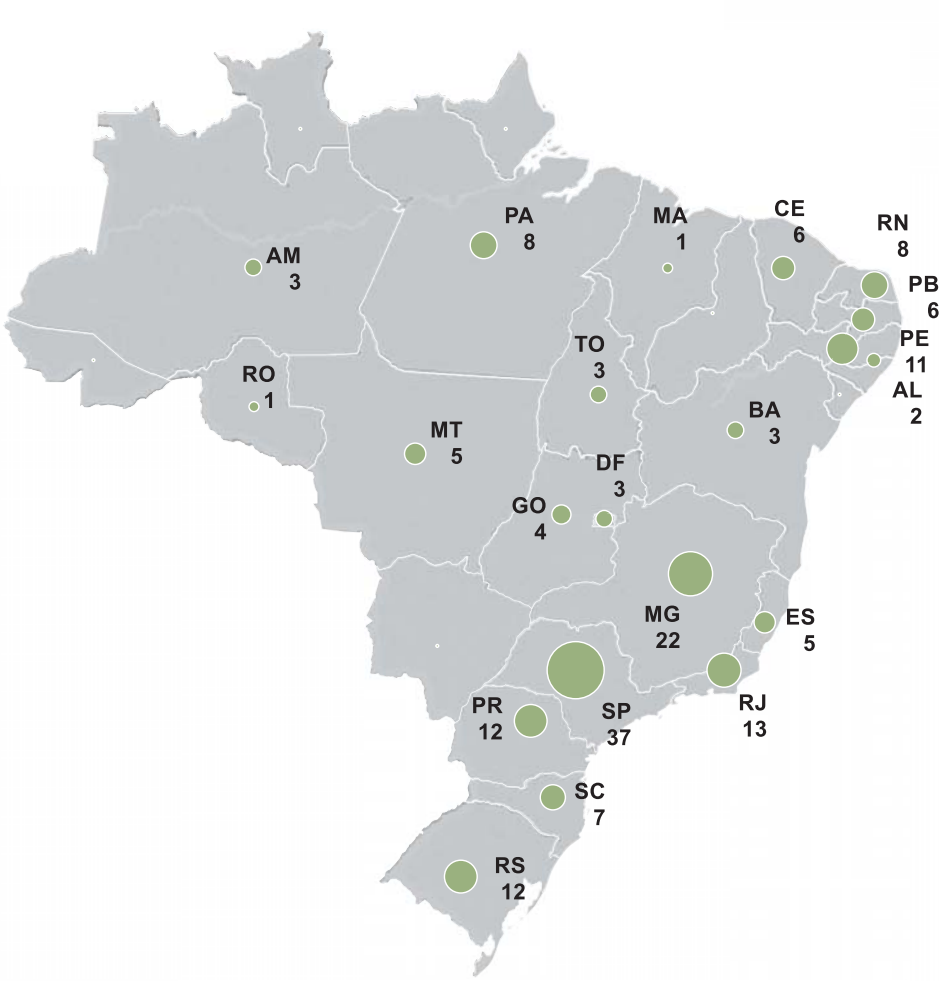


Figura 81 - Distribuição geográfica de Programas de Pós-Graduação do grupo temático Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há presença de PPGs em boa parte das UFs do país, mesmo que em número bem reduzido em diversas delas. Em média, têm-se aproximadamente seis PPGs por UF. A região Sudeste representa cerca de 45% do total no país. O Nordeste é a segunda região do país com maior número de programas, representando aproximadamente 22% do total. Em seguida, a região Sul representa cerca de 18%. As regiões Norte e Centro-Oeste combinadas concentram aproximadamente 16% do total de PPGs no país.

No estado de Minas Gerais, o principal destaque é o PPGs de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Podem-se destacar também os programas de engenharia elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) e da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Em São Paulo, destacam-se os programas dos diversos *campi* da Universidade de São Paulo (USP) e da Universidade de Campinas (Unicamp). No estado do Rio de Janeiro, o grande destaque é o PPGs de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), além de outros programas da Coppe – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Outras instituições que se destacam são a Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), a Fundação Getulio Vargas (FGV-RIO) e a Universidade Federal Fluminense (UFF).

Na região Nordeste, destacam-se diversos programas da Universidade Federal do Pernambuco (UFPE) e da Fundação Universidade de Pernambuco (FESP-UPE). Na região Sul, destacam-se os Programas de Pós-Graduação de Engenharia das três principais universidades federais da região, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Federal do Paraná (UFPR). Na região Norte, destaca-se no estado do Pará o PPGs de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará (UFPA).

O Gráfico 236 apresenta o total de PPGs classificados para cada macrotemática. É importante salientar que um mesmo PPG pode estar associado a diferentes macrotemáticas. Portanto, a soma dos valores apresentados a seguir é superior que o total de PPGs contabilizados no grupo.

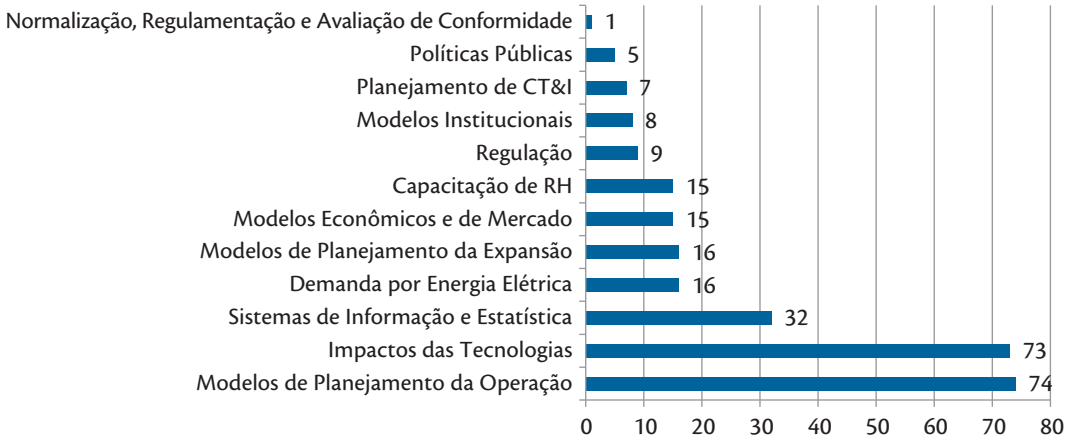


Gráfico 236 - Quantidade de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se a discrepância da quantidade de PPGs contabilizados nas macrotemáticas Modelos de Planejamento da Operação e Análise de Impacto das Tecnologias em relação ao restante do grupo. Ambas as macrotemáticas possuem mais que o dobro de PPGs que os contabilizados em Sistemas de Informação e Estatística, a terceira macrotemática com maior número de PPGs associados. Em relação às outras macrotemáticas, nota-se uma pequena quantidade de programas.

A Tabela 180 ordena as cinco UFs com maior número de PPGs associados a cada macrotemática do grupo temático.

Tabela 180 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos (%)

	1º	2º	3º	4º	5º
Planejamento de CT&I	MG (43)	SP (43)	RJ (14)		
Modelos Econômicos e de Mercado	SP (40)	RJ (33)	MG (13)	PR (7)	SC (7)
Demanda por Energia Elétrica	SP (44)	RJ (19)	PR (13)	SC (13)	MG (6)
Modelos de Planejamento da Operação	SP (19)	MG (14)	PR (12)	RS (12)	RJ (9)
Modelos de Planejamento da Expansão	SP (38)	MG (25)	RJ (13)	DF (6)	PE (6)
Modelos institucionais	SP (50)	MG (38)	RJ (13)		
Regulação	SP (33)	RJ (22)	AL (11)	DF (11)	MG (11)
Sistemas de Informação e Estatística	SP (19)	PE (16)	ES (13)	MG (13)	CE (6)
Impactos das Tecnologias	MG (15)	SP (14)	PA (10)	RN (7)	CE (5)
Políticas Públicas	MG (40)	AL (20)	RS (20)	SP (20)	
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	RJ (100)				
Capacitação de RH	MG (33)	SP (20)	RJ (13)	PA (7)	PB (7)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se o predomínio de PPGs das UFs da região Sudeste, como esperado. Além disso, algumas macrotemáticas têm uma concentração alta em poucos estados. Esses casos ocorrem nas macrotemáticas cujas quantidades de PPGs são pequenas. Cabe destacar, na macrotemática Impactos das Tecnologias, a relevância dos estados do Pará, do Rio Grande do Norte e do Ceará. Além disso, o Distrito Federal tendo relevância nas macrotemáticas Modelos de Planejamento da Expansão e Regulação.

O Gráfico 237 a apresenta as áreas de avaliação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) com maior número de PPGs associados no grupo Assuntos Sistêmicos.

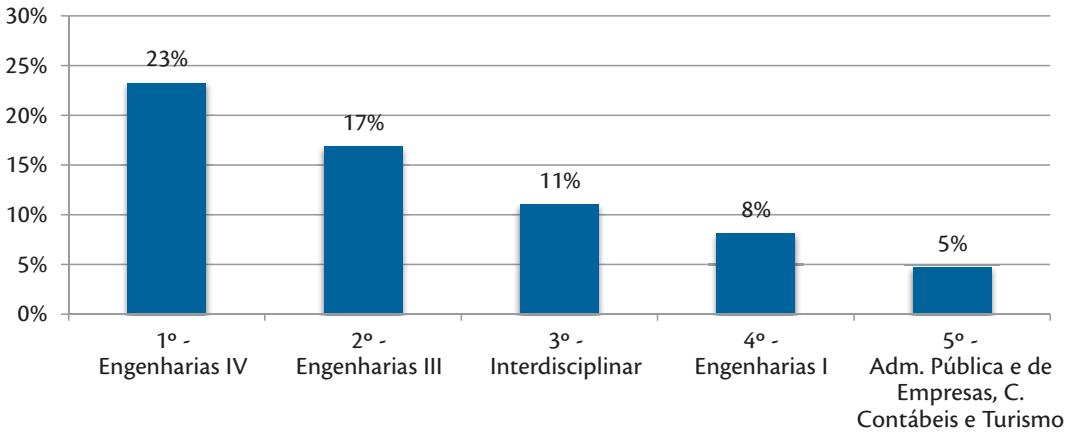


Gráfico 237 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se uma concentração razoável de PPGs na área de avaliação Engenharias IV, que abrange programas relativos principalmente às Engenharias Elétrica, de Automação e de Sistemas. Em seguida, destaca-se a área Engenharias III, que abrange programas relativos principalmente às Engenharias Mecânica e de Energia. Já a área Engenharias I abrange programas relativos principalmente às Engenharias Civil e Ambiental. De modo a analisar como é a distribuição das áreas de avaliação das diferentes macrotemáticas do grupo, a Tabela 181 apresenta as cinco áreas de avaliação com maior número de PPGs para cada macrotemática.

Tabela 181 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos (%)

	1º	2º	3º	4º	5º
Planejamento de CT&I	Adm. Pública e de Empresas, C. Contábeis e Turismo (57)	Interdisciplinar (43)			
Modelos Econômicos e de Mercado	Engenharias IV (33)	Engenharias III (27)	Interdisciplinar (27)	Economia (13)	
Demanda por Energia Elétrica	Engenharias IV (63)	Engenharias III (19)	C. Agrárias I (6)	Economia (6)	Engenharias I (6)
Modelos de Planejamento da Operação	Engenharias IV (45)	Engenharias III (19)	Interdisciplinar (12)	Engenharias I (9)	C. da Computação (7)
Modelos de Planejamento da Expansão	Engenharias IV (63)	Engenharias III (13)	Interdisciplinar (13)	C. da Computação (6)	Engenharias I (6)
Modelos Institucionais	Engenharias III (25)	Interdisciplinar (25)	C. Política e Relações Internacionais (13)	Economia (13)	Engenharias IV (13)
Regulação	Engenharias III (33)	Economia (22)	Interdisciplinar (22)	C. Política e Relações Internacionais (11)	Engenharias I (11)
Sistemas de Informação e Estatística	Engenharias IV (38)	Engenharias III (16)	Engenharias I (13)	Geociências (9)	Interdisciplinar (9)
Impactos das Tecnologias	Engenharias IV (23)	Biodiversidade (8)	C. Ambientais (8)	Engenharias III (8)	Interdisciplinar (8)
Políticas Públicas	Engenharias IV (80)	Economia (20)			
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	Engenharias III (100)				

Fonte: elaboração própria.

É nítida a diferenciação das áreas entre as macrotemáticas, por mais que se predominam as áreas das engenharias. Naturalmente, uma área a se destacar é a de Economia. No caso específico da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado, desenvolvem-se, nesta área, projetos de pesquisa

principalmente referente a desenhos de mecanismos para o mercado de energia, avaliação do custo econômico da escassez de eletricidade, estratégias ótimas em leilões de energia, entre outros. Em relação à macrotemática Demanda por Energia Elétrica, há pesquisa acerca de desenho de mecanismos de resposta da demanda de energia, além de precificação e tarifação da energia. Além desta área, notam-se também as áreas de Biodiversidade e Ciências Ambientais, com desenvolvimento de projetos de pesquisa relacionados a impactos socioambientais das diversas tecnologias, tanto de geração, transmissão, quanto de distribuição de energia elétrica, como destacados na macrotemática Impactos das Tecnologias.

Entre os projetos de pesquisa realizados nos programas de pós-graduação, vários são financiados por instituições das mais diversas categorias. O levantamento da quantidade de instituições financiadoras gera uma medida do interesse em que se há com a pesquisa associada a cada macrotemática. Além disso, é interessante ressaltar a natureza das instituições elencadas. Por exemplo, muitas empresas financiam projetos de pesquisa com interesses específicos na obtenção de uma nova tecnologia ou capital humano para posterior utilização dos mesmos. De forma distinta, o interesse estratégico do financiamento de instituições de fomento à pesquisa, como CNPq ou Finep, faz parte de uma política nacional de fomento à atividade de CT&I. Nesse intuito, o Gráfico 238 apresenta a quantidade de instituições por categoria e por macrotemática que financiam, atualmente, projetos de pesquisas realizados nos PPGs contabilizados. Vale ressaltar que os valores apresentados por categorias não somam a mesma quantidade que a soma dos valores apresentados por macrotemática. Isso se deve ao fato de que uma mesma instituição financiadora pode estar associada a mais de uma macrotemática se a mesma estiver financiando projetos em macrotemáticas diferentes. Portanto, a soma dos valores por macrotemática é maior que a soma dos valores por categoria.

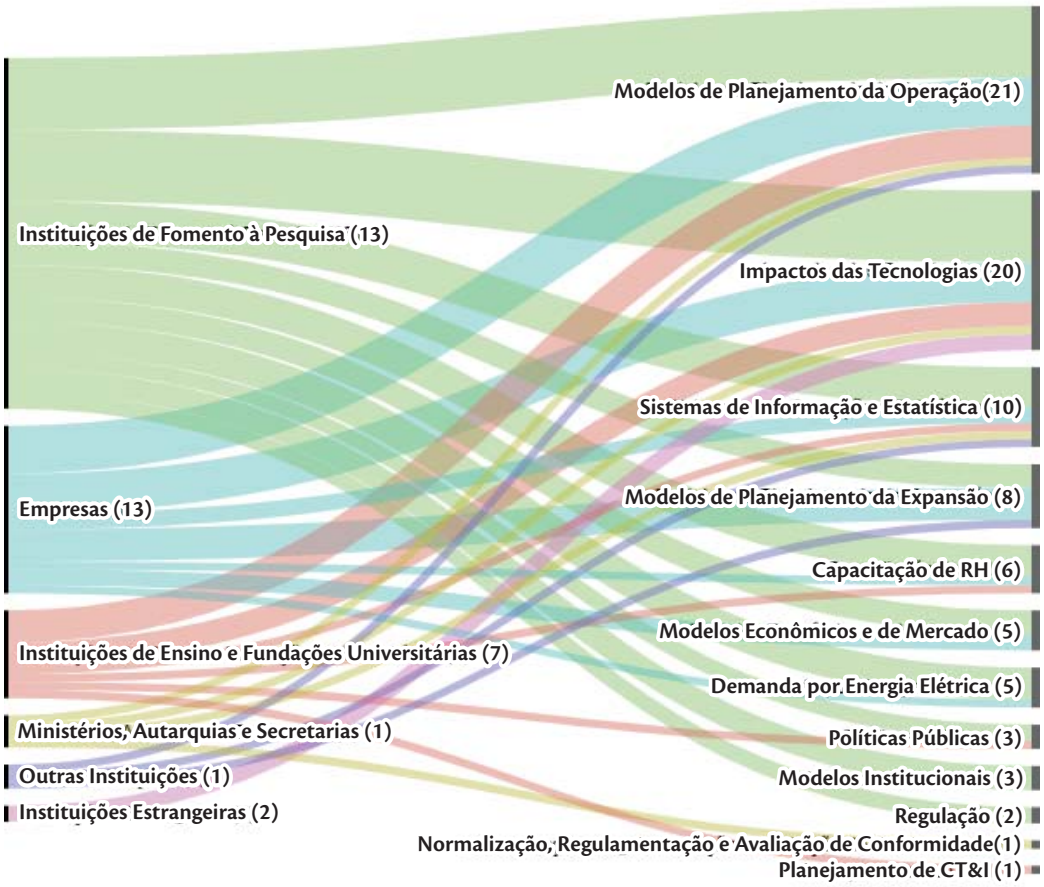


Gráfico 238 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

O total de instituições que financiam projetos de pesquisa nas instituições de ensino atualmente é de 37 instituições distintas. Nota-se que há o mesmo número de instituições de fomento à pesquisa e empresas, porém aquelas financiam um volume consideravelmente maior de projetos de pesquisa, além de contemplar mais macrotemáticas que estas. Dentre as empresas elencadas, destaca-se a Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte) e a Petróleo Brasileiro S.A. (Petrobras). Dentre as instituições estrangeiras contabilizadas, as duas financiam projetos relativos à macrotemática Impactos das Tecnologias. As instituições são a Universidade da Flórida e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma).

Mecanismos de Fomento

Conforme descrito na metodologia, nesta seção, faz-se uma análise acerca de projetos de P&D relativos ao GT Assuntos Sistêmicos financiados por quatro distintas agências de fomento: Aneel, CNPq, Finep e BNDES Funtec. É importante ressaltar que os projetos analisados do CNPq e do Finep são apenas aqueles cujos recursos foram oriundos do FNDCT. Além disso, os dados obtidos de projetos da Aneel são aqueles cujo data de início compreende-se entre os anos de 2008 e 2016, enquanto que os dos projetos do CNPq e Finep estão entre 2007 e 2015.

A Tabela 182 apresenta as principais estatísticas descritivas dos projetos analisados por cada agência de fomento no período de 2007 a 2016.

Tabela 182 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Assuntos Sistêmicos por agência de fomento – 2007-2016

	Aneel	CNPq	Finep	BNDES Funtec
Quantidade de projetos	461	104	26	0
Valor total dos projetos (R$ mil)	1.396.382,67	20.006,07	43.798,25	–
Valor médio (R$ mil)	3.029,03	192,37	1.684,55	–
Valor mínimo (R$ mil)	151,95	2,26	314,68	–
Quartil inferior dos valores (R$ mil)	991,17	20,47	702,77	–
Mediana dos valores (R$ mil)	1.509,45	70,06	1.213,87	–
Quartil superior dos valores (R$ mil)	2.654,95	340,68	2.403,07	–
Valor máximo (R$ mil)	121.966,89	829,82	4.069,12	–

Obs.: valores atualizados pelo IPCA em 31 de dezembro de 2016.

Fonte: elaboração própria.

Nota-se primeiramente que não houve projetos financiados pelo BNDES Funtec acerca do grupo temático no período. O valor total dos projetos no âmbito do Programa de P&D regulado pela Aneel superou o montante de R$1,39 bilhão em valor corrente. É interessante notar a diferença entre o valor máximo e o valor do quartil superior da distribuição. O quartil superior de uma distribuição é o valor a partir do qual se encontram 25% dos valores mais elevados da distribuição. Portanto, 75% dos projetos registrados tiveram custo inferior ou igual a aproximadamente R$2,65 milhões em valor corrente. No entanto o projeto de máximo valor custou aproximadamente R$121,96 milhões. Isso

mostra que uma grande proporção de projetos tiveram valores compreendidos dentro de uma faixa relativamente pequena de valores enquanto que uma parcela menor, justamente a dos projetos de maior valor, tem valores dispersos em uma faixa grande. Este fato explica o porquê de o valor médio dos projetos ser pouco mais que o dobro do valor mediano.

Os valores dos projetos financiados pelo CNPq são naturalmente baixos quando comparados aos dos projetos das outras agências de fomento. O número de projetos CNPq representa cerca de 17,60% dos projetos das quatro instituições elencadas. Por sua vez, há menor quantidade de projetos financiados pela Finep em comparação com o CNPq, porém projetos com valores consideravelmente maiores. O valor médio dos projetos financiados pela Finep é quase nove vezes maior que o valor médio dos projetos financiados pelo CNPq. Destaca-se que há uma proporção consideravelmente maior de projetos desenvolvidos por empresas, por meio do instrumento de subvenção econômica, financiados pela Finep do que pelo CNPq. Este se caracteriza por financiar projetos quase que, exclusivamente, demandados por universidades e/ou ICTs.

Ao analisar os projetos financiados pela Aneel ao longo do período estabelecido, têm-se os seguintes valores apresentados no Gráfico 239.

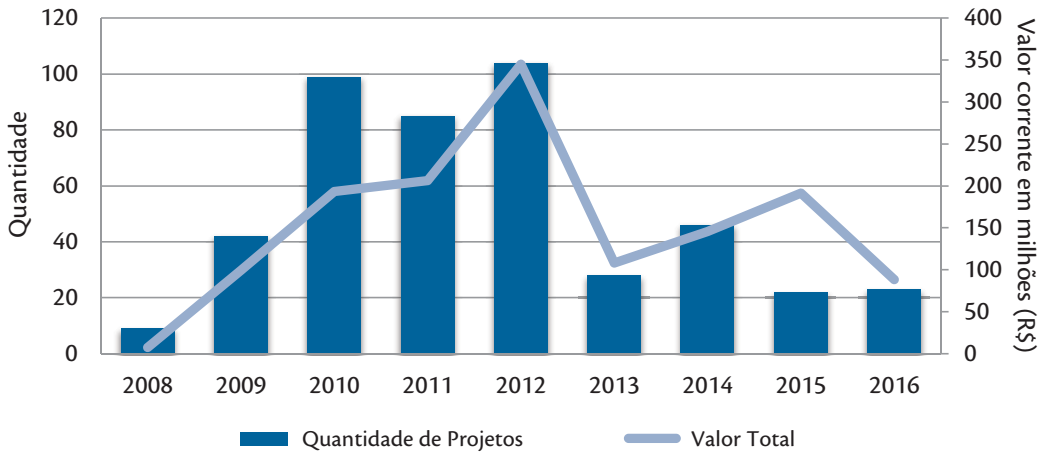


Gráfico 239 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há um crescimento tanto do número de projetos quanto do valor total nos anos iniciais do período em análise, seguido de um grande declínio nos anos seguinte. Entre 2013 e 2016, o número

de projetos variou entre aproximadamente 20 e 50 por ano. Ressalta-se que houve diversas chamadas de projetos estratégicos no período que se referem ao grupo temático.

Em relação aos valores investidos pela Aneel em projetos relativos a cada macrotemática do grupo, têm-se os seguintes valores apresentados no Gráfico 240.

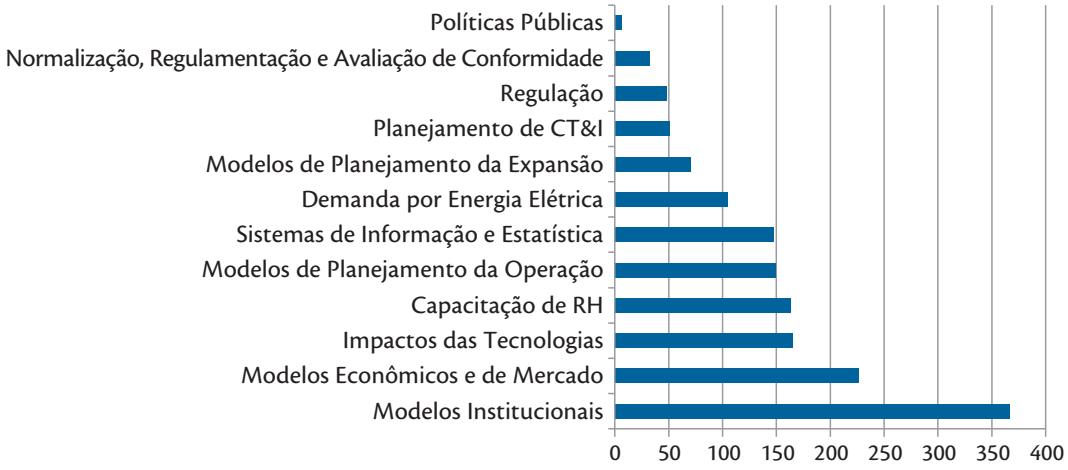


Gráfico 240 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

As macrotemáticas Modelos Institucionais e Modelos Econômicos e de Mercado foram as que tiveram maior valor investido, sendo aproximadamente R$366,70 milhões e R$226,55 milhões, respectivamente. A macrotemática com menor valor investido foi Políticas Públicas, com pouco menos que R$6,42 milhões. Nota-se que a variabilidade dos valores entre as macrotemáticas não é tão grande como é entre as macrotemáticas dos outros grupos temáticos.

Quanto aos dados dos projetos investidos pelo CNPq, no Gráfico 241, têm-se os seguintes valores anuais de quantidade e valor total investido.

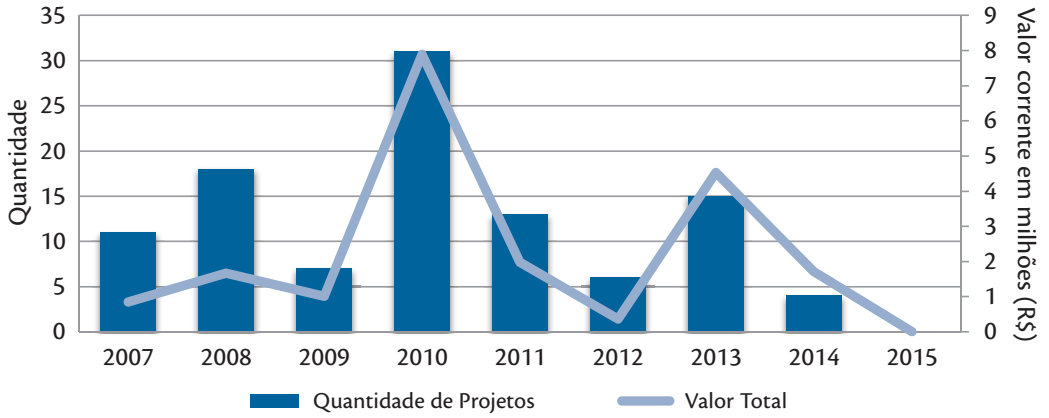


Gráfico 241 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se pelo gráfico que tanto o número de projetos quanto os valores têm um comportamento cíclico, sendo o valor máximo atingido em 2010 com um valor próximo de R$7,89 milhões e valor mínimo em 2015, período em que não houve projetos. Em 2013, houve 31 projetos financiados pelo CNPq.

Em relação aos projetos financiados pelo CNPq referentes às macrotemáticas, têm-se os seguintes valores apresentados no Gráfico 242.

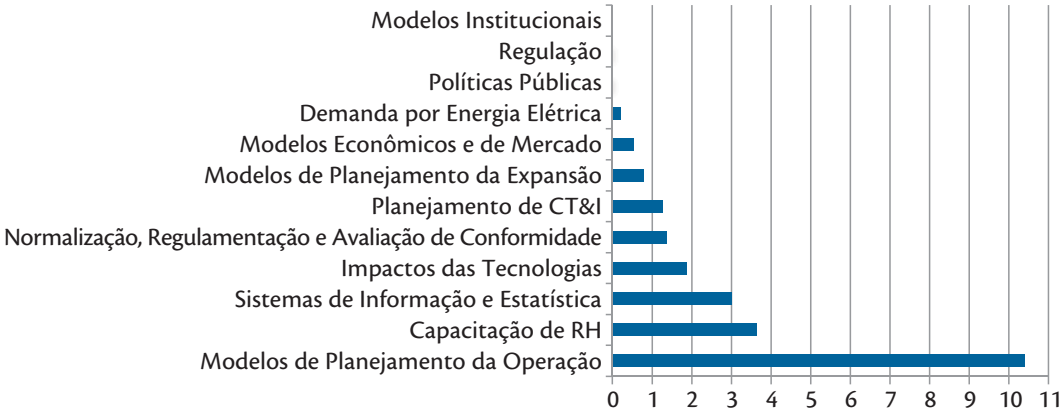


Gráfico 242 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Diferentemente dos valores dos projetos Aneel, os projetos CNPq tiveram maior montante investidos em projetos acerca de Modelos de Planejamento da Operação, com valor aproximado de R$10,42 milhões. No caso das macrotemáticas Políticas Públicas e Regulação, houve investimento de apenas R$11.53 mil e R$5,89 mil, respectivamente. Não houve projetos relativos a Modelos Institucionais.

Quanto aos projetos da Finep, vê-se, na Tabela 182, que foram em menor número, porém de maior montante se comparados aos projetos do CNPq. No Gráfico 243, apresenta-se a quantidade de projetos e valor total por ano.

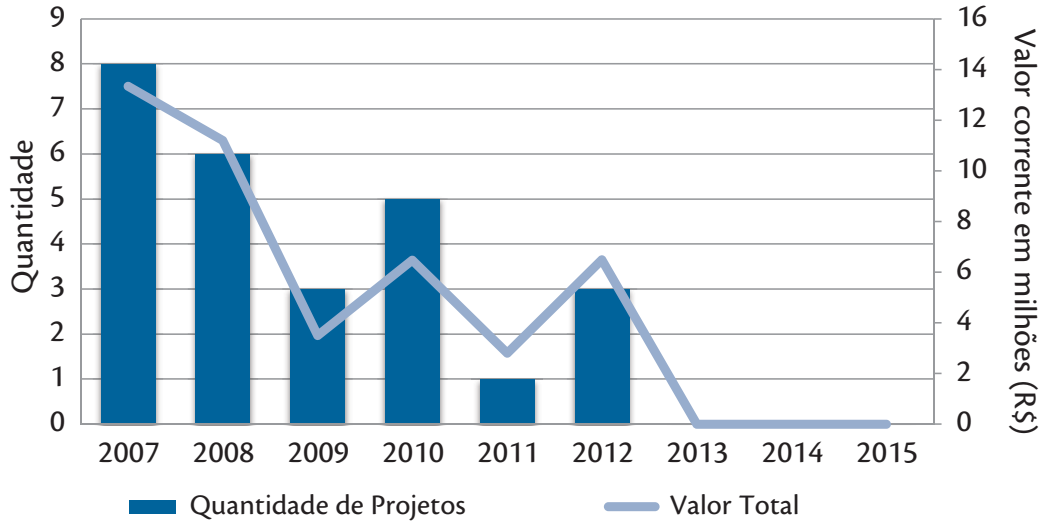


Gráfico 243 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep por ano do GT Assuntos Sistêmicos

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que há uma tendência de queda na quantidade de projetos por ano e no valor total, diferentemente dos projetos Finep relativos aos outros grupos temáticos. O ano de maior número de projetos foi 2007, com oito projetos iniciados e com valores somados em R$13,33 milhões aproximadamente. Nota-se que, de 2013 a 2015, não houve projetos referentes ao grupo temático.

Os valores por macrotemática dos projetos Finep são apresentados no Gráfico 244.

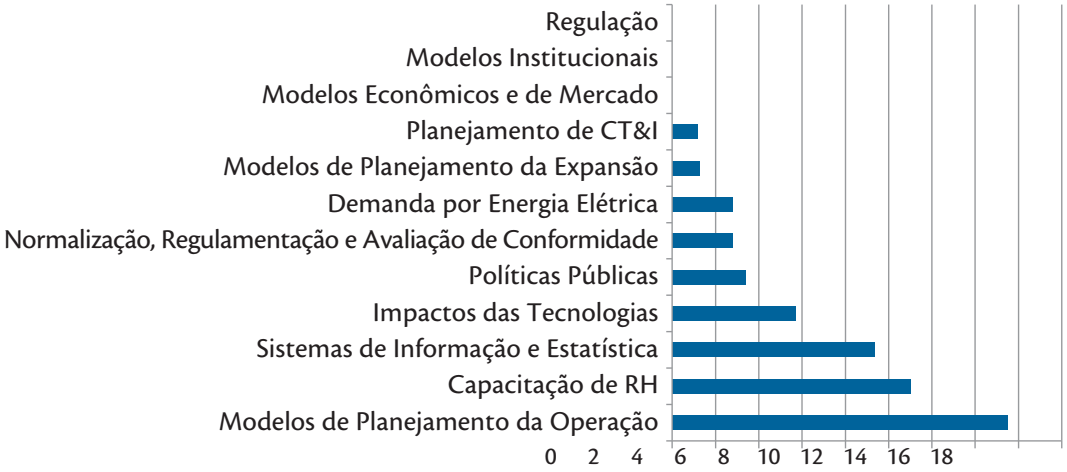


Gráfico 244 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que as macrotemáticas de maior investimento do CNPq também são as de maior investimento da Finep. A macrotemática Modelos de Planejamento da Operação foi a que somou um maior valor, com aproximadamente R$15,51 milhões. As macrotemáticas Modelos de Planejamento da Expansão e Planejamento de CT&I tiveram investimento de pouco mais que R$1,10 milhões. Não houve projetos referentes às macrotemáticas Modelos Institucionais e Regulação.

Considerando os projetos das quatro agências de fomento, têm-se, no Gráfico 245, as proporções entre valores investidos por cada agência em cada macrotemática.

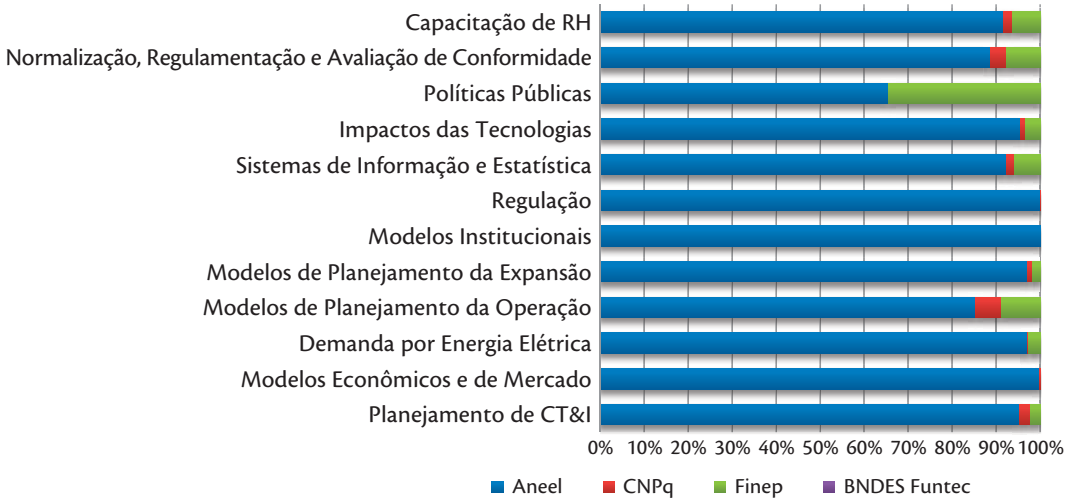


Gráfico 245 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos e agência de fomento - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões)

Fonte: elaboração própria.

Nota-se que o valor total dos projetos Aneel, em cada macrotemática, é expressivamente superior ao valor total do restante. A macrotemática Políticas Públicas foi a que teve proporcionalmente maior investimento da Finep, com aproximadamente 34% do total investido na macrotemática. A macrotemática Modelos de Planejamento da Operação foi a que teve proporcionalmente maior investimento do CNPq, com aproximadamente 6% do total investido na macrotemática. Não houve projetos do BNDES Funtec quanto ao grupo temático.

8.3.4. Planejamento Estratégico

A macrotemática Planejamento de CT&I apresenta alta prioridade na política setorial de longo prazo, visando à orientação do investimento em linhas de PD&I para viabilizar a transição tecnológica no SEB.

A macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado apresenta média prioridade na política setorial de médio e longo prazo, visando ao auxílio à tomada de decisão em um ambiente tecnológico mais complexo e inovativo.

A macrotemática Demanda por Energia Elétrica apresenta alta prioridade na política setorial de longo prazo, visando a novas metodologias para a previsão e o planejamento da demanda no contexto de consumidores mais ativos e da tomada de decisão descentralizada.

A macrotemática Modelos de Planejamento da Operação apresenta alta prioridade na política setorial de médio prazo, visando à definição das diretrizes centrais para a operação do Sistema Interligado Nacional.

A macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão apresenta alta prioridade na política setorial de médio prazo, visando à definição das diretrizes centrais para a expansão do SEB.

Já a Macrotemática Modelos Institucionais apresenta média prioridade na política setorial de médio prazo, visando à identificação de arquiteturas institucionais para manter a confiabilidade e a competitividade do suprimento elétrico no contexto da transição tecnológica no SEB.

A macrotemática Regulação apresenta alta prioridade na política setorial de médio prazo, visando à identificação de adequações regulatórias ao novo cenário setorial e a novos ambientes de negócios.

A macrotemática Sistemas de Informação e Estatística apresenta alta prioridade na política setorial de médio e longo prazo, visando ao fornecimento de um sistema integrado de estatísticas para subsidiar a gestão inteligente do SEB.

Já a macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias apresenta média prioridade na política setorial de médio e longo prazo, visando a mecanismos de avaliação dos impactos de projetos energéticos sobre o meio ambiente, a sociedade e a economia do país.

A macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas apresenta média prioridade na política setorial de médio e longo prazo, visando ao auxílio à Aneel no balizamento de seus editais estratégicos e do Programa de P&D.

A macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade apresenta média prioridade na política setorial de médio e longo prazo, visando à definição de diretrizes de controle metrológico e verificando a necessidade de desenvolver requisitos genuinamente nacionais.

Por fim, a macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos apresenta alta prioridade na política setorial de médio prazo, visando à provisão de suporte especializado em engenharia, serviços, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e tecnologias para o setor.

Tabela 183 - Priorização das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos no contexto do planejamento estratégico

	Política de médio prazo (2026)	Política de longo prazo (2050)
Planejamento de CT&I	Média prioridade	Alta prioridade
Modelos Econômicos e de Mercado	Média prioridade	Média prioridade
Demanda por Energia Elétrica	Média prioridade	Alta prioridade
Modelos de Planejamento da Operação	Alta prioridade	Média prioridade
Modelos de Planejamento da Expansão	Alta prioridade	Média prioridade
Modelos Institucionais	Média prioridade	Baixa prioridade
Regulação	Alta prioridade	Média prioridade
Sistemas de Informação e Estatística	Alta prioridade	Alta prioridade
Análise dos Impactos das Tecnologias	Média prioridade	Média prioridade
Modelos de Avaliação de Políticas Públicas	Média prioridade	Média prioridade
Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade	Média prioridade	Média prioridade
Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos	Alta prioridade	Média prioridade

Fonte: elaboração própria.

8.4. Matriz de análise

8.4.1. Planejamento de CT&I

A Tabela 184 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Planejamento de CT&I. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, participação em projetos do Programa de P&D Aneel e participação na produção complementar do grupo temático. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores e produção de artigos científicos.

Como desafios, destaca-se a importância de superar a insuficiência de e/ou dificuldade de acesso aos dados que são inputs para muitas das análises e linhas de PD&I elencadas, fazer parte das redes internacionais que estudam assuntos ligados ao Planejamento de CT&I, ter uma base de dados completa e organizada sobre os projetos de PD&I da Aneel e criar base de dados que possa subsidiar os estudos na área de planejamento/avaliação de CT&I. Já como oportunidades, destaca-se a adoção de modelos de decisão multicritério combinados com outras metodologias, incluindo àquelas relacionadas à estruturação de problemas, o alinhamento da priorização/seleção de tecnologias/áreas de PD&I, os objetivos estratégicos das políticas energética e de inovação e a geração de maior envolvimento dos atores em torno de ações estruturantes de CT&I, influenciando e modelando o futuro desejado para o SEB.

Tabela 184 - Matriz de análise da macrotemática Planejamento de CT&I

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – quase 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de longo prazo, visando à orientação do investimento em linhas de PD&I para viabilizar a transição tecnológica no SEB.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.071 profissionais atuantes na macrotemática, 90% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Diretórios de pesquisa – poucos diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 11 diretórios, 1,26% do total no grupo temático.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como prospecção tecnológica, capacidades computacionais para o planejamento de CT&I, sustentabilidade e planejamento integrado de recursos.
Projetos Aneel (2008 a 2016) – baixa participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (3,05%); baixa geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (1 mestre).	Dimensão Social – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com alta remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
Produção complementar – baixa participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 3,4%.	Diretórios de pesquisa – 36% dos diretórios estão localizados em estados do NE, indicando uma inserção importante para uma atuação regional mais equilibrada na macrotemática.
	Artigos científicos – média participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (8,65%); alto desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (4ª posição no ranking de países).

Desafios	Oportunidades
1. Superar a insuficiência de e/ou dificuldade de acesso aos dados que são inputs para muitas das análises e linhas de PD&I elencadas.	1. Adotar modelos de decisão multicritério combinados com outras metodologias, incluindo aquelas relacionadas à estruturação de problemas.
2. Fazer parte das redes internacionais que estudam assuntos ligados ao Planejamento de CT&I.	2. Alinhar a priorização/seleção de tecnologias/ áreas de PD&I aos objetivos estratégicos das políticas energéticas e de inovação.
3. Ter uma base de dados completa e organizada sobre os projetos de PD&I da Aneel.	3. Gerar maior envolvimento dos atores em torno de ações estruturantes de CT&I, influenciando e modelando o futuro desejado para o SEB.
4. Criar base de dados que possa subsidiar os estudos na área de planejamento/avaliação de CT&I.	

Fonte: elaboração própria.

8.4.2. Modelos Econômicos e de Mercado

A Tabela 185 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa e à produção de artigos científicos no contexto da produção internacional. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à média prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores, participação em projetos do Programa de P&D Aneel e participação na produção complementar do grupo temático.

Como desafios, destaca-se a importância de se promover a da macrotemática entre as empresas do SEB, por meio da convocação de P&Ds estratégicos e fomentar a criação de redes colaborativas entre as instituições de ensino e outras empresas que participaram como executoras de projetos de P&D. Já como oportunidades, destacam-se a criação de revistas específicas para a divulgação das pesquisas sobre a macrotemática e o incentivo à formação de redes colaborativas na macrotemática, visando, em particular, a incentivar a multidisciplinariedade.

Tabela 185 - Matriz de análise da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – média prioridade da macrotemática na política setorial de médio e longo prazo, visando ao auxílio à tomada de decisão em um ambiente tecnológico mais complexo e inovativo.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 2.309 profissionais atuantes na macrotemática, 94% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Dimensão Social – expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como modelagem de preços e comportamento do consumidor, modelos de negócios, leilões eficientes, capacidades computacionais e modelos de mercado para desenvolvimento sustentável.
Diretórios de pesquisa – média quantidade de diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 45 diretórios, 5,17% do total no grupo temático.	Dimensão Social – expectativa de que os empregos diretos e indiretos gerados pela macrotemática sejam de alta remuneração e alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
Artigos científicos – baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (15ª posição no ranking de países); poucos periódicos nacionais para publicação de pesquisas na macrotemática.	Projetos Aneel (2008 a 2017) – alta participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (20,61%); alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (17 mestres, 9 doutores e 2 pós-doutores).
	Artigos científico – média participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (8,29%).
	Produção complementar – alta participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 21,2%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Promover a importância da macrotemática entre as empresas do SEB, por meio da convocação de P&Ds estratégicos.	1. Criar revistas específicas para divulgação das pesquisas sobre a macrotemática.
2. Fomentar a criação de redes colaborativas entre as instituições de ensino e outras empresas que participaram como executoras de projetos de P&D.	2. Incentivar a formação de redes colaborativas na macrotemática, visando, em particular, a incentivar a multidisciplinariedade.

Fonte: elaboração própria.

8.4.3. Demanda por Energia Elétrica

A Tabela 186 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Demanda por Energia Elétrica. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa e à produção de artigos científicos, tanto no contexto da produção nacional quanto da produção internacional. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores, participação em projetos do Programa de P&D Aneel e participação na produção complementar do grupo temático.

Como desafios, destaca-se a importância de se melhorar o acesso dos pesquisadores aos recursos do Programa de P&D da Aneel, fomentar os avanços tecnológicos na indústria de telecomunicações nacional, promover a troca de medidores e aprimorar a regulamentação tarifária que, ainda, são entraves à implementação de mecanismos de gerenciamento pelo lado da demanda e elaborar programas-piloto para testar técnicas de Demand Side Management (DSM). Já como oportunidades, destacam-se o incentivo à colaboração entre grupos nacionais, visando a ganhos de complementaridade (levar em conta a representatividade), a aplicação de modelos da Teoria da Decisão para modelar a tomada de decisões dos agentes quanto ao uso da energia elétrica, a geração de estudos de alteração do modelo regulatório para que as distribuidoras se apropriem efetivamente dos ganhos gerados pelos projetos de P&D e a geração de estudos de comportamento das curvas de carga para os diversos tipos de consumidores e avaliação sobre a determinação de horários de ponta.

Tabela 186 - Matriz de análise da macrotemática Demanda por Energia Elétrica

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	**Planejamento estratégico** – alta prioridade da macrotemática na política setorial de longo prazo, visando a novas metodologias para previsão e planejamento da demanda no contexto de consumidores mais ativos e da tomada de decisão descentralizada.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	**Competências em recursos humanos** – 2.037 profissionais atuantes na macrotemática, 95% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Diretórios de pesquisa – média quantidade de diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 42 diretórios, 4,82% do total no grupo temático.	**Redes de pesquisadores** – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como cenários de demanda e planejamento energético, demanda de energia no contexto da geração distribuída e da sustentabilidade e capacidades computacionais para modelagem da demanda.
Artigos científicos – baixa participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (4,39%); baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (19ª posição no *ranking* de países).	**Dimensão Social** – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com alta remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – 7% dos diretórios estão localizados em estados da região Norte, indicando uma inserção importante para uma atuação regional mais equilibrada na macrotemática.
	Projetos Aneel (2008 a 2017) – alta participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (10,31%); alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (12 mestres, 6 doutores e 1 pós-doutor).
	Produção complementar – média participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 7,2%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Melhorar o acesso dos pesquisadores aos recursos do Programa de P&D da Aneel.	1. Incentivar a colaboração entre grupos nacionais, visando ganhos de complementaridade (levar em conta a representatividade).
2. Fomentar os avanços tecnológicos na indústria de telecomunicações nacional.	2. Aplicar modelos da Teoria da Decisão para modelar a tomada de decisões dos agentes quanto ao uso da energia elétrica.
3. Promover a troca de medidores e aprimorar a regulamentação tarifária que, ainda, são entraves à implementação de mecanismos de gerenciamento pelo lado da demanda.	3. Gerar estudos de alteração do modelo regulatório para que as distribuidoras se apropriem efetivamente dos ganhos gerados pelos projetos de P&D.
4. Elaborar programas-piloto para testar técnicas de DSM.	4. Gerar estudos de comportamento das curvas de carga para diversos tipos de consumidores e avaliação sobre a determinação de horários de ponta.

Fonte: elaboração própria.

8.4.4. Modelos de Planejamento da Operação

A Tabela 187 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Modelos de Planejamento da Operação. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel e participação na produção complementar do grupo temático. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores, disponibilidade de diretórios de pesquisa e à produção de artigos científicos, tanto no contexto da produção nacional quanto da produção internacional.

Como desafios, destaca-se a importância de se promover linhas de pesquisa associada ao planejamento da operação no contexto das redes inteligentes e ter um modelo de *unit commitment* que seja adequado ao SIN e melhorar a qualidade das políticas de despacho de curto e médio prazo. Já como oportunidades, destacam-se a importância de avanços dos recursos computacionais e o aprimoramento da modelagem, principalmente das usinas hidrelétricas, dos parques eólicos e das incertezas associadas a essas fontes.

Tabela 187 - Matriz de análise da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de médio prazo, visando à definição das diretrizes centrais para a operação do Sistema Interligado Nacional.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.174 profissionais atuantes na macrotemática, 92% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Projetos Aneel (2008 a 2016) – média participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (6,49%).	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como planejamento da operação e sustentabilidade, representação da incerteza de fontes intermitentes, confiabilidade de redes elétricas e capacidades computacionais para o planejamento da operação.
Produção complementar – baixa participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 5,7%.	Dimensão Social – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com alta remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – alta quantidade de diretórios, em comparação a outras macrotemáticas, com presença em todas as regiões do país. Foram contabilizados 213 diretórios, 24,45% do total no grupo temático.
	Projetos Aneel (2008 a 2016) – alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (12 mestres, 12 doutores e 2 pós-doutores).
	Artigos científicos – alta participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (12,19%); médio desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (7ª posição no ranking de países).
Desafios	**Oportunidades**
1. Aumentar a relevância da linha de pesquisa associada ao planejamento da operação no contexto das redes inteligentes.	1. Avanços dos recursos computacionais.
2. Ter um modelo de unit commitment que seja adequado ao SIN e melhorar a qualidade das políticas de despacho de curto e médio prazo.	2. Aprimoramento da modelagem, principalmente das usinas hidrelétricas, dos parques eólicos e das incertezas associadas a essas fontes.

Fonte: elaboração própria.

8.4.5. Modelos de Planejamento da Expansão

A Tabela 188 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa e participação em projetos do Programa de P&D Aneel. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores, produção de artigos científicos e participação na produção complementar do grupo temático.

Como desafios, destaca-se a importância de se aperfeiçoar os modelos que são oportunidades de desenvolvimento de PD&I: Melp-Gás, Algoritmo Genético, Modelos Matriz e Modelo de Equilíbrio Geral Computável e investir no desenvolvimento de algoritmos que reduzam o tempo de processamento dos modelos. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se aproximar as instituições que fazem pesquisa na macrotemática com as empresas do SEB e com os órgãos de governo que fazem o planejamento e aperfeiçoar o arranjo institucional e regulatório, visando promover a eficiência de mercado.

Tabela 188 - Matriz de análise da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de médio prazo, visando à definição das diretrizes centrais para a expansão do SEB.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.377 profissionais atuantes na macrotemática, 92% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Projetos Aneel (2008 a 2016) – média participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (5,34%).	Dimensão Social – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com média remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
Diretórios de pesquisa – média quantidade de diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 69 diretórios, 7,92% do total no grupo temático.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como planejamento da expansão e sustentabilidade, representação da incerteza de fontes intermitentes, confiabilidade de redes elétricas e capacidades computacionais para o planejamento da expansão.

Pontos fracos	Pontos fortes
	Diretórios de pesquisa – presença de diretórios em todas as regiões do país, indicando uma inserção das regiões NE, NO e CO, importante para uma atuação regional mais equilibrada na macrotemática.
	Projetos Aneel (2008 a 2016) – alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (6 mestres, 9 doutores e 2 pós-doutores).
	Artigos científicos – alta participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (11,33%); médio desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (7ª posição no ranking de países).
	Produção complementar – média participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 9,3%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Aperfeiçoar os modelos que são oportunidades de desenvolvimento de PD&I: Melp-Gás, Algoritmo Genético, Modelos Matriz e Modelo de Equilíbrio Geral Computável.	1. Aproximar as instituições que fazem pesquisa na macrotemática com as empresas do SEB e com os órgãos de governo que fazem o planejamento.
2. Investir no desenvolvimento de algoritmos que reduzam o tempo de processamento dos modelos.	2. Aperfeiçoamento do arranjo institucional e regulatório, visando a promover a eficiência de mercado.

Fonte: elaboração própria.

8.4.6. Modelos Institucionais

A Tabela 189 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Modelos Institucionais. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa e produção de artigos científicos no contexto internacional. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à média prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores, produção de artigos científicos no contexto nacional, participação na produção complementar do grupo temático e participação em projetos do Programa de P&D Aneel.

Como desafios, destaca-se a importância de se estudar a microgovernança das organizações, criando uma dinâmica de avaliação e revisão da governança e dos processos de tomada de decisão

das principais organizações responsáveis pela coordenação do setor e melhorar o diálogo entre empresa e a universidade com objetivo de definir direções no P&D e a eficiente transferência do conhecimento. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se desenvolver modelos de avaliação que permitam utilizar a expertise internacional (e os muitos estudos de organismos internacionais) adaptados para a realidade nacional e as especificidades da indústria nacional, desenvolver a temática Modelos de Negócios do Setor Elétrico, que é extremamente relevante visto as inovações tecnologias que estão em curso no SEB, e construir grupos multidisciplinares incluindo grupos das ciências sociais e jurídicas para compreensão das especificidades nacionais, tais estudos poderiam gerar spill overs para outros setores.

Tabela 189 - Matriz de análise da macrotemática Modelos Institucionais

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – média prioridade da macrotemática na política setorial de médio prazo, visando à identificação de arquiteturas institucionais para manter a confiabilidade e a competitividade do suprimento elétrico no contexto da transição tecnológica no SEB.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.978 profissionais atuantes na macrotemática, 90% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Diretórios de pesquisa – poucos diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 23 diretórios, 2,64% do total no grupo temático.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como modelos institucionais para mitigação de impactos ambientais, gestão de recursos naturais, integração regional e defesa da concorrência.
Artigos científicos – baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (13ª posição no ranking de países).	Dimensão Social – expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com média remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – presença de diretórios em todas as regiões do país, indicando uma inserção das regiões NE, NO e CO, importante para uma atuação regional mais equilibrada na macrotemática.
	Projetos Aneel (2008 a 2017) – alta participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (16,41%); alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (21 mestres, 4 doutores e 2 pós-doutor).

Pontos fracos	Pontos fortes
	Artigos científicos – alta participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (13,41%).
	Produção complementar – alta participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 10,1%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Estudo da microgovernança das organizações: criar uma dinâmica de avaliação e revisão da governança e dos processos de tomada de decisão das principais organizações responsáveis pela coordenação do setor.	1. Desenvolver modelos de avaliação que permitam utilizar a expertise internacional (e os muitos estudos de organismos internacionais) adaptados para a realidade nacional e as especificidades da indústria nacional.
2. Normatização e certificação: como muitos dados são sensíveis e qualitativos, este pode ser um limite para o desenvolvimento da pesquisa.	2.o tema relativo a modelos de negócios do setor elétrico é extremamente relevante em relação às inovações de tecnologias que estão em curso no SEB.
3. Melhorar o diálogo entre empresa e a universidade com objetivo de definir direções no P&D e a eficiente transferência do conhecimento.	3. Construção de grupos multidisciplinares incluindo grupos das ciências sociais e jurídicas para compreensão das especificidades nacionais, tais estudos poderiam gerar spill overs para outros setores.

Fonte: elaboração própria.

8.4.7. Regulação

A Tabela 190 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Regulação. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, participação em projetos do Programa de P&D Aneel e participação na produção complementar do grupo temático. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, disponibilidade de competências em recursos humanos, potencial de sinergia na rede de pesquisadores e produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional.

Como desafios, destaca-se a importância de se estimular a participação dos grupos de pesquisa em economia a trabalharem com o tema, aumentar o número de cursos de pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) voltados ao tema de regulação e fomentar as parcerias internacionais, aumentando o número de intercâmbios entre instituições nacionais e internacionais. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se aproveitar do método de benchmarking difundido como referência para uma atuação mais eficiente do regulador, definindo remuneração de ativos

e potencial de ganhos de produtividade das empresas, estruturar uma Escola de Regulação como forma de fortalecer a formação e o debate em torno da atividade regulatória no Brasil, criar canais de comunicação com instituições estrangeiras, especialmente com centros e universidades de ponta, elaborar estudos sobre as interações entre o Cade (regulador da concorrência) e Aneel (regulador setorial) e desenvolver a natureza multidisciplinar da macrotemática, envolvendo as disciplinas de economia, direito, administração, ciências políticas, entre outras.

Tabela 190 - Matriz de análise da macrotemática Regulação

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de médio prazo, visando à identificação de adequações regulatórias ao novo cenário setorial e a novos ambientes de negócios.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.166 profissionais atuantes na macrotemática, 92% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Diretórios de pesquisa – poucos diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 26 diretórios, 2,99% do total no grupo temático.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como arranjos regulatórios para mitigação de impactos ambientais, fontes renováveis, integração regional e defesa da concorrência.
Projetos Aneel (2008 a 2016) – média participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (4,77%); baixa geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (1 mestre).	Dimensão Social – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com alta remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
Produção complementar – baixa participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 3,9%.	Artigos científicos – alta participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (11,27%); médio desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (9ª posição no ranking de países).
Desafios	**Oportunidades**
1. Estimular a participação dos grupos de pesquisa em economia a trabalharem com o tema.	1. Método de benchmarking difundido como referência para uma atuação mais eficiente do regulador, definindo remuneração de ativos e potencial de ganhos de produtividade das empresas.
2. Aumentar o número de cursos de pós-graduação stricto sensu (mestrado e doutorado) voltados ao tema de regulação.	2. Estruturar uma escola de regulação como forma de fortalecer a formação e o debate em torno da atividade regulatória no Brasil.

Desafios	Oportunidades
3. Fomentar as parcerias internacionais, aumentando o número de intercâmbios entre instituições nacionais e internacionais.	3. Criar canais de comunicação com instituições estrangeiras, especialmente com centros e universidades de ponta.
	4. Elaborar estudos sobre as interações entre o Cade (regulador da concorrência) e a Aneel (regulador setorial).
	5. Tema de natureza multidisciplinar, envolvendo as disciplinas de economia, direito, administração, ciências políticas, entre outras.

Fonte: elaboração própria.

8.4.8. Sistemas de Informação e Estatística

Tabela 191 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Sistemas de Informação e Estatística. Observa-se que a macrotemática apresenta muitos pontos fortes, referentes, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, à disponibilidade de competências em recursos humanos, à potencial de sinergia na rede de pesquisadores, à produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel e à participação na produção complementar do grupo temático.

Como desafios, destaca-se a importância de se criar uma base de dados confiável e unificada (de acordo com as regras e procedimentos regulatórios), obter ferramentas de análise altamente avançadas que sejam capazes de execução de forma contínua e em larga escala, criar um sistema de armazenamento de dados que possa dar conta da quantidade de informações que será gerada, principalmente após a implementação das Redes Elétricas Inteligentes, criar mão de obra especializada para impulsionar a inovação no setor e criar cursos e/ou disciplinas em análise da informação que estejam associadas às necessidades do setor energético e desenvolver modelos de segurança cibernética nacionais para proteger as bases de dados criadas. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se antever situações de crise, utilizando um banco de dados integrado, para fomentar o debate e agilizar a tomada de decisão, desenvolver técnicas de mineração de dados (*data mining*) que possibilitem a descoberta de padrões e alavanquem a inovação, a inserção no mercado internacional (país pode se tornar mais competitivo), buscar oportunidades de se inserir no mercado internacional, concorrendo e superando outros softwares integrados de análise e planejamento de sistemas de potência e desenvolver a segurança cibernética com foco na comunicação entre equipamentos e centrais de controle.

Tabela 191 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de médio e longo prazo, visando ao fornecimento de um sistema integrado de estatísticas para subsidiar a gestão inteligente do SEB.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.261 profissionais atuantes na macrotemática, 90% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como questões jurídicas na difusão de TICs, infraestrutura de processamento e análise de dados, capacidades computacionais para estruturação e gestão de dados e estruturação e gestão de dados sobre impactos ambientais e energias renováveis.
	Dimensão Social – expectativa de média geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com média remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – alta quantidade de diretórios, em comparação a outras macrotemáticas, com presença em todas as regiões do país. Foram contabilizados 101 diretórios, 11,6% do total no grupo temático.
	Projetos Aneel (2008 a 2017) – alta participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (12,40%); alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (2 especializados, 9 mestres e 1 doutor).
	Artigos científicos – alta participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (11,94%); médio desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (9ª posição no ranking de países).
	Produção complementar – alta participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 15,7%.

Desafios	Oportunidades
1. Criar uma base de dados confiável e unificada (de acordo com as regras e os procedimentos regulatórios).	1. Antever situações de crise, utilizando um banco de dados integrado, para fomentar o debate e agilizar a tomada de decisão.
2. Obter ferramentas de análise altamente avançadas que sejam capazes de execução de forma contínua e em larga escala.	2. Técnicas de mineração de dados (data mining) que possibilitem a descoberta de padrões e alavanquem a inovação.
3. Criar um sistema de armazenamento de dados que possa dar conta da quantidade de informações que será gerada, principalmente após a implementação das Redes Elétricas Inteligentes.	3. Inserção no mercado internacional (país pode se tornar mais competitivo).
4. Criar mão de obra especializada para impulsionar a inovação no setor e criar cursos e/ou disciplinas em análise da informação que estejam associadas às necessidades do setor energético.	4. Oportunidade de se inserir no mercado internacional, concorrendo e superando outros softwares integrados de análise e planejamento de sistemas de potência.
5. Desenvolver modelos de segurança cibernética nacionais para proteger as bases de dados criadas.	5. Segurança cibernética com foco na comunicação entre equipamentos e centrais de controle.

Fonte: elaboração própria.

8.4.9. Análise dos Impactos das Tecnologias

A Tabela 192 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel e produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à média prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, à disponibilidade de competências em recursos humanos, à potencial de sinergia na rede de pesquisadores, à disponibilidade de diretórios de pesquisa e à participação na produção complementar do grupo temático.

Como desafios, destaca-se a importância de se fazer parte das redes internacionais que estudam assuntos ligados à Análise dos Impactos das Tecnologias, ter uma base de dados completa e organizada sobre os projetos de PD&I da Aneel, superar a insuficiência de e/ou dificuldade de acesso aos dados que são inputs para muitas das análises na macrotemática e criar base de dados que possa subsidiar os estudos na área de avaliação de CT&I. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se promover estruturações em rede por meio de uma abordagem multidisciplinar e promover atores mais envolvidos nas ações estruturantes de CT&I, influenciando e modelando o futuro desejável para o SEB.

Tabela 192 - Matriz de análise da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – média prioridade da macrotemática na política setorial de médio e longo prazo, visando a mecanismos de avaliação dos impactos de projetos energéticos sobre o meio ambiente, a sociedade e a economia do país.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 3.472 profissionais atuantes na macrotemática, 91% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Projetos Aneel (2008 a 2016) – média participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (6,11%).	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como análise dos impactos de fontes renováveis e da geração distribuída, impactos socioambientais da hidroeletricidade e capacidades computacionais para Análise dos Impactos das Tecnologias.
Artigos científicos – média participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (6,7%); baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (11ª posição no ranking de países).	Dimensão Social – expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com média remuneração e demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – alta quantidade de diretórios, em comparação a outras macrotemáticas, com presença em todas as regiões do país. Foram contabilizados 159 diretórios, 18,52% do total no grupo temático.
	Projetos Aneel (2008 a 2016): alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (14 mestres, 10 doutores e 2 pós-doutores).
	Produção complementar – média participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 8,9%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Fazer parte das redes internacionais que estudam assuntos ligados à Análise dos Impactos das Tecnologias.	1. Promover estruturações em rede por meio de uma abordagem multidisciplinar.
2. Ter uma base de dados completa e organizada sobre os projetos de PD&I da Aneel.	2. Promover atores mais envolvidos nas ações estruturantes de CT&I, influenciando e modelando o futuro desejável para o SEB.
3. Superar a insuficiência de e/ou dificuldade de acesso aos dados que são inputs para muitas das análises na macrotemática.	
4. Criar base de dados que possa subsidiar os estudos na área de avaliação de CT&I.	

Fonte: elaboração própria.

8.4.10. Modelos de Avaliação de Políticas Públicas

A Tabela 193 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Avaliação de Políticas Públicas. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel, à produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional, e à participação na produção complementar do grupo temático. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à média prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, à disponibilidade de competências em recursos humanos e ao potencial de sinergia na rede de pesquisadores.

Como desafios, destaca-se a importância de se estimular a utilização de metodologias prospectivas para estudar o efeito das políticas públicas e dos diversos mecanismos que podem ser utilizados para sua implementação e realizar sistemática das avaliações de impacto e dos processos utilizados para a implementação das políticas. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se desenvolver pesquisas em modelagem de políticas públicas e criação de uma rede colaborativa multidisciplinar para a pesquisa em Políticas Públicas e no Setor Elétrico e buscar um entendimento dos impactos de determinadas políticas públicas na própria eficiência do setor e na consecução dos objetivos de desenvolvimento nacionais.

Tabela 193 - Matriz de análise da macrotemática Avaliação de Políticas Públicas

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – média prioridade da macrotemática na política setorial de médio e longo prazo, visando ao auxílio à Aneel no balizamento de seus editais estratégicos e do Programa de P&D.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 2.124 profissionais atuantes na macrotemática, 93% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Dimensão Social – expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como avaliação da política energética no contexto da sustentabilidade, avaliação dos impactos da política ambiental sobre o setor elétrico, avaliação de políticas para fontes renováveis e eletrificação rural e capacidades computacionais para avaliação de políticas públicas.
Diretórios de pesquisa – média quantidade de diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 60 diretórios, 6,89% do total no grupo temático.	Dimensão Social – expectativa de que os empregos diretos e indiretos gerados pela macrotemática sejam de média remuneração e alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).

Pontos fracos	Pontos fortes
Projetos Aneel (2008 a 2016) – baixa participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (0,76%); com nenhuma geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática.	Diretórios de pesquisa – presença de diretórios em todas as regiões do país, indicando uma inserção das regiões NE, NO e CO, importante para uma atuação regional mais equilibrada na macrotemática.
Artigos científicos – média participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (8,9%); baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (13ª posição no ranking de países).	
Produção complementar – baixa participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 2,2%.	
Desafios	**Oportunidades**
1. Estimular a utilização de metodologias prospectivas para estudar o efeito das políticas públicas e dos diversos mecanismos que podem ser utilizados para sua implementação.	1. Desenvolvimento de pesquisas em modelagem de políticas públicas e criação de uma rede colaborativa multidisciplinar para a pesquisa em Políticas Públicas e o Setor Elétrico.
2. Realização sistemática das avaliações de impacto e dos processos utilizados para implementação das políticas.	2. Entendimento dos impactos de determinadas políticas públicas na própria eficiência do setor e na consecução dos objetivos de desenvolvimento nacionais.

Fonte: elaboração própria.

8.4.11. Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade

A **Tabela** 194 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel, à produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional, e à participação na produção complementar do grupo temático. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à média prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, à disponibilidade de competências em recursos humanos e ao potencial de sinergia na rede de pesquisadores.

Como desafios, destaca-se a importância de se obter apoio governamental para as instituições nacionais responsáveis pelos processos de certificação e normatização, ter uma política nacional de apoio aos laboratórios responsáveis pelos ensaios de certificação existentes, incluindo a manutenção e operação adequada e apoiar a criação de novos laboratórios responsáveis pelos ensaios de certificação

e equipá-los com peças de reposição e manutenção adequadas. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se integrar as tecnologias de *cloud computing* em redes inteligentes e seu impacto na segurança e privacidade das informações, promover projetos de P&Ds estratégicos para o desenvolvimento de metodologias (da Aneel) para testes e ensaios em equipamentos da cadeia de geração de energia elétrica e elaborar estudos sobre a necessidade de criação de novas normas e desenvolvimento de normas que apontem métodos de avaliação e de garantia da fabricação e da operação segura destes equipamentos.

Tabela 194 - Matriz de análise da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – mais de 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – média prioridade da macrotemática na política setorial de médio e longo prazo, visando à definição de diretrizes de controle metrológico e verificando a necessidade de desenvolver requisitos genuinamente nacionais.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 1.876 profissionais atuantes na macrotemática, 92% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Dimensão Social – expectativa de baixa geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como capacidades computacionais, metrológicas e métodos para ensaios e testes, arranjos regulatórios para conformidade às normas técnicas e requisitos técnicos para equipamentos e sistemas elétricos.
Diretórios de pesquisa: Poucos diretórios no país, em comparação ao observado em outras macrotemáticas do grupo. Foram contabilizados 10 diretórios, 1,15% do total no grupo temático.	Dimensão Social – expectativa de que os empregos diretos e indiretos gerados pela macrotemática sejam de média remuneração e alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
Projetos Aneel (2008 a 2016) – baixa participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (2,86%); baixa geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (1 mestre).	
Artigos científicos – baixa participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (0,67%); baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (12ª posição no ranking de países).	
Produção complementar – baixa participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 3,2%.	

Desafios	Oportunidades
1. Obter apoio governamental para as instituições nacionais responsáveis pelos processos de certificação e normatização.	1. Integração de tecnologias de cloud computing em redes inteligentes e seu impacto na segurança e privacidade das informações.
2. Ter uma política nacional de apoio aos laboratórios responsáveis pelos ensaios de certificação existentes, incluindo a manutenção e operação adequada.	2. Projetos de P&Ds estratégicos para o desenvolvimento de metodologias (da Aneel) para testes e ensaios em equipamentos da cadeia de geração de energia elétrica.
3. Apoiar a criação de novos laboratórios responsáveis pelos ensaios de certificação e equipá-los com peças de reposição e manutenção adequadas.	3. Elaborar estudos sobre a necessidade de criação de novas normas e desenvolvimento de normas que apontem métodos de avaliação e de garantia da fabricação e da operação segura destes equipamentos.

Fonte: elaboração própria.

8.4.12. Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

A Tabela 195 corresponde à matriz da análise para a macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos. Observa-se que os pontos fracos se referem, principalmente, à produção de artigos científicos, tanto no contexto nacional quanto no contexto internacional. Já os pontos fortes se referem, principalmente, à alta prioridade da macrotemática no planejamento estratégico setorial, à disponibilidade de competências em recursos humanos e ao potencial de sinergia na rede de pesquisadores, à disponibilidade de diretórios de pesquisa, à participação em projetos do Programa de P&D Aneel e à participação na produção complementar do grupo temático

Como desafios, destaca-se a importância de se criar uma estrutura de suporte ao treinamento baseada em simuladores, que garantem fidelidade na representação do sistema e que possibilitem a elaboração de cenários de treinamento realistas, e avaliar os impactos de novas tecnologias sobre a capacitação no setor. Já como oportunidades, destaca-se a importância de se realizar fóruns de discussão com a participação de especialistas, representantes de instituições de ensino e representantes das empresas, visando a discutir sobre as necessidades do SEB e definir os objetivos comuns de capacitação e elaborar previsões de demanda de capacitação baseadas na identificação de lacunas entre força de trabalho necessária e aquela disponível para horizontes de curto, médio e longo prazo (15 a 20 anos).

Tabela 195 - Matriz de análise da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos

Pontos fracos	Pontos fortes
Competências em recursos humanos – quase 70% dos profissionais atuantes na macrotemática estão localizados nas regiões Sudeste e Sul do país, concentrando as informações nessas regiões.	Planejamento estratégico – alta prioridade da macrotemática na política setorial de médio prazo, visando à provisão de suporte especializado em engenharia, serviços, pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e tecnologias para o setor.
Redes de pesquisadores – baixa relação de coautoria entre os pesquisadores da rede analisada, diante do potencial de colaborações dado pela similaridade dos temas trabalhados.	Competências em recursos humanos – 4.248 profissionais atuantes na macrotemática, 88% destes são mestres e doutores, presentes em todas as regiões do país.
Dimensão Social – expectativa de que os empregos diretos e indiretos gerados pela macrotemática sejam de baixa remuneração.	Redes de pesquisadores – potencial de sinergia na rede analisada, dada a complementaridade dos temas trabalhados, como capacitação e treinamento para confiabilidade de redes elétricas, fontes renováveis, geração distribuída, eletrificação rural e termoeletricidade, identificação de perfil profissional para gestão de recursos hídricos e formação e capacitação para a área regulatória.
Artigos científicos – baixa participação da macrotemática na produção científica nacional na área de Assuntos Sistêmicos (2,25%); baixo desempenho do país no contexto da produção científica internacional na macrotemática (12ª posição no ranking de países).	Dimensão Social – expectativa de alta geração de empregos diretos e indiretos pela macrotemática, com demanda por alta qualificação (níveis de mestrado e doutorado).
	Diretórios de pesquisa – alta quantidade de diretórios, em comparação a outras macrotemáticas, com presença em todas as regiões do país. Foram contabilizados 112 diretórios, 12,86% do total no grupo temático.
	Projetos Aneel (2008 a 2017) – alta participação da macrotemática no total de projetos de P&D Aneel na área de Assuntos Sistêmicos (10,88%); alta geração de capacitação de recursos humanos na macrotemática, em comparação ao observado no contexto do grupo temático (13 mestres e 3 doutores).
	Produção complementar – média participação da macrotemática no total de trabalhos da área de Assuntos Sistêmicos apresentados em eventos do setor elétrico (SNTPEE, Sendi, Citenel e Sepope) 9,1%.
Desafios	**Oportunidades**
1. Criar uma estrutura de suporte ao treinamento baseada em simuladores, que garantem fidelidade na representação do sistema e que possibilitem a elaboração de cenários de treinamento realistas.	1. Realizar fóruns de discussão com a participação de especialistas, representantes de instituições de ensino, e representantes das empresas, visando a discutir sobre as necessidades do SEB e definir os objetivos comuns de capacitação.
2. Avaliar os impactos de novas tecnologias sobre a capacitação no setor.	2. Elaborar previsões de demanda de capacitação baseadas na identificação de lacunas entre força de trabalho necessária e aquela disponível para horizontes de curto, médio e longo prazo (15 a 20 anos).

Fonte: elaboração própria.

Referências

Referências Bibliográficas

ACKERMANN, T. **Wind power in power systems**. John Wiley & Sons, 2005. 745p. Disponível em: < https://simsee.org/simsee/curso2010/wind_power_in_ power_ systems.pdf>.

ADZ Brazil. **LED vs fluorescente compacta vs incandescentes.** Disponível em: <http://goo.gl/82lae5>. Link encurtado criado em: 26 jun. 2016.

AEA TECHNOLOGY AND POYRY ENERGY CONSULTING FOR THE SCOTTISH EXECUTIVE. **Additional support for marine electricity generation in Scotland.** v.1 - Summary Report ED02360. Glengarnock, Scotland, oct. 2006. 66 p.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Mapeamento da cadeia fornecedora de TIC e de seus produtos e serviços para rede elétricas inteligentes.** Jul. 2014. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Redes%20 El%C3%A9tricas%20Inteligentes.pdf. Acesso em: 24 mai 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL.** 2008. DISPONÍVEL EM: < HTTP://WWW.ANEEL.GOV.BR/ARQUIVOS/PDF/ATLAS3ED.PDF>.

_____. **BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO – BIG**: CAPACIDADE DE GERAÇÃO DO BRASIL. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW2.ANEEL.GOV.BR/APLICACOES/CAPACIDADEBRASIL/CAPACIDADE BRASIL.CFM>.

_____. **Capacidade de geração do Brasil - BIG - Banco de Informações de Geração. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/** capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 1 jul. 2016.

_____. **Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 019/2015**: desenvolvimento de tecnologia nacional de geração heliotérmica de energia elétrica. Brasília, DF: 2015. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/chamadas-de-projetos-de-p-d/-/asset_publisher/4f6nNc41iP9m/content/p-d-estrategico-n-019-2015-12-/656831?inheritRedirect=false>.

_____. **Chamada de Projeto Estratégico nº 021/2016:** arranjos técnicos e comerciais para a inserção de sistemas de armazenamento de energia no Setor Elétrico Brasileiro, Brasília, DF: jul. 2016.

_____. **Manual do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento do Setor de Energia Elétrica.** Brasília: 2012.

_____. **Nota Técnica nº 0098/2014** -SRD/ANEEL - Redes subterrâneas de distribuição de energia: situação atual e avalição da necessidade de aprimoramento da regulação associada., 06/11/2014.

_____. **Nota Técnica nº 0105/2015** -SRD/ANEEL - Proposta de abertura de Audiência Pública com vistas ao aprimoramento da regulação de investimentos em redes subterrâneas de distribuição de energia elétrica, 21/12/2015.

_____. **Perdas de energia.** 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ area.cfm?idArea=801&idPerfil=4. Acesso em: 12 mai. 2016.

_____. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST.** 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/prodist>.

_____. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional** – PRODIST. Módulo 2 – Planejamento da expansão do sistema de distribuição, Revisão 6, 15 abr. 2015.

_____. **Programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor de energia elétrica.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/pt/programa-de-p-d>. Acesso em: 12 jul. 2016.

_____. **Regulação dos serviços de distribuição**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/regulacao-da-distribuicao>. Acesso em: jul. 2016.

_____. **Resolução Normativa nº 77**, de 18 de agosto de 2004. Brasília, Brasil 2004.

_____. **Resolução normativa nº 251:** estabelece os procedimentos para prestação de serviços ancilares de geração, e dá outras providências. Brasília: 2007.

_____. **Resolução Normativa nº 316/2008** - Pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética, Lista de Projetos de P&D. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656831/14930488/Projetos_PED-ANEEL_%28Res_Norm_316-2008%29_Ver2016.04.29.xls/a36b950a-e5aa-4a56-825b-0d39101fca02>.

_____. **Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010.** Brasília: ANEEL, 2010. Atualizada até a Resolução Normativa Nº670 de 14 de julho de 2015, 2015.

_____. **Resolução Normativa nº 481**, de 17 de abril de 2012. Brasília, Brasil 2012.

_____. **Resolução Normativa nº 482,** de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

_____. **Resolução Normativa nº. 504/2012;** Projetos de P&D propostos pelas empresas de energia elétrica. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/Excel/Projetos_PED-ANEEL_(Res_Norm_316-2008)_Ver05.07.2011.xls>. Acesso em: jul. 2016.

_____. **Resolução Normativa nº 583, de 22 de outubro de 2013** - Estabelece os procedimentos e condições para obtenção e manutenção da situação operacional e definição de potência instalada e líquida de empreendimento de geração de energia elétrica. Brasília, DF: 2013.

ALCÂNTARA, M.V.P. Desafios tecnológicos e regulatórios em rede inteligente no Brasil. **Revista O Setor Elétrico**, v. 66. 2011

ALMEIDA, M.C. DE; COSTAB, F.F.; SOUZA, S.X. DE; SANTANA, F. Optimal placement of faulted circuit indicators in power distribution systems. **Electric Power Systems Research,** p. 699-706, 2011.

ALPHA VENTUS OFFSHORE WIND FARM. **Site.** Disponível em: < http://www.4coffshore.com/windfarms/alpha-ventus-germany-de01.html. Acesso em: 07 jul. 2016.

ALOBEIDLI, K.A.; SYED, M.H.; EL MOURSI, M.S.; ZEINELDIN, H.H. Novel coordinated voltage control for hybrid micro-grid with islanding capability. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 3, p. 1116-1127, May 2015.

ALTUVE, H. J., SCHWEITZER, E. O. **Modern solutions for protection, control and monitoring of electric power systems.** Pullman, USA: Schweitzer Engineering Laboratories, Inc., 2010.

ALVES, R.M.; GOMES JR., S.; AVELEDA, A.; BORGES, C.L.T.; TARANTO, G.N.; FALCÃO, D.M.; ASSIS, T.M.L.; HENRIQUES, R.M.; PASSOS FILHO, J.A. Static and dynamic security assessment of large power systems for online and offline applications. **Eletroevolução**, Cigrè-Brasil, v. 77, p. 40-46, 2014.

ALVIM FILHO, A. C. Desafios e perspectivas de P&D na geração de energia elétrica, **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**, n. 3, Jun. 2009.

ALWASH, S.F.; RAMACHANDARAMURTHY, V.K.; MITHULANANTHAN, N. Fault-location scheme for power distribution system with distributed generation. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 30, n. 3, p. 1187-1195, Jun. 2015.

ALY, M.M.A.M.; EL-SAYED, M.A.H. Enhanced fault location algorithm for smart grid containing wind farm using wireless communication facilities. **IET Generation, Transmission & Distribution,** v. 10, n. 9, p. 2231-2239, sept. 2016.

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS – AIEE. Committee Report. Bibliography and summary of fault location methods. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers**. Part III: Power Apparatus and Systems. v. 74, n. 3, p. 1423-1428, jan. 1955. Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/document/ 4499247/>.

ANDERSON, P.M. **Power system protection.** Piscataway, NJ - USA: IEEE Press Series on Power Engineering, 1999.

ANDERSON, P.M.; LE REVEREND, B.K. Industry experience with special protection schemes. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 11, n. 3, 1996.

ANDRITZ HYDRO. **Hydromatrix:** Innovative hydropower solutions. 2011.

ANHOLT OFFSHORE WIND FARM. **Site.** Disponível em: <http://www.4coffshore.com/windfarms/anholtdenmark-dk13.html>. Acesso em: 07 jul. 2016.

AOKI, C.S.C; ARAUJO, J.B.C; BARBOSA, C.F.; NALLIN, F.; GISOLFI, P.C. Desenvolvimento de sistema de detecção da corrosão (SDC) em cabos CAA das linhas de distribuição de energia elétrica. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 17., 2006. **Anais...** 2006.

AO-YANG, H.; ZHE, Z.; XIANG-GEN, Y. The Research on the characteristic of fault current of doubly-fed induction generator. In: POWER AND ENERGY ENGINEERING CONFERENCE, APPEEC. Asia-Pacific, 2009. **Proceedings...** Asia-Pacific, 2009.

ARENT, D.; SULLIVAN, P.; HEIMILLER, D.; LOPEZ, A.; EUREK, K.; BADGER, J.; JØRGENSEN, H.E.; CLARKE, L.; LUCKOW, P. **Improved offshore wind resource assessment in global climate stabilization scenarios.** Technical report of National Renewable Energy laboratory (NREL) of United States, NREL/TP-6A20-55049, October, 2012.

ARRIBAS, L. et al. Renewable Energy: PV–Wind hybrid system performance: A new approach and a case study. **Science Direct**, Espanha, v. 35, p. 128-137, 2010.

ASHCROFT, N.; MERMIN, D. **Solid state physics.** USA: Saunders College Publishing, 1976.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL – ABCM. **Site.** Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA - ABRADEE. **Site.** Disponível em: <http://www.abradee.com.br/>. Acesso em: 10 jul. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR - ABENS. **Programa do VI Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS – ABRAMAN. **Site**. Disponível em: <http://www.abraman.org.br>. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16149** - Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. 2013.

_____. **NBR ISO 55000 -** Gestão de ativos; visão geral, princípios e terminologia, ABNT, 2014.

AUGUSTINE, C.; BAIN, R.; CHAPMAN, J.; DENHOLM, P.; DRURY, E.; HALL, D.G.; LANTZ, E.; MARGOLIS, R.; THRESHER, R.; SANDOR, D.; BISHOP, N.A.; BROWN, S.R.; CADA, G.F.; FELKER, F.; FERNANDEZ, S.J.; GOODRICH, A.C.; HAGERMAN, G.; HEATH, G.; O'NEIL, S.; PAQUETTE, J.; TEGEN, S.; YOUNG, K. **Renewable electricity generation and storage technologies.** v. 2. of Renewable Electricity Futures Study. NREL/TP-6A20-52409-2. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory. 2012. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/52409-2.pdf>.

BÄCKER, M. HTS Drähte und bänder energietechnik ohne widerstand. In: ZIEHL IV, Zukunft und Innovation der Energietechnik mit Hochtemperatur-Supraleitern, 11-12 de Março 2014, Bonn, Alemanha. **Proceedings...** Bonn: 2014. Disponível em: <http://www.ivsupra.de/ziehl/ziehl-4.html>.

BAE, C. Status and challenges of hydroxide ion-conducting polymers for anion exchange membrane applications. In: DOE AMFC Workshop 2016. 04 jan. 2016. **Proceedings...** 2016.

BAGOTSKY, V.S.; SKUNDIN, A.M.; VOLFKOVICH, Y.M. **Electrochemical power sources - batteries, fuel cells, and supercapacitors**. New Jersey: John Wiley & sons, 2015.

BAIG, Z.; AMOUDI A.R. An Analysis of smart grid attacks and countermeasures. **Journal of Communications** v. 8, n. 8, Aug. 2013.

BALDUCCI, P.J.; SCHIENBEIN, L.A.; NGUYEN, T.B.; BROWN, D.R.; FATHERLRAHMAN, E.M. An examination of the costs and critical characteristics of electric utility distribution system capacity enhancement projects. In: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION CONFERENCE AND EXHIBITION, 2005/2006 IEEE PES. **Proceedings...** p. 78–86, 2006.

BARAN, M.E.; WU, F.F. Network reconfiguration in distribution system for loss reduction and load balancing, **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 4, n. 2, p. 1401-1407, Apr. 1989.

BARBER, N.F.; URSELL, F. The generation and propagation of ocean waves 530 and swell. I. Wave periods and velocities. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences**, v. 240, n. 824, p.527. 1948.

BARBOSA, C.F.; ROMANO, R.B.; NALLIN, F.E.; COSTA, E.F.; MILANO, D. DE; RIBAS, G.H.S.; CARDINALLI JR., V.; SOUZA, R.N.; JOSÉ FILHO, R.; ALVES, M.P.C.; MOURA, L.F. Sistema de localização de faltas em redes de distribuição de energia elétrica. **Cadernos CPqD Tecnologia,** v. 9, 2013. p. 19-24.

BARBOSA DE OLIVEIRA, C.F.; PINHO, J.T.; DO VALE, S.B. **Sistemas híbridos de energia solar/eólico/diesel para eletrificação de comunidades isoladas da região Amazônica Brasileira** – Estado presente e desenvolvimentos futuros. Pará: Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, 2005. 8 p.

BARLEV, D.; VIDU, R.; STROEVE, P. Innovation in concentrated solar power. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 95, n. 10, p. 2703-2725, 2011. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024811002777>.

BARRETO, E.J.F.; FILHO, G.L.T. **Pequenos aproveitamentos hidrelétricos:** soluções energéticas para a Amazônia. 2008.

BARRETO, E.J.F.; PINHO, J.T. **Sistemas híbridos:** soluções energéticas para a Amazônia. 2008.

BARROS, R.W. da S. **Implantação, operação e instrumentação de sistema híbrido eólico/diesel / no Território de Fernando de Noronha**. Dissertação (Mestrado) - Programa de pos graduação em engenharia mecânica da UFPE, 2002.

BARROW OFFSHORE WIND FARM. **Site.** Disponível em: <http://www.4coffshore.com/ windfarms/barrow-united-kingdom-uko1.html>. Acesso em: 07 jul. 2016.

BARROWS, C. et al. **Assessing the costs of dispatchable wind energy**: an integrated wind-turbine and energy storage system. Pensilvania - EUA: The Pennsylvania State University, 2009. 44 p.

BASBERG, B. **Patents and the measurement of technological change**: A survey of the literature. Research Policy, 16(2-4), pp.131-141. 1987.

BASILE, A.; IULIANELLI, A. **Advances in hydrogen production, storage and distribution**, Cambridge: Elsevier, 2014.

BATISTA, W. Novo ministro da Educação já disse que professores precisam trabalhar por amor, e não por dinheiro. **Tribuna do Ceará,** Educação. 24 dez. 2014. Disponível em: <http://tribunadoceara.uol.com.br/noticias/educacao/novo-ministro-da-educacao-ja-polemizou-ao-dizer-que-professores-precisam-trabalhar-por-amor-e-nao-por-dinheiro/>. Acesso em: 11 jul. 2016.

BEDNORZ, J.G.; MÜLLER, K.A. Possible high tc superconductivity in the Ba-La-Cu-O System, **Z. Physik**, B, v. 64, n. 2, p. 189–193, 1986.

BEGOVIC, M.; PREGELJ, A.; ROHATGI, A.; NOVOSEL, D. Impact of renewable distributed generation on power systems. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 34th. 2001. **Proceedings...** 2001.

BEHAR, O. et al. **Global CSP market trends:** the case of solar tower technology. 2013.

BEHAR, O.; KHELLAF, A.; MOHAMMEDI, K. A review of studies on central receiver solar thermal power plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 12-39, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113 001184>.

BELWIND OFFSHORE WIND FARM. **Site.** Disponível em: <http://www.4coffshore.com/ windfarms/belwind–belgium-be03.html. Acesso em: 07 jul. 2016.

BENELI, D. S.; CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. **O papel dos indicadores de C,T&I na formulação das políticas públicas**. Inovação - Revista Eletrônica de P,D&I, v. set., p. digital - eletrônico, 2014.

BERENGUEL, M. et al. An artificial vision-based control system for automatic heliostat positioning offset correction in a central receiver solar power plant. **Solar Energy**, v. 76, n. 5, p. 563-575, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S0038092X0300464X>.

BERMAN, S.M. Energy efficiency consequences of scotopic sensitivity. **Journal of the Illuminating Engineering Society of North America** (IES). v. 21, n.1, dez.1992.

BERTSCH, J.; CARNAL, C.; KARLSON, D.; MCDANIEL, J.; VU, K. Wide-area protection and power system utilization. **Proceedings of the IEEE**, v. 93, n. 5, p. 997-1003, may 2005.

BES, F.T. de; KOTLER, P. **A Bíblia da Inovação:** princípios fundamentais para levar a cultura da inovação contínua às organizações. São Paulo: Casa da Palavra, 2011. 352 p.

BESERRA, E.R. **Avaliação de sítios para a exploração dos recursos energéticos das ondas do mar.** Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2007.

BESERRA, E.R.; ESTEFEN, S.F.; PARENTE, C.E.; MENDES, A.T. Wave climate analysis for a wave energy conversion application in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 26th. 2007, San Diego. **Proceedings...** San Diego, CA.: 2007.

BEWLEY, L. V., Traveling waves on transmission systems. **Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.** v. 50, n. 2, p. 532–550, 1931.

BEYER, H. G.; DEGNER, T.; GABLER, H. Solar energy: operational behaviour of wind diesel systems incorporating short-term storage - an analysis via simulation calculations. **Science Direct**, Alemanha, v. 54, n. 6, p. 429-439, 1995.

BHARGAV, K.R.; GROSS, F.; SCHRAMEK, P. Proceedings of the SolarPACES 2013 International Conference - Life cycle cost optimized heliostat size for power towers. **Energy Procedia**, v. 49, p. 40-49, 01 jan. 2014. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214004597 >.

BIGNUCOLO, F.; CALDON, R.; PRANDONI, V. Radial MV networks voltage regulation with distribution management system coordinated controller. **Electric Power Systems Research,** v.78, is. 4, apr. 2008, p. 634-645

BLAIR, N. et al. **System advisor model, SAM 2014.1.14:** general description. Denver, CO, USA: NREL, Tech. Rep. NREL/TP-6A20-61019, 2014.

BOCK, J.; BREUER, F.; WALTER, H. et al. CURL10 - Development and Field-Test of a 10 kV-10 MVA Resistive Current Limiter Based on Bulk BSCCO 2212. **IEEE Trans. Appl. Supercond.,** v. 15, n. 2, p. 1955–1960, jun. 2005.

BRAGA, M. et al. 60W incandescent lamp alternatives found in Brazilian market. In: IEEE/IAS International Conference on Industry Applications, 11th. INDUSCON. Juiz de Fora, Brasil: dez. 2014. **Proceedings...** Juiz de Fora, MG: 2014.

BRAGA, M.; FELIPE, J.; TEODORO, T.; CALIL, Y.; BRAGA, H. 60W Incandescent lamp alternatives found in Brazilian market. **IEEE Induscon**, dez. 2014.

BRAGA, M.; NOGUEIRA, F.; CAMPOS, M.; GOUVIEA L. E BRAGA, H. A Comparative study regarding linear fluorescent and led lamps for indoor lighting. **IEEE Induscon**, dez.2014.

BRANÍCIO, P.S. Introdução à supercondutividade, suas aplicações e a mini-revolução provocada pela redescoberta do MgB2: uma abordagem didática. **Revista Brasileira de Ensino de Fisica,** v. 23, n. 4, p. 381–390, 2001.

BRAQUEHAIS, J.E. de P.; SOUZA, A.A.L. de. Energy-autonomous wind speed smart sensor. In: IEEE INTERNATIONAL INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT Technology CONFERENCE (I2MTC), **Proceedings...** p. 931-935, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria Conjunta nº 1, de 28 de março de 2013. **Diário Oficial da União**, p. 26, 3 abr. 2013.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 1996.** Brasília: 1997.

_____. _____. **O PROINFA**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/ proinfa/>.

_____.Ministério do Trabalho e Emprego – TEM. **NR 33 – Segurança e saúde nos trabalhos em espaços confinados**, 2012. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/legislacao/normas-regulamentadoras-1.htm>.

_____. Presidência da República. CONSELHO DE DEFESA NACIONAL. **Portaria nº 41, de 09 de outubro de 2014.** Instituir, no âmbito do Comitê Gestor de Segurança da Informação - CGSI, o Grupo de Trabalho para estudo, análise e proposição de norma complementar à Instrução Normativa GSI nº 1, de 13 de junho de 2008, a cerca do tema Segurança das Infraestruturas Críticas da Informação, assunto de alta relevância relacionado à Segurança da Informação e Comunicações para a Administração Publica Federal (APF), direta e indireta. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=10/10/2014&jornal=1&pagina=7&totalArquivos=224>. Acesso em: 21 mai. 2016.

_____. Presidência da República. **Decreto n. 3.867, de 16 de Julho de 2001.**
Regulamenta a Lei nº9.991, de 24 de julho 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D3867.htm>.

_____. _____. **Decreto nº 4.801, de 6 de Agosto de 2003.** Cria a Câmara de Relações Exteriores e Defesa Nacional, do Conselho de Governo. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/d4801.htm. Acesso em: 20 maio de 2016.

_____. _____. **Decreto nº 6.703, de 18 de Dezembro de 2008.** Aprova a Estratégia Nacional de Defesa, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/Decreto/D6703.htm>. Acesso em: 20 mai. 2016.

_____. _____. **Decreto nº 7.009, de 12 de Novembro de 2009.** Dá nova redação aos arts. 1º, 20 e 30 do Decreto no 4.801, de 6 de agosto de 2003, que cria a Câmara de Relações Exteriores e Defesa Nacional, do Conselho de Governo. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D7009.htm>. Acesso em: 20 mai. 2016.

_____. _____. **Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991.** (Lei da Informática). Dispõe sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8248.htm>.

_____. _____. **LEI Nº 9.991 DE 24 DE JULHO DE 2000**. (LEI DA P&D). DISPÕE SOBRE REALIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO E EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA POR PARTE DAS EMPRESAS CONCESSIONÁRIAS, PERMISSIONÁRIAS E AUTORIZADAS DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/L9991.HTM>.

_____. _____. **LEI NO 10.176, DE 11 DE JANEIRO DE 2001.** (LEI DA INFORMÁTICA). ALTERA A LEI NO 8.248, DE 23 DE OUTUBRO DE 1991, A LEI NO8.387, DE 30 DE DEZEMBRO DE 1991, E O DECRETO-LEI NO 288, DE 28 DE FEVEREIRO DE 1967, DISPONDO SOBRE A CAPACITAÇÃO E COMPETITIVIDADE DO SETOR DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW.PLANALTO.GOV.BR/CCIVIL_03/LEIS/LEIS_2001/L10176.HTM#ART14>.

_____. _____. **Lei no 11.077, de 30 de dezembro de 2004.** (Lei da Informática). Altera a Lei nº 8.248, de 23 de outubro de 1991, a Lei no8.387, de 30 de dezembro de 1991, e a Lei no 10.176, de 11 de janeiro de 2001, dispondo sobre a capacitação e competitividade do setor de informática e automação e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L11077.htm#art11>.

_____. _____. **Lei nº 11.196 de 21 de novembro de 2005**. (Lei do Bem). Institui o Regime Especial de Tributação para a Plataforma de Exportação de Serviços de Tecnologia da Informação - REPES, o Regime Especial de Aquisição de Bens de Capital para Empresas Exportadoras - RECAP e o Programa de Inclusão Digital; dispõe sobre incentivos fiscais para a inovação tecnológica; altera o Decreto-Lei nº288, de 28 de fevereiro de 1967, o Decreto no 70.235, de 6 de março de 1972, o Decreto-Lei no 2.287, de 23 de julho de 1986, as Leis nos 4.502, de 30 de novembro de 1964, 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.245, de 18 de outubro de 1991, 8.387, de 30 de dezembro de 1991, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, 8.989, de 24 de fevereiro de 1995, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 9.250, de 26 de dezembro de 1995, 9.311, de 24 de outubro de 1996, 9.317, de 5 de dezembro de 1996, 9.430, de

27 de dezembro de 1996, 9.718, de 27 de novembro de 1998, 10.336, de 19 de dezembro de 2001, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.485, de 3 de julho de 2002, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, 11.033, de 21 de dezembro de 2004, 11.051, de 29 de dezembro de 2004, 11.053, de 29 de dezembro de 2004, 11.101, de 9 de fevereiro de 2005, 11.128, de 28 de junho de 2005, e a Medida Provisória no 2.199-14, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei no 8.661, de 2 de junho de 1993, e dispositivos das Leis nos 8.668, de 25 de junho de 1993, 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.755, de 3 de novembro de 2003, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.931, de 2 de agosto de 2004, e da Medida Provisória no 2.158-35, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11196.htm>.

_____. _____. **Lei nº 13.023, de 8 de agosto de 2014.** (Lei da Informática). Altera as Leis nºs 8.248, de 23 de outubro de 1991, e 8.387, de 30 de dezembro de 1991, e revoga dispositivo da Lei no 10.176, de 11 de janeiro de 2001, para dispor sobre a prorrogação de prazo dos benefícios fiscais para a capacitação do setor de tecnologia da informação. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Lei/L13023.htm#art5>.

BRASIL JUNIOR, A.C.P. **Projeto Tucunaré** - Turbinas hidrocinéticas para o aproveitamento do potencial remanescente em usinas hidrelétricas, proposta de projeto de pesquisa. 2009.

BRENNA, M.; DE BERARDINIS, E.; DELLI CARPINI, L.; FOIADELLI, F.; PAULON, P.; PETRONI, P.; SAPIENZA, G.; SCROSATI, G.; ZANINELLI, D. Automatic distributed voltage control algorithm in smart grids applications. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 4, n. 2, p. 877–885, 2013.

BROWN, L. **Plan B 4.0** - Mobilizing to save civilization. New York – London: Earth Policy Institute, W. W. Norton and Company, 2009.

BROWN, R.E. Impact of Smart Grid on distribution system design. In: POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE, Pittsburgh, PA, **Proceedings...** Pittsburgh, PA: IEEE, 2008, p. 1-4.

BRUNNER, B.; REISSNER, M.; KULICH, M.; KOVÁC, P. Magnetic studies of MgB2 prepared by internal magnesium diffusion with various doping. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 26, n. 3, 2016, 6201205.

BUCK, R. et al. **Tower CSP techology -** State of the art and market overview. Brasília, Brazil: Projeto Energia Heliotérmica, 2014.

BUENO, D.A.; SILVA, E.C. Dispositivos de carboneto de silício na eletrônica de potência: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20., CBA. Belo Horizonte, MG: 2014. **Anais...** Belo Horizonte, MG: 2014.

BUMBY, S.; DRUZHININA, E.; FERALDI, R.; WERTHMANN, D.; GEYER, R.; SAHL, J. Comparative life cycle assessment (LCA) of overhead and underground medium voltage power distribution. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE SYSTEMS AND TECHNOLOGY. 2009. **Proceedings...** 2009.

BURDEN, A.B. **Japanese approach to overhead distribution** – A Scottish power view, Institution of Electric Engineers, 1995.

BURIN, E.K. et al. Boosting power output of a sugarcane bagasse cogeneration plant using parabolic trough collectors in a feedwater heating scheme. **Applied Energy**, v. 154, p. 232-241, 15 sept. 2015. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/ science/article/pii/S0306261915005632 >.

BURINI JUNIOR, E.C.; KANASHIRO, A.G.; JESUS, M.O. Tecnologia SSL (LED) em Campi da Universidade de São Paulo. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CLAGTEE. São José dos Campos, SP, Brasil: 2015. **Anais...** São José dos Campos, SP, Brasil: 2015.

BUZEA, C.; YAMASHITA, T. Review of the superconducting properties of MgB2. **Superconductor Science and Technology**, v. 14, n. 11, 2001.

CAMACHO, E.F. et al. A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part I: Modeling and basic control approaches. **Solar Energy**, v. 81, n. 10, p. 1240-1251, oct. 2007a. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038 092X07000047>.

CAMACHO, E.F.; RUBIO, F.R.; BERENGUE, M.; VALENZUELA, L. A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part II: Advanced control approaches. **Solar Energy**, v. 81, n. 10, p. 1252-1272, out. 2007b. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X07000023>.

CAMPBELL, R.J. **Weather-Related Power Outages and Electric System Resiliency**, Congressional Research Service. 28 aug. 2012. Disponível em: <http://www.crs.gov>.

CANEDO, L.S. **Ajuste do desempenho dinâmico de um sistema de geração eólica com gerador de indução duplamente alimentado.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, 2007.

CARBON TRUST. **UK, Europe and global tidal stream energy resource assessment.** 107799/D/2100/05/1, Carbon Trust Marine Energy Challenge, London, UK. 2004.

_____. **Technology innovation needs assessment marine energy:** summary report, Aug. 2012. Disponível em: <http://www.carbontrust.com/media/168547/tina-marine-energy-summary-report.pdf>.

_____. **Time-of-using pricing** – Lessons from international experience. Relatório final. Abril, 2012.

CARMO, M.; FRITZ, D.L.; MERGEL, J.; STOLTEN, D. A comprehensive review on PEM water electrolysis. **International Journal of Hydrogen Energy,** n. 38, p. 4901-4934. 2013.

CARRILLO, C.; FEIJÓO, A.; CIDRÁS, J. Comparative study of flywheel systems in an isolated wind plant. **Renewable Energy**, n.34, 2009, p. 890–898.

CARRILLO, C.; FEIJÓO, A.E. ; CIDRÁS, J.; GONZÁLEZ, J. Power fluctuations in an isolated wind plant. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 19, n. 1, p. 217-221, mar. 2004.

CARVALHO, P.A.D. **Avaliação do contributo de dispositivos do tipo STATCOM para o aumento da segurança em redes de transporte com elevados níveis de integração de produção eólica.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2011.

CARVALHO, S.; FITEIRO, R.; Neves, A. Adaptation of protections for compatibilization with fault ride — Through capability of wind farms. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 22nd. (CIRED 2013), Stockholm, 2013. **Proceedings**... Stockholm, 2013, p. 1-4.

CASAGRANDE, C.G. **Desafios da iluminação pública no Brasil e nova técnica de projetos luminotécnicos fundamentada na fotometria mesópica.** Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Juiz de Fora. Abr. 2016.

CATALIOTTI, A.; COSENTINO, V.; DI CARA, D.; GUAIANA, S.; PANZAVECCHIA, N.; TINÈ, G. A new solution for low-voltage distributed generation interface protection system. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 64, n. 8, p. 2086-2095, aug. 2015.

CAVALCANTE, P.L. et al. Centralized self-healing scheme for electrical distribution systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 145-155, Jan. 2016.

CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination. **Smart grid information security** - Group. Disponível em: <http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/ xpert_group1_sustainable_processes.pdf. Acesso em: 18 mai. 2016.

CENTRE FOR THE PROTECTION OF NATIONAL INFRASTRUCTURE – CPNI. **Site.** Disponível em: < http://www.cpni.gov.uk>. Acesso em: 20 mai. 2016.

CENTRO DE DEFESA CIBERNÉTICA DO EXÉRCITO BRASILEIRO – CDCiber. **Relatório 1 –** Segurança em Sistemas de Controle e Automação Industrial das Infraestruturas Críticas: situação atual – Workshop Segurança em SCADA – RENASIC. Disponível em: < http://www.renasic.org.br/content/files/2014_07_31_3/Painel_SCADA_2014_Relat%C3%B3rio_1_Situacao_atual.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2016.

_____. **Relatório 2 –** Segurança em Sistemas de Controle e Automação Industrial das Infraestruturas Críticas: Plano de ações para o Brasil. – Workshop Segurança em SCADA – RENASIC. Disponível em: < http://www.renasic.org.br/content/files/2014_07_31_3/Painel_SCADA_2014_Relat%C3%B3rio_2_Plano_de_acoes.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2016.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS - CGEE. **Eletrônica orgânica:** contexto e proposta de ação para o Brasil. Brasília, DF: dez. 2011.

_____. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão**. Série Documentos Técnicos 02-10, 2010.

_____.**Novos desafios tecnológicos da Matriz Energética Brasileira.** Brasília, DF: 2014.

_____. **Sugestões de aprimoramento ao modelo de fomento à PD&I do Setor Elétrico Brasileiro**. CAVALCANTI, C. Brasília: 2015. Disponível em: < http://www. cgee.org.br/atividades/redirect/9236>.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. **Site.** 2016. Disponível em: <http://www.cepel.br>

CERN European Organization for Nuclear Research. **The large hadron collider.** Disponível em: <http://home.cern/topics/large-hadron-collider.

CHABANLOO, R.M.; ABYANEH, H.A.; AGHELI, A.; RASTEGAR, H. Overcurrent relays coordination considering transient behaviour of fault current limiter and distributed generation in distribution power network. **IET Generation, Transmission & Distribution**, v. 5, n. 9, p. 903-911, sept 2011.

CHAIYATHAM, T. et al. **Design of optimal fuzzy logic-PID controller using bee colony optimization for frequency control in an isolated wind-diesel system**. Tailândia: Department of Electrical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; School of Communication, Instrumentation e Control; Sirindhorn International Institute of Technology, 2009, 4 p.

CHARLIER, R.H.; JUSTUS, J.R. **Ocean energies:** environmental, economic and technological aspects of alternative power sources. Elsevier Oceanography Series, Amsterdam, The Netherlands. 1993.

CHEDID, R.B.; KARAKI, S.H.; EL-CHAMALI, C. Adaptive fuzzy control for wind-diesel weak power systems. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, v. 15, n. 1, p.71-78, março de 2000.

CHEN, C.-L. et al. Energy conversion and managemen: optimal integration of wind farms to isolated wind-diesel energy system. **Science Direct**, Taiwan, v. 48, p. 1506 – 1516, 2008.

CHEN, C.-L. et al. Energy conversion and management: optimal wind-thermal coordination dispatch in isolated power systems with large integration of wind capacity. **Science Direct**, Taiwan – China, v. 47, p. 3456–3472, 2006.

CHEN, P.C.; MALBASA, V.; DONG, Y.; KEZUNOVIC, M. Sensitivity analysis of voltage sag based fault location with distributed generation. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 2098-2106, Jul. 2015.

CHEN, Z.; MAUN, J.-C. Artificial neural network approach to single-ended fault locator for transmission lines. **IEEE Transactions on Power Systems,** v. 15, n. 1, p. 370–375, 2000.

CHENINE, M.; ZUN, K.; NORDSTROM, L. Survey on priorities and communication requirements for PMU-based applications in the nordic region. **IEEE Power Tech**., p. 1–8, Jul. 2009.

CHIRADEJA, P. **Benefit of distributed generation: a line loss reduction analysis, transmission and distribution conference and exhibition**: Asia and Pacific, 2005 IEEE/PES, 2005, p. 1-5.

CIGRE. WG A3.10: **Application and feasibility of fault current limiters in power systems**, 2012. (CIGRE Technical Brochure, n. 497).

_____. WG D1.15, **Status of development and field test experience with high-temperature superconducting power equipment.** Paris: jun. 2010. (CIGRE Tech. Broch., n. 418).

_____. Working Group D1.38: **Common characteristics and emerging test techniques for high temperature superconducting power equipment,** 2015. (CIGRE Technical Brochure n. 644).

CIVANLAR, S.; GRAINGER, J.J.; YIN, H.; LEE, S.S.H. Distribution feeder reconfiguration for loss reduction. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 3, n. 3, p. 1217-1223, Jul. 1988.

CLAUDE, G. Power from the tropical seas. **Mechanical Engineering,** v. 52, n. 12/19, p. 1039–1044. 1930.

CLEMENTE, C.H.P. **Avaliação do desempenho hidrodinâmico de um sistema de corpos oscilantes para extração de energia das ondas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2011.

COELHO, L. dos S.; BARBOSA, L.Z.; LEBENSZTAJN, Luiz. Multi objective particle swarm approach for the design of a brushless dc wheel motor. **IEEE Transactions on Magnetics**, Brasil, v. 46, n. 8, p. 2994 – 2997, ago. 2010.

COHEN, W.M.; LEVINTHAL, D.A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. **Administrative Science Quarterly** , v. 35 , n. 1, Special Issue: technology , organizations , and innovation, mar.1990.

COLMENAR-SANTOS, A.; PERERA-PEREZ, J.; BORGE-DIEZ, D.; DEPALACIO-RODRÍGUEZ, C. Offshore Wind energy: A review of the current status, challenges and future development in Spain. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier. 2016. v. 64, oct..2016, p.1-18. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136 403211630199X?via%3Dihub>.

COLORADO, A.F.; HERRERA, B.A.; AMELL, A.A. Performance of a flameless combustion furnace using biogas and natural gas. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 7, p. 2443–2449. 2010.

COMITÊ NACIONAL BRASILEIRO DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CIGRÉ-BRASIL. **Site.** Disponível em: <http://www.cigre.org.br>.

_____. Working Group A3.22: **Tecnhical requirements for substation equipment exceeding 800 kV.** Paris: dez. 2008. (CIGRE Technical Brochure n. 362).

COMMISSION INTERNATIONALE DE L' ÉCLAIRAGE – CIE. **Technical Report 191: recommended system for mesopic photometry based on visual performance**, 2010.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES – CEC. **Engineering design tools for wind diesel systems** – Final report for CEC contract JUR – 0078. Brussels, Belgium: Jan. 1994.

_____. **ESTEC:** The European network of SCADA security test centers for critical energy infrastructures. Disponível em: <http://utmea.enea.it/projects/int/#estec>. Acesso em: 19 mai. 2016.

_____. **Promotion of new energy sources in the Zhejiang Province, China**, Final Report. DGXVII - Program SYNERGY Contract Nº 4.1041/D/97-09, Brussels, Belgium: 1998.

_____. **Wave energy project results: the exploitation of tidal marine currents.** DGXII - Report EUR16683EN, Brussels, Belgium: 1996.

CONCERT TECNOLOGIES S.A. **Implantação de medição eletrônica em baixa tensão.** Documento Anexo à Nota Técnica nº 0013/2009-SRD/ANEEL. Brasília, DF: 2009.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Uso eficiente de energia elétrica na indústria.** Disponível em: < http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_ 18/2014/04/22/6281/cartilha_ cni_corrente_FINAL-small1.pdf>.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq. **Chamada MCTIC/CNPq n º 74/2013:** Capacitação laboratorial e formação de recursos humanos em energia eólica e energia heliotérmica. Disponível em: <file:///C:/Users/rodri/Downloads/ Chamada+Energia+E%C3%B3l ica+74_2013.pdf>.

CORALLI, A.; MIRANDA, H.V. de; MONTEIRO, C.F.E.; SILVA, J.F.R. da; MIRANDA, P.E.V. de. Mathematical model for the analysis of structure and optimal operational parameters of a solid oxide fuel cell generator. **Journal of Power Sources,** v. 269, p. 632-644, 2014.

CORNETT, A.M. **Inventory of Canada's marine renewable energy resources**. Ottawa, Ontario, Canada: Canadian Hydraulics Centre, 2006.

COSTA, F.B. Fault-induced transient detection based on real-time analysis of the wavelet coefficient energy. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 29, n. 1, p. 140-153, feb. 2014.

COSTA, F.B.; SOUZA, B.A.; BRITO, N.S.D.; SILVA, J.A.C.B.; SANTOS, W.C. Real-time detection of transients induced by high-impedance faults based on the boundary wavelet transform. **IEEE Transactions on Industry Applications,** v. 51, n. 6, p. 5312-5323, nov.-dec. 2015.

COSTA, P.R. **Controle da frequência do conversor para geração de eletricidade pelas ondas do mar.** Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2011.

_____. **Energia das ondas do mar para geração de eletricidade.** 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2004.

COSTA, P.R.; GARCIA-ROSA, P.B.; ESTEFEN, S.F. Phase control strategy for a wave energy hyperbaric converter. **Ocean Engineering**, v. 37, p. 1483-1490, 2010.

COT, A. et al. Termosolar Borges: a thermosolar hybrid plant with biomass. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENERGY FROM BIOMASS AND WASTE, 3., 2010. **Proceedings...** 2010.

CRAMPES, C.; MOREAUX, M. Pumped storage and cost saving. **Energy Economics**, v. 32, p. 325-333. 2010.

CUNHA, A.P.; PELEGRINI, M.A. Repartição de custos e governança para a implantação de redes de distribuição subterrâneas. In: REDES SUBTERRÂNEAS DE ENERGIA ELÉTRICA, 10. Expo e Fórum, Jun. 2014. **Anais...** jun. 2014.

CUSTÓDIO, E.S. **Desenvolvimento de um micromedidor inteligente para gerenciamento pelo lado da demanda em redes elétricas inteligentes**. Dissertação (Mestrado) - Universidade federal do Paraná. Curitiba, 2013.

CYRILLO, I.O.; PELEGRINI, M.A.; BORGER, F.G.; BELLUZZO, W.; ANUATTI, F.; LONGUE, C.A. Valoração social e econômica da conversão de redes aéreas em subterrâneas, **Revista CIER** n. 58, mar. 2011.

DAIMON. **Interplan Operação**, 2016. Disponível em: <http://www.daimon.com.br/ interplanoperacao.html>.

DAS, R. et al. Distribution automation strategies: evolution of technologies and the business case. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 4, p. 2166-2175, Jul. 2015.

DAVID, P.; FORAY D. **Accessing and Expanding the Science and Technology Knowledge Base.** In: OCDE. STI Review: special issue on innovation and standart, n. 16, p. 13-68, 1995.

DAVOUDI, M.; SADEH, J.; KAMYAB, E. Time domain fault location on transmission lines using genetic algorithm. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING 11th. (EEEIC), 2012. **Proceedings...** 2012. p. 1087–1092.

DE ALMEIDA, A.T.; ALMEIDA, J.A.; COSTA, A.P.C.S.; DE ALMEIDA-FILHO A.T. A new method for elicitation of criteria weights in additive models: Flexible and interactive tradeoff. **European Journal of Operational Research,** v. 250, n. 1, p. 179-191, 2016.

DE OLIVEIRA, A. et al. Combustion characteristics, performance and emissions from a diesel power generator fuelled by B7-ethanol blends. **Fuel Processing Technology**, v. 139, n. X, p. 67–72, 2015.

DE SOUSA, et. al., Limitadores de corrente de curto-circuito supercondutores - Principais conceitos e testes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4313, 2012.

DECKER, I.C.; DOTTA, D.; AGOSTINI, M.N.; ZIMATH, S.L. et al, Performance of a synchronized phasor measurements system in the Brazilian power system. In: IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006. **Proceedings**... 2006.

DEIF. **Hybrid power,** application guide. Disponível em: https://deif-cdn.azureedge. net/v-dj--/media/files/publications/hybrid-power-application-guide/hybrid-power--land-power-uk-lowres.pdf>. Acesso em: jul. 2016.

DE LA REE, J.; CENTENO, V.; THORP, J.S.; PHADKE, A.G. Synchronized phasor measurement applications in power systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 1, n. 1, pp. 20-27, June 2010.

DELLA GIUSTINA, D.; PAU, M.; PEGORARO, P.A.; PONCI, F.; SULIS, S. Electrical distribution system state estimation: measurement issues and challenges. **IEEE Instrumentation & Measurement Magazine**, v. 17, n. 6, p. 36-42, dec. 2014.

DEPARTMENT OF ENERGY AND CLIMATE CHANGE – DECC. **DECC public attitudes tracker survey** – Wave 9; Summary of headline findings, DECC, 29 apr. 2014. Disponível em: <http://www.gov.uk/government /uploads/system/uploads/attachment_ data/file/306898/summary_of_key_findings_wave_9.pdf>.

DEVINE, M.; MANWELL, J.; BARING-GOULD, E.I.; PETRIE, B. **Wind - diesel hybrid options for remote villages in Alaska.** University of Massachusetts Amherst; National Renewable Energy Laboratory e Alaska Village Electric Cooperative, 12 p.

DEZAKI, H.; ABYANEH, H.; AGHELI, A.; MAZLUMI, K. Optimized switch allocation to improve the restoration energy in distribution systems. **Journal of Electrical Engineering,** v. 63, 2012. p. 47-52.

DIAGNE, M. et al. Review of solar irradiance ***forecasting*** methods and a proposition for small-scale insular grids. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 65-76, nov. 2013. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S13640 32113004334 >.

DIAMANTOULAKISB, P.D.; KAPINASB, V.M.; KARAGIANNIDISA, G.K. Big data analytics for dynamic energy management in smart grids. **Big Data Research,** v. 2, Is. 3, Sept. 2015.

DIB, F.H. **Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto-gerador**. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 2010.

DODDS, P.E.; MCDOWALL, W. **A review of hydrogen delivery technologies for energy system models.** UKSHEC, 2012. (Working Paper n. 7)

DOMINGUEZ, O.D.M. **Modelo matemático para o controle ótimo de Volt/VAr em sistemas de distribuição de energia elétrica trifásicos.** Dissertação (Mestrado). Fev. 2015.

DOMÍNGEZ, M.J.; CHAVES, J. News in fault passage indicators in overhead and underground MV lines. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 17th., 2003. **Proceedings...** 2003.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, n. 3, 1982.

DOSI, G. The nature of the innovative process. In DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G., SOETE, L. (ed.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter Publishers, p.221-238. 1988.

DOUGLAS, J.; ROSCOE, N.; ANDREWS, S. Future network architecture – power network, protection, control and market requirements for 2020. In: SMARTGRIDS FOR DISTRIBUTION, 2008. IET-CIRED. CIRED Seminar, **Proceedings...** p. 1-4, 2008.

DREW, B.; PLUMMER, A.R.; SAHINKAYA, M.N. **A review of wave energy converter technology**. Bath, UK.: University of Bath, Department of Mechanical Engineering, 16 Jun. 2009.

DRIESEN, J.; BELMANS, R. Distributed generation: challenges and possible solutions. In: POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, 2006. **Proceedings...** IEEE, p. 1-8, 2006.

DUAN, J.; ZHANG, K.; CHENG, L. A Novel method of fault location for single-phase microgrids. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 2, p. 915-925, Mar 2016.

DUARTE, G.I. ; BUSTAMANTE, L.A.C.; MIRANDA, P.E.V. de. Hydriding properties of an Mg–Al–Ni–Nd hydrogen storage alloy, **Scripta Materialia** n. 56, p. 789-792. 2007.

DUVALL, M.; ALEXANDER, M. **Batteries for electric drive vehicle status 2005:** Performance, durability, and cost of advanced batteries for electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles. 2005.

EGMOND AAN ZEE. **Site.** Disponível em: <http://www.4coffshore.com/windfarms/ egmond-aan-zee-netherlands-nl02.html>. Acesso em: 07 jul. 2016.

EKANAYAKE, J.; LIYANAGE, K.; WU, J.; YOKOYAMA, A.; JENKINS, N. **Smart Grid:** technology and applications. Wiley, 2012.

EL GHARBI, N. et al. A comparative study between parabolic trough collector and linear Fresnel reflector technologies. **Energy Procedia**, v. 6, p. 565-572, 2011.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE - EPRI. **Advanced distribution monitoring** - Definition of requirements. 2006.

_____. **Distribution management systems planning guide.** 2013.

_____. **Integrating smart distributed energy resources with distribution management systems.** 2012.

_____. **Risk management in practice** - A Guide for the electric sector. Disponível em: <http://www.epri.com/abstracts/pages/productabstract.aspx?Productid=000000003002003333>. Acesso em: 13 jul. 2016.

ELETROBRAS ELETRONUCLEAR. **Angra 1**. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/aempresa/centralnuclear/angra1.aspx>.

ELETROBRAS ELETRONUCLEAR. **Angra 2**. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/aempresa/centralnuclear/angra2.aspx>.

ELETROBRAS ELETRONUCLEAR. **Angra 3**. Disponível em: <www.eletronuclear.gov.br/aempresa/centralnuclear/angra3.aspx>.

ELETROBRAS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Comitê de Distribuição. **Manutenção e operação de sistemas de distribuição.** Rio de Janeiro, RJ: Editora Campus - Eletrobrás, 1982. (Coleção Distribuição de Energia Elétrica, v. 4).

_____. **Relatório técnico segurança em sistemas SCADA das empresas Eletrobras**, set. 2012. Disponível em: < <ftp://ftp.cepel.br/upload/GT%20Seguranca%20SCADA/ Relat%C3%B3rio%20-%20 Workshop%20Seguran%C3%A7a%20SCADA%20Eletrobras _Final.pdf. Acesso em: 18 jul.2016.

ELETRÔNICA ANTIGA. **A Microeletrônica no Brasil.** Link encurtado: <https://goo.gl/ mYJHBW>. Acesso em: jul. 2016.

ELETRONORTE - CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S/A. **Ensaios elétricos em alta tensão.** Disponível em: <http://www.eletronorte.gov.br/opencms/opencms/ pilares/tecnologia/lacen/servicos/ensaios_eletricos_at.html>.

ELMITWALLY, A.; ELSAID, M.; ELGAMAL, M.; CHEN, Z. A Fuzzy-multiagent self-healing scheme for a distribution system with distributed generations. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 30, n. 5, p. 2612-2622, Sept. 2015.

EL-NAGGAR, K. A genetic based fault location algorithm for transmission lines. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 16th. 2001. Part 1: **Contributions.** CIRED. 2001. v. 3, p. 5 p. (IEE Conf. Publ n. 482)

ELSADD, M.A.; ELKALASHY, N.I.; KAWADY, T.A.; TAALAB, A.M. I.; LEHTONEN, M. Incorporating earth fault location in management-control scheme for distribution networks. **IET Generation, Transmission & Distribution**, v. 10, n. 10, p. 2389-2398, jul. 2016.

ELSCHNER, S.; STEMMLE, M.; BREUER, F. et al. Coil in coil – Components for the high voltage superconducting resistive current limiter CULT 110. **J. Phys.: Conf. Ser.**, v. 97, n. 1, p. 012309, Jan. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E INOVAÇÃO INDUSTRIAL – EMBRAPII. **Site.** Disponível em: < http://www.embrapii.org.br>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2015**. Brasília: 2016.

_____. **Balanço Energético Nacional 2015**. Rio de Janeiro, RJ: 2016.

_____. **Balanço Energético Nacional 2015:** Ano base 2014, Rio de Janeiro, RJ: 2015.

ENERGIA solar de geração 'caseira' dobra em 2016. **Folha de São Paulo**, jul. 2016. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/mercadoaberto/2016/07/ 1787377-energia-solar-de-geracao-caseira-dobra-em-2016.shtml>.

ENERGÍA solar em Espana. **Wikipedia** Disponível em: < https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_en_Espa%C3%B1a>.

ENERGY NETWORKS ASSOCIATION – ENA. **Towards a national approach to electricity network tariff reform.** Dez., 2014.

ENGEL, D.W.; DALTON, A.C.; ANDERSON, K.; SIVARAMAKRISHNAN, C.; LANSING, C. **Development of technology readiness level (TRL) Metrics and Risk Measures**. Oak Ridge, TN: US DOE, out. 2012. 19 p.

ERIKSSON, M.; ARMENDARIZ, M.; VASILENKO, O.O.; SALEEM A.; NORDSTRÖM, L. Multiagent-based distribution automation solution for self-healing grids. **IEEE Transactions on Industrial Electronics,** v. 62, n. 4, p. 2620-2628, Apr. 2015.

ESPINOLA, A. Pesquisa e desenvolvimento de pilha a combustível alcalina na COPPE/UFRJ. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE FONTES NOVAS E RENOVÁVEIS - I SINERGE, 1., São Paulo, 1988. **Anais...** São Paulo, v. 1, p. 283-287, 1988.

ESTEFEN, S.F.; BESERRA, E.R. Avaliação econômica e ambiental de usinas para extração de energia das ondas do mar. In: SEMINÁRIO SOBRE MEIO AMBIENTE MARINHO, 4., Rio de Janeiro: 2003. **Anais...** Rio de Janeiro: 2003.

ESTEFEN, S.F.; CASTELLO, X.; LOURENCO, M.I.; ROSSETO, R.M. Design Analyses applied to a Hyperbaric wave energy converter. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PRACTICAL DESIGN OF SHIPS AND OTHER FLOATING STRUCTURES, 11th. PRADS 2010. Rio de Janeiro, Brazil, 19-24 Sept. 2010. **Proceedings...** Rio de Janeiro, Brazil: v. 2. p. 1527-1536. 2010.

ESTEFEN, S.F.; COSTA, P.R.; BESERRA, E.R.; PINHEIRO, M.M. Wave energy hyperbaric device for eletricity production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 26th. San Diego: 2007. **Proceedings...** San Diego: 2007.

ESTEFEN, S.F.; COSTA, P.R.; BESERRA, E.R.; PINHEIRO, M.M.; ESPERANÇA, P.T. Conversor hiperbárico para geração de eletricidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRANSPORTES MARÍTIMOS, CONSTRUÇÃO NAVAL E OFFSHORE, 21., Rio de Janeiro, RJ: 2006. **Anais...** Rio de Janeiro: 2006.

ESTEFEN, S.F.; ESPERANÇA, P.T.; BESERRA, E.R.; COSTA, P.R.; PINHEIRO, M.M.; CLEMENTE, C.H.P.; FRANCO, D.; MELO, E. Experimental and numerical studies of the wave energy hyperbaric. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OFFSHORE MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, 27th. Estoril: 2008. **Proceedings...** Estoril: 2008.

ESTEFEN, S. F; FERNANDES, A. C.; ESPERANÇA, P. T. et alli. Energia das ondas. In: TOLMASQUIM, M. T. (Org.). **Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.** p. 485-515.

ESTEFEN, S.F.; GARCIA-ROSA, P.B.; BESERRA, E.R.; COSTA, P.R.; PINHEIRO, M.M.; LOURENCO, M.I.; MACHADO, I.R.; MAES, S. Small scale models, prototype and control strategies. In: CONFERENCE ON OFFSHORE, MECHANICS AND ARCTIC ENGINEERING, Rio de Janeiro, RJ: 2012. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: 2012.

ESTEFEN, S.F.; LEWIS, A. (Coodinator Leaders) Chapter 6: Ocean energy. In: IPCC SRREN. (Org.). **Special report on renewable energy sources and climate change mitigation**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012, v. 1, p. 497-534.

EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY – EEA. **Energy core set indicators.** Core Set Indicator 031-Renewable electricity consumption. nov. 2008.

_____. **Europe's *on-shore* and *off-shore* wind energy potential, an assessment of environmental and economic constraints**. EEA technical report. 2009.

EUROPEAN UNION AGENCY FOR NETWORK AND INFORMATION SECURITY - ENISA. **Communication network interdependencies in smart grids.** Jan. 2016. Disponível em: < https://www.enisa.europa.eu/publications/communication-network-interdependencies-in-smart-grids>. Acesso em: 15 jul. 2016.

_____. **Critical infrastructures and services** – Smart Grid. Disponível em: <https://www.enisa.europa.eu/topics/critical-information-infrastructures-and-services/smart-grids>. Acesso em: 14 jul. 2016.

_____. **Smart grid certification in Europe.** Disponível em: <https://www.enisa.europa.eu/activities/Resilience-and-CIIP/critical-infrastructure-and-services/smart-grids-and-smart-metering/smart-grid-security-certification/smart-grid-security-certification-in-europe/at_download/fullReport>. Acesso em: 18 mai. 2016.

_____. **Smart grid security** – Recommendations for Europe and Member States. Jul. 2012. Disponível em: < https://www.enisa.europa.eu/activities/Resilience-and-CIIP/critical-infrastructure-and-services/smart-grids-and-smart-metering/ENISA-smart-grid-security-recommendations/at_download/fullReport>. Acesso em: 18 mai. 2016.

FALCÃO, A. The development of wave energy utilization. In: BRITO-MELO, A.; BHUYAN, G. (eds.), **2008 Annual Report,** Lisboa, Portugal: International Energy Agency Implementing Agreement on Ocean Energy Systems, 2009. p. 30-37.

FALCÃO, A.; TRAVASSOS, C.; MARQUES, N.; MARTINO, R. The shoreline OWC wave power plant at the Azores. In: EUROPEAN WAVE POWER CONFERENCE, 4th. Aalborg, Denmark, Dec. 2000, **Proceedings...** Aalborg, Denmark, Dec. 2000, Paper B1.

FALCÃO, D.M. Integração de tecnologias para viabilização da Smart Grid. In: SBSE - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, Belém, 18-21 mai. 2010. **Anais...** Belém, 2010. Disponível em: < http://www.eletrica.ufpr.br/odilon/teo61/artigo_ SMART_GRID_SBSE2010_DjalmaFalcao.PDF>.

FALNES, J.; LILLEBEKKEN, P.M. Budal's latching-controlled-buoy type wave-power plant. In: EUROPEAN WAVE ENERGY CONFERENCE, 5th. University College Cork, Ireland 17-20th Sept. 2003. **Proceedings...** Cork, Ireland: 2003. p. 233-44.

FAN, J.; BORLASE, S. The evolution of Distribution. **IEEE Power & Energy Magazine**, abr. 2009.

FARUQUE, M.D.O. Real-time simulation technologies for power systems design, testing, and analysis. **IEEE Power and Energy Technology Systems Journal**, v. 2, n. 2, p. 63-73, Jun. 2015.

FAY, G.; KEITH, K.; SCHWÖRER, T. **Alaska isolated wind-diesel systems:** performance and economic analysis. Alaska - EUA: Alaska Energy Authority; Institute of Social and Economic Research; University of Alaska Anchorage; Wind Diesel Applications Center; Alaska Center for Energy and Power; University of Alaska Fairbanks, jun. 2010. 108 p.

_____. **Wind-diesel systems in Alaska**: A preliminary analysis. Alaska - EUA: Institute of Social and Economic Research; University of Alaska Anchorage; Alaska Center for Energy and Power; University of Alaska Fairbanks, sept. 2010. 4 p.

FAYBISOVICH, V.; FEIGINOV, M.; KHOROSHEV, M. I. Investigation of frequency domain traveling wave fault location methods. In: Transmission and Distribution Conference and Exposition. IEEE PES. New Orleans, LA, 19-22 apr. 2010. **Proceedings...** New Orleans, LA: 2010.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. **A Expansão das usinas a fio d'água e o declínio da capacidade de regularização do sistema elétrico brasileiro.** Rio de Janeiro: 2013. 14 p. Disponível em: <http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8F4EB14A4C014EB65660BB382E&inline=1>.

FERNÁNDEZ, H. et al. Optimization of the WaveCat wave energy converter. **Coastal Engineering Proceedings**, v. 1, n. 33, 2012. Disponível em: < http://journals.tdl.org/icce/index.php/icce/article/view/6443>.

FERREIRA, R.M. **Aproveitamento da energia das marés - estudo de caso**: Estuário do Bacanga, MA. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

_____. **Avaliação do potencial das marés para geração de eletricidade.** Tese (Doutorado em Tecnologia Submarina) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2012.

FERREIRA, R.M.; GARCIA-ROSA, P.B.; ESTEFEN, S.F. Aspectos de construção e operação de modelo hidráulico de uma usina maremotriz para a geração de eletricidade. In: CONGRESSO RIO AUTOMAÇÃO, 5., 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IBP, 2009.

FERREIRA, R.V. **Previsão de demanda:** Um estudo de caso para o sistema interligado nacional. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

FLÓREZ, R.O. **Pequenas centrais hidrelétricas.** 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014

FRAIDENRAICH, N. et al. Analytical modeling of direct steam generation solar power plants. **Solar Energy**, v. 98, Part C, p. 511-522, dec. 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1300399X>.

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS - ISE. **Photovoltaics report.** Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/ publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf>. Acesso em: jul. 2017.

FRONTIN, S. et al. **Alternativas não convencionais para transmissão de energia elétrica**- Estado da arte. Brasília: Goya Editora Ltda. 2011. 448 p.

FRONTIN S. et al. Prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas aplicadas a linhas de transmissão. Brasília: Goya Editora Ltda. 2010. 368 p.

FRONTIN, S.O. **Equipamentos de alta tensão:** prospecção e hierarquização de inovações tecnológicas, Brasília: 2013. 940 p.

FUJISAWA A.; KUROKAWA, T.M.N. **Oversea distribution automation system based on Japanese experience.** CIRED, 2013.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS – FGV. Energia nuclear. **Cadernos FGV Energia**, v. 3, n. 6, 2016.

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS. **Site.** Disponível em: < www.furnas.com.br/arqtrab/ ddppg/revistaonline/linhadireta/RF375_centro.pdf>.

GALE, P.; CROSSLEY, P.; BINGYIN, X.; YAOZHONG, G.; CORY, B.; BARKER, J. Fault location based on travelling waves, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEVELOPMENTS IN POWER SYSTEM PROTECTION. 5th. York, UK, 30 mar.-2 apr.1993. **Proceedings...** York, UK: IEEE, 1993. p. 54 –59.

GAMBLE, B.; SNITCHLER, G.; MACDONALD, T. Full power test of a 36.5 MW HTS propulsion motor. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 21, Is. 3, 2010, p. 1083 – 1088.

GANNI, V.; FESMIRE, J.E. Cryogenics for superconductors: refrigeration, delivery and cold. **AIP Conf. Proc**, v. 1434, n. 15, p. 818–821, 2012.

GARCIA-ROSA, P.B. **Modelagem dinâmica e otimização de sistemas de conversão de energias das ondas em energia elétrica.** Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) - COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

GARCIA-ROSA, P.B.; CUNHA, J.P.V.S.; LIZARRALDE, F.; COSTA, P.R.; ESTEFEN, S.F. Efficiency optimization in a wave energy hyperbaric converter. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLEAN ELECTRICAL POWER, 2nd. 2009, Capri. **Proceedings...** NY: IEEE, 2009. p. 68-75.

GARCIA-ROSA, P.B.; CUNHA, J.P.V.; LIZARRALDE, F.; ESTEFEN, S.F.; MACHADO, I.R.; WATANABE, E.H. Wave-to-Wire model and energy storage analysis of an ocean wave energy hyperbaric converter. **IEEE Journal of Oceanic Engineering**, v. 39, p. 1-12, 2014.

GARCIA-ROSA, P.B.; MACHADO, I.R.; CUNHA, J.P.V.S.; LIZARRALDE, F.; WATANABE, E.H.; ESTEFEN, S.F. Modelagem da dinâmica de um conversor hiperbárico de energia das ondas em energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 17., Bonito, MS: 2010. **Anais...**, Bonito, MS: 2010.

GAUSS, I.R. et al. In situ synchrotron X-ray evaluation of strain-induced martensite in AISI 201 austenitic stainless steel during tensile testing. **Materials Science and Engineering**: A 651, 10 Jan. 2016. p. 507–516.

GENERAL ELECTRIC – GE. **General Electric Grid Solutions.** Disponível em: < www.gegridsolutions.com>. 2016.

GE, B.A.C.; WANGA, W.; BI B, D.; ROGERS, C.B.; ZHENG PENG, F.; ALMEIDA, A.T. DE; ABU-RUB, H. Energy storage system-based power control for grid-connected wind power farm. **Electrical Power and Energy Systems,** v.44, 2013. p. 115–122.

GHADERI, A.; MOHAMMADPOUR, H.A.; GINN, H.L.; SHIN, Y.J. High-impedance fault detection in the distribution network using the time-frequency-based algorithm. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 30, n. 3, p. 1260-1268, June 2015.

GHARAVI, H.; HU, B. Scalable synchrophasors communication network design and implementation for real-time distributed generation grid. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 5, p. 2539-2550, Sept. 2015.

GHASEMI DAMAVANDI, M.; KRISHNAMURTHY V.; MARTÍ, J.R. Robust meter placement for state estimation in active distribution systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 1972-1982, Jul. 2015.

GHORBANI, J.; CHOUDHRY, M.A.; FELIACHI, A. Fault location and isolation using multi agent systems in power distribution systems with distributed generation sources. In: IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), 24-27 feb. 2013. **Proceedings...** 2013.

_____. A Multiagent Design for power distribution systems automation. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 329-339, Jan. 2016.

GHOSH, S.; PIPATTANASOMPORN, M.; RAHMAN, S. Technology deployment status of u.s. smart grid projects – electric distribution systems. In: INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES (ISGT), 2013. **Proceedings...** IEEE PES, pages 1–8, 2013.

GIL, A. et al. State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation. Part 1—Concepts, materials and modellization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 31-55, jan. 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001774>.

GIRGIS, A.; HART, D.; PETERSON, W., A new fault location technique for two- and threeterminal lines. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 7, n. 1, p. 98 –107, jan 1992.

GIUNCHI, G.; CERESARA, S.; RIPAMONTI, G.; CHIARELLI, S.; SPADONI, M. et al. MgB2 Reactive sintering from elements. **IEEE Transaction on Applied Superconductivity**, v. 13, n. 2, p. 3060–3063.

GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL – GWEC. **Site.** Disponível em: <http://www.gwec.net>. Acesso em: 07 jul. 2016.

GLOWACKI, B.A.; MAJOROS, M.; VICKERS, M.; EVETTS, J.E.; SHI, Y.; MCDOUGALL, I. Superconductivity of powder-in-tube MgB2 wires, Superconductor **Science and Technology,** v. 14, n. 4, p. 193, 2001.

GOMES, A.C.S.; ABARCA, C.D.; FARIA, E.S.T.; FERNANDES, H.H. DE O. **BNDES 50 Anos - Histórias Setoriais: O Setor Elétrico. Brasília: BNDES, 2002. 21 p. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/livro_setorial/setorial14.pdf>.**

GOMES R. **A Gestão do sistema de transmissão no Brasil.** Rio de Janeiro: FGV. 2012. 432 p.

GÓMEZ, S.Y.; HOTZA, D. Current developments in reversible solid oxide fuel cells. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** v. 61, p. 155-174, 2016.

GÓMEZ-EXPÓSITO, A.; CONEJO, A.J.; CANIZARES, C. **Sistemas de energia elétrica** – análise e operação, 1. ed., Editora LTC, 2011.

GORJI-BANDPY, M.; AZIMI, M.; JOUYA, M. Tidal energy and main resources in the Persian Gulf. **Distributed Generation and Alternative Energy Journal.** v. 28, n.2, 2013. P. 61-77. Disponível em: <http://portal.aeecenter.org/files/newsletters/EEMI/Summer2013/TidalEnergyPersianGulf.pdf>.

GOYAL, S.; LEDWICH, G.; GHOSH, A. Power network in loop: a paradigm for real-time simulation and hardware testing. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 25, n. 2, p. 1083-1092, Apr. 2010.

GRILICHES, Z. **Patent statistics as economic indicators**: a survey. Journal of Economic Literature, 1990, v. 28, Dec.

GSMA. **Mobile communication powers utilities adoption of the internet of things**. October 2015. 21 p.

GUSSO, D. A.; NASCIMENTO, P.A.M.M. **Contexto e dimensionamento da formação de pessoal técnico-científico e de engenheiros**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, p. 11, 2010.

HAGH, M.T.; HOSSEINI, M.M.; ASGARIFAR, S. A novel phase to phase fault location algorithm for distribution network with distributed generation. In: CIRED 2012 Workshop, Integration of Renewables into the Distribution Grid, 2012. **Proceedings...** 2012.

HAMERLY, R. **Direct current transmission lines.** Disponível em: <http://large.stanford.edu/courses/2010/ph240/hamerly1/>. Acesso em: 2 set. 2017.

HAN, H.; HOU, X.; YANG, J.; WU, J.; SU, M.; GUERRERO, J.M. Review of power sharing control strategies for islanding operation of AC microgrids. In: **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 7, n. 1, p. 200-215, Jan. 2016.

HARROP, P.; HAYWARD, J.; DAS, R.; HOLLAND, G. **Wearable Technology 2015-2025**: Technologies, Markets, Forecasts. Disponível em: <http://www.idtechex.com/research/reports/wearable-technology-2015-2025-technologies-markets-forecasts-000427.asp?viewopt=showall>. Acesso em: 15 fev. 2016.

HARUNI, A. M. O et al. Dynamic operation and control of a hybrid wind - diesel stand alone power systems. In: APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION (APEC). 21-25 fev. 2010, Califórnia, EUA. **Proceedings...** Austrália: Centre of Renewable Energy and Power Systems (CREPS) University of Tasmania, p. 162–169.

HASSAN, R.; RADMAN, G. Survey on Smart Grid. In: IEEE SOUTHEASTCON 2010. **Proceedings...** p. 210-213, 2010.

HASSENZAHL, W. et al. Electric power applications of superconductivity. **Proceedings of the IEEE**, v. 92, n. 10, oct. 2004, p. 1655-1674.

HAUGHTON, D.; HEYDT, G.T. Smart distribution system design: Automatic reconfiguration for improved reliability. In: IEEE POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING, Providence, RI, USA, 25-29 jul. 2010. **Proceedings...** Providence, RI, USA, 2010.

HAZELTON, D.W. 2G HTS Conductors at SuperPower. In: LOW TEMPERATURE HIGH FIELD SUPERCONDUCTOR WORKSHOP. Napa, CA, Nov. 2012. **Super Power,** 2012, 20 p. Disponível em: <http://www.superpower-inc.com/content/technical-documents>.

HECKEL, J. Smart substation and feeder automation for a SMART distribution grid. In: INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 20th., Part 1, **Proceedings...** CIRED, p.1-4. 2009.

HELLER, P. et al. Test and evaluation of a solar powered gas turbine system. **Solar Energy,** v. 80, n. 10, p. 1225-1230, out. 2006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X05002161>.

HILAIRE-PÉREZ, L., MACLEOD, C. AND NUVOLARI, A. **Innovation Without Patents**. Revue économique, 64(1), p. 5. 2013.

HIRIART, G. **Progress on marine energy in Mexico**, 2007. p. 16-32.

HOBL, A.; ELSCHNER, S.; BOCK, J. et al. Superconducting fault current limiters - a new tool for the grid of the future. In: CIRED Workshop, Lisbon, May 2012**. Proceedings...** Lisbon: CIRED, 2012, p. 296.

HOGAN, R. et al. Uncertainty analysis of heliostat alignment at the sandia solar field. **Energy Procedia**, v. 49, p. 2100-2108, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214006766>.

HOWARD LIGHTING. **HID to LED Wattage Cross Reference**. Disponível em: <http://goo.gl/6jdqUC>. Link encurtado criado em 26 jun. 2016.

HUANG, S.C.; LU, C.N.; LO, Y.L. Evaluation of AMI and SCADA data synergy for distribution feeder modeling. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 1639-1647, Jul. 2015.

HUCHEL, Ł.; ZEINELDIN, H.H. Planning the coordination of directional overcurrent relays for distribution systems considering DG. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 3, p. 1642-1649, May 2016.

HUCKERBY, J.A.; JEFFREY, H.; MORAN, B. **An International vision for ocean energy.** Ocean Energy Systems Implementing Agreement. 2011. 20 p. Disponível em: <http://www.powerprojects.co.nz/files/pictures/International%20Vision%20Brochure%20V1.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2016.

HUGHES, T.P. **Networks of power:** Electrification in Western Society, 1880-1930, Softshell Books, 1993.

HUNT, J.D.; FREITAS, M.; PEREIRA JR, A. Aumentando a capacidade de armazenamento energético do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 9., Florianópolis, 2014. **Anais...** Florianópolis, SC: 2004.

IBM Global Business Services. **A vision of Smarter Cities.** Disponível em: <http://www-03.ibm.com/press/attachments/IBV_Smarter_Cities_-_Final.pdf>.

IEEE PES. **Detection of downed conductors on utility distribution systems,** IEEE PES Tutorial Course, 90EH0310-3-PWR, Piscataway, NJ: IEEE, 1989. 48 p.

IEEE 1547 Standards for Grid Integration of Distributed Energy Resources, In: IEEE PES Seattle Chapter Meeting, jun. 2015. **Presentation...** 2015. 21 p.

IEEE C37.110-2007 Guide for the application of current transformers used for protective relaying purposes (Revision of Std C37.110-1996), Apr 2008, 90 p.

IEEE P1815.1/D8.00 Approved draft standard for exchanging information between networks implementing IEC 61850 and IEEE Std 1815(TM) (Distributed Network Protocol - DNP3). Sept. 2015. 356 p.

IEEE Spectrum. **The Real story of Stuxnet.** Disponível em: <http://spectrum.ieee.org/ telecom/security/ the-real-story-of-stuxnet. Acesso em: 17 mai 2016.

IGLESIAS, I. J.; GARCÍA TABARÉS, L.; AGUDO, A. **Design and simulation of a stand-alone wind-diesel generator with a flywheel energy storage system to supply the required active and reactive power.** Madri-Espanha: Centro de Investigaciones Enérgéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat), 6 p.

INDICADORES de inovação tecnológica no mundo: a posição do Brasil nos rankings**. Em Discussão,** 2012. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/NOTICIAS/JORNAL/ EMDISCUSSAO/inovacao/inovacao-tecnologica-no-mundo-brasil.aspx>.

INGELSSON, B.; LINDSTROM, P.O.; KARLSSON, D.; RUNVIK, G.; SJODIN, J.O. Wide-area protection against voltage collapse. **IEEE Computer Applications in Power**, v. 10, n. 4, p. 30-35, Oct 1997.

INMAN, R.H.; PEDRO, H.T. C.; COIMBRA, C.F.M. Solar ***forecasting*** methods for renewable energy integration. **Progress in Energy and Combustion Science,** v. 39, n. 6, p. 535-576, dec. 2013. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/ pii/S0360128513000294>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - IBICT, I.B.D.I.E.C.E.T. **Plataforma online de Energia Heliotérmica**. 2016. Disponível em: < http://energiaheliotermica.gov.br/ pt-br/sobre-nos>. Acesso em: 29 jun. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro:** uma avaliação do programa de P&D regulado pela Aneel. 2011.

INSTITUTO EDSON MORORÓ MOURA – ITEMM. **Site.** Disponível em: <http://www.itemm.org.br>.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL - INPI. **Patentes. 2008. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente>.** Acesso em: 20 ago. 2017.

International Atomic Energy Agency - IAEA. **Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050.** 2015. **(**Reference Data Series No. 1).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. IEC 61850 Communication networks and systems for power utility automation, IEC Standards, 2nd ed, 2013. 74 p.

_____. **IEC TC 61850-90-7** Communication networks and systems for power utility automation - Part 90-7: Object models for power converters in distributed energy resources (DER) systems, 2013. 102 p. Disponível em: < https://webstore.iec.ch/publication/6027>.

_____. IEC 62443-3-3:2013. **Industrial communication networks** - Network and system security - Part 3-3: System security requirements and security levels. 2013. 80 p. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/7033>. Acesso em: 15 jul. 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Implementing agreement on ocean energy systems - IEA-OES. **Annual Report 2013,** IEA-OES, Apr. 2014a. Disponível em: <http://www.ocean-energy-systems.org/news/2013_annual_report/>.

_____. Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS). **Trends 2015 in photovoltaic applications**, 2015.

_____. _____. International Renewable Energy Agency - IRENA. **End-of-life management** - Solar photovoltaic panels, 2016.

_____. **Trends 2013 in photovoltaic applications**, Report IEA-PVPS T1-23:2013. 80 p. Disponível em: < http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/FINAL_TRENDS_v1.02.pdf>.

_____. **Trends 2014 in photovoltaic applications,** Report IEA-PVPS T1-25:2014. 72 p. Disponível em: < http://www.photovoltaique.info/IMG/pdf/iea_pvps_t1_trends2014.pdf>

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. **Renewable energy technologies:** cost analysis series. Abu Dhabi, United Arab Emirate: 2012.

IRIARTE-CORNEJO, C. et al. Proceedings of the SolarPACES 2013 international conference dynamic drift compensation for heliostats**. Energy Procedia**, v. 49, p. 2109-2117, jan. 2014. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S1876610214006778>.

ITAIPU BINACIONAL. **Parque Tecnológico de Itaipu** – PTI. Disponível em: <www.itaipu.gov.br/tecnologia/parque-tecnologico-itaipu-pti>.

ITER. **Site.** Disponível em: <https://www.iter.org>.

ITO, H.; MIYAZAKI, N.; ISHIDA, M.; NAKANO, A. Efficiency of unitized reversible fuel cell systems. **International Journal of Hydrogen Energy,** n. 41, p. 5803-5815. 2016.

ITUZARO, F.A.; DOUGLIN, R.H.; BUTLER-PURRY, K.L. Zonal overcurrent protection for smart radial distribution systems with distributed generation. In: IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), 24-27 feb. 2013. **Proceedings...** p. 1-6, 2013.

IURINIC, L.; FERRAZ, R.; GUIMARãES, E.; BRETAS, A. Transmission lines fault location based on high-frequency components technique: a general formulation for estimation of the dominant frequency. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER SYSTEMS TRANSIENTS, Vancouver, Canada, July 2013. **Proceedings...** Vancouver, CA: 2013.

IURINIC, L.U.; HERRERA-OROZCO, A.R.; FERRAZ, R.G.; BRETAS, A.S. Distribution systems high-impedance fault location: a parameter estimation approach. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 31, n. 4, p. 1806-1814, Aug. 2016.

IWANSKI, G.; KOCZARA, W. **Isolated wind-diesel hybrid variable speed power generation system.** Polônia: Institute of Control and Industrial Electronics; Warsaw University of Technology, 2009. 6 p.

JAMES, V. **Marine renewable energy:** a global review of the extent of marine renewable energy developments, the developing technologies and possible conservation implications for cetaceans. Whale and dolphin conservation (WDC), Nov. 2013.

JARDIM, J.L. Online dynamic security assessment. In: SAVULESCU, S.C. (ed.) **Real-time stability in power systems**, Springer, 2014.

JENNETT K.I.; BOOTH, C.D.; COFFELE, F.; ROSCOE, A.J. Investigation of the sympathetic tripping problem in power systems with large penetrations of distributed generation, in IET Generation. **Transmission & Distribution**, v. 9, n. 4, p. 379-385, may. 2015.

JEONG, S.H.; JUNG, S. Novel design and position control of an omni-directional flying automobile (omni-flymobile). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL, AUTOMATION AND SYSTEMS, 27-30 out. 2010, Coréia do Sul. **Proceedings...** Coréia do Sul: Intelligent Systems and Emotional Engineering Laboratory; Department of Mechatronics Engineering; Chungnam National University, p. 2480-2484. 2010.

JIN, T.; LI, H. Fault location method for distribution lines with distributed generators based on a novel hybrid BPSOGA. **IET Generation, Transmission & Distribution**, v. 10, n. 10, p. 2454-2463, jul. 2016.

JOHNS, A.; JAMALI, S., Accurate fault location technique for power transmission lines, **IEE Proceedings Generation,Transmission and Distribution**, v. 137, n. 6, p. 395-402, Nov. 1990.

JOHNS, E.; WILSON, W.D.; MOLINARI, R.L. Direct observations of velocity and transport in the passages between the Intra-Americas Sea and the Atlantic Ocean, 1984-1996. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, n. C11, p. 25805-25820. 1999.

JOINT RESEARCH CENTRE – JRC. **Overview of European innovation activities in marine energy technology**. Joint Research Centre Scientific and Policy Reports, Report EUR 26342 EN, 2013. Disponível em: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/ handle/111111111/30325>.

JUNG, G.B. **Avaliação das Correntes de Maré como Recurso Energético da Costa do Brasil.** Tese (Doutorado em Engenharia Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

JURY, C. et al. Life Cycle Assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injeCT&I on into the natural gas grid. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 1, p. 54–66, 2010.

KALSI, K. **Integrated Transmission and Distribution Control.** Pacific Northwest National Laboratory Report no. 22157, 2013. Disponível em: <http://www.pnnl.gov/main/ publications/external/.../PNNL-22157.pdf>.

KAMAL, E. et al. Electrical power and energy systems: an intelligent maximum power extract&i on algorithm for hybrid wind–diesel storage system**. Science Direct**, Egito, v. 32, p. 170 – 177, 2010.

KANSAL, P. **Communication requirements for smart grid applications for power transmission systems.** (Master's thesis) - Washington State Univ., Pullman, 2011.

KANSAL, P.; BOSE, A. Bandwidth and latency requirements for smart transmission grid applications. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 3, n. 3, sept. 2012.

KANSAL, P.; BOSE, A. Smart grid communication requirements for the high voltage power system. In: IEEE PES GENERAL MEETING, Jul. 2011. **Proceedings...** 2011. p. 1–6.

KARSAI, K.; KERÉNYI, D.; KISS, L. **Large power transformers**. Elsevier, 1987.

KASHYAP, N.; YANG, C.W.; SIERLA, S.; FLIKKEMA, P.G. Automated fault location and isolation in distribution grids with distributed control and unreliable communication. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 62, n. 4, p. 2612-2619, Apr. 2015.

KEMPENER, R.; NEUMANN, F. **Salinity gradient energy,** technology brief. International Renewable Energy Agency - IRENA ocean energy technology brief 4, June, 2014.

_____. **Tidal energy,** technology brief. International Renewable Energy Agency - IRENA ocean energy technology brief 3, Jun., 2014.

KEMPTON, W.; TOMIĆ, J. Vehicle-to-grid power fundamentals: Calculating capacity and net revenue. **Journal of Power Sources**, v. 144, Is. 1, 1 Jun. 2005, p. 268-279.

KERR, D. Marine energy. **Philosophical Transactions of the Royal Society London**, Series A (Mathematical, Physical and Engineering Sciences), v. 365, n. 1853, p. 971-992. 2007.

KEZUNOVIC, M.; KOJOVIC, L.; SKENDZIC, V.; FROMEN, C.W.; SEVCIK, D.R.; NILSSON, S.L. Digital models of coupling capacitor voltage transformers for Protective relay transient studies. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 7, n. 4, p. 1927-1935, Oct 1992.

KEZUNOVIC, M.; POPOVIC, T. Substation data integration for automated data analysis systems. In: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, 2007. **Proceedings...** 2007.

KEZUNOVIC, M.; XU, F.; CUKA, B.; MYRDA, P. Intelligent processing of IED data for Protection engineers in the smart grid. In: IEEE MEDITERRANEAN ELECTROTECHNICAL CONFERENCE, 15th., (MELECON), 2010. **Proceedings...** 2010.

KHAN, J.; BHUYAN, G.S. **Ocean energy: global technology development status**. Report prepared by Powertech Labs for the IEA-OES, Document T0104, Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Ocean Energy Systems (OES-IA), Lisboa, Portugal: 2009. Disponível em: <http://www.iea-oceans.org/_fich/6/ANNEX_1_Doc_ T0104.pdf>.

KHAN, J.; MOSHRE, A.; BHUYAN, G. **A Generic outline for dynamic modeling of ocean wave and tidal current energy conversion systems.** Piscataway, NJ, USA: Institute for Electrical and Electronic Engineering, 2009. 6 p.

KIHIRA, Y; YAMAMURA, N; ISHIDA, M. **Study of cooperation control for the combined type natural energy electric generation system.** Japão: Department of Electrical and Electronic Engineering, Mie University, 2010, 5 p.

KIM, J.H.; KIM, J.G.; JI, Y.H.; JUNG, Y.C.; WON, C.Y. An Islanding detection method for a grid-connected system based on the Goertzel Algorithm. **IEEE Transactions on Power Electronics,** v. 26, n. 4, p. 1049-1055, Apr 2011.

KIM, S.-K. et al. Dynamic modeling and control of a grid-connected hybrid generation system with versatile power transfer. **IEEE Transactions On Industrial Electronics**, v. 55, n. 4, p. 1677-1688, abr. 2008.

KITSINELIS, S. **Light sources:** technologies and applications, CRC Press, 2011.

KLEINAU, B.A.; ABRENTES, M.A.B.; BEHAR, L.M.M. Avaliação e estudo de desempenho das medições eletrônicas do Grupo B. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 18., SENDI. Recife, 2008. **Anais...** Recife, 2008.

KOBAYASHI, H.; JITSUHARA, S.; UEHARA, H. The present status and features of OTEC and recent aspects of thermal energy conversion technologies. In: Meeting of the UJNR Marine Facilities Panel, 24th., Honolulu, HI, USA, 4-12 Nov. 2001. **Proceedings...** Honolulu, HI, USA: 2001. Disponível em: <http://www.nmri.go.jp/main/cooperation/ ujnr/24ujnr_paper_jpn/Kobayashi.pdf>.

KOMNINOS, N.; SCHAFFERS, H.; PALLOT, M. Developing a Policy Roadmap for Smart Cities and the Future Internet. In: eChallenges e-2011 Conference. **Proceedings...** 2011.

KOSSETT, A. et al. Design of an improved land/air miniature robot. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 3-8 mai 2010, Alaska – EUA. **Proceedings...** Minnesota – EUA: Center for Distributed Robotics University of Minnesota, 2010, p.632-637.

KREWITT, W.; NIENHAUS, K.; KLEßMANN, C.; CAPONE, C.; STRICKER, E.; GRAUS,W.; HOOGWIJK, M.; SUPERSBERGER, N.; VON WINTERFELD, U.; SAMADI S. Role and potential of renewable energy and energy efficiency for global energy supply. **Climate Change,** n. 18, 2009, 336 p.

KUBISCH, S. et al. Wireless heliostat and control system for large self-powered heliostat fields. In: SolarPACES 2011. Granada, 2011. **Proceedings...** Granada, 2011.

KÜHN, P. Design of small wind turbinesim hybrid systems. In: SYMPOSIUM MERGING OFF - GRID RESEARCH AND BUSINESS, 18 fev. 2011, Bruxelas, Belgium. **Proceedings...** Bruxelas, Belgium, 2011.

KUNJUMUHAMMED, L.P.; PAL, B.C. Selection of feedback signals for controlling dynamics in future power transmission networks. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 3, p. 1493-1501, May 2015.

KUSIAK, A.; ZHANG, Z. Analysis of wind turbine vibrations based on SCADA data. **Transactions of the ASME.** Iowa, USA, v. 132, p. 1-12, aug. 2010.

LAGUNA-BERCERO, M.A. Recent advances in high temperature electrolysis using solid oxide fuel cells: A review. **Journal of Power Sources**, n. 203, p. 416. 2012.

LAI, L.L.; CHAN, S.W.; LEE, P.K.; LAI, C.S. Challenges to implementing distributed generation in area electric power system. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS (SMC), **Proceedings...** p.797–801, 2011.

LANG, F. The Rance tidal power plant: review of 40-years operation, environmental effects. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OCEAN ENERGY, 2nd. Brest, France, 15-17 Oct. 2008. **Proceedings...** Brest, France: 2008.

LAPLANE, M.F.; CAVALCANTI, C.Z.B. Desafios para a prospecçã̃o no setor de energia elétrica. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL.** Ago. 2015.

LARBALESTIER, D.; GUREVICH, A.; MATTHEW FELDMANN, D.; POLYANSKII, A. High Tc Superconducting materials for electric power applications, **NATURE**, v. 414, n. 15.

LEAMAN, K.D.; MOLINARI, R.L.; VERTES, P.S. Structure and variability of the Florida Current at 27Â°N. **Journal of Physical Oceanography,** v. 17, n. 5, p. 565-583. 1987.

LEE, C.; LIU, C.; MEHROTRA, S.; BIE, Z. Robust distribution network reconfiguration. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 2, p. 836-842, mar. 2015.

LEHNER, T.F. SuperPower's path to leadership in clean, green and smart energy technology. In: ADVANCED ENERGY CONFERENCE, May 1, 2013, New York, NY. **Proceedings...** New York, N.Y.: 2013. Disponível em: < http://www.superpower-inc.com/content/technical-documents>.

LEITE, D.R.V.; LAMIN, H. Medição eletrônica como ferramenta para a modernização do setor elétrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO. Rio de Janeiro, 2009. **Anais...** Rio de Janeiro, 2009.

LENZEN, M. Life cycle energy and greenhouse gas emissions of nuclear energy: A review. **Energy Conversion and Management,** n.49, 2008, p. 2178–2199.

LEWIS, A.; ESTEFEN, S.F.; HUCKERBY, J.; LEE, K.S.; MUSIAL, W.; PONTES, T. et al. Ocean energy. In: Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y.; Seyboth, K.; Matschoss, P.; Kadner, S. et al. eds. **Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge: Cambridge University Press; 2012. p. 497–534.

LI, C. et al. Assessment method and indexes of operating states classification for distribution system with distributed generations. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 481-490, Jan. 2016.

LI, Y.; MENG, X.; SONG, X. Application of signal processing and analysis in deteCT&I ng single line-to-ground (SLG) fault location in high-impedance grounded distribution network. **IET Generation, Transmission & Distribution** v.10.2, 2016, p. 382-389.

LIAO, Y. Generalized fault-location methods for overhead electric distribution systems. **IEEE** Transactions on **Power Delivery**, v. 26, n. 1, p. 53–64, 2011.

LIDE, D.R. ed. **CRC handbook of chemistry and physics**, 84th. 2002.

LIGHTHILL, J. **Waves in fluids.** Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

LIMA, C. Entrevista: **Desafios da Migração Tecnológica Smart Grid.** (Vice Chair, autor e membro do Projeto IEEE P2030 - Roadmap IEEE Smart Grid), Houston: 2011.

LIMA, R.R.S. A atuação do BNDES no Inova Energia. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. Ago. 2015.

LIU, C.et al. The Designing of the stratospheric nacelle attitude control system using PID Control. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER APPLICATION AND SYSTEM MODELING, 2010, China. **Proceedings...** China, Department of Automation Wuhan University; College of Automation Engineering Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2010, 5 p.

LIU, M.; SAMAN, W.; BRUNO, F. Review on storage materials and thermal performance enhancement techniques for high temperature phase change thermal storage systems. **Renewable and Sustainable**

Energy Reviews, v. 16, n. 4, p. 2118-2132, may 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032112000214>.

LIU, X.; SHAHIDEHPOUR, M.; CAO, Y.; LI, Z.; TIAN, W. Risk assessment in extreme events considering the reliability of protection systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 2, p. 1073-1081, Mar. 2015.

LIVSHITZ; A.; CHUDNOVSKY, B.H.; BUKENGOLTS. B. Online condition monitoring and diagnostics of power distribution equipment. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION, New York, NY, 10-13 Oct. 2004. **Proceedings...** New York, NY: IEEE, p. 646-653, vol.2, 2004.

LOBÓN, D. H. et al. Modeling direct steam generation in solar collectors with multiphase CFD. **Applied Energy**, v. 113, p. 1338-1348, jan. 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261913006909>.

LOEB, S. NORMAN, R.S. Osmotic power plants. **Science**, v.189, n. 4203, p.654-655. 1975.

LOPES, F.V.; BARROS, D.; REIS, R.; COSTA, C.; NASCIMENTO, J.; BRITO, N.; NEVES, W.; MORAES, S. **Disturbance analysis and protection performance evaluation, international conference on power system transients (IPST).** Cavtat, Croatia: 2015.

LOPES, F.V.; FERNANDES Jr., D.; NEVES, W.L.A. A traveling-wave detection method based on Park's transformation for fault locators. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 28, n. 3, p. 1626–1634, 2013.

LOPES, F.V.; SILVA, K.M.; COSTA, F.B.; NEVES, W.L.A.; FERNANDES, D. Real-time traveling-wave-based fault location using two-terminal unsynchronized data. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 30, n. 3, p. 1067-1076, Jun. 2015.

LU, H.W. et al. A review on the development of tidal current energy in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15., p. 1141- 1146. 2010.

LUAN, W.; PENG, J.; MARAS, M.; LO, J.; HARAPNUK, B. Smart meter data analytics for distribution network connectivity verification. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 1964-1971, Jul. 2015.

LUIZ, C.M. **Avaliação dos impactos da geração distribuída para proteção do sistema elétrico.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2012.

MACEDO, D.L. DE; MAIA, F.W.M.; SETE, S.S.; ANDRADE, D.M. DE; MARIZ, E.B.P. SiBMA - an open standard application layer protocol for smart metering in Brazil. In: IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES EUROPE, 4th. (ISGT Europe). 2013. **Proceedings...** 2013.

MACEDO, J.R.; RESENDE, J.W.; BISSOCHI, C.A.; CARVALHO, D.; CASTRO, F.C. Proposition of an interharmonic-based methodology for high-impedance fault detection in distribution systems. **IET Generation, Transmission & Distribution**, v. 9, n. 16, p. 2593-2601, 12 mar. 2015.

MACINTYRE, A. J. **Máquinas Motrizes Hidráulicas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1983.

MADANI, V. et al. Distribution automation strategies challenges and opportunities in a changing landscape. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 4, p. 2157-2165, July 2015.

MAHADANAARACHCHI, P., RAMAKUMA, R., Impact of distributed generation on distance Protection performance - A review. In: POWER AND ENERGY SOCIETY GENERAL MEETING - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE, Pittsburgh, PA, 2008**, Proceedings...** Pittsburgh, PA: 2008, p. 1-7.

MAJIDI, M.; ARABALI, A.; ETEZADI-AMOLI, M. Fault location in distribution networks by compressive sensing. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 30, n. 4, p. 1761-1769, Aug. 2015.

MAJIDI, M.; ETEZADI-AMOLI, M.; SAMI FADALI, M. A Novel method for single and simultaneous fault location in distribution networks. **IEEE Transactions on Power Systems,** v. 30, n. 6, p. 3368-3376, Nov. 2015.

MAJUMDER, R.; BAG, G.; KIM, K.H. Power sharing and control in distributed generation with wireless sensor networks. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 3, n. 2, p. 618-634, Jun. 2012.

MALAGUETA, D.; SZKLO, A.; SORIA, R.; DUTRA, R.; SCHAEFFER, R.; SOARES MOREIRA, B.; BORBA, C. Potential and impacts of Concentrated Solar Power (CSP) integration in the Brazilian electric power system. **Renewable Energy** n. 68, p. 223-235, 2014.

MALAN, K.; GAUCHÉ, P. Proceedings of the SolarPACES 2013 International Conference Model based Open-loop Correction of Heliostat Tracking Errors. **Energy Procedia**, v. 49, p. 2118-2124, Jan. 2014. Disponível em: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187661021400678X>.

MANWELL, J.F.; MCGOWAN, J.G.; ROGERS, A.L. **Wind energy explained, theory, design and application**. John Wiley & Sons, 2002.

MANWELL, J. et al. **Wind/diesel power system options report for Cuttyhunk Island.** Massachusetts – EUA: Renewable Energy Research Laboratory; Center for Energy Efficiency and Renewable Energy; Department of Mechanical and Industrial Engineering; University of Massachusetts at Amherst, jul. 2001. 47 p.

MARINEZ, C.; PARASHAR, M.; DYER, J.; COROAS, J. **Phasor data requirements for real time wide-area monitoring, control and Protection applications.** CERTS/EPG, EIPP-Real Time Task Team, Jan. 2005.

MARINO, I. Superconducting lightweight generator for large offshore wind turbine. In: ZUKUNFT UND INNOVATION DER ENERGIETECHNIK MIT HOCHTEMPERATUR-SUPRALEITERN, 4th. ZIEHL, 11-12 mar. 2014, Bonn, Alemanha. **Proceedings...** Bonn, Alemanha. 2014. Disponível em: <http://www.ivsupra.de/ziehl/ziehl-4.html>.

MARNAY, C.; AKI, H.; HIROSE, K.; KWASINSKI, A.; OGURA S.; SHINJI, T. Japan´s pivot to resilience. **IEEE Power and Energy Magazine**, v. 13, n. 3, Mai./Jun. 2015.

MARTIN, J.J.N. **Avaliação econômica dos recursos energéticos das ondas do mar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2012.

MARTÍNEZ CESEÑA, E. A.; CAPUDER, T.; MANCARELLA, P. Flexible distributed multienergy generation system expansion planning under uncertainty. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 348-357, Jan. 2016.

MARTINS, F.R. et al. Projeto sonda–rede nacional de estações para coleta de dados meteorológicos aplicados ao setor de energia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, **Anais...** 2007.

MATOS, S.P.S.; ENCARNACAO, L.F. Influence of distributed generation in transmission lines protection. **IEEE Latin America Transactions,** v. 13, n. 9, p. 2941-2948, Sept. 2015.

MAYR, O. Beiträge zur Theorie des statischen und des dynamischen Lichtbogens. **Archiv für Elektrotechnik,** v. 37, n. 12, 1943, p. 588-608.

MAZZA, P.; HAMMERSCHLAG, R. **Carrying the energy future** - comparing hydrogen and electricity for transmission, storage and transportation. Institute for Lifecycle Environmental Assessment, 2004.

MCCONNELL, B.W.; METHA, S.P.; WALKER, M.S. HTS Transformers. **IEEE Power Engineering Review**, v. 20, n. 6, p. 7-11. Jun., 2000.

MCDONAGH, N.; HAND, M. **ESB's adoption of smart neutral treatments on its 20 kv system,** CIRED, 2010.

MCKINSTRY, G.; GALLOWAY, S.; KOCKAR, I. An Initial assessment of the potential impact of smart metering on a decentralised energy network. In: UNIVERSITIES' POWER ENGINEERING CONFERENCE (UPEC), 45., 31 ago. a 3 set. 2010. **Proceedings...** País de Gales - Reino Unido. Escócia: University of Strathclyde, 4 p.

MEDEIROS, J.P.C. **Precificação da energia eólica offshore no Brasil**. Dissertação de (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

MEDRANO, M. et al. State of the art on high-temperature thermal energy storage for power generation. Part 2—Case studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 1, p. 56-72, jan. 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032109001786 >.

MEHTA, S.P.; AVERSA, N.; WALKER, M. S. Transforming transformers. **IEEE Spectrum**, v. 34, n. 7, p. 43-49. jul. 1997.

MEISSNER, W.; OCHSENFELD, R. Ein neuer Effekt bei Eintritt der Supraleitfähigkeit. **Naturwissenschaften**, v. 21, n. 44, p. 787–788, Nov. 1933.

MELLO R.D.; DART F.C.; FERREIRA W.F.; ARRUDA C.K.C. Implantação de um laboratório para avaliação e desenvolvimento de linhas de transmissão em ultra alta tensão. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 22., (SNPTE). Brasília, 2013. **Anais...** Brasília: 2013.

MENDES, A.T. **Desenvolvimento de uma boia-ondógrafo brasileira.** Tese de Doutorado em Engenharia Oceânica - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2012.

MENDIS, N. et al. A Control approach for voltage and frequency regulation of a wind-diesel-battery based hybrid remote area power supply system. In: CONFERENCE ON IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, 36., 7-10 nov. 2010, Arizona – EUA. **Proceedings...** Austrália: School of Electrical, Computer and Telecommunications Engineering of Wollongong, 2010, p. 1–7.

MENDIS, N. et al. Operation of a wind-diesel-battery based hybrid remote area power supply system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING ICECE 2010, 6., 18-20 dez. 2010, Dhaka, Bangladesh. **Proceedings...** Austrália: School of Electrical, Computer and Telecommunications Engineering, University of Wollongong. 2010, p. 334–337.

MERLIN, A.; BACK, H. Search for a minimal-loss operation spanning tree configuration in an urban power distribution system. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION, 5., Cambridge, U.K., 1-18, 1975. **Proceedings...** Cambridge, U.K., 1975.

MIAO, Z.; CHOUDHRY, M.A.; KLEIN, R.L.; FAN, L. Study of a fuel cell power plant in power distribution system. Part I. Dynamic model. In: IEEE POWER ENGINEERING SOCIETY GENERAL MEETING, 2004. **Proceedings...** 2004.

MIGUEL, C.G. de; DE RYBEL, T.; DRIESEN, J. Implementation of a digital directional Fault Passage Indicator. In: IECON 2013 - Industrial Electronics Society, Annual Conference of the IEEE, 39th. Vienna, 2013. **Proceedings...** Vienna: 2013. p. 2075-2080.

MILCZAREK, A.; MALINOWSKI, M.; GUERRERO, J.M. reactive power management in islanded microgrid—proportional power sharing in hierarchical droop control. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 4, p. 1631-1638, July 2015.

MILIOUDIS, A.N.; ANDREOU, G.T.; LABRIDIS, D.P. Detection and location of high impedance faults in multiconductor overhead distribution lines using power line communication devices. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 2, 2015, p. 894-902.

MINERALS MANAGEMENT SERVICE – MMS. **Technology white paper on ocean current energy potential on the u.s. outer continental shelf.** Washington, DC, USA: Renewable Energy and Alternate

Use Program, U.S Department of the Interior, 2006. Disponível em: < ocsenergy.anl.gov/documents/docs/OCS_EIS_WhitePaper_Current.pdf>.

MOFOR, L.; GOLDSMITH, J.; JONES, F. **Ocean energy; technology readiness, patents, deployment status and outlook**. Report of the International Renewable Energy Agency - IRENA, Aug. 2014.

MOHAMMADI, M.B.; HOOSHMAND, R. A.; HAGHIGHATDAR FESHARAKI, F. A New approach for optimal placement of PMUs and their required communication infrastructure in order to minimize the cost of the WAMS, **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 84-93, Jan. 2016.

MOMOH, J.A. Smart grid design for efficient and flexible power networks operation and control. In: POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION, PSCE '09. IEEE/PES, Seattle, WA, 2009. **Proceedings...** Seattle, WA, 2009. p. 1-8.

MOREIRA, V. **Iluminação Elétrica**. Editora Edgard Blücher, 1999.

MOREIRAS, A.M. **ZigBee usa agora 6loWPAN! Sua próxima lâmpada terá IPv6?** Disponível em: http://ipv6.br/post/zigbee-usa-agora-6lowpan-sua-proxima-lampada-tera-ipv6/.

MORIN, G. et al. Comparison of linear fresnel and parabolic trough collector power plants. **Solar Energy,** v. 86, n. 1, p. 1-12, jan. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X11002325>.

MØRK, G.; BARSTOW, S.; KABUTH, A.; PONTES, M.T. Assessing the global wave energy potential. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OCEAN, 29th. OMAE2010. Offshore Mechanics and Arctic Engineering. V. 3; 2010 Jun 6-11; Shanghai, China. **Proceedings...** New York: ASME Press. p. 447–54.

MORTAZAVI, H.; MEHRJERDI, H.; SAAD, M.; LEFEBVRE, S.; ASBER, D.; LENOIR, L. A Monitoring technique for reversed power flow detection with high pv penetration level. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 5, p. 2221-2232, Sept. 2015.

MOSSÉ, A. **Redes inteligentes:** desafios e realidades. Smart Grid Forum, São Paulo: EPRI, 2009.

MUSSOI, F.L.R.; TEIVE, R.C.G. Distribution system project selection based on the power quality value. In: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION: Latin America Conference and Exposition (T D-LA), sept. 2012 Sixth IEEE/PES, **Conference Paper...** p. 1–8, 2012. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/261207123_Distribution_ system_project_selection_based_on_the_power_quality_value>.

NAKAGOMI, R.M**. Proposição de um sistema para simulação de faltas de alta impedância em redes de distribuição**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006.

NASCIMENTO, M.A.R. et al. Biodiesel fuel in diesel micro-turbine engines: Modelling and experimental evaluation. **Energy,** v. 33, n. 2, p. 233–240, fev. 2008.

NATIONAL CYBERSECURITY CENTER OF EXCELLENCE – NCCoE – NIST. **Cybersecurity practice guide energy identity and access management for electric utilities approach, architecture, and security characteristics.** Ago. 2015. Disponível em: <http://nccoe.nist.gov/projects/use_cases/idam>. Acesso em: 13 jul. 2016.

NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY. **A Compendium of smart grid technologies**. NETL Modern Grid Strategy, Powering our 21st-Century Economy, U.S. Department of Energy, jul. 2009. 46 p.

NATIONAL HIGH MAGNETIC FIELD LABORATORY. **Plots.** Disponível em: <https://nationalmaglab.org/magnet-development/applied-Superconductivity-center/plots>.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – NIST. **Framework and roadmap for smart grid interoperability standards**, Release 3.0.

_____. **Guidelines for smart grid cybersecurity** – Rev. 1, Set. 2014. Disponível em: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/NIST.IR.7628r1.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2016.

_____. **International techinal working group on iot-enabled smart city framework**. Disponível em: < https://pages.nist.gov/smartcitiesarchitecture/>. Acesso em: jul. 2016.

_____. **IoT-enabled smart city framework white paper.** Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/nist-sgcps/smartcityframework/files/IoT-EnabledSmartCityFrameworkWP.pdf>

_____.; U.S. Department of Commerce. **NIST Framework and roadmap for smart grid interoperability standards**, Release 1.0. Jan. 2010.Disponível em: <http://nist.gov/smartgrid/>

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY - NREL. **Concentrating solar power projects**. 2016. Disponível em: < http://www.nrel.gov/csp/solarpaces/index.cfm>. Acesso em: 26 jun. 2016.

_____. **Power systems of the future** - A 21st Century Power Partnership Thought Leadership Report, 2015.

NAYAK, S.K.; GAONKAR, D.N. Modeling and performance analysis of microturbine generation system in grid connected/islanding mode. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS, DRIVES AND ENERGY SYSTEMS - PEDES, 2012. **Proceedings...** 2012.

NEGURESCU, N. et al. Aspects regarding the combustion of hydrogen in spark ignition engine. **SAE Technical Papers**, n. 724, 2006.

NORTH AMERICAN ELECTRIC RELIABILITY CORPORATION - NERC. **CIP Standards.** Disponível em: <http://www.nerc.com/pa/Stand/Pages/CIPStandards.aspx>. Acesso em: 14 jul 2016.

NEUMANN, A.; WIERER, J.; DAVIS, W; OHNO, Y.; BRUECK, S.; TSAO, J. Four-color laser white illuminant demonstrating high color-rendering quality. **Optics Express**, v. 19, Is. S4, p. A982-A990, 2011.

NEUTZLING, D. M. **Sustentabilidade em uma cadeia de biodiesel no Rio Grande do Sul com foco na agroindústria produtora**. S.l.: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

NI, B.; SOURKOUNIS, C. Control strategies for energy storage to smooth power fluctuations of wind parks. In: IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference, 15., 26-28 abr 2010, Valletta – Republica de Malta. **Proceedings...** Alemanha: Research Group for Power Systems Technology and Power Mechatronics Ruhr - University Bochum, p. 973-978.

NIHOUS, G.C. A preliminary assessment of ocean thermal energy conversion resources. **J Energy Resour Technol**., v. 129, n. 1, p. 10–7. 2007.

_____. Mapping available Ocean thermal energy conversion resources around the main hawaiian islands with state-of-the-art tools. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, v. 2, p. 043104. 2010.

NIILER, P.P.; RICHARDSON, W.S. Seasonal variability of the Florida Current. **Journal of Marine Research,** v. 31, p. 144-167. 1973.

NIKNAM, T.; RANJBAR A. M.; SHIRANI, A. R. Impact of distributed generation on volt/Var control in distribution networks. In: POWER TECH CONFERENCE, 2003. **Proceedings...** 2003.

NIKOLAIDIS, V.C.; PAPANIKOLAOU, E.; SAFIGIANNI, A.S. A Communication-assisted overcurrent protection scheme for radial distribution systems with distributed generation. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 114-123, Jan. 2016.

NOBREGA, S.D.; GALESCO, M.V.; GIRONA, K.; FLORIO, D.Z. DE; STEIL, M.C.; GEORGES, S.; FONSECA, F.C. Direct ethanol solid oxide fuel cell operating in gradual internal reforming. **Journal of Power Sources,** v.213, p. 156-159, 2012.

NOE, M. et al. Common characteristics and emerging test techniques for high temperature Superconducting power equipment., **Electra,** n. 285, CIGRE, Apr. 2016, p. 43-45

NOE, M.; KUDYMOW, A.; FINK, S. et al. Conceptual design of a 110 kV resistive superconducting fault current limiter using MCP-BSCCO 2212 Bulk Material. **IEEE Trans. Appl. Supercond**., v. 17, n. 2, p. 1784–1787, Jun. 2007.

NOE, M.; STEURER, M. High-temperature superconductor fault current limiters: concepts, applications, and development status. **Supercond. Sci. Technol.,** v. 20, n. 3, p. 15–29, January 2007.

NOGUEIRA, F.J.; VITOI, L.A.; GOUVEIA, L.H.; CASAGRANDE, C.G.; PINTO, D.P.; BRAGA, H.A.C. Street lighting LED luminaires replacing high pressure sodium lamps: Study of case. In: INTERNATIONAL

CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS, 11th. INDUSCON, IEEE Brasil, 2014. **Proceedings...** Brasil: 2014**.**

NORWEGIAN WATER RESOURCES AND ENERGY DIRETORATE – NVE. **Potential for offshore wind energy production in Norway** (Vindkraftpotensialet utenfor norskekysten (offshore)), Norway: 2008. (Report n. 9).

_____. **Nota Técnica nº 0175/2015**-SCT-SFE-SFF-SRD-SRM/ANEEL. Minuta dos novos Contratos de Concessão para Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica, nos termos do Decreto nº 8.461/2015 e Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013. 08/06/2015, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/>.

NOVOSEL, D. Upgrading and retrofitting utility protective relaying systems benefits of upgrading protective relaying systems. In: **IEEE PES Power Systems Conference and Exposition,** Atlanta, Georgia, USA, 2006, Proceedings… Atlanta, Georgia, USA: 2006. p. 103-105.

NUCLEAR ENERGY AGENCY – NEA. Broad impacts of nuclear power. **NEA Issue Brief,** n. 9. Disponível em: <https://www.oecd-nea.org/brief/brief-09.html>

O'ROURKE, F.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Tidal energy update 2009. **Applied Energy,** v. 87, n. 2, p. 398-409, Feb. 2010. Disponível em: < http://arrow.dit.ie/cgi/ viewcontent.cgi?article=1015&context=engschmecart>.

OBRADORS, X.; PUIG, T. Coated conductors for power applications: materials challenges. **Supercond. Sci. Technol**. n. 27, p. 044003. 2014.

ODUKOYA, A.; NATERER, G.F.; ROEB, M.; MANSILLA, C.; MOUGIN, J.; YU, B.; KUPECKI, J.; IORDACHE, I.; MILEWSKI, J. Progress of the IAHE Nuclear Hydrogen Division on international hydrogen production programs. **International Journal of Hydrogen Energy,** n. 41 p. 7878-7891. 2016.

OHKUMA, T. Research and development of Superconducting power cables. **Superconductivity Web21**, Aug. 2013.

OKEDU, K.E.; MUYEEN, S.M.; TAKAHASHI, R.; TAMURA, J. Wind farms fault ride through using dfig with new protection scheme. **IEEE Transactions on Sustainable Energy,** v. 3, n. 2, p. 242-254, Apr. 2012.

OLATOKE, A.; DARWISH, M. Relay coordination and harmonic analysis in a distribution network with over 20% renewable sources. In: POWER ENGINEERING CONFERENCE (UPEC), 2013 48th. International Universities, Dublin, 2013. **Proceedings...,** Dublin, 2013. p. 1-6.

OLIVEIRA, A.L.P. et al. Perspectivas da utilização de fontes conversoras de tensão em aplicações nos sistemas de transmissão CA E CC. In: SNPTEE, 20., Recife, 2009. **Anais...** Recife, 2009.

OLIVEIRA, C.; ABBOUD, R. Desafios da segurança cibernética nas subestações de energia elétrica. **Revista: O Setor Elétrico**, n. 91, Ago. 2013.

OLIVEIRA, R.D.; VIEIRA JR., J.C.M. Mitigação de variações de tensão causadas pela proteção anti-ilhamento de geradores distribuídos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 20., 2014. **Anais...** 2014

ONNES, H.K. Further experiments with liquid helium. G. On the electrical resistance of pure metals, etc. VI. On the sudden change in the rate at which the resistance of mercury disappears. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen **Proceedings Series B Physical Sciences**, v. 14, n. 14, p. 818–821, 1911.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Banco de dados de sistemas especiais de proteção** - Relatório ONS RE 3/041/2004. Disponível em: <http://www.ons.org.br/operacao/sistemas_especiais_protecao.aspx>. Acesso em: 14 abr. 2010b.

_____. **Plano de Modernização de Instalações – PMI 2011-2014**. ONS RE 3/022/2012, Jan., 2012.

ORDAGCI, J.M.; SANTOS, H.C.T.; MORAND, S.R.; CESPEDES, R. et al., ONS - Brasil new control center achitecture conceptual design. In: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION CONFERENCE AND EXPOSITION: LATIN AMERICA, 2008. **Proceedings...** 2008.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OCDE. **Cities and green growth – key points**. Disponível em: <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/49330120.pdf>.

_____. **OECD patent statistics manual**. Paris: OECD. 2009.

_____. **OECD Patent Statistics Manual**. 2016. Disponível em: <http://www.oecd.org/sti/inno/oecdpatentstatisticsmanual.htm>. Acesso em: 20 ago. 2017.

_____. **Manual de Frascati:** Proposta de Práticas Exemplares para Inquéritos sobre Investigação e Desenvolvimento Experimental. Edição: F-Iniciativas. Tradução: More han Just Words. Portugal,Coimbra,2007.

_____. **Manual de Oslo**: Proposta de Diretrizes para coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. 2005. Tradução: Financiadora de Estudos e Projetos, Finep.

OROZCO-HENAO, C.; MORA-FLOREZ, J.; PEREZ-LONDONO, S. A robust method for single phase fault location considering distributed generation and current compensation. In: TRANSMISSION AND DISTRIBUTION: LATIN AMERICA CONFERENCE AND EXPOSITION (T&D-LA), 2012 Sixth IEEE/PES, **Proceedings...** 2012.

ORTIZ, G.P.; KAMPEL, M. Potencial de energia eólica offshore na margem do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 5., (V SOB), Santos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Especiais. 2011. **Proceedings...** Santos, SP, Instituto Nacional de Pesquisas Especiais. 2011. Disponível em: < http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/07.06.17.10/doc/Or tiz_Potencial.pdf>.

ØSTERGAARD, P.A. Energy: Reviewing optimisation criteria for energy systems analyses of renewable energy integration. **Science Direct**, Dinamarca, v. 34, p. 1236–1245, 2009.

OUTAGE MANAGEMENT SYSTEM – OMS. - Apresentado para NH House Sicence, Technology and Energy Committee. 2009. Disponível em: http://www.puc.state.nh.us/2008IceStorm/ST&E%20Presentations/Unitil%20OMS%20Presentation%2006-09-09.pdf. Acesso em: 20 jun. 2016.

PAITHANKAR, Y.G. **Transmission network protection:** theory and practice, v. 1. New York: Marcel Dekker INC, 1997.

PANTELIA, M.; KIRSCHEN, D.S. Situation awareness in power systems: theory, challenges and applications. **Electric Power Systems Research,** v. 122, p. 140–151, 2015.

PAPAEFTHYMIOU, G.; HOUWING, M.; WEIJNEN, M.P.C.; VAN DER SLUIS, L. Infrastructure systems and services: building networks for a brighter future (INFRA), In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DISTRIBUTED GENERATION VS BULK POWER TRANSMISSION, 1., 2008, **Proceedings....** 2008. p. 1-6.

PAPAIOANNOU, I. **Marine energy:** technology map of the european strategic technology plan (SET-Plan), Technology Descriptions Chapter 6, European Commission, JRC, Institute for Energy and Transport. 2011.

PAPANIKOLAOU, N.P.; TATAKIS, E.C.; KYRITSIS, A.C. Analytical model for PV - Distributed generators, suitable for power systems studies. In: EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, 13th. EPE '09, 2009. **Proceedings...** 2009.

PAPATHANASSIOUA, S.A.; BOULAXIS, N.G. Renewable Energy: Power limitations and energy yield evaluation for wind farms operating in island systems. **Science Direct**, Grécia, v. 31, p. 457–479, 2006.

PAUCAR, B.C. **Sistema hvdc baseado em conversores multinível modulares.** Tese (Doutorado) - COPPE, RJ, 2014.

PAUL, W.; CHEN, M.; LAKNER, M. et al. Fault current limiter based on high temperature superconductors - different concepts, test results, simulations, applications. **Phys. C Supercond.**, v. 354, n. 14, p. 27–33, May. 2001.

PAVITT, K. **Sectorial patterns of technical change:** towards a taxonomy and a theory. Research Policy, v.13, p. 343-373, 1984.

_____. **Uses and Abuses of Patent Statistics**. In: Handbook of Quantitative Studies of Science and Technology. Amsterdam: Elsevier Science Publishers. Edited by Raan V., 1988.

PEDRAZA, A.; REYES, D.; GOMEZ, C.; SANTAMARIA, F. Optimization methodology to distributed generation location in distribution networks assessing protections coordination. **IEEE Latin America Transactions,** v. 13, n. 5, p. 1398-1406, May 2015.

PELC, R.; Fujita, R.M. Renewable energy from the ocean. **Marine Policy,** n. 26, p. 471–479. 2002.

PENNA, L.D. et al. Utilização da ferramenta Organon nos processos do NOS. In: SNPTEE, 21., Florianópolis, SC, out. 2011. **Anais...** Florianópolis, SC, 2011.

PENZHIN TIDAL POWER PLANT PROJECT**. Wikipedia.** Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Penzhin_Tidal_Power_Plant_Project>.

PEPPANEN, J.; RENO, M.J.; THAKKAR, M.; GRIJALVA, S.; HARLEY, R.G. Leveraging AMI data for distribution system model calibration and situational awareness. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 2050-2059, Jul. 2015.

PEREIRA, E.M.D. Programa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 6., ABENS - Associação Brasileira de Energia Solar. **Anais...** 236 p. 2016.

PEREIRA, E.M.D. et al. **Mapeamento básico de precondições gerais para tecnologias heliotérmicas no Brasil.** Brasília, Brasil: 2014

PEREIRA JUNIOR, P.S. **Study Committee B5 Colloquium** - CONTRIBUTION: Principal Subject 1: Question 1.04, International Council On Large Electric Systems Study Committee B5 – Protection and Automation, Belo Horizonte, Brazil, 2013.

_____. **Study Committee B5 Colloquium** - CONTRIBUTION: Principal Subject 1: Question 1.06, International Council On Large Electric Systems Study Committee B5 – Protection and Automation, Belo Horizonte, Brazil, 2013.

_____. **Study Committee B5 Colloquium** - CONTRIBUTION: Principal Subject 1: Question 2.09, International Council On Large Electric Systems Study Committee B5 – Protection and Automation, Belo Horizonte, Brazil, 2013.

PEREIRA, L.A.C. et al. **SAGE - Um Sistema aberto para a evolução.** Disponível em: <http://sage.cepel.br/sage/phocadownload/artigos/eletroev.pdf>.

PEREIRA, R.A.F.; SILVA, L.G.W. DA; KEZUNOVIC, M.; MANTOVANI, J.R.S. Improved fault location on distribution feeders based on matching during-fault voltage sags**. IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 24, n. 2, p. 852–862, 2009.

PÉREZ, C.; IGLESIAS, G. Integration of wave energy converters and offshore windmills. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON OCEAN ENERGY, ICOE 2012. **Proceedings...** Dublin, 2012. Disponível em: <www.icoe-conference.com/publication/integration_of_wave_energy_converters_and_offshore>.

PERVEEN, R.; KISHOR, N.; MOHANTY, S.R. Off-shore wind farm development: present status and challenges. **Renew Sustain Energy Rev.** n. 29, p. 780–92. 2014.

PETROBRÁS S.A. **Geração de energia elétrica.** Disponível em: <www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/areas-de-atuacao/geracao-de-energia-eletrica/>.

PHADKE, A.G.; THORP, J S. **Computer relaying for power systems**. 2nd. ed. New York, USA: John Wiley & Sons Inc, 2009.

_____. **Synchronized phasor measurements and their applications.** Springer, 2008.

PILKINGTON, A.; DYERSON, R.; TISSIER, O**. The Electric Vehicle: patent data as indicators of technological development.** World Patent Information, v. 24, p. 5–12, 2002.

PINHO, J.T.; GALDINO, M.A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPEL - DTE - CRESESB, 2014.

PINTO, F.G.H.S. et al. Uso da escuma de esgoto como matéria prima para produção de biodiesel usando a técnica de microondas. In: ENCONTRO REGIONAL DE QUÍMICA & 4O ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICA, 5. **Anais...**São Paulo: Editora Edgard Blücher, nov. 2015. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/22144>

PINTO, M.F.; MENDONÇA, T.; DUQUE, C.; BRAGA, H. Power quality measurements embedded in smart lighting systems. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, 24th. (ISIE), Búzios, Rio de Janeiro, Brasil, 2015. **Proceedings...** Búzios, RJ: 2015.

POINSSOTA, C.H.; BOURGA, S.; OUVRIERA, N.; COMBERNOUXA, N.; ROSTAINGA, C.; VARGAS-GONZALEZA, M.; BRUNOB, J. Assessment of the environmental footprint of nuclear energy systems. Comparison between closed and open fuel cycles. **Energy**, v. 69, 1 May 2014, p. 199–211.

POMPERMAYER, M.L. Cooperação e Parceria Estratégica Para a Inovação Tecnológica no Setor de Energia Elétrica**. Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**. Ago. 2015.

_____. Desafios e Perspectivas para Inovação Tecnológica no Setor de Energia Elétrica. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL**, n. 3, Jun. 2009.

PONTOPPIDAN, M.; BAETA, J.G.C. **Presentation of the development of a downsized, turbocharged prototype engine and the optimization of the layout of its pfi mixture preparation system.** SAE Technical Paper 2013-36-0180. 7 out. 2013. Disponível em: <http://papers.sae.org/2013-36-0180/>

POURESMAEIL, E.; MEHRASA, M.; SHOKRIDEHAKI, M.A.; RODRIGUES, E.M.G.; CATALÃO, J.P.S. Control of modular multilevel converters for integration of distributed generation sources into the power grid. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SMART ENERGY GRID ENGINEERING (SEGE), 2015, Oshawa, ON, **Proceedings...** Oshawa, ON: 2015.

POWER AND WATER CORPORATION – PWC. **Solar/Diesel Mini-Grid Handbook**. Disponivel em: <http://www.powerwater.com.au/news_and_publications/publications/technical/solardiesel_mini-grid_handbook>.

PRESTON, G.; RADOJEVIC, Z.; KIM, C.; TERZIJA, V. New settings-free fault location algorithm based on synchronised sampling. **IET Generation, Transmission and Distribution,** v.5, n.3, p. 376–383, 2011.

PSL-PowerSysLab. **Site.** Disponível em: <http://www.powersyslab.com.br>. 2016.

PUGH, D.T. **Tides, surges and mean-sea level:** a handbook for engineers and scientists. Chichester, UK: Wiley, 1987.

PUIG, T. Nanocomposite coated conductors: towards optimal vortex pinning for high field applications. In: EUROPEAN CONFERENCE ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, 12th. (EUCAS), Sept. 6-10, 2015, Lyon, France. **Proceedings...** Lyon, France: 2015.

PUTTGEN, H.B.; MACGREGOR, P.R.; LAMBERT, F.C. Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era? **Power and Energy Magazine,** IEEE, 2003.

RAHMAN, M.L.; OKA, S.; SHIRAI, Y. Hybrid power generation system using offshore-wind turbine and tidal turbine for power fluctuation compensation (HOT-PC). **IEEE Transactions On Sustainable Energy,** Japão, v. 1, n. 2, p. 92-98, jul. 2010.

RAJA, J.C.; RAJAN, C.A.; SURESH, S. **PSO based robust frequency control of wind-diesel power plant using BES**. Índia: Department of Electrical and Electronics Engineering, Affiliated to Pondicherry University. 2010. 7 p.

RAJAPAKSHE, A.; MADAWALA, U.K.; MUTHUMANI, D. A Model for a fly-wheel driven by a grid connected switch reluctance machine. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTEINABLE ENERGY TECHNOLOGIES, 24-27 nov 2008, Cingapura. **Proceedings...** Canadá: Department Electrical e Computer Engineering, University of Manitoba, p. 1025-1030.

RAMOS, C.C.O. **Caracterização de perdas comerciais em sistemas de energia através de técnicas inteligentes.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

RANCE TIDAL POWER STATION. **Wikipedia**. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rance_Tidal_Power_Station>.

RAVINDRAN, M.; RAJU, A. The Indian 1 MW demonstration OTEC plant and the development activities. In: OCEANS '02 MTS/IEEE, Biloxi, Mississippi, 29-31 October 2002, **Proceedings...** Biloxi, Mississipi: 3, 2002, p. 1622-1628.

RAYE, R. **Characterization study of the Florida current at 26.11° north latitude, 79.50° west longitude for ocean current power generation.** (M.S. Thesis) - College of Engineering, Florida Atlantic University, Boca Raton, FL, USA. 2001.

REDDY, M.; MOHANTA, D. Performance evaluation of an adaptive-network-based fuzzy inference system approach for location of faults on transmission lines using Monte Carlo simulation. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 16, n. 4, p. 909–919, 2008.

REHMAN, S. et al. Renewable and Sustainable Energy Reviews: Feasibility study of hybrid retrofits to an isolated off-grid diesel power plant. **Science Direct**, Arábia Saudita, v. 11, p. 635–653, 2007.

REVANKAR, S.; MAJUMDAR, P. **Fuel cells principles, design, and analysis**. CRC Press 2014.

RIVERSO, S.; SARZO, F.; FERRARI-TRECATE, G. Plug-and-play voltage and frequency control of islanded microgrids with meshed topology. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 3, p. 1176-1184, May 2015.

RODEZNO, D.A.Q. **Controle integrado de tensão e reativos em redes de distribuição de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, 2014.

RODRIGUES, M.J. Ociosidade na indústria é recorde em dezembro. **Informa CNI**. Portal da Indústria: Agência CNI, 2016.

RODRIGUES, M.; SIQUEIRA, M. A case study of an hybrid solar - sugarcane biomass power plant. In: ABCM INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, 23rd. 2015, Rio de Janeiro, Brazil. **Proceedings...** Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2015.

ROGALLA, H.; KES, P. **100 years of superconductivity.** USA: CRC Press, 2011.

ROGNER, H.H.; BARTHEL, F.; CABRER, M.; FAAIJ, A.; GIROUX, M.; HALL, D. et al. **Energy resources**. New York: UNDP, United Nations Development Programme, United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Energy Council. World energy assessment: energy and the challenge of sustainability. p. 135–72. 2000.

ROMERO, M.; STEINFELD, A. Concentrating solar thermal power and thermochemical fuels. **Energy & Environmental Science**, v. 5, n. 11, p. 9234-9245, 2012.

ROSAS, P.; LEMOS, W.; PEREIRA, A.; BARROS, R.; FEITOSA, E. Problems of planning hybrid wind–diesel power systems. In: IEEE TRANSMISSION AND DISTRIBUTION CONFERENCE LATIN AMERICA, 2004. **Proceedings...** 2004. p. 617–22.

ROSS, M. et al. Energy storage system scheduling for an isolated microgrid. **IET Renewable Power Generation**. Montreal – Canadá, p. 118–123, 2010.

SABOORI, H.; ABDI, H. Application of a grid scale energy storage system to reduce distribution network losses. In: CONFERENCE ON ELECTRICAL POWER DISTRIBUTION NETWORKS, 18th. EPDC, Kermanshah, 2013. **Proceedings...** Kermanshah: 2013, p. 1-5.

SACALAN, R.M.; MALOZEMOFF, A.P.; LARBALESTIER, D.C. Superconducting materials for large scale applications. **Proceedings of the IEEE,** v. 92, n. 10, oct. 2004, p. 1639-1654.

SADINEZHAD, I.; AGELIDIS, V. An adaptive precise one-end power transmission line fault locating algorithm based on multilayer complex adaptive artificial neural networks. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL TECHNOLOGY, ICIT 2009. **Proceedings...** S.l.: s.n., 2009. p. 1 –6.

SAHA, M.M.; IZYKOWSKI, J.; ROSOLOWSKI, E. **Fault location on power networks.** London, U. K.: Springer-Verlag London, 2009.

SAHA, T.K.; KASTHA, D. Design optimization and dynamic performance analysis of a stand-alone hybrid wind–diesel electrical power generation system. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, Índia, v. 25, n. 4, dez. 2010.

SALAZAR, M.B. **Demanda de energia na indústria brasileira: efeitos da eficiência energética. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.**

SALEH, K.A.; EL MOURSI, M.S.; ZEINELDIN, H.H. A New protection scheme considering fault ride through requirements for transmission level interconnected wind parks. **IEEE Transactions on Industrial Informatics,** v. 11, n. 6, p. 1324-1333, Dec. 2015.

SALEH, K.A.; ZEINELDIN, H.H.; AL-HINAI, A.; EL-SAADANY, E.F. Optimal coordination of directional overcurrent relays using a new time–current–voltage characteristic. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 30, n. 2, p. 537-544, Apr 2015.

SAMADI, A.; SÖDER, L.; SHAYESTEH, E.; ERIKSSON, R. Static equivalent of distribution grids with high penetration of pv systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 1763-1774, Jul. 2015.

SANDVIK, O.S. The Norwegian solution for blue energy: pressure retarded osmosis developments (PRO). In: LIENARD, F.; NEUMANN, F. (eds.), **Salinity gradient power in Europe:** state of the art, Sustainable Energy Week, Brussels, 13 April, 2011. Disponível em: <http://salinitygradientpower.eu/wp-content/uploads/2011/08/workshop-report-EUSEW.pdf>.

SANTAMARIA, A.; RUPICH, M.; MALOZEMOFF, A. **Scale-up of 2G HTS wire manufacturing at american superconductor.** Arlington, VA.: US. Department of Energy Annual Peer Review, Jul 29, 2008.

SANTANA, F.M. **Investigação da Influência da Variabilidade Natural do Clima no Comportamento das Ondas na Costa do Ceará.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE.

SAP. **Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados.** Disponível em: <http://go.sap.com/brazil/index.html>, 2016.

SATO, H. et al. Application of energy storage system for stabilization of accelerator magnet power supply**. IEEE Transactions On Applied Superconductivie**, Japão, v. 20, n. 3, p. 1312-1315, jun. 2010.

SATO, K.; KOBAYASHI, S.; NAKASHIMA, T. Present status and future perspective of bismuth-basedhigh-temperature superconducting wires realizing application systems, **Jpn. J. Appl. Phys**., v. 51, n. 010006, 2012.

SCHAEffER, G.J.; BELMANS, R.J.M. **Smartgrids** – a key step to energy efficient cities of the future. In: Power and Energy Society General Meeting, 2011**. Proceedings...** IEEE, p. 1-7, 2011.

SCHELL, S. Design and evaluation of esolar's heliostat fields. **Solar Energy,** v. 85, n. 4, p. 614-619, apr. 2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X10000216>.

SCHLIPF, D.; STENGLEIN, M.; SCHNEIDER, G. **CSP in Brazil** - Perspective for industrial development. Brasília, Brazil: 2014. (Projeto Energia Heliotérmica, 57).

SCHNEIDER. **Schneider Eletric.** Disponível em: <http://www.schneider-electric.com>. 2016.

SCHOR, J.M.C. **Energia eólica offshore**: Possibilidade econômico-regulatória. Disponível em: < http://www.congressoenergia.com.br/C-% 20FONTES%20RENOVAVEIS%20DE%20ENERGIA/C14-%20Energia%20Eolica%20Offshore.pdf>.

SCHUMACHER, J. **Alcotra Innovation project:** Living labs definition, harmonization cube indicators & good practices. 24 p. Disponível em http://www.alcotra-innovation.eu/progetto/doc/Short_guide_on_Living_Labs_and_some_good_Practices.pdf.

SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES – SEL. Equipe de Engenharia. Capítulo VII: Redes de Comunicações em subestações de energia elétrica – Norma IEC 61850. O Setor Elétrico, jul. 2010. p. 56-61.

SCHWEITZER, E.; KASZTENNY, B.; GUZMÁN, A.; MYNAM, M.V. Performance of time-domain line protection elements on real-world faults. In: Annual Western Protective Relay Conference, 42nd. Oct. 2015. **Proceedings...** 2015.

SCHWEITZER, E.; KASZTENNY, B.; GUZMÁN, A.; SKENDZIC, MYNAM, M.V. Speed of line Protection - can we break free of phasor limitations? In: ANNUAL CONFERENCE FOR PROTECTIVE RELAY ENGINEERS, 68th. Mar. 2015. **Proceedings...** 2015.

SEABASED COMPANY. **World's first multi-generator grid-connected wave energy park delivered to fortum.** Disponível em: < http://www.seabased.com/en/projects/sotenas-wave-pover>. Acesso em: 07 jul..2016.

SEDIGHIZADEH, M.; REZAZADEH, A.; ELKALASHY, N.I. Approaches in high impedance fault detection a chronological review. **Advances in Electrical and Computer Engineering**, v. 10, n. 3, p. 114-28. 2010.

SEGURADO, R.; KRAJACIC, G.; DUIC, N.; ALVES, L. Applied energy: increasing the penetration of renewable energy resources in S. Vicente, Cape Verde. **Science Direct**, Zagreb – Croatia, v. 88, p. 466–472, 2011.

SEIDI KHORRAMABADI, S.; BAKHSHAI, A. Critic-based self-tuning pi structure for active and reactive power control of VSCs in microgrid systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 1, p. 92-103, Jan. 2015.

SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 23., (SNPTE). **Anais...** Disponível em: < http://www.xxiiisnptee.com.br/>.

SENGER, E.C.; KAISER, W.; SANTOS, J.C.; BURT, P.M.S.; MALAGODI, C.V.S. Broken conductors Protection system using carrier communication. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 15, n. 2, p. 525-530, Apr. 2000.

SENGER, E.C.; MANASSERO, G. JR.; GOLDEMBERG, C.; PELLINI, E.L. Automated fault location system for primary distribution networks**. IEEE Transactions on Power Delivery, v. 20, n. 2, p. 1332–1340, 2005.**

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL – SENAI. **Institutos SENAI de Inovação.** Disponível em: < www.portaldaindustria.com.br/senai/iniciativas/programas/inovacao-e-tecnologia/institutos-de-inovacao/2014/09/1,46743/institutos-senai-de-inovacao.html>.

_____. **Instituto SENAI de Inovação em Engenharia de Polímeros**. Disponível em: < http://institutossenai.org.br/instituto/engenharia-de-polimeros/**>.**

_____. **SENAI CIMATEC.** Tecnologia, inovação e educação para a indústria. Disponível em: < http://www.senaicimatec.com.br/>.

SEVERINO, M.A.; CAMARGO, I.M.T.; OLIVEIRA, M.A.G. Geração distribuída: discussão conceitual e nova definição. **Revista Brasileira de Energia,** v. 14, n. 1, p. 47-69, 2008.

SHADMAN, M.; ESTEFEN, S.F.; CASTILLO, C.A.R.; LOURENCO, M.I. Preliminary design of floating point absorber offshore Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON OCEAN, OFFSHORE AND ARCTIC ENGINEERING, 34th. 2015, St. John´s. **Proceedings...** 2005.

SHARIF, A.O. et al. The Potential of chemical-osmotic energy for renewable power generation. in: WORLD RENEWABLE ENERGY CONGRESS, 8-13 May, 2011. **Proceedings...** p. 2190-2197, 2011. Disponível em: <http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol9/ecp057vol9.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2016.

SHARMA, A.; SRINIVASAN, D.; TRIVEDI, A. A Decentralized multiagent system approach for service restoration using DG Islanding. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 6, p. 2784-2793, nov. 2015.

SHARMA, P.; BHATTI, T.S.; RAMAKRISHNA, K.S.S. **Control of reactive power of autonomous wind-diesel hybrid power systems.** Índia: Centre for Energy Studies, 2010, 6 p.

SHAW, L.T. Study of tidal power projects in the UK, with the exception of the Severn barrage. **La Houille Blanche**, v. 52, n. 3, p. 57-65. 1997.

SHAYANI, R.A. Método para determinação do limite de penetração da geração distribuída fotovoltaica em redes radiais de distribuição. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade de Brasília, 2010.

SHIH, M.Y.; CASTILLO SALAZAR, C.A.; CONDE ENRÍQUEZ, A. Adaptive directional overcurrent relay coordination using ant colony optimization. **IET Generation, Transmission & Distribution,** v. 9, n. 14, p. 2040-2049, May 2015.

SHIRMOHAMMADI, D.; HONG, H.W. Reconfiguration of electric distribution networks for resistive line losses reduction. **IEEE Transactions on Power Delivery,** v. 4, n. 2, p. 1492-1498, apr. 1989.

SHORT, T.A. **Distribution reliability and power quality**. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press–Taylor & Francis Group, p. 184-189. 2006.

SIANO, P. Demand response and smart grids - a survey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, Feb. 2014.

SIEMENS. **Siemens Spectrum Power**. Disponível em: <http://www.siemens.com>. 2016.

SIFFERT, J.R.R. **Aspectos regulatórios de energia renovável de fontes oceânicas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE, 2010.

SIIRTO, O.K.; SAFDARIAN, A.; LEHTONEN, M.; FOTUHI-FIRUZABAD, M. Optimal distribution network automation considering earth fault events. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 2, p. 1010-1018, Mar. 2015.

SILVA, G.W.F.R.R. da. **Análise da inserção de pilhas a combustível de óxido sólido (PACOS) em edificações Brasileiras**: Estudo de caso do Museu do Amanhã. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

SIMONE, G. **Centrais e aproveitamentos hidrelétricos: uma introdução ao estudo**. Editora Érica, 2000.

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - SBSE2016. **Site.** Disponível em: <http://2016.sbse.org.br/>.

SIMS, R.E.H.; SCHOCK, R.N.; ADEGBULULGB, A.; FENHANN, J.; KONSTANTINAVICIUTE, I.; MOOMAW, W. et al. Energy supply. In: METZ, B.; DAVIDSON, O.R.; BOSCH, P.R.; DAVE, R.; MEYER, L.A.; eds. **Climate change :** mitigation of climate change. New York: Cambridge University Press; p. 251–322. 2007.

SINAPSIS. **Sinapsis Energia**. Disponível em: <http://www.sinapsisenergia.com>. 2016.

SINDEN, G.E. **Renewable electricity generation**: resource characteristics and implications of wind, wave and tidal stream power in the UK. Report prepared for the Renewables Advisory Board, UK Department of Energy and Climate Change, London, UK: 2007.

SIOSHANSI, R.; DENHOLM, P. The Value of concentrating solar power and thermal energy storage. **IEEE Transactions on Sustainable Energy,** v. 1, n. 3, p. 173-183, 2010.

SIRISHA, A.; BHIDE, S. Incremental quantities based relays. In: 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE ON POWER, AUTOMATION AND COMMUNICATION (INPAC), Oct 2014, p. 27–32. **Proceedings...** 2014.

SISTEMA BRASILEIRO DE TECNOLOGIA – SIBRATEC**. Site.** Disponível em: <http://www.portalinovacao.mcti.gov.br/sibratec/>.

SKRÅMESTØ, Ø.S.; SKILHAGEN, S.E.; NIELSEN, W.K. Power production based on osmotic pressure. In: WATERPOWER, 16., 27–30 Jul 2009; Spokane, WA, USA. **Proceedings...** Spokane, WA, USA: 2009.

SMITH, A.; STEHLY, T.; MUSIAL, W. **2014-105 offshore wind technologies market report**. A technical report of National Renewable Energy Laboratory (NREL), Sept. 2015.

SMITH, E.J.; HO, C.K. Proceedings of the SolarPACES 2013 International ConferenceField Demonstration of an Automated Heliostat Tracking Correction Method. **Energy Procedia**, v. 49, p. 2201-2210, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610214006870 >.

SMITH, R.T. et al. In-Situ x-ray diffraction analysis of strain-induced transformations in Fe- and Co- base hardfacing alloys. **Scripta Materialia** n. 98, 2015. p. 60-63.

SANDIA NATIONAL LABAROTORIES - SANDIA. **Site.** Disponível em: <http://www.sandia.gov>. Acesso em: 19 mai. 2016.

SHARAF, M.; EL-GAMMAL, A. A. Optimal self regulating PID controller for coordinated wind-fc-diesel utilization scheme. In: UKSIM EUROPEAN SYMPOSIUM ON COMPUTER MODELING AND SIMULATION, 3, 2009, Grécia. **Proceedings...** Trinidad e Tobago: Centre for Energy Studies, University of Trinidad and Tobago UTT, 2009, 6 p.

SOARES, G.M. **Sistema inteligente de iluminação de estado sólido com controle remoto e análise de parâmetros da rede elétrica.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

SOBRERO, C.E.; MALACHEVSKY, M.T.; SERQUIS, A. Core microstructure and strain state analysis in mgb2 wires with different metal sheaths. **Advances in Condensed Matter Physics**, v. 2015 (2015), 6 p. Disponível em: <https://www.hindawi.com/ journals/acmp/2015/297363/>.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMÁTICA. **Site.** Disponível em: <http://www.sba.org.br/>.

SOUZA, P.A.; BRANQUINHO, M.; KIEFER, A.; SANTOS, C.; VIDEIRA, E. Cyber security para sistemas de automação de energia – como a defesa em profundidade pode aumentar a segurança cibernética em instalações críticas. In: SIMPÓSIO DE AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 11., (SIMPASE), Campinas-SP, Ago. 2015. **Proceedings...** Campinas-SP, 2015.

SOUZA, Z.; SANTOS, A.H.M.; BORTONI, E.C. **Centrais hidrelétricas:** implantação e comissionamento. 2. ed., Editora Interciência. 2010.

SOUZA JR., J. DE; SILVA, J.F.R. DA; GRUNEWALD, R. et. al. **An integrity monitoring system for substation connections using ZigBee wireless sensor network.** IEEE ISGT-LA, 2013.

SRINIVAS, T.; REDDY, B. Hybrid solar–biomass power plant without energy storage. **Case Studies in Thermal Engineering**, v. 2, p. 75-81, 2014.

STEMMLE, M.;, MERSCHEL, F.; NOE, M.; HOBL, A. AMPACITY Project – Worldwide first super-Conducting cable and fault current limiter installation in a German city center. In: CIRED INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, 22nd. Stockholm, 10-13 June 2013, **Proceedings...** Stockholm: 2013. (Paper 0742).

STEWART, H.B. Current from the current. **Oceanus,** n. 18, p. 38-41. 1974.

STRATEGIC INITIATIVE FOR OCEAN ENERGY - SI Ocean. **Ocean energy: state of the art.** Dec. 2012. Disponível em: <http://si-ocean.eu/en/upload/docs/WP3/Technology%20Status%20Report_FV.pdf. Acesso em: 07 jul. 2016,

STRBAC, G.; HATTZIARGYRIOU, N.; LOPES, J.P.; MOREIRA, C.; DIMEAS, A.; PAPADASKALOPOULOS, D. Enhancing the resilience of the European megagrid. **IEEE Power and Energy Magazine,** v. 13, ed. 3, Mai./Jun. 2015.

STYCZYNSKI, Z.A.; GURBIEL, M.; RIIS, H.; VALE, Z.A.; GELFAND, A.M.; KOSTENKO, V.V. ; BUCHHOLZ NTB, B.; LANG, G.; BLUMSCHEIN, J. **Towards the wide implementation of standards IEC 61968/70 (CIM) and IEC 61850 in the distribution system**. CIGRE, 2010.

SUGIMOTO J.; YOKOYAMA R.; FUKUYAMA Y.; SILVA V.V.R.; SASAKI H. Coordinated allocation and control of voltage regulators based on Reactive tabu search. **IEEE Russia Power Tech**, 2005, p. 1-6.

SUI, H.; WANG, H.; LU, M.; LEE, W. An AMI system for the deregulated electricity markets. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 45, n. 6, p. 2104–2108, 2009.

SUN, F.; ZHANG, M.; QI, Q.; FAN, J.; QI, J.; ZHENG, K. Analysis of phasor measurement unit signal in wide area backup Protection system. In: BIOMEDICAL ENGINEERING AND INFORMATICS (BMEI), 2012 International Conference on, Chongqing, 5th. **Proceedings...** 2012, p. 443-446.

SYMANTEC. **Dragonfly:** cyberespionage attack against energy suppliers. Jul. 2014. Disponível em: < http://www.symantec.com/content/en/us/enterprise/media/ security_ response/whitepapers/Dragonfly_Threat_Against_Western_Energy_ Suppliers.pdf>.

TAHAN, C. M.V. et al. Simprot- ambiente de simulação da operação de sistemas de proteção e ocorrências do sistema interligado Nacional. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE PROTEÇÃO E CONTROLE, Rio de Janeiro, 2005. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: 2005.

TAKAGI, T.; YAMAKOSHI, Y.; YAMAURA, M.; KONDOW, R.; MATSUSHIMA, T. Development of a new type fault locator using the one-terminal voltage and current data. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, PAS-101, n. 8, p. 2892 –2898, aug. 1982.

TALESUN. **Catálogos de painéis solares**, China.

TANKARI, M. A. et al. Attenuation of power fluctuations in wind diesel hybrid system – using ultracapacitors and batteries. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL MACHINES, 19., 6-8 set. 2010. Roma, Itália. **Proceedings...** França: Groupe de Recherche en Electrotechnique et Automatique du Havrelaboratory, University of Le Havre. 2010, p. 1-6.

TEESSIDE. Disponível em: <http://www.4coffshore.com/windfarms/teesside-united-kingdom-uk28.html>. Acesso em: 07 jul. 2016.

TERZIJA, V.; VALVERDE, G.; CAI, D.; REGULSKI, P.; MADANI, V.; FITCH, J.; SKOK, S.; BEGOVIC, M.M.; PHADKE, A. Wide-area monitoring, Protection, and control of future electric power networks. **Proceedings of the IEEE**, v. 99, n. 1, p. 80–93, 2011.

THAMEEM ANSARI, M. Energy conversion and management: dual mode linguistic hedge fuzzy logic controller for an isolated wind – diesel hybrid power system with Superconducting magnetic energy storage unit. **Science Direct**, Tamilnadu – India, v. 51, p. 169 – 181, 2010.

THE CROWN ESTATE. **Wave & Tidal Programme**, Investment in first array projects – Guidance document. Jan. 2013. 15 p. Disponível em: <http://www.thecrownestate.co.uk/media/152304/first-array-investments-guidance.pdf>.

THE WHITE HOUSE. **Presidential policy directive 21** – Critical infrastructure security and resilience, 2013. Disponível em: < https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2013/02/12/presidential-policy-directive-critical-infrastructure-security-and-resil >. Acesso em: Jul. 2016.

THOMAS, M.S.; MCDONALD, J.D. **Power system SCADA and Smart Grids.** CRC Press, 2015.

TIAGO FILHO, G.L. **Energia Hidrocinética na Região Norte do Brasil,** Relatório de Projeto de Pesquisa. 2016.

TINKHAM, M. **Introduction to Superconductivity.** 2 ed. Dover Books on Physics, 2004.

TISSERAND, E.; BERVILLER, Y.; HUMBERT, J.B. Memristive behaviour of high-impedance faults. **Electronics Letters** v. 52, n. 4, 2016, p. 300-302.

TOMILSON, A.G. **Frequency and voltage controle of high penetration, no storage wind-diesel system.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia e Ciência Aplicada, Universidade Memoral de Newfoundland, Canadá, 1998.

TOMSIC, M.; RINDFLEISCH, M.; YUE, J.; MCFADDEN, K.; PHILLIPS, J.; SUMPTION, M.D.; BHATIA, M.; BOHNENSTIEHL, S.; COLLINGS, E.W. Overview of MgB2 Superconductor Applications. **International Journal of Applied Ceramic Technology**, n. 4, p. 250–259. 2007.

TON, D.T.; WANG, W.-T. A more resilient grid: the U.S. Department of Energy joins with stakeholders in an R&D Plan. **IEEE Power and Energy Magazine**, v. 13, n. 3, Mai./Jun. 2015.

TSAO, J. **Light emitting diodes (LEDs) for General Illumination.** OIDA - Optoelectronics Industry Development Association, Nov., 2002.

TZIOUVARAS, D.; ROBERTS, J.; BENMOUYAL, G., New multi-ended fault location design for two- or three-terminal lines. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON (IEE) DEVELOPMENTS IN POWER SYSTEM PROTECTION, 7., 2001. **Proceedings...** S.l.: s.n., 2001. p. 395–398. ISSN 0537-9989.

UHLEN, K.; FOSS, B. A.; GJOSAETER, O. B. Robust control and analysis of a wind-diesel hybrid power plant. **IEEE Transactions on Energy Conversion,** Trondheim - Noruega, v. 9, n. 4, p. 701 – 708, dez. 1994.

UIHLEIN, A.; MAGAGNA, D. Wave and tidal current energy – A review of the current state of research beyond technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier. v. 58, p. 1070-1081. May, 2016.

UK DEPARTMENT FOR BUSINESS INNOVAGTION & SKILLS. **Global Innovators**: International Case Studies on Smart Cities. Oct. 2013.

UK DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. **Atlas of UK marine renewable energy resources:** technical report. UK Department of Trade and Industry, London, UK. 2004. Disponível em: <http://www.renewables-atlas.info/>. Acesso em: 07 jul. 2016.

ULMER, S. et al. Automated high resolution measurement of heliostat slope errors. **Solar Energy,** v. 85, n. 4, p. 681-687, apr.2011. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1000023X>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA – UNILA. **Site.** Disponível em: <http://www.unila.edu.br>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC. **Projeto MedFasee**. Disponível em: <http://www.medfasee.ufsc.br>.

UPPSALA UNIVERSITY. Department of Engineering Sciences. **Wave power concept**. Disponível em: <http://www.teknik.uu.se/electricity/research-areas/wave-power/wave-power-concept/>. Acesso em: 07 jul. 2016.

URBANIEC, K.; GRABARCZYK, R. Hydrogen production from sugar beet molasses - A techno-economic study. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 324–329, 2014.

URSÚA, A.; GANDÍA, L.M.; SANCHIS, P. Hydrogen production from water electrolysis: current status and future trends. **Proceedings of the IEEE** v. 100, n. 2, 2012.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY – U.S. DOE. **Adoption of light-emitting diodes in common lighting applications,** jul. 2015.

_____. **CALiPER -** Application summary report 21: Linear (T8) LED Lamps, commercially available LED product evaluation and reporting, mar. 2014.

_____. **DOE Multi-Year research, development, and demonstration plan** - 2015 Production Section. 2015.

_____. **DOE Multi-Year research, development, and demonstration plan** - 2015 Storage Section. 2015.

_____. **DOE Multi-Year research, development, and demonstration plan** - 2015 Delivery Section. 2015.

_____. **Energy sector cybersecurity framework implementation guide**. Disponível em: <http://energy.gov/sites/prod/files/2015/01/f19/EnergySectorCyber securityFrameworkImplementationGuidance_FINAL_01-05-15.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2016.

_____. **Manufacturing roadmap solid-state lighting research and development.** Ago. 2014.

_____. **National SCADA test bed.** Disponível em: < http://energy.gov/oe/technology-development/energy-delivery-systems-cybersecurity/national-scada-test-bed>. Acesso em: 18 mai. 2016.

_____. **Sensor technologies for a smart transmission system**. An EPRI White Paper, 2009. Disponível em: < http://energy.gov/oe/downloads/sensor-technologies-smart-transmission-system>.

_____. **Tecnology roadmaps.** Disponível em: < http://energy.gov/eere/ssl/>.

_____.**Technology Readiness Assessment Guide.** 2011. Disponível em: <www.directives.doe.gov>. Acesso em: 2015.

_____. **Technology Readiness Assessment (TRA)** / Technology Maturation Plan (TMP) Process Implementation Guide. 2013.

_____. **Efficiency and renewable energy marine and hydrokinetic database.** Energy Efficiency and Renewable Energy, US Department of Energy, Washington, DC, USA. 2010. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/windandhydro/hydrokinetic/default.aspx>.

USACHEV, I.N. The outlook for world tidal power development. **International Journal on Hydropower and Dams**, v. 15, n. 5, p. 100-105. 2008.

USINA hidrelétrica de Marmelos. **Wikipedia** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/ wiki/Usina_Hidrelétrica_de_Marmelos>.

USINAS de ondas de pecém está abandonada. **Diário do Nordeste**, 30 set. 2014. Disponível em: < http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/ usina-de-ondas-do-pecem-esta-abandonada-1.1112312 >.

VAHEDI, H.; KARRARI, M.; GHAREHPETIAN, G.B. Accurate SFS parameter design criterion for inverter-based distributed generation. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 31, n. 3, p. 1050-1059, Jun. 2016.

VAN BASSHUYSEN, R.; SCHÄFER, F. **Internal combustion engine handbook:** basics, components, systems, and perspectives. s.l. SAE International, 2014.

VAN DEN ENDE, K.; GROEMAN, F. **Blue Energy.** Leonardo Energy, KEMA Consulting, Arnhem, The Netherlands. 2007. Disponível em: <http://www.leonardo-energy.org/webfm_send/161>. Acesso em: 07 jul. 2016.

VANZWIETEN, J.; DRISCOLL, F.R.; LEONESSA, A.; DEANE, G. Design of a prototype ocean current turbine–Part I: mathematical modeling and dynamics simulation. **Ocean Engineering,** v. 33, n. 11-12, p. 1485-1521. 2005.

VARGAS, A.; SAMPER, M.E. Real-time monitoring and economic dispatch of smart distribution grids: high performance algorithms for DMS applications. **IEEE Transactions on Smart Grid.** v. 3, n. 2, 2012.

VEGA, L.A. Ocean thermal energy conversion. **Encyclopedia of sustainability science and technology,** Springer, p. 7296-7328, 2012. Disponível em: <http://hinmrec.hnei.hawaii.edu/wpcontent /uploads/2010/01/OTEC-Summary-Aug-2012.pdf>.

_____. Ocean thermal energy conversion primer. **Marine Technology Society Journal**, v. 6, n. 4 Winter, p. 25-35. 2002.

VENÂNCIO, S.A.; MIRANDA, P.E.V. de. Synthesis of CeAlO3/CeO2–Al2O3 for use as a solid oxide fuel cell functional anode material. **Ceramics International**, v. 37, is. 8, p. 3139-3152, 2011.

VIANNA, J.T.A.; ARAUJO L.R.; PENIDO, D.R.R. High impedance fault area location in distribution systems based on current zero sequence component. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 2, p. 759-766, Feb. 2016.

VIAWAN, F.A.; KARLSSON, D. Voltage and reactive power control in closed loop feeders with distributed generation. In: POWER TECH, 2007 IEEE Lausanne, **Conference Paper**. Lausanne, 2007, p. 549-554. Disponível em: < https://www.researchgate.net/ publication/4341621_Voltage_and_Reactive_Power_Control_in_Closed_Loop_Feeders_with_Distributed_Generation>.

VIEIRA, J.G.; GRANATO, S. **Smart grid News.** Disponível em: <http://smartgridnews.com.br/conheca-com-exclusividade-o-primeiro-trabalho-sobre-smart-grid-desenvolvido-por-pesquisadores-brasileiros/>. 2011.

VIKING project: An initiative on resilient control of power networks. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=5251361&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel5%2F5235873%2F5251339%2F05251361.pdf%3Farnumber%3D5251361>. Acesso em: 19 mai. 2016.

VIOTTI, E. B**. Fundamentos e evolução dos indicadores de CT&I**. In: VIOTTI, E. B.; MACEDO, M. M. (organizadores) Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil. – Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003.

VITERBO, J.C. **Geração de energia elétrica a partir da fonte eólica offshore**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Engenharia Naval Oceânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008.

VON REEKEN, F. et al. **Parabolic through CSP techology** - State of the art and market overview. Brazil: Projeto Energia Heliotérmica. Brasília, 2015. Disponível em: <http://edge.rit.edu/edge/P15484/public/Detailed%20Design%20Documents/Solar%20Trough%20Preliminary%20analysis%20references/CSP%20Parabolic%20Trough%20Technology%20for%20Brazil.pdf>.

WANG, C.; NEHRIR, M.H. Power management of a stand-alone wind/photovoltaic/fuel cell energy system. **IEEE Transactions on Energy Conversion,** v. 23, n. 3, sept. 2008.

WANG, C. et al. A Highly integrated and reconfigurable microgrid testbed with hybrid distributed energy sources. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 451-459, Jan. 2016.

WANG, C.; LU, W. **Analysis method and reserves estimation on ocean energy resources.** Beijing, China: Ocean Press, 2009.

WANG, L.; YU, H. Biodiesel from Siberian apricot (Prunus sibirica L.) seed kernel oil. **Bioresource Technology,** v. 112, n. Jul. 2010, p. 355–358, mai. 2012.

WANG, X.; FREITAS, W. Impact of positive-feedback anti-islanding methods on small-signal stability of inverter-based distributed generation. **IEEE Transactions on Energy Conversion,** v. 23, n. 3, p. 923-931, Sept. 2008.

WANG, Z.; WANG, J. Self-healing resilient distribution systems based on sectionalization into microgrids. **IEEE Transactions on Power Systems,** v. 30, n. 6, p. 3139-3149, Nov. 2015.

WANG, Z.; CHEN, B.; WANG, J.; CHEN, C. Networked microgrids for self-healing power systems. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 7, n. 1, p. 310-319, Jan. 2016.

WATANABE E.H. et al. **Alternativas não convencionais para transmissão de energia elétrica** - Meia onda e transmissão em CA segmentada. Brasília, DF: Goya Editora Ltda. 2013. 560p.

WATANABE, E.H. et al. Tecnologia Facts – Tutorial. **SBA Controle & Automação,** v. 9, n. 1, Jan.-Abr. 1998.

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social network analysis: methods and applications.** Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

WEARABLES intelligence in energy. Direção: Andreas Nicholas and Andrew Gisch. Produção: Andrew Gisch. Pós-Produção: Andrew Migliori. Produtora: AnderImage. [S.l.]: 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=lkH88TTgt6A& feature=youtube>. Acesso em: 15 fev. 2016.

WEG S.A. **Site**. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/WEG_S.A > e <http://www.weg.net>

WEISSER, D.; GARCIA, R.S. Renewable energy: instantaneous wind energy penetration in isolated electricity grids - concepts and review. **Science Direct**, Londres, UK, v. 30, p. 1299–1308, 2005.

WILLIS, H.L.; RASHID, M.H. **Protective relaying:** principles and applications. 3rd ed. Los Angeles, CA: Taylor & Francis Group, 2006.

WINDFLOAT. **Site.** Disponível em: <http://www.principlepowerinc.com/en/windfloat>. Acesso em: 07 jul. 2016.

WINSTON, P.B. Upgrading and retrofitting utility protective relaying systems. In: IEEE PES POWER SYSTEMS CONFERENCE AND EXPOSITION, Atlanta, GA, 2006. **Proceedings...** Atlanta, GA: 2006. p. 110-111.

WINTER, K.M. **The RCC ground fault neutralizer – a novel scheme for fast earth-fault protection.** CIRED, 2005.

WISCHKAEMPER, J.A.; BENNER, C.L.; RUSSELL, B.D.; MANIVANNAN, K. Application of Waveform Analytics for Improved Situational Awareness of Electric Distribution Feeders. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 4, p. 2041-2049, Jul. 2015.

WISER, R.; YANG, Z.; HAND, M.; HOHMEYER, O.; INFIELD, D. et al. Wind energy. In: EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; SEYBOTH, K.; MATSCHOSS, P.; KADNER, S. et al. eds. **Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change.** Cambridge: Cambridge University Press, 2012. p. 535–608.

WOLFFENBUTTEL, A. **Investimento estrangeiro direto.** Disponível em: <http://desafios.ipea.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2103:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 7 set. 2017.

WORLD ENERGY COUNCIL. **World energy assessment.** London, UK: 2000.

WU, C.; WANG, Q.; YANG, Z.; WANG W. Monitoring heated water pollution of the DaYaWan nuclear power plant using TM images**. International Journal of Remote Sensing,** 2007.

WU CHAO A.; CHOU, W. eds. **Reviews of accelerator science and technology,** v. 5 Applications of superconducting technology to accelerators. World Scientific Publishing, 2012.

XIAO, L.; DAI, S.; LIN, L. et al. Development of the World's First HTS Power Substation. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity,** n. 22. jun. 2012.

XIAOWEN, T.; CHEN, P. System reliability, safety and quality. In: 2010 CHINA INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION (CICED), p. 1-5, 2010. **Proceedings...** 2010.

XU, M.; SUN, Y.; LI, K.J.; XIAO, W.; LI, H.; GAO, H. A wide area protection scheme for smart distribution network with DG. In: IEEE INDUSTRY APPLICATIONS SOCIETY ANNUAL MEETING, Addison, TX, 2015. **Proceedings...** Addison, TX, 2015. p. 1-5.

XU, Y.; LIU, C.C.; SCHNEIDER, K.P.; TON, D.T. Placement of remote-controlled switches to enhance distribution system restoration capability. **IEEE Transactions on Power Systems,** v. 31, n. 2, p. 1139-1150, Mar. 2016.

XUE-SONG, Z.; LI-QIANG, C.; YOU-JIE, M. Research on smart grid tecnology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE COMPUTER APPLICATION AND SYSTEM MODELING, 3. (ICCASM), 2010. **Proceedings...** p.V3-599-V3-603, 22-24, 2010.

YANG, H.; HAAS, K.A.; FRITZ, H.M. Ocean current energy assessment for the gulf stream. In: ANNUAL MARINE RENEWABLE ENERGY TECHNICAL CONFERENCE, 4th. 30-31 Oct. 2012. **Proceedings...** 2012. Disponível em: <http://www.mrec.umassd.edu/media/supportingfiles/mrec/agendasandpresentations/4thconference/xiu feng_yang.pdf>.

YANG, Z.; WEI, W.; XIANG, S.; KAI-JUN F.; BING-YIN, X. Networking technology of fault indication system based on ZigBee. In: IEEE PES GENERAL MEETING | CONFERENCE & EXPOSITION, National Harbor, MD, 2014. **Proceedings...** National Harbor, MD, 2014, p. 1-5.

ZAVODA, F. Advanced distribution automation (ADA) applications and power quality in Smart Grids. In: CHINA INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION, CICED, 2010. **Proceedings...** 2010, p.1-7.

ZEINELDIN, H.H.; SHARAF, H.M.; IBRAHIM, D.K.; EL-ZAHAB, E.E.D.A. Optimal protection coordination for meshed distribution systems with DG using dual setting directional over-current relays. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 6, n. 1, p. 115-123, Jan. 2015.

ZEINELDIN, H.H.; MOHAMED, Y.A.R.I.; KHADKIKAR, V.; PANDI, V.R. A Protection coordination index for evaluating distributed generation impacts on protection for meshed distribution systems. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 4, n. 3, p. 1523–1532, 2013.

ZENG, K.; ZHANG, D. Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. **Progress in Energy and Combustion Science** n. 36, p. 307 -326, 2010.

ZHAN, H. et al. Relay protection coordination integrated optimal placement and sizing of distributed generation sources in distribution networks. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 1, p. 55-65, Jan. 2016.

ZHANG, H.L. et al. Concentrated solar power plants: Review and design methodology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 22, p. 466-481, 2013.

ZHANG, L.; SUN, K. **Tidal current energy developments in China:** Implementing Agreement for a Co-operative Programme on Ocean Energy Systems (OES-IA) Newsletter, May. 2007, p. 2.

ZHANG, X.; SHAHIDEHPOUR, M.; ALABDULWAHAB, A.; ABUSORRAH, A. Optimal expansion planning of energy hub with multiple energy infrastructures. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 6, n. 5, p. 2302-2311, Sept. 2015.

ZHANG, Y.; LEHNER, T.F.; FUKUSHIMA, T.; SAKAMOTO, H.; HAZELTON, D.W. Progress in production and performance of second generation (2G) HTS wire for practical applications. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 24, n. 5, oct. 2014, 7500405.

ZHANG, Y.; LEHNER, T.F.; FUKUSHIMA, T.; SAKAMOTO, H.; HAZELTON, D.W. Progress in production and performance of second generation (2G) HTS wire for Practical Applications. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY AND ELECTROMAGNETIC DEVICES, Oct. 25-27, 2013, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing, China: 2013.

ZHENG, W.; WU, W.; ZHANG, B.; SUN, H.; LIU, Y. A Fully Distributed reactive power optimization and control method for active distribution networks. **IEEE Transactions on Smart Grid,** v. 7, n. 2, p. 1021-1033, Mar. 2016.

ZIMA, M. **Special protection schemes in electric power systems:** literature survey. Zurich: EEH Power Systems Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology. Jun. 2002.

Anexo - Mapa do conhecimento

Ver documento em formato digital disponível em https://www.cgee.org.br/energia.

Listas

Lista de Figuras

Figura 1 - Categorização do mapa do conhecimento 46

Figura 2 - Lista das dimensões por objetivo 51

Figura 3 - Conceitos listados referentes aos níveis de TRL 69

Figura 4 - Macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 105

Figura 5 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 124

Figura 6 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 142

Figura 7 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 153

Figura 8 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Eólica 160

Figura 9 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica 162

Figura 10 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Solar Heliotérmica 163

Figura 11 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia dos Oceanos 166

Figura 12 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável 168

Figura 13 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível 171

Figura 14 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Geração Hidroelétrica 174

Figura 15 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Energia Nuclear 176

Figura 16 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Armazenamento de Energia 178

Figura 17 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas 180

Figura 18 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 187

Figura 19 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 194

Figura 20 - Macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 248

Figura 21 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Transmissão de Energia Elétrica 262

Figura 22 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica 279

Figura 23 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Transmissão de Energia Elétrica 288

Figura 24 - Identificação dos *cluster*s da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) 294

Figura 25 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC) 296

Figura 26 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados 298

Figura 27 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) 300

Figura 28 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Supercondutores 302

Figura 29 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores 304

Figura 30 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações 306

Figura 31 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão 308

Figura 32 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão 310

Figura 33 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional 312

Figura 34 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 319

Figura 35 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Transmissão de Energia Elétrica 326

Figura 36 - Macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 368

Figura 37 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Distribuição de Energia Elétrica 389

Figura 38 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica 417

Figura 39 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Distribuição de Energia Elétrica 429

Figura 40 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Medição avançada 438

Figura 41 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Automação da rede 440

Figura 42 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes 442

Figura 43 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Segurança Cibernética 444

Figura 44 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 446

Figura 45 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Operação e Manutenção 449

Figura 46 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Subestações e Equipamentos 451

Figura 47 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição 454

Figura 48 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Mobilidade Elétrica 456

Figura 49 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes **459**

Figura 50 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Redes de distribuição aéreas e subterrâneas. 461

Figura 51 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica 464

Figura 52 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 475

Figura 53 - Distribuição geográfica de programas de Pós-Graduação do GT Distribuição de Energia Elétrica 486

Figura 54 - Macrotemáticas do GT Eficiência Energética 549

Figura 55 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Eficiência Energética 559

Figura 56 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética 571

Figura 57 - Distribuição geográfica dos profissionais do GT Eficiência Energética 579

Figura 58 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes 584

Figura 59 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Edificações Eficientes 586

Figura 60 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Indústria 588

Figura 61 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Saneamento 590

Figura 62 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 596

Figura 63 - Distribuição geográfica de Programas de Pós-Graduação do GT Eficiência Energética 602

Figura 64 - Macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 632

Figura 65 - Distribuição geográfica da produção de artigos do GT Assuntos Sistêmicos 643

Figura 66 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos 651

Figura 67 - Distribuição geográfica dos profisssionais do GT Assuntos Sistêmicos 664

Figura 68 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Planejamento de CT&I 672

Figura 69 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado 674

Figura 70 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Demanda por Energia Elétrica 676

Figura 71 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação 678

Figura 72 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão 680

Figura 73 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos Institucionais 682

Figura 74 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Regulação 684

Figura 75 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística 686

Figura 76 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias 688

Figura 77 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas 690

Figura 78 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade 692

Figura 79 - Identificação dos *clusters* da rede colaborativa de profissionais da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos 694

Figura 80 - Distribuição geográfica de laboratórios que desenvolvem pesquisas relacionadas às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 702

Figura 81 - Distribuição geográfica de Programas de Pós-Graduação do grupo temático Assuntos Sistêmicos 710

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Evolução das patentes depositadas no Brasil referente aos GT 98
Gráfico 2 - Percentual das patentes depositadas no Brasil referente aos grupos temáticos 99
Gráfico 3 - Evolução das quantidades de projetos P&D Aneel em cada GT 100
Gráfico 4 - Percentual dos projetos P&D Aneel classificados nos grupos temáticos 101
Gráfico 5 - Evolução dos valores investidos nos projetos P&D Aneel em cada GT 101
Gráfico 6 - Evolução dos artigos científicos produzidos no Brasil 102
Gráfico 7 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 115
Gráfico 8 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 116
Gráfico 9 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 119
Gráfico 10 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 123
Gráfico 11 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 128
Gráfico 12 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 129
Gráfico 13 - Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 130
Gráfico 14 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 131
Gráfico 15 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 132
Gráfico 16 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 133
Gráfico 17 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 134
Gráfico 18 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Armazenamento de Energia, no período de 2008 a 2016 136
Gráfico 19 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia dos Oceanos, no período de 2008 a 2016 136

Gráfico 20 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Eólica, no período de 2008 a 2016 137
Gráfico 21 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia no Nuclear, no período de 2008 a 2016 137
Gráfico 22 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Solar Fotovoltaica, no período de 2008 a 2016 138
Gráfico 23 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Energia Solar Heliotérmica, no período de 2008 a 2016 138
Gráfico 24 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Geração Hidroelétrica, no período de 2008 a 2016 139
Gráfico 25 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível, no período de 2008 a 2016 139
Gráfico 26 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Energia Elétrica em Regiões Remotas no período de 2008 a 2016 140
Gráfico 27 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável no período de 2008 a 2016 140
Gráfico 28 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 141
Gráfico 29 - Patentes depositadas no mundo por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 145
Gráfico 30 - Patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 146
Gráfico 31 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 147
Gráfico 32 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil por depositante residente ou não no Brasil por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 148
Gráfico 33 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 149
Gráfico 34 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 155
Gráfico 35 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 157
Gráfico 36 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 158
Gráfico 37 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 186
Gráfico 38 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 188

Gráfico 39 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados aos GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 189

Gráfico 40 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 190

Gráfico 41 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016 191

Gráfico 42 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016 191

Gráfico 43 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia, no período de 2014 a 2016 192

Gráfico 44 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 193

Gráfico 45 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 196

Gráfico 46 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento 198

Gráfico 47 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 200

Gráfico 48 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 203

Gráfico 49 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 204

Gráfico 50 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 205

Gráfico 51 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 206

Gráfico 52 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 207

Gráfico 53 - Valor total dos projetos financiados pela Finep, por macrotemática, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 207

Gráfico 54 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por ano, do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 208

Gráfico 55 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 209

Gráfico 56 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 210
Gráfico 57 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil, no período de 2007-2016, nas macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 256
Gráfico 58 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Transmissão de Energia Elétrica 257
Gráfico 59 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 260
Gráfico 60 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 261
Gráfico 61 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 266
Gráfico 62 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 267
Gráfico 63 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 268
Gráfico 64 - Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 269
Gráfico 65 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 270
Gráfico 66 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 271
Gráfico 67 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 272
Gráfico 68 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações, no período de 2008 a 2016 273
Gráfico 69 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores, no período de 2008 a 2016 273
Gráfico 70 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel, para a macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissãono, período de 2008 a 2016 274
Gráfico 71 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão, no período de 2008 a 2016 274
Gráfico 72 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional, no período de 2008 a 2016 275
Gráfico 73 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA), no período de 2008 a 2016 275

Gráfico 74 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC), no período de 2008 a 2016 276

Gráfico 75 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados, no período de 2008 a 2016 276

Gráfico 76 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS), no período de 2008 a 2016 277

Gráfico 77 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Supercondutores, no período de 2008 a 2016 277

Gráfico 78 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 278

Gráfico 79 - Patentes depositadas no mundo, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 282

Gráfico 80 - Patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 283

Gráfico 81 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 283

Gráfico 82 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil, por depositante residente ou não no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 284

Gráfico 83 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 285

Gráfico 84 - Percentual, por macrotemática, dos profissionais do GT Transmissão de Energia Elétrica 289

Gráfico 85 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica 292

Gráfico 86 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica 292

Gráfico 87 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 318

Gráfico 88 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 320

Gráfico 89 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Transmissão de Energia Elétrica 321

Gráfico 90 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 322

Gráfico 91 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 322

Gráfico 92 - Montante de patentes e publicações gerado nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 323

Gráfico 93 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 324

Gráfico 94 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 325
Gráfico 95 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica 327
Gráfico 96 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Transmissão de Energia Elétrica 329
Gráfico 97 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica 331
Gráfico 98 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Transmissão de Energia Elétrica 334
Gráfico 99 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 335
Gráfico 100 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Transmissão de Energia Elétrica 336
Gráfico 101 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 337
Gráfico 102 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Transmissão de Energia Elétrica 338
Gráfico 103 - Valor total dos projetos financiados pela Finep, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 338
Gráfico 104 - Valor total dos projetos, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 339
Gráfico 105 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil, no período de 2007-2016, nas macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 378
Gráfico 106 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Distribuição de Energia Elétrica 380
Gráfico 107 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 385
Gráfico 108 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo, no período de 2007 a 2016, das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 386
Gráfico 109 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do setor elétrico brasileiro, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 394
Gráfico 110 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SENDI, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 396
Gráfico 111 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 397
Gráfico 112 - Quantidade de artigos publicados nas edições do CITENEL, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 399
Gráfico 113 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SEPOPE, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 400

Gráfico 114 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 401
Gráfico 115 - Percentual dos projetos P&D Aneel, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 403
Gráfico 116 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Medição Avançada, no período de 2008 a 2016 404
Gráfico 117 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Automação da Rede, no período de 2008 a 2016 404
Gráfico 118 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes, no período de 2008 a 2016 405
Gráfico 119 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Segurança Cibernética, no período de 2008 a 2016 406
Gráfico 120 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), no período de 2008 a 2016 407
Gráfico 121 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Operação e Manutenção, no período de 2008 a 2016 407
Gráfico 122 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Subestações e Equipamentos, no período de 2008 a 2016 409
Gráfico 123 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição, no período de 2008 a 2016 409
Gráfico 124 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Mobilidade Elétrica, no período de 2008 a 2016 410
Gráfico 125 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Geração Distribuída e Microrredes, no período de 2008 a 2016 411
Gráfico 126 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas, no período de 2008 a 2016 412
Gráfico 127 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Qualidade da Energia Elétrica, no período de 2008 a 2016 412
Gráfico 128 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 415
Gráfico 129 - Patentes depositadas no mundo, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 422
Gráfico 130 - Patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 422
Gráfico 131 - Percentual de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 423
Gráfico 132 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil, por depositante residente ou não no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 424

Gráfico 133 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 425
Gráfico 134 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Distribuição de Energia Elétrica 434
Gráfico 135 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 435
Gráfico 136 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica 436
Gráfico 137 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 477
Gráfico 138 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 478
Gráfico 139 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Distribuição de Energia Elétrica 479
Gráfico 140 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados às GT Distribuição de Energia Elétrica 480
Gráfico 141 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 482
Gráfico 142 - Montante de patentes e publicações gerado nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 483
Gráfico 143 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 484
Gráfico 144 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no período de 2014 a 2016 485
Gráfico 145 - Quantidade de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica 487
Gráfico 146 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação do GT Distribuição de Energia Elétrica 489
Gráfico 147 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 492
Gráfico 148 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Distribuição de Energia Elétrica 495
Gráfico 149 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 495
Gráfico 150 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica 496
Gráfico 151 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 497
Gráfico 152 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica 498

Gráfico 153 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 498
Gráfico 154 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por ano, do GT Distribuição de Energia Elétrica 499
Gráfico 155 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 500
Gráfico 156 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica e agência de fomento - 2007-2016 (Valor corrente em R$ milhões) 500
Gráfico 157 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Eficiência Energética 554
Gráfico 158 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Eficiência Energética 555
Gráfico 159 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Eficiência Energética 557
Gráfico 160 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Eficiência Energética 558
Gráfico 161 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do Setor Elétrico Brasileiro (SEB) por macrotemática do GT Eficiência Energética 562
Gráfico 162 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sendi por macrotemática do GT Eficiência Energética 563
Gráfico 163 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Eficiência Energética 564
Gráfico 164 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Citenel por macrotemática do GT Eficiência Energética 565
Gráfico 165 - Evolução das publicações de artigos em eventos do setor elétrico para o GT Eficiência Energética 566
Gráfico 166 - Percentual dos projetos P&D Aneel por macrotemática do GT Eficiência Energética 567
Gráfico 167 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Eficiência Energética 568
Gráfico 168 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Edificações Eficientes no período de 2008 a 2016 568
Gráfico 169 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Indústria no período de 2008 a 2016 569
Gráfico 170 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Saneamento no período de 2008 a 2016 569
Gráfico 171 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes no período de 2008 a 2016 569
Gráfico 172 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Eficiência Energética 570
Gráfico 173 - Patentes depositadas no mundo por macrotemática do GT Eficiência Energética 574

Gráfico 174 - Patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética 574
Gráfico 175 - Percentual de patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética 575
Gráfico 176 - Quantidade de patentes depositadas no Brasil por depositante residente ou não no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética 576
Gráfico 177 - Caracterização das famílias de patentes relacionadas às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 576
Gráfico 178 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Eficiência Energética 580
Gráfico 179 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Eficiência Energética 582
Gráfico 180 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Eficiência Energética 583
Gráfico 181 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 595
Gráfico 182 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 597
Gráfico 183 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Eficiência Energética 598
Gráfico 184 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados ao GT Eficiência Energética 599
Gráfico 185 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 599
Gráfico 186 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética 600
Gráfico 187 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética, no período de 2014 a 2016 601
Gráfico 188 - Investimentos financeiros em *softwares* realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Eficiência Energética, no período de 2014 a 2016 601
Gráfico 189 - Quantidade de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Eficiência Energética 603
Gráfico 190 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação do GT Eficiência Energética 604
Gráfico 191 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Eficiência Energética 606
Gráfico 192 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Eficiência Energética 609
Gráfico 193 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 610
Gráfico 194 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Eficiência Energética 610

Gráfico 195 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 611
Gráfico 196 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep por ano do GT Eficiência Energética 612
Gráfico 197 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 612
Gráfico 198 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por ano do GT Eficiência Energética 613
Gráfico 199 - Valor total dos projetos financiados pelo BNDES Funtec por macrotemática do GT Eficiência Energética - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 614
Gráfico 200 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Eficiência Energética e agência de fomento - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 614
Gráfico 201 - *Ranking* geral dos países que mais publicam no GT Assuntos Sistêmicos 638
Gráfico 202 - Comparativo da produção de artigos entre o mundo e o Brasil no período de 2007-2016 nas macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 639
Gráfico 203 - Evolução das publicações científicas produzidas no mundo no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 641
Gráfico 204 - Evolução das publicações científicas produzidas no Brasil no período de 2007 a 2016 das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 642
Gráfico 205 - Distribuição da produção de artigos publicados em eventos nacionais do SEB por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 646
Gráfico 206 - Quantidade de artigos publicados nas edições do SNPTEE por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 647
Gráfico 207 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sendi por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 648
Gráfico 208 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Citenel por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 649
Gráfico 209 - Quantidade de artigos publicados nas edições do Sepope por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 650
Gráfico 210 - Classificação dos projetos P&D Aneel quanto à cadeia de inovação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 654
Gráfico 211 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Planejamento de CT&I no período de 2008 a 2016 655
Gráfico 212 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado no período de 2008 a 2016 655
Gráfico 213 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Demanda por Energia Elétrica no período de 2008 a 2016 656
Gráfico 214 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Planejamento da Operação no período de 2008 a 2016 656

Gráfico 215 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão no período de 2008 a 2016 657
Gráfico 216 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos Institucionais no período de 2008 a 2016 657
Gráfico 217 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Regulação no período de 2008 a 2016 658
Gráfico 218 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Sistemas de Informação e Estatística no período de 2008 a 2016 658
Gráfico 219 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias no período de 2008 a 2016 659
Gráfico 220 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas no período de 2008 a 2016 659
Gráfico 221 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade no período de 2008 a 2016 660
Gráfico 222 - Evolução da quantidade de projetos e valores investidos no P&D Aneel para a macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos no período de 2008 a 2016 660
Gráfico 223 - Capacitação gerada por meio dos projetos P&D Aneel das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 662
Gráfico 224 - Percentual dos projetos P&D Aneel por macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 663
Gráfico 225 - Percentual por macrotemática dos profissionais do GT Assuntos Sistêmicos 668
Gráfico 226 - Percentual em cada UF da participação dos profissionais por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 669
Gráfico 227 - Percentuais das titulações dos profissionais em cada macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 670
Gráfico 228 - Distribuição geográfica de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 703
Gráfico 229 - Distribuição percentual de laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 704
Gráfico 230 - Caracterização do RH presente nos institutos e laboratórios brasileiros dedicados ao GT Assuntos Sistêmicos 704
Gráfico 231 - Caracterização das atividades desenvolvidas nos laboratórios associados aos GT Assuntos Sistêmicos 705
Gráfico 232 - Caracterização das atividades dos laboratórios na cadeia de inovação disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 706
Gráfico 233 - Montante de patentes e publicações gerados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016 707
Gráfico 234 - Investimentos financeiros em equipamentos realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016 708

Gráfico 235 - Investimentos financeiros em softwares realizados nos laboratórios disponíveis às macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos, no período de 2014 a 2016 708

Gráfico 236 - Quantidade de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 711

Gráfico 237 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação do GT Assuntos Sistêmicos 713

Gráfico 238 - Distribuição das instituições financiadoras de projetos de pesquisa por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos 716

Gráfico 239 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Aneel por ano do GT Assuntos Sistêmicos 718

Gráfico 240 - Valor total dos projetos financiados pela Aneel por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 719

Gráfico 241 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pelo CNPq por ano do GT Assuntos Sistêmicos 720

Gráfico 242 - Valor total dos projetos financiados pelo CNPq por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 720

Gráfico 243 - Quantidade e valor total dos projetos financiados pela Finep por ano do GT Assuntos Sistêmicos 721

Gráfico 244 - Valor total dos projetos financiados pela Finep por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 722

Gráfico 245 - Valor total dos projetos por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos e agência de fomento - 2007-2016 (valor corrente em R$ milhões) 723

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Exemplo de mapa do conhecimento da macrotemática Supercondutores	48
Tabela 2 -	Lista dos objetivos de análise	50
Tabela 3 -	Questionário para análise do TRL	70
Tabela 4 -	Categorias da CNAE utilizadas como filtro na seleção dos grupos de pesquisa com atuação no setor elétrico	77
Tabela 5 -	Mapa conceitual consolidado: objetivo socioambiental	87
Tabela 6 -	Mapa conceitual consolidado: objetivo produção CT&I	88
Tabela 7 -	Mapa conceitual consolidado: Estrutura de CT&I	90
Tabela 8 -	Mapa conceitual consolidado: Industria e Mercado; e Estratégico	92
Tabela 9 -	Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	109
Tabela 10 -	Indicadores de Dimensão Social do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	112
Tabela 11 -	*Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	117
Tabela 12 -	Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática, por UF, para o GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	125
Tabela 13 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	143
Tabela 14 -	Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	144
Tabela 15 -	Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	151
Tabela 16 -	Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia	155
Tabela 17 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Eólica	160
Tabela 18 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Eólica (continuação)	161
Tabela 19 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica	162
Tabela 20 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Heliotérmica	164

Tabela 21 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Solar Heliotérmica (continuação) 165
Tabela 22 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia dos Oceanos 166
Tabela 23 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável 169
Tabela 24 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Termoeletricidade Renovável e Não Renovável (continuação) 170
Tabela 25 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível 172
Tabela 26 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Hidrogênio e Célula a Combustível (continuação) 172
Tabela 27 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Hidroelétrica 175
Tabela 28 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Energia Nuclear 177
Tabela 29 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Armazenamento de Energia 179
Tabela 30 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas 181
Tabela 31 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 183
Tabela 32 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 197
Tabela 33 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 199
Tabela 34 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia por agência de fomento – 2007-2016 202
Tabela 35 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 211
Tabela 36 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 214
Tabela 37 - Priorização das macrotemáticas do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia no contexto do planejamento estratégico 216
Tabela 38 - Matriz de análise da macrotemática Energia Eólica 220
Tabela 39 - Matriz de análise da macrotemática Energia Solar Fotovoltaica 222
Tabela 40 - Matriz de análise da macrotemática Energia Solar Heliotérmica 224
Tabela 41 - Matriz de análise da macrotemática Energia dos Oceanos 226
Tabela 42 - Matriz de análise da macrotemática Térmica Renovável e Não Renovável 229

Tabela 43 -	Matriz de análise da macrotemática Hidrogênio Célula a Combustível	231
Tabela 44 -	Matriz de análise da macrotemática Geração Hidroelétrica	234
Tabela 45 -	Matriz de análise da macrotemática Energia Nuclear	237
Tabela 46 -	Matriz de análise da macrotemática Armazenamento de Energia	239
Tabela 47 -	Matriz de análise da macrotemática Soluções Apropriadas de Geração de Eletricidade em Regiões Remotas	242
Tabela 48 -	Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Transmissão de Energia Elétrica	252
Tabela 49 -	Indicadores de Dimensão Social do GT Transmissão de Energia Elétrica	254
Tabela 50 -	*Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Transmissão de Energia Elétrica	258
Tabela 51 -	Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática, por UF, para o GT Transmissão de Energia Elétrica	263
Tabela 52 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica	280
Tabela 53 -	Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Transmissão de Energia Elétrica	281
Tabela 54 -	Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Transmissão de Energia Elétrica	286
Tabela 55 -	Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Transmissão de Energia Elétrica.	290
Tabela 56 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA)	295
Tabela 57 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC)	297
Tabela 58 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados	299
Tabela 59 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas Flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS)	301
Tabela 60 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Supercondutores	303
Tabela 61 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores	305
Tabela 62 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores (continuação)	305
Tabela 63 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações	307
Tabela 64 -	Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão	309

Tabela 65 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão 311
Tabela 66 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional 313
Tabela 67 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica 314
Tabela 68 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica 328
Tabela 69 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Transmissão de Energia Elétrica 330
Tabela 70 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Transmissão de Energia Elétrica, por agência de fomento – 2007-2016 333
Tabela 71 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Transmissão de Energia Elétrica 340
Tabela 72 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Transmissão de Energia Elétrica 343
Tabela 73 - Priorização das macrotemáticas do GT Transmissão de Energia Elétrica no contexto do planejamento estratégico 345
Tabela 74 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Alternada (CA) 346
Tabela 75 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua (CC) 348
Tabela 76 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Transmissão por Cabos Isolados 350
Tabela 77 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas flexíveis de Transmissão em Corrente Alternada (FACTS) 352
Tabela 78 - Matriz de análise da macrotemática Supercondutores 354
Tabela 79 - Matriz de análise da macrotemática Estruturas, Condutores e Isoladores 356
Tabela 80 - Matriz de análise da macrotemática Equipamentos de Alta Tensão e Subestações 358
Tabela 81 - Matriz de análise da macrotemática Operação e Manutenção dos Sistemas de Transmissão 360
Tabela 82 - Matriz de análise da macrotemática Proteção, Automação e Controle do Sistema de Transmissão 361
Tabela 83 - Matriz de Análise da macrotemática Redes Elétricas Inteligentes no Sistema Interligado Nacional 363
Tabela 84 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Distribuição de Energia Elétrica 373
Tabela 85 - Indicadores de Dimensão Social do GT Distribuição de Energia Elétrica 375
Tabela 86 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Distribuição de Energia Elétrica 382
Tabela 87 - Percentuais da produção de artigos, em cada macrotemática, por UF, para o GT Distribuição de Energia Elétrica 391

Tabela 88 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica 418

Tabela 89 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Distribuição de Energia Elétrica 420

Tabela 90 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 426

Tabela 91 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática, por UF, para o GT Distribuição de Energia Elétrica 431

Tabela 92 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Medição Avançada 439

Tabela 93 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Automação da Rede 441

Tabela 94 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes 443

Tabela 95 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Segurança Cibernética 445

Tabela 96 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Segurança Cibernética (continuação) 445

Tabela 97 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 447

Tabela 98 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) – (continuação) 448

Tabela 99 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção 450

Tabela 100 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Operação e Manutenção (continuação) 450

Tabela 101 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Subestações e Equipamentos 452

Tabela 102 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Subestações e Equipamentos (continuação) 453

Tabela 103 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição 455

Tabela 104 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Mobilidade Elétrica 457

Tabela 105 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Mobilidade Elétrica (continuação) 458

Tabela 106 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes 460

Tabela 107 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes (continuação) 460
Tabela 108 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas 462
Tabela 109 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas (continuação) 463
Tabela 110 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica 465
Tabela 111 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica (continuação) 466
Tabela 112 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica 467
Tabela 113 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Distribuição de Energia Elétrica 488
Tabela 114 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de programas de Pós-Graduação associados, por macrotemática, do GT Distribuição de Energia Elétrica 490
Tabela 115 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Distribuição de Energia Elétrica, por agência de fomento – 2007-2016 493
Tabela 116 - Indicadores de Dimensão de Mercado do GT Distribuição de Energia Elétrica 501
Tabela 117 - Indicadores de Cadeia Produtiva do GT Distribuição de Energia Elétrica 504
Tabela 118 - Priorização das macrotemáticas do GT Distribuição de Energia Elétrica, no contexto do planejamento estratégico 506
Tabela 119 - Matriz de análise da macrotemática Medição Avançada 508
Tabela 120 - Matriz de análise da macrotemática Automação da Rede 510
Tabela 121 - Matriz de análise da macrotemática Compartilhamento de Serviços no Contexto das Cidades Inteligentes 513
Tabela 122 - Matriz de análise da macrotemática Segurança Cibernética 516
Tabela 123 - Matriz de análise da macrotemática Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) 519
Tabela 124 - Matriz de análise da macrotemática Operação e Manutenção 523
Tabela 125 - Matriz de análise da macrotemática Subestações e Equipamentos 526
Tabela 126 - Matriz de análise da macrotemática Infraestrutura de Proteção, Automação e Controle da Distribuição 529
Tabela 127 - Matriz de análise da macrotemática Mobilidade Elétrica 532
Tabela 128 - Matriz de análise da macrotemática Geração Distribuída e Microrredes 536
Tabela 129 - Matriz de análise da macrotemática Redes de Distribuição Aéreas e Subterrâneas 540
Tabela 130 - Matriz de análise da macrotemática Qualidade da Energia Elétrica 544
Tabela 131 - Indicadores de Dimensão Ambiental do GT Eficiência Energética 551
Tabela 132 - Indicadores de Dimensão Social do GT Eficiência Energética 552
Tabela 133 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Eficiência Energética 556

Tabela 134 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática por UF para o GT Eficiência Energética 560
Tabela 135 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética 572
Tabela 136 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Eficiência Energética (continuação) 572
Tabela 137 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria quanto para similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Geração de Energia Elétrica e Armazenamento de Energia 573
Tabela 138 - Empresas e instituições com maior número de patentes depositadas no Brasil por macrotemática do GT Eficiência Energética 578
Tabela 139 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática por UF para o GT Eficiência Energética 580
Tabela 140 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes 585
Tabela 141 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes (continuação) 585
Tabela 142 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Edificações Eficientes 587
Tabela 143 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Indústria 589
Tabela 144 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Indústria (continuação) 589
Tabela 145 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Saneamento 591
Tabela 146 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Eficiência Energética 593
Tabela 147 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Eficiência Energética (%) 604
Tabela 148 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Eficiência Energética (%) 605
Tabela 149 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Eficiência Energética por agência de fomento – 2007-2016 608
Tabela 150 - Indicadores de Dimensão Mercado do GT Eficiência Energética 615
Tabela 151 - Indicadores de cadeia produtiva do GT Eficiência Energética 617
Tabela 152 - Priorização das macrotemáticas do GT Eficiência Energética no contexto do planejamento estratégico 619
Tabela 153 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Iluminação Eficientes 620

Tabela 154 - Matriz de análise da macrotemática Edificações Eficientes 622
Tabela 155 - Matriz de análise da macrotemática Indústria 624
Tabela 156 - Matriz de análise da macrotemática Saneamento 626
Tabela 157 - Indicadores de Dimensão Social do GT Assuntos Sistêmicos 636
Tabela 158 - *Ranking*, por macrotemática, dos países que mais publicam no GT Assuntos Sistêmicos 640
Tabela 159 - Percentuais da produção de artigos em cada macrotemática por UF para o GT Assuntos Sistêmicos (%) 644
Tabela 160 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos 652
Tabela 161 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa de pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos (continuação) 652
Tabela 162 - Apresentação das arestas e dos valores de grau médio tanto para coautoria como similaridade semântica da rede colaborativa dos pesquisadores participantes dos projetos P&D Aneel do GT Assuntos Sistêmicos 653
Tabela 163 - Percentuais da atuação dos profissionais em cada macrotemática por UF para o GT Assuntos Sistêmicos (%) 665
Tabela 164 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Planejamento de CT&I 673
Tabela 165 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado 675
Tabela 166 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Demanda por Energia Elétrica 677
Tabela 167 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação 679
Tabela 168 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão 681
Tabela 169 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos Institucionais 683
Tabela 170 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Regulação 685
Tabela 171 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística 687
Tabela 172 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias 689
Tabela 173 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias (continuação) 689
Tabela 174 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas 691

Tabela 175 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Modelos de Avaliação de Políticas Públicas (continuação) 691
Tabela 176 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade 693
Tabela 177 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos 695
Tabela 178 - Principais palavras-chave que caracterizam cada *cluster* da rede colaborativa da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos (continuação) 695
Tabela 179 - Redes de similaridade semântica e de coautoria das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos 696
Tabela 180 - *Ranking* das cinco UFs com maior número de Programas de Pós-Graduação por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos (%) 712
Tabela 181 - *Ranking* das cinco áreas de avaliação com maior quantidade de Programas de Pós-Graduação associados por macrotemática do GT Assuntos Sistêmicos (%) 714
Tabela 182 - Estatísticas descritivas dos projetos acerca do GT Assuntos Sistêmicos por agência de fomento – 2007-2016 717
Tabela 183 - Priorização das macrotemáticas do GT Assuntos Sistêmicos no contexto do planejamento estratégico 725
Tabela 184 - Matriz de análise da macrotemática Planejamento de CT&I 726
Tabela 185 - Matriz de análise da macrotemática Modelos Econômicos e de Mercado 728
Tabela 186 - Matriz de análise da macrotemática Demanda por Energia Elétrica 730
Tabela 187 - Matriz de análise da macrotemática Modelos de Planejamento da Operação 732
Tabela 188 - Matriz de análise da macrotemática Modelos de Planejamento da Expansão 733
Tabela 189 - Matriz de análise da macrotemática Modelos Institucionais 735
Tabela 190 - Matriz de análise da macrotemática Regulação 737
Tabela 191 - Matriz de análise da macrotemática Sistemas de Informação e Estatística 739
Tabela 192 - Matriz de análise da macrotemática Análise dos Impactos das Tecnologias 741
Tabela 193 - Matriz de análise da macrotemática Avaliação de Políticas Públicas 742
Tabela 194 - Matriz de análise da macrotemática Normalização, Regulamentação e Avaliação de Conformidade 744
Tabela 195 - Matriz de análise da macrotemática Tecnologia para Capacitação de Recursos Humanos746

Lista de siglas e abreviaturas

ABCM | Associação Brasileira do Carvão Mineral
ABDI | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas
Abradee | Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
AES Eletropaulo | Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.
AES SUL | Distribuidora Gaúcha de Energia S.A.
ALT | *Accelerated Life Testing*
AMI | *Advanced Metering Infrastructure*
Ampla | Ampla Energia e Serviços S.A.
Anatel | Agência Nacional de Telecomunicações
Aneel | Agência Nacional de Energia Elétrica
Apine | Associação Brasileira dos Produtores Independentes de Energia Elétrica
ANSI | *American National Standards Institute*
BI | *Business Intelligence*
BIPV | *Building Integrated Photovoltaics*
BMS | *Battery Management System*
BNDES | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BoS | *Balance of System*
BP | Bloco de pesquisa
CA | Corrente Alternada
Capes | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CB-Solar | Centro Brasileiro para o Desenvolvimento de Energia Solar Fotovoltaica da PUC-RS
CC | Corrente Contínua
CCEE | Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCTN | Curso de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da UFMG
CDTN | Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da UFMG
CDTN | Centro de Desenvolvimento de Tecnologia Nuclear
CEA | Companhia de Eletricidade do Amapá
Ceal | Companhia Energética de Alagoas
CEB | Companhia Energética de Brasília
CEB-DIS | CEB Distribuição S.A.
CEEE-D | Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica
CEEI | Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Cefet-MG | Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Celesc-DIS | Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.
Celg-D | Companhia Energética de Goiás
Celpa | Centrais Elétricas do Pará S.A.
Celpe | Companhia Energética de Pernambuco
Cemar | Companhia Energética do Maranhão

Cemig | Companhia Energética de Minas Gerais S.A.
CEN | *Comité Européen de Normalisation*
CENELEC | *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*
Cenpes | Centro de Pesquisas e Desenvolvimento
Cenpes | Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello
Cepel | Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Cepisa | Companhia Energética do Piauí
Ceron | Centrais Elétricas de Rondônia
Cert | Centro de Monitoramento e Respostas de Ciberataques
Certaja Energia | Cooperativa Regional de Energia Taquari Jacuí
Certi | Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras
Cesar | Centro de Estudos e Sistemas Avançados
Cesar | Instituto Cesar
Cesp | Companhia Energética de São Paulo
Cetril | Cooperativa de Eletrificação de Ibiúna e Região
CFLO | Companhia Força e Luz do Oeste
CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CGSI | Comitê Gestor de Segurança da Informação
CGTF | Central Geradora Termelétrica Fortaleza S.A.
CGTI | Centro de Gestão de Tecnologia e Inovação
CHESF | Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CIM | *Common Information Model*
Citenel | Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica
CMM | Conversores multiníveis modulares
CNI | Confederação Nacional da Indústria
CNPEM | Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais
CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CODs | Centros de Operação da Distribuição
Coelba | Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
Coelce | Companhia Energética do Ceará
COP | Coeficiente de *Performance*
Copel | Companhia Paranaense de Energia
Coppe | Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro
CoS | *Class of Service*
COSEM | *Companion Specification for Energy Metering*
Cosern | Companhia Energética do Rio Grande do Norte
COSs | Centros de Operação do Sistema
CPFL Jaguari | Companhia Jaguari de Energia Elétrica
CPFL Mococa | Companhia de Luz e Força de Mococa
CPFL Paulista | Companhia Paulista de Força e Luz
CPFL Piratininga | Companhia Piratininga de Força e Luz
CPFL Santa Cruz | Companhia Luz e Força Santa Cruz

CPFL Sul Paulista | Companhia Sul Paulista de Energia Elétrica
CPNI | *Centre for the Protection of National Infrastructure*
CPqD | Fundação Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Telecomunicações
Creden | Câmara de Relações Exteriores e Defesa Nacional
CRM | *Customer Relationship Management*
CSWG | *Cyber Security Working Group*
CTI | Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
CT&I | Ciência, Tecnologia e Inovação
DA | *Distribution Automation*
DEC | Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora
DER | *Distributed Energy Resource*
DLMS | *Device Language Message Specification*
DMED | DME Distribuição S.A.
DMS | *Distribution Management System*
DNP | *Distributed Network Protocol*
DSCP | *Differentiated Services Code Point*
EAD | Ensino a Distância
ECEs | Esquemas de Controle de Emergência
ECIL | Empresa Comercial Importadora Ltda.
ECS | Esquemas de Controle de Segurança
EDP Bandeirante | Bandeirante Energia S.A.
EDP Escelsa | Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.
E-E | Empresa-Empresa
Eldorado | Instituto de Pesquisas Eldorado
Elektro | Elektro Eletricidade e Serviços S.A.
Elepot | Laboratório de Eletrônica de Potência
Eletroacre | Companhia de Eletricidade do Acre
Eletrobras AC | Eletrobras Distribuição Acre
Eletrobras AL | Eletrobras Distribuição Alagoas
Eletrobras AM | Eletrobras Distribuição Amazonas
Eletrobras PI | Eletrobras Distribuição Piauí
Eletrobras RO | Eletrobras Distribuição Rondônia
Eletrobras RR | Eletrobras Distribuição Roraima
Eletronorte | Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A
ELFSM | Empresa Luz e Força Santa Maria S.A.
Embrapa | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapii | Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
EMS | *Energy Management System*
Energisa BO | Energisa Borborema Distribuidora de Energia S.A.
Energisa BR | Empresa Elétrica Bragantina S.A.
Energisa CI | Caiuá Distribuição de Energia S.A.
Energisa ELO | Companhia Força e Luz do Oeste

Energisa MG | Energisa Minas Gerais
Energisa MS | Energisa Mato Grosso do Sul
Energisa MT | Energisa Mato Grosso
Energisa NA | Companhia Nacional de Energia Elétrica
Energisa NF | Energisa Nova Friburgo
Energisa PB | Energisa Paraíba
Energisa SE | Energisa Sergipe
Energisa TO | Energisa Tocantins
Energisa VP | Empresa de Distribuição de Energia Vale do Paranapanema S.A.
ENISA | *European Network and Information Security Agency*
EPE | Empresa de Pesquisa Energética
EPRI | *Electric Power Research Institute*
Erac | Esquema Regional de Alívio de Carga
Escos | Empresas de Serviços de Conservação de Energia
Espora | Espora Energética S.A.
ESTEC | *European Network of SCADA Security Test Centers for Critical Energy Infrastructures*
ETSI | *European Telecommunication Standart Institute*
FACTS | *Flexible AC Transmission Systems*
FAN | *Field Area Network*
Fapeu | Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária
Fapemig | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
Fapesp | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FAPs | Fundações de Amparo à Pesquisa
FDTE | Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia
FEC | Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora
FEESC | Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina
Fepisa | Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira
Finep | Financiadora de Estudos e Projetos
FFD | *Full Function Devices*
Fitec | Fundação para Inovações Tecnológicas
Funape | Fundação de Apoio à Pesquisa
Fundação Certi | Fundação Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras
FNDCT | Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Fundeb | Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica
Fundunesp | Fundação para o Desenvolvimento da Unesp
Fusp | Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo
Funtec | Fundo Tecnológico
FV | Fotovoltaico
GD | Geração Distribuída
Gedae | Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas da UFPA
GIS | *Geographic Information System*
GIS | Subestações Isoladas a Gás

GLD | Gestão pelo lado da demanda
GPRS | *General Packet Radio Services*
GPS | *Global Positioning System*
GSI-PR
GT | Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República
Grupo Temático
GTD | Geração, Transmissão e Distribuição
HAN | *Home Area Network*
HPP | *Reservoir Hydro Power Plant*
HTS | *High Temperature Superconductors*
HVDC | *High-Voltage, Direct Current*
IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICTs | Instituições Científica, Tecnológica e de Inovação
IEC | *International Electrotechnical Commission*
IED | *Intelligent Electronic Device*
IEE | *Instituto de Energia e Ambiente*
IEEE | *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
IEN | Instituto de Engenharia Nuclear
IEN | Instituto de Engenharia Nuclear da UFRJ
IETF | *Internet Engineering Task Force*
IESs | Institutos de Ensino Superior
Ifal | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas
IFCE | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
IFCE | Instituto Federal do Ceará
IFMA | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão
IFPB | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Iguaçu | Iguaçu Distribuidora de Energia Elétrica LTDA.
Inatel | Instituto Nacional de Telecomunicações
INB | Indústrias Nucleares Brasileiras
Inep | Instituto de Eletrônica de Potência
Inesc Brasil | Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores do Brasil
Inmetro | Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
INPA | Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INT | Instituto Nacional de Tecnologia
IoT | *Internet of Things*
IP | *Internet Protocol*
Ipen | Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
IPT | Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IRD | Instituto de Radioproteção e Dosimetria
ISSO | *International Organization for Standardization*
ITA | Instituto Tecnológico da Aeronáutica
ITER | *International Thermonuclear Experimental Reactor*

Lamef | Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LAP | Laboratório de Automação e Proteção de Sistemas Elétricos do Eletrobras/Cepel

Lapis | Laboratório de Aplicações de Eletrônica de Potência & Integração a Sistemas de Energia

Lapse | Laboratório de Proteção de Sistemas Elétricos da Universidade de Brasília

Lasse | Laboratório de Automação e Simulação de Sistemas Elétricos do Parque Tecnológico Itaipu

Lasup | Laboratório de Aplicações de Supercondutores na Universidade Federal do Rio de Janeiro

LED | *Light Emitting Diode*

LCEE | Laboratório de Condicionamento de Energia Elétrica

Lepten | Laboratórios de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia

LHC | *Large Hadron Collider*

Light | *Light* Serviços de Eletricidade S.A.

LPROT | Laboratório de Pesquisa em Automação e Proteção de Sistemas Elétricos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

LSEE | Laboratório de Sistemas de Energia Elétrica da Universidade de São Paulo

LSF-IEE | Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo

LSITEC | Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico

LSP | Laboratório de Sistemas de Potência da Universidade Federal de Campina Grande

LTRANSP | Laboratório de Estudos de Transitórios Eletromagnéticos e de Proteção em Sistema de Potência da Universidade Estadual de Campinas

M2M | *Machine-to-Machine*

MAN | *Metropolitan Area Network*

MCTIC | Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações

MDC | *Meter Data Collection*

MDIC | Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MDM | *Meter Data Management*

MEC | Ministério da Educação

MMA | Ministério do Meio Ambiente

MME | Ministério de Minas e Energia

MFS | Medição Fasorial Sincronizada

MTU | *Maximum Transmission Unit*

Must | Montante de Uso do Sistema de Transmissão

NAN | *Neighborhood Area Network*

NBR | Norma Brasileira

NERC/CIP | *North American Reliability Corporation/Critical Infrastructure Protection*

NIST | *National Institute of Standards and Technology*

NSTB | *National SCADA Testbed*

OFDM | *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*

O&M | Operação & Manutenção

OLEDs | *Organic Light Emitting Diode*

Ompi | Organização Mundial da Propriedade Intelectual

OMS | *Outage Management System*

ONS | Operador Nacional do Sistema Elétrico

Oplat | Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão

OSI | *Open Systems Interconnection*

PCH | Pequenas Centrais Hidrelétricas
P&D | Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I | Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDC | *Phasor Data Concentrator*
Petrobras | Petróleo Brasileiro S.A.
PKI | Public Key Infrastruture
PLC | Power Line Communication
PMU | Phasor Measurement Unit
PNSIC | Plano Nacional de Segurança de Infraestruturas Críticas
Pnuma | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PEE | Programa de Eficiência Energética
PPGs | Programas de Pós-Graduação
PPP | Parceria Público-Privada
Prime | *Powerline Intelligent Metering Evolution*
PROTLab | Laboratório de Proteção Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais
PTI | Parque Tecnológico Itaipu
PUC-RJ | Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
QoS | *Quality of Service*
REIs | Redes Elétricas Inteligentes
Renasic | Rede Nacional de Segurança da Informação e Criptografia
RF | *Radio Frequency*
RFC | *Request for Comments*
RFD | *Reduced Function Devices*
RGE | Rio Grande Energia S.A.
RLE | Sistema de Registro e Licenciamento de Empresas
SAI | Subestações Isoladas a Ar
SCADA | *Supervisory Control and Data Acquisition System*
SEB | Setor Elétrico Brasileiro
Senai | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Sendi | Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica
SEP | Sistema Elétrico de Potência
SEPs | Sistemas Especiais de Proteção
SFCL | *Superconducting Fault Current Limiters*
SGIP | *Smart Grid Interoperability Panel*
SGIS | *Smart Grid Information Security*
SH | Subestações Híbridas
SiBMA | Sistema Brasileiro de Medição Avançada
SiC | Carboneto de silício
SIEM | *Security Information and Event Management*
Simepar | Sistema Meteorológico do Paraná
SIN | Sistema Interligado Nacional
SIPS | *System Integrity Protection Schemes*

SMES | *Superconducting Magnetic Energy Storage*
SMSF | Sistema de Medição Sincrofasorial
SNTPEE | Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica
SSSC | *Static Synchronous Series Compensator*
STATCOM | *Static Synchronous Compensator*
STD | Sistemas Técnicos Digitais
Sulgipe | Companhia Sul Sergipana de Eletricidade
Superlab | Laboratório de Supercondutividade Aplicada da Universidade Federal Fluminense
SVC | *Static Var Compensator*
TA | Tecnologia de Automação
TC | *Transformadores de Corrente*
TCSC | *Technical Committee on Scalable Computing*
TDM | *Time-division Multiplexing*
TI | Tecnologia de Informação
TICs | Tecnologia de Informação e Comunicação
TP | Transformadores de Potencial
TSC | Transformador de Potência Supercondutor
UE | Universidade
UEL | Universidade Estadual de Londrina
UENF | Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
UEPB | Universidade Estadual da Paraíba
UEPG | Universidade Estadual de Ponta Grossa
UERJ | Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UF | unidade da Federação
UFBA | Universidade Federal da Bahia
UFC | Universidade Federal do Ceará
UFCG | Universidade Federal de Campina Grande
UFES | Universidade Federal do Espírito Santo
UFF | Universidade Federal Fluminense
UFG | Universidade Federal de Goiás
UFGRS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFJF | Universidade Federal de Juiz de Fora
Ufla | Universidade Federal de Lavras
UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais
UFMS | Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
UFOP | Universidade Federal de Ouro Preto
UFPA | Universidade Federal do Pará
UFPB | Universidade Federal da Paraíba
UFPE | Universidade Federal de Pernambuco
UFPR | Universidade Federal do Paraná
UFRGS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ | Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRN | Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFS | Universidade Federal de Sergipe
UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCAR | Universidade Federal de São Carlos
UFSM | Universidade Federal de Santa Maria
UFU | Universidade Federal de Uberlândia
UFV | Universidade Federal de Viçosa
Uhenpal | Usina Hidroelétrica Nova Palma Ltda.
UnB | Universidade de Brasília
Unesp | Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
Unicamp | Universidade Estadual de Campinas
Unifal | Universidade Federal de Alfenas
Unifei | Universidade Federal de Itajubá
Unila | Universidade Latino-Americana
UPFC | *Unified Power Flow Controller*
UPLC | *Ultra Performance Liquid Chromatography*
UPM | Universidade Presbiteriana Mackenzie
USP | Universidade de São Paulo
V2G | Veículo como fonte de geração de energia
VE | Veículos elétricos
VIKING | *Vital Infrastructure, networks, information and control system management*
WAAPCA | *Wide Area Adaptive Protection, Control and Automation*
WAMPAC | *Wide Area Monitoring, Protection, and Control*
WAMS | *Wide Area Monitoring System or Wide Area Measurement System*
WAN | *Wide Area Network*
WAPS | *Wide Area Protecion System*
WASA | *Wide Area Situational Awareness*

Acesse www.cgee.org.br/energia

cgee
Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES

BRASIL
GOVERNO FEDERAL