



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA ACADÊMICO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

LINDOMAYARA FRANÇA FERREIRA

**TRÊS ENSAIOS SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL E O FINANCIAMENTO
PÚBLICO À PESQUISA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO FUNDO SETORIAL DE
ENERGIA**

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2021

LINDOMAYARA FRANÇA FERREIRA

**TRÊS ENSAIOS SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL E O FINANCIAMENTO
PÚBLICO À PESQUISA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO FUNDO SETORIAL DE
ENERGIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Crescimento e Tecnologia

Orientador: Prof. Dr. José Ricardo de Santana

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Márcia Siqueira Rapini

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

LINDOMAYARA FRANÇA FERREIRA

**TRÊS ENSAIOS SOBRE ENERGIA RENOVÁVEL E O FINANCIAMENTO
PÚBLICO À PESQUISA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO FUNDO SETORIAL DE
ENERGIA**

Dissertação de Mestrado Aprovada no Programa Acadêmico de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Sergipe – UFS em 26 de fevereiro de 2021, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Ricardo de Santana – Orientador

Prof.^a Dr.^a Márcia Siqueira Rapini – Coorientadora
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Prof. Dr. Fábio Rodrigues de Moura – Membro Interno
Universidade Federal de Sergipe - UFS

Prof.^a Dr.^a Rosa Livia Gonçalves Montenegro – Membro Externo
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Dedico este trabalho a meu pai, Lindomar, que não mediu esforço. A minha mãe e avó, Rozelma e Josefa, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos. São os meus maiores exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente, a infinitude do amor de Deus que se fez presente em todos os momentos. Meus agradecimentos se estendem também a todos que direta ou indiretamente contribuíram para minha evolução acadêmica e pessoal.

Em especial, ao meu pai Lindomar, que não mediu esforço para me proporcionar essa conquista, por sua compreensão e seu amor dotado de paciência. A minha mãe Rozelma, que embora esteja distante fisicamente, sempre fez questão de estar por perto, me dando apoio emocionalmente e me fazendo acreditar que os sonhos não são impossíveis. Aos meus irmãos, Luiz Gabriel e Lindomarllus por todo o apoio, e a minha afilhada Deysiane pelas palavras de incentivo. Um carinho, mais que um agradecimento, a minha vó Josefa, que com sua doçura nos seus ensinamentos e sua sensibilidade em sempre me entender e aconselhar, me fez ser uma mulher muito mais forte. Sem eles, eu se quer teria me tornado uma economista, então essa conquista é muito mais deles que minha.

Ao meu orientador, Prof.^o Dr. José Ricardo Santana, por todos os ensinamentos na construção desta dissertação e, acima de tudo, por sua confiança e generosidade de me permitir pesquisar sobre a presente temática. Meus agradecimentos também a minha coorientadora, Prof.^a Dr.^a Márcia Siqueira Rapini, não só pela sua disponibilidade dotada de paciência e sabedoria, mas também por ter me conduzido tão bem nesta dissertação. Aos dois, a qual possuo maior respeito e admiração, peço perdão se não atingi o esperado. Sem dúvida são uma inspiração e foram peças fundamentais na minha evolução.

A todos colegas do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFS) pelo acolhimento e aprendizado, ao coordenador Prof.^o Dr. Luiz Carlos Ribeiro, a Prof.^a Fernanda Esperidião, e aos demais professores. Em especial, ao Prof.^o Dr. Fábio Rodrigues de Moura, pela sua disponibilidade em todos os momentos que lhe recorri, se tornou uma referência do pesquisador e docente que desejo ser. Agradeço também, a Prof.^a Dr.^a Rosa Livia Gonçalves Montenegro por ter aceitado o convite para participar da banca examinadora e por todas as observações e contribuições dada ao trabalho.

Meus agradecimentos se estendem também aos meus amigos. Em especial, a meu grande amigo Heleno Alves pela parceria desde a graduação, por ter sido um suporte em todos os momentos nessa fase e por nunca ter medido esforço em me ajudar. A Dayanne Santos, Sivanildo Almeida, Fernanda Rodrigues, Olga Hianni, Ângelo Antônio, Jorge Severino e Cleonice Frexeira pela amizade e o incentivo. Por fim, encerro esse ciclo transbordando gratidão.

RESUMO

A atuação do Estado brasileiro no apoio financeiro à PD&I em energia se consolidou com a criação do Fundo de Energia Elétrica (CT-Energ) – dentro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) com a Lei nº 9.991/2000 –, representando uma reforma crucial no Sistema Nacional de Inovação (SNI). Embora desde 2006 tenha sido ampliado o percentual da aplicação de recursos em atividades de P&D pelas concessionárias, a ausência de fundos de financiamento específicos da PD&I em energias renováveis acarretam uma fragilidade no Sistema Setorial de Inovação em Energia Renovável (SIER) – sendo este, ainda incipiente no Brasil. A presente dissertação se subdivide em três ensaios. No primeiro ensaio, além da discussão teórica em torno dos desafios das energias renováveis no Brasil – com ênfase no esgotamento do atual modelo, no papel da P&D e da atuação do Estado para uma transição energética ambientalmente sustentável –, foi realizado um mapeamento regional das tecnologias renováveis, por meio do indicador de Quociente Locacional (QL), a fim de identificar os seus padrões de especializações. O setor ainda apresenta alguns gargalos, contudo, os resultados mostraram indícios de especialização em energias renováveis na maioria dos estados brasileiros, com destaque para a região Nordeste, que em 2019 apresentou alto grau de especialização na produção de energia eólica e solar. No segundo ensaio, além da discussão em torno da importância da ciência, P&D e inovação para a maturidade das fontes renováveis de energia e o papel do financiamento público, foi realizado uma análise: i) da trajetória de produção científica-tecnológica em energias renováveis e, ii) da capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições, no âmbito científico, por meio do método de análise de redes (*networks*). Os resultados apontam um avanço na produtividade científica entre 2011-2019, porém um enorme descompasso na produtividade tecnológica (*proxy* patentes), o que ressalta o baixo grau de desenvolvimento tecnológico no País. Por fim, o terceiro ensaio, analisou a contribuição do Fundo Setorial de Energia do FNDCT no tocante a sua capacidade de fomento à pesquisa científica em energias renováveis no Brasil, a partir de uma análise econométrica probabilística, entre o período de 2011 a 2015. A base de dados utilizada nas estimativas foi construída a partir da combinação de dados da base do FNDCT/CNPq e o Currículo *Lattes* do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O levantamento consistiu na extração de informações e características dos pesquisadores doutores e doutorandos no período de acesso ao recurso. Os resultados obtidos demonstraram um impacto marginal positivo do Fundo Setorial de Energia de 2,27% sobre a produtividade científica dos pesquisadores da amostra. Assim, dentro desse arcabouço, em que as tecnologias de energias renováveis apresentam um alto potencial de expansão, foi possível justificar a importância da P&D e do financiamento destinado a pesquisa em energias renováveis, de modo a criar um ambiente mais atrativo para outras modalidades de financiamento no Brasil.

Palavras-chave: Energia renovável; Financiamento; P&D; Fundo Setorial de Energia.

ABSTRACT

The performance of the Brazilian State in financial support to PD&I in energy was consolidated with the creation of the Electric Energy Fund (CT-Energ) - within the National Fund for Scientific and Technological Development (FNDCT) with Law nº 9.991/2000 -, representing a crucial reform in the National Innovation System (SNI). Although the percentage of application of resources in R&D activities by the concessionaires has been increased since 2006, the absence of specific financing funds from PD&I in renewable energies causes a weakness in the Sectorial System of Innovation in Renewable Energy (SIER) - this being, still incipient in Brazil. This dissertation is divided into three essays. In the first essay, in addition to the theoretical discussion around the challenges of renewable energy in Brazil - with an emphasis on the depletion of the current model, the role of R&D and the State's role in an environmentally sustainable energy transition - a regional mapping of technologies was carried out renewable sources, through the Locational Quotient (QL) indicator, to identify their specialization patterns. The sector still has some bottlenecks, however, the results showed signs of specialization in renewable energy in most Brazilian states, with emphasis on the Northeast region, which in 2019 showed a high degree of specialization in the production of wind and solar energy. In the second essay, in addition to the discussion about the importance of science, R&D and innovation for the maturity of renewable energy sources and the role of public financing, an analysis was carried out: i) the trajectory of scientific and technological production in renewable energies and, ii) the ability to share knowledge between institutions, in the scientific field, through the network analysis method. The results point to an advance in scientific productivity between 2011-2019, but a huge mismatch in technological productivity (patents), which highlights the low degree of technological development in the country. Finally, the third essay, analyzed the contribution of the sectorial fund of FNDCT energy in terms of its capacity to foster scientific research in renewable energies in Brazil, based on a probabilistic econometric analysis, between the period 2011 to 2015. The database used in the estimates was built from the combination of data from the FNDCT/CNPq database and the Lattes Curriculum of the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq). The survey consisted of the extraction of information and characteristics of researchers with PhDs and PhD students during the period of access to the resource. The results obtained demonstrated a positive marginal impact of the Sectorial Energy Fund of 2.27% on the scientific productivity of the researchers in the sample. Thus, within this framework, in which renewable energy technologies have a high potential for expansion, it was possible to justify the importance of R&D and financing for renewable energy research, to create a more attractive environment for other financing modalities in Brazil.

Keywords: Renewable energy; Financing; R&D; Sectorial Energy Fund.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Emissão de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 107 MtCO _{2e})	34
Figura 2 – Emissão de Gases de Efeito Estufa do Setor Energético (Brasil, 107 MtCO _{2e})	35
Figura 3 – Quociente Locacional da Produção Energética das Fontes Renováveis	37
Figura 4 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Hídrica (Brasil)	38
Figura 5 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Eólica (Brasil)	39
Figura 6 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Solar (Brasil)	40
Figura 7 – Modelo Dinâmico do Quadrante de Pasteur	47
Figura 8 – Principais Políticas e Programas de Incentivo à CT&I no Brasil	50
Figura 9 – Estrutura do Sistema de Inovação no Setor Energético	54
Figura 10 – Esquema para Construção do Banco de Dados de Artigos e Patentes	63
Figura 11 – Rede de interação entre as organizações (2007-2019)	70
Figura 12 – Critérios de Seleção da Base de Dados do CT:ENERG/FNDCT	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Emissão de Gases de Efeito Estufa por Atividade Econômica (Brasil, 107 MtCO ₂ e)	34
Gráfico 2 – Produção de artigos científicos de ER a Nível Mundial (2007-2019)	64
Gráfico 3 – Produção Científica e Tecnológica no Brasil em Fontes de Energia Renováveis	65
Gráfico 4 – Agências Financiadoras da Produção de Artigos de ER no Brasil (2007-2019)	68
Gráfico 5 – Brasil: Recursos dos Fundos Setoriais destinado ao CNPq, 2002-2016 (R\$)	93
Gráfico 6 – Distribuição Regional do CT-Energia, 2006-2016 (R\$)	95
Gráfico 7 – Curva ROC	127
Gráfico 8 – Histograma da Produção de Artigos em Energia Renovável (a) <i>versus</i> Produção em Outras Áreas (b)	128
Gráfico 9 – Histograma da Variável Gênero (a) e a Variável Título (b)	128
Gráfico 10 – Histograma da Variável Ano (a) e Variável Instituição (b)	128
Gráfico 11 – Histograma das Variáveis Regionais (NE,S, CO, SE, N)	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Matriz das Relações entre Incerteza, Inovação, Instrumento e Agência de fomento	58
Quadro 2 – Metas de ER e Instrumentos de Financiamento à ER	60
Quadro 3 – Categorização dos Fundos Setoriais	76
Quadro 4 – Trabalhos Empíricos sobre o Impacto do Financiamento na Produção Científica	80
Quadro 5 – Variáveis a Serem Utilizadas no Método Econométrico	91
Quadro 6 – Especificidade e Sensibilidade do Modelo Logit	127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo da Especialização Regional por Fonte (Brasil, 2019)	41
Tabela 2 – Áreas de Pesquisas dos Artigos Científicos de ER no Brasil (2007-2019)	67
Tabela 3 – Registros de artigos científicos de ER no Brasil por organizações (2007-2019)	68
Tabela 4 – Evolução dos Recursos Destinados à Pesquisa Científica em Ações do CNPq (%)	94
Tabela 5 – Estatística Descritiva	96
Tabela 6 – Correlação das Variáveis do Modelo	97
Tabela 7 – Resultados de Regressões com Modelos para Comparabilidade	100
Tabela 8 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial e das Instituições	102
Tabela 9 – Estatística Descritiva com as Variáveis Padronizadas	123
Tabela 10 – Estatística Descritiva das Variáveis Regionais	123
Tabela 11 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial Log	124
Tabela 12 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial e das Instituições	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisas
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CT-ENERG	Fundo de Energia Elétrica
CT&I	Ciência, Tecnologia e Inovação
EMBRAPII	Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial
ENCTI	Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ER	Energia Renovável
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
GEE	Gases do Efeito Estufa
IEA	Agência Internacional de Energia
IRENA	International Renewable Energy Agency
ISI WOS	Web of Science
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
OMPI	Organização Mundial de Propriedade Intelectual
PACTI	Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação
PADCT	Programas de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico
PBM	Plano Brasil Maior
PDP	Política de Desenvolvimento Produtivo

P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
RENOVABIO	Política Nacional de Biocombustíveis
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa
SNI	Sistema Nacional de Inovação
SSI	Sistema Setorial de Inovação
SIER	Sistema de Inovação em Energia Renovável
UE	União Europeia
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO I – O SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL: UM DEBATE SOBRE A POTENCIALIDADE DAS FONTES RENOVÁVEIS NO CONTEXTO AMBIENTAL E TECNOLÓGICO.....	22
1.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS: DESENVOLVIMENTO, SEGURANÇA ENERGÉTICA E MEIO AMBIENTE.....	23
1.1.1 Crítica a Dicotomia Desenvolvimento e Meio Ambiente.....	24
1.1.2 Segurança Energética e Condições Climáticas.....	27
1.1.3 Desafios da P&D e Inovação para a Transição Energética.....	29
1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS	31
1.3 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	33
1.3.1 Análise Descritiva da Potencialidade das ERs sobre a Mitigação dos Problemas Climáticos.....	33
1.3.2 Especialização Regional na Produção de Energias Renováveis.....	36
1.4 CONSIDERAÇÕES	42
CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS E INCENTIVOS À PESQUISA NO SETOR ENERGÉTICO: ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS E AS SUAS REDES.....	44
2.1 INOVAÇÃO, CIÊNCIA E REDES DE PESQUISAS	45
2.2 INSTITUIÇÕES E AMBIENTE POLÍTICO DE APOIO À CIÊNCIA, PESQUISA E INOVAÇÃO	48
2.2.1 Ambiente Institucional e Arcabouço Legal	49
2.2.2 Características do Setor Energético no Brasil.....	51
2.3 FONTES DE FINANCIAMENTO À CIÊNCIA, PESQUISA E INOVAÇÃO.....	55
2.3.1 Financiamento à PD&I em Energias Renováveis.....	59
2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS	62
2.5 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	64
2.5.1 Evolução da Produção Científica em Energias Renováveis.....	64
2.5.2 Redes de Pesquisa.....	69
2.6 CONSIDERAÇÕES	72
CAPÍTULO III – FINANCIAMENTO À PESQUISA EM ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL: UMA ANÁLISE DO IMPACTO DO FUNDO SETORIAL DE ENERGIA SOBRE A PRODUTIVIDADE CIENTÍFICA.....	74

3.1 FINANCIAMENTO À PESQUISA: CONTRIBUIÇÃO DOS FUNDOS SETORIAIS	75
3.1.1 Financiamento à pesquisa em Energia Renovável no Brasil: Uma Lacuna Preenchida pelo Fundo Setorial de Energia?	77
3.1.2 Evidências Empíricas	79
3.2 DETERMINANTES DA PESQUISA CIENTÍFICA EM ENERGIA RENOVÁVEL	81
3.3 MODELO ECONOMÉTRICO.....	85
3.3.1 Modelo Empírico	85
3.3.2 Descrição Base de Dados e Critério de Seleção	88
3.4 ANÁLISES E DISCUSSÕES.....	92
3.4.1 Trajetória e Distribuição Regional do Fundo Setorial de Energia	93
3.4.2 Análise Econométrica	96
CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PESQUISAS FUTURAS.....	107
APÊNDICE	122
APÊNDICE A – TABELA DE DADOS E RESULTADOS ECONOMÉTRICOS LOGIT	123
APÊNDICE B – GRÁFICO DE ESPECIFICIDADE E SENSIBILIDADE DO MODELO	127
APÊNDICE C – GRÁFICO DE FREQUÊNCIA DAS VARIÁVEIS	128

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia limpa no setor energético teve como pano de fundo duas discussões centrais: a primeira, embasada na dependência do petróleo – dada a crise em 1973 –, e a segunda, em um contexto histórico mais recente, fundamentada na mitigação das mudanças climáticas e nos danos ambientais. Assim, motivado não só com a escassez do petróleo, mas também com as preocupações em torno dos problemas ambientais – a emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE) que potencializam as mudanças climáticas –, as políticas públicas passaram a ser orientadas por um viés econômico-ambiental promovido pela inovação no setor energético ([GOLDEMBERG E LUCON, 2007](#)).

Nos últimos anos, os esforços em energia renovável (ER) têm sido cada vez mais viabilizados por diversos países. De acordo com dados do Relatório em Energia Renovável ([REN, 2019](#)) tem sido crescente o investimento global em ERs, chegando a um total de US\$ 288.9 bilhões de dólares em 2018, sendo este, superior ao total de investimento em combustíveis fósseis e energia nuclear no mesmo ano.

Ainda segundo o relatório, pelo sétimo ano consecutivo a China apresentou a maior participação no investimento mundial em ER, com um montante de US\$ 91,2 bilhões em 2018. Contudo, em relação a 2017 houve uma queda de 37% no investimento, sendo este, o menor valor anual desde 2014. O investimento nos Estados Unidos também apresentou uma participação significativa – aumentou em 1%, para US\$ 48,5 bilhões, o nível mais alto desde 2011 – sobretudo, na fonte de energia eólica, que atingiu US\$ 24,6 bilhões do total em 2018.

Apesar de alguns países terem reduzido seu percentual de investimento em 2018 – como foi o caso do Chile, México, Brasil, Alemanha –, um total de 19 países apresentaram investimentos de mais de US\$ 2 bilhões de dólares cada um, incluindo, pela primeira vez, Ucrânia e Vietnã ([REN21, 2019, p. 149](#)). No Brasil, esse montante de investimento caiu 47%, contabilizando em 2018 um montante de US\$ 3,3 bilhões. Conhecido como referência pelo seu potencial hídrico energético – devido as instalações das grandes Usinas Hidrelétricas –, a ampliação e diversificação com outras fontes de recursos renováveis na matriz energética brasileira ainda é um desafio.

Esses dados ressaltam uma preocupação global em diversificar a matriz energética com fontes renováveis. No entanto, mesmo que as ERs estejam presentes nas discussões de quase todos os países do mundo e apresentem progresso na matriz energética tanto de países desenvolvidos quanto de países em desenvolvimento, o setor ainda é incipiente em termos de

investimento para pesquisa e infraestrutura – como laboratórios e centros de pesquisas, por exemplo.

Cabe mencionar que a atuação do Estado brasileiro no apoio financeiro a produção científica e inovação em energia se consolidou com a política dos Fundos Setoriais, dentro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), com a criação do Fundo de Energia Elétrica (CT-Energ) – Lei nº 9.991/2000 –, representando uma reforma crucial no Sistema Nacional de Inovação (SNI). Embora desde 2006 tenha sido ampliado o percentual da aplicação de recursos em atividades de P&D pelas concessionárias – com 0,75% de sua receita anual líquida – a ausência de fundos de financiamento específicos da PD&I em ERs acarretam uma fragilidade no Sistema de Inovação em Energia Renovável (SIER).

Ainda em consolidação no Brasil, o SIER consiste em um componente do Sistema Setorial de Inovação (SSI), designado como parte integrante do setor de energias. Segundo [Santos \(2015, p. 15\)](#), “define-se o SIER como o conjunto de instituições públicas ou privadas, suas redes e seus instrumentos de pesquisas voltados para interações e articulações de agentes na promoção de CT&I e de P&D nas diversas etapas da produção e uso de ERs”.

Nesta perspectiva, diante de um Sistema de Inovação em Energia Renovável ainda incipiente no Brasil, cabe questionar qual o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia do FNDCT sobre a pesquisa científica em energia renovável?

Considerado como uma importante fonte de financiamento a pesquisa no Brasil, a relação esperada entre os recursos do FNDCT¹ e a *proxy* de base científica (artigos de ERs publicados em periódicos), seria de um impacto positivo ([KANNIBLY JR.; CAROLO, NEGRI \(2013\)](#); [SANTOS \(2015\)](#)). Contudo, as reduções e/ou oscilações do investimento em pesquisa científica e a falta de um Sistema de Inovação em Energia Renovável mais consistente, podem acarretar em duas discussões centrais: i) baixo impacto sobre o indicador de resultado científico (artigos publicados em periódicos) e, ii) centralização em instituições de pesquisa com maior grau de reconhecimento, apresentando um efeito sutil ou nulo do financiamento (*input*) sobre a redução da concentração da pesquisa científica (*output*). Sendo estes os fenômenos de investigação do presente trabalho.

É importante ressaltar que este trabalho assume o papel da ciência e da P&D como vetor para o aumento da produtividade e das mudanças tecnológicas. Detectar mudanças tecnológicas não é uma tarefa fácil, ainda mais se tratando de um ambiente em processo de consolidação. Porém, há diversos indicadores mencionados na literatura como métrica para estimar a direção

¹ Destinados ao Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

e o impacto dessas mudanças ([OCDE, 2013](#)). Nesse sentido, para o fortalecimento de P&D em ERs defende-se uma atuação mais incisiva do Estado, seja por meio de recursos não-reembolsável, reembolsável ou incentivos fiscais direcionado. De modo a criar uma estrutura mais sólida e sem rupturas na elaboração de políticas energéticas sustentáveis, em sincronia com as demais políticas de desenvolvimento regional. Conduzindo assim, a um ambiente mais atrativo para outras modalidades de financiamento.

Mediante à escassez de trabalhos de impacto do financiamento público sobre a produtividade científica em ERs no contexto brasileiro, e por se tratar de uma problemática relevante para as políticas públicas e maturidade do setor, pretende-se com este trabalho apresentar embasamento teórico e empírico que ressaltem a importância do incentivo a ciência e P&D direcionado as tecnologias renováveis. Sobretudo, contribuindo para a formulação de políticas no setor energético, priorizando os determinantes que minimizem as disparidades regionais no âmbito científico e absorvam suas potencialidades.

Em atenção a essas discussões, o objetivo geral do trabalho consiste em analisar a contribuição do Fundo Setorial de Energia do FNDCT no tocante a sua capacidade de fomento à pesquisa científica em energias renováveis no Brasil. Assim, a fim de responder à questão norteadora deste trabalho, além desta introdução e das considerações finais, o estudo será subdividido em três ensaios, cada um contemplando objetivos específicos independentes, porém, interligados ao objetivo geral.

O capítulo I tem como objetivo discutir sobre os desafios das energias renováveis no Brasil, com ênfase no esgotamento do atual modelo, na sustentabilidade, no papel da P&D e da atuação do Estado para uma transição energética ambientalmente sustentável. Assim, será aprofundado o debate sobre as potencialidades das energias renováveis no Brasil, subdividido em quatro seções – incluindo as considerações do capítulo. A ideia central da discussão consistirá na importância das tecnologias ambientalmente corretas e os seus desafios de natureza científica e tecnológica na expansão no setor. Na primeira seção do capítulo I, precede-se uma crítica a falsa dicotomia entre desenvolvimento econômico e meio ambiente, ao qual vem sendo desmistificado com a maturidade do termo desenvolvimento sustentável ([VEIGA E ISSBERNER, 2012](#); [VEIGA, 2012](#); [GOLDEMBERG E LUCON, 2007](#)). Seguido de um debate sobre as potencialidades das fontes renováveis na perspectiva da segurança energética e das condições climáticas, tal como, os desafios da P&D e inovação para uma transição energética ambientalmente correta.

Ainda no capítulo I, a segunda seção apresentará o procedimento metodológico do indicador de Quociente Locacional (QL) e a base de dados, a fim de identificar os padrões de especialização das fontes de energias renováveis nas Unidades da Federação do Brasil. A quarta seção iniciará com uma análise descritiva do potencial das tecnologias renováveis sobre a mitigação dos problemas climáticos – ao qual destaca o setor energético como a terceira atividade de maior emissão de GEE –, posteriormente, será realizada uma análise do QL (2011-2019), ao qual identificará potencialidades e expansão do setor em relação aos dados de 2011.

Espera-se com os resultados obtidos no capítulo I contribuir para o debate da transição energética ambientalmente correta, por apresentar um panorama das potencialidades regionais com as principais tecnologias energéticas e os desafios de natureza científica e tecnológica no Brasil. Além disso, a análise exploratória de dados de emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEE) potencializa as discussões em torno da contribuição advinda do setor energético para a mitigação das mudanças climáticas. Assim, pode-se dizer que o capítulo I abordará elementos condutores para traçar estratégias políticas no âmbito da sustentabilidade, da segurança energética, do desenvolvimento econômico e da inovação.

Posto a contextualização da relevância e dos desafios das fontes renováveis, o capítulo II tem como objetivo discutir a importância da inovação, ciência e P&D para a maturidade das fontes renováveis de energia e o papel do financiamento, tal como, identificar a evolução da produção científica e tecnológica (proxy patentes) e as redes do conhecimento científico em ER. O capítulo se subdivide em seis seções – sendo a última seção as considerações do capítulo –, a primeira seção apresentará uma abordagem teórica sobre o processo de inovação e a fundamentação do termo ciência/pesquisa no modelo linear de Bush *versus* o modelo dinâmico do quadrante de Pasteur ([STOKES, 2005](#)). A segunda seção partirá da descrição do ambiente institucional e legal de apoio à ciência, pesquisa e inovação, seguido do ambiente energético no Brasil e o debate sobre a composição do SIER. Conforme será apontado na literatura ([SANTOS, 2016](#); [PFITZNER ET AL., 2014](#); [SILVEIRA ET AL., 2016](#)), não há um consenso sobre a existência de um sistema de inovação direcionado as energias renováveis. Embora haja alguns gargalos estruturais e institucionais, assume-se no presente trabalho a existência de um sistema de inovação em energias renováveis embrionário.

A terceira seção do capítulo II, discutirá sobre as modalidades de financiamento associadas ao risco de diferentes categorias de inovação, dando ênfase no financiamento público e na experiência mundial em fomentar tecnologias renováveis. A metodologia bibliométrica, o método de redes e a base de dados serão expostas na quarta seção, a fim de

identificar a evolução da produtividade científica e tecnológica no Brasil e a capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições de pesquisas, consecutivamente – cuja análises estarão expostas na quarta seção.

A partir dos resultados obtidos no capítulo II, espera-se complementar as análises do capítulo anterior, sobretudo, expandindo o debate sob o viés da necessidade de incorporar ciência e tecnologia na transição energética. Embora seja uma pauta com um destaque teórico que vem sendo cada vez mais dialogado nos últimos anos, o estudo avança em relação a literatura atual por abordar o método bibliométrico e o método de redes de pesquisas, sendo estas ainda pouco utilizadas na temática.

Posteriormente, o capítulo III tem como objetivo discutir sobre os determinantes da produção científica em energias renováveis e o papel do financiamento do Fundo Setorial de Energia do FNDCT. Subdividido em cinco seções – sendo a última seção as considerações do capítulo –, será iniciado um debate sobre os desafios do financiamento a pesquisa no Brasil, tal como, a política do Fundo Setorial de Energia no fomento as pesquisas em ERs. Embora o Fundo tenha apresentado descontinuidade em sua trajetória, a literatura aponta como o principal instrumento de incentivo destinado para pesquisas no setor.

A segunda seção do capítulo III, discutirá sobre os determinantes da produção científica, com ênfase nas características individuais e observáveis dos pesquisadores, com a finalidade de identificar as principais variáveis que impactam a produtividade científica. O modelo econométrico, a base de dados e os critérios de seleção serão expostos na terceira seção. Na quarta seção será discutido uma análise descritiva da trajetória e distribuição dos Fundos Setoriais, seguida da análise econométrica probabilística.

Diante da relevância da temática que será discutida nos capítulos I e II, os resultados obtidos no capítulo III consistirá na principal contribuição deste trabalho para a literatura teórica e empírica, apresentando resultados e procedimentos inéditos na temática. Para tanto, será possível evidenciar o impacto do financiamento público e lançar uma discussão sobre a necessidade do financiamento direcionado para o ambiente científico e tecnológico de áreas e regiões estratégicas, dado que esses resultados são de interesses dos formuladores de políticas (*policy makers*). Por fim, o capítulo IV tece as principais conclusões do trabalho, tal como, suas limitações e uma agenda de trabalhos futuros.

CAPÍTULO I – O SETOR ENERGÉTICO NO BRASIL: UM DEBATE SOBRE A POTENCIALIDADE DAS FONTES RENOVÁVEIS NO CONTEXTO AMBIENTAL E TECNOLÓGICO

Em 1997, por meio do tratado do Protocolo de Kyoto, países membros industrializados passaram a adotar metas de redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), dentre as quais se inserem diretrizes para modificações da matriz energética com o objetivo de conduzir um desenvolvimento econômico mais sustentável ([UNFCCC, 2020](#)).

Embora seja uma pauta global, a transição para uma matriz energética mais limpa ainda é um desafio. De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (*International Renewable Energy Agency – IRENA*) estimava-se haver 840 milhões de pessoas sem acesso a eletricidade e 2,6 bilhões sem acesso a combustíveis limpos para cozinhar ([IRENA, 2020](#)).

Nos últimos anos, além dos desafios de segurança, universalização do acesso a população e abastecimento, o setor energético assumiu uma pauta central na agenda ambiental geopolítica. O intenso debate no tocante a iminência de uma crise climática, aponta as fontes de energias renováveis (ERs) – hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa, ondas e marés – como tecnologias chave no processo de transição para um desenvolvimento econômico ambientalmente sustentável.

Segundo [Mazzucato \(2013, p. 153\)](#), “o sucesso na transformação de nosso sistema de energia está repleto de mudanças industriais coletivas e complementares”. Adotando o avanço tecnológico como vetor de transformação e de desenvolvimento econômico, para efetivar a tecnologia verde no século XXI faz-se necessário abordar com seriedade a energia renovável, com compromissos financeiros de longo prazo e sem descontinuidade em sua trajetória. No que se refere aos aspectos de fomento, o estímulo ao investimento em inovação² já era destacado por [Schumpeter \(1997\)](#) como imprescindível para o desenvolvimento econômico.

Essa abordagem holística de descarbonização mundial e desenvolvimento econômico requer não só o alinhamento das políticas públicas e atuações incisivas de diversos atores, como também, o incremento na pesquisa e no desenvolvimento (P&D) das tecnologias – sendo estas, indispensáveis para a maturidade e a competitividade comercial das ERs.

Partindo-se da perspectiva de que o Estado possui um papel imprescindível nos incentivos à PD&I, e que o avanço tecnológico é um dos principais aliados tanto na redução

² Consiste na realização de novas combinações de meios produtivos (SCHUMPETER, 1997).

dos custos de tecnologias renováveis – em detrimento de tecnologias tradicionais de energia –, quanto na superação dos gargalos do setor. O presente capítulo propõe discutir sobre os desafios das energias renováveis no Brasil, com ênfase no esgotamento do atual modelo, na sustentabilidade, no papel da P&D e da atuação do Estado para uma transição energética ambientalmente sustentável.

Considerado como um país de alto potencial para expansão das tecnologias renováveis – devido a sua biodiversidade –, o Brasil nos últimos anos tem realizado vultosos investimentos em tecnologias de combustíveis fósseis, o que pode sinalizar uma trajetória na contramão do desenvolvimento sustentável. Não obstante, a atual matriz energética brasileira consiste em 62,72% de fonte hídrica, o que destaca uma preocupação quanto as questões de segurança energética.

Neste contexto, pretende-se realizar um mapeamento das energias renováveis na matriz energética nacional, por meio do indicador de Quociente Locacional (QL), a fim de identificar os avanços e as potencialidades de cada região a partir da produção de energia (kW). Um dos principais resultados apontados consiste na forte especialização das fontes de energia eólica e solar nos estados da região Nordeste, o que ressalta a importância de traçar estratégias de expansão em regiões que apresentam alto grau de especialização e baixo desenvolvimento econômico.

O estudo propõe uma contribuição aos trabalhos presentes na literatura relacionada, ao discutir a urgência de uma transição energética ambientalmente sustentável em conexão com o desenvolvimento econômico, a P&D e atuação do governo, ao qual consiste em abordagens extremamente relevantes para a formulação de políticas públicas.

Além desta introdução, este capítulo está estruturado em mais quatro seções. A primeira seção abordará a agenda da transição energética, na perspectiva da sustentabilidade, da P&D e da atuação do Estado. Os procedimentos metodológicos e a base de dados serão apresentados na segunda seção. Em seguida, as análises exploratórias dos dados estarão expostas na terceira seção. Por fim, a quarta seção propõe discutir algumas conclusões referente ao presente estudo, bem como, as potencialidades e os desafios do setor.

1.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS: DESENVOLVIMENTO, SEGURANÇA ENERGÉTICA E MEIO AMBIENTE

Atualmente a matriz energética brasileira – em fase de “operação” – consiste em 62,72% de fonte hídrica, 16,81% fóssil, 8,96% eólica, 8,7% biomassa, 1,66% solar e 1,14% nuclear. No que se refere à fase de “construção”, a fonte mais representativa é a de energia eólica com 33,6%, seguida da fonte fóssil com 31,29% ([ANEEL, 2020](#)).

O Brasil é um país com inúmeras potencialidades naturais favoráveis as fontes de energias renováveis, contudo, estando longe de ser um país com matriz energética 100% limpa e contrapondo ao cenário de descarbonização mundial, o governo brasileiro tem realizado vultosos investimentos em energias de fontes não renováveis. Além disso, em termos do desenvolvimento tecnológico e estruturas de pesquisas o setor ainda é muito incipiente no país, acarretando uma fragilidade a expansão das fontes renováveis.

Há uma extensa literatura que aborda à relevância das fontes de energias renováveis para mitigação dos problemas climáticos e segurança energética. Nesta perspectiva, a presente seção propõe realizar um debate sobre: i) a percepção dicotômica entre desenvolvimento e meio ambiente, com ênfase no esgotamento do atual modelo; ii) a contribuição das fontes renováveis para a segurança energética e as condições climáticas, e iii) a contribuição da PD&I para a transição energética, tal como, os desafios da P&D e a atuação do Estado.

1.1.1 Crítica a Dicotomia Desenvolvimento e Meio Ambiente

Por volta dos anos 60 e 70, iniciou-se um aprofundamento nos debates em torno da crise ambiental provocada pelo desenvolvimento econômico. Para os ambientalistas, da época, a atividade industrial e o crescimento econômico desencadeavam impactos desastrosos sobre o meio ambiente, sobretudo, por não incorporar custos da poluição ou de desmatamento ([VEIGA; ISSBERNER, 2012](#)).

Essa falsa dicotomia de que não é possível promover desenvolvimento econômico sem interferências no meio ambiente, consiste em um debate intenso, que vem sendo desmistificado com a maturidade do termo desenvolvimento sustentável. Esse conceito, une propositalmente duas abordagens, a primeira embasada nas mudanças climáticas, enquanto a segunda, consiste no desenvolvimento econômico de países periféricos.

Segundo [Goldemberg e Lucon \(2007\)](#), o uso eficiente das tecnologias ambientalmente corretas no início do processo de desenvolvimento, conduzem a um efeito chamado *leapfrogging*, a qual se contrapõe a noção de que, para haver desenvolvimento é necessário gerar impactos ambientais.

Em meio ao debate, em 1987 na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento foi desenvolvido o Relatório de *Brundtland* – também intitulado como Nosso Futuro Comum –, apresentando o termo de desenvolvimento sustentável como “aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” ([ONU, 1991, p. 46](#)).

O desenvolvimento sustentável não é um estado permanente de harmonia, mas um processo de mudança no qual a exploração dos recursos, a orientação dos investimentos, os rumos do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão de acordo com as necessidades atuais e futuras. Sabemos que este não é um processo fácil, sem tropeços. Escolhas difíceis terão de ser feitas. Assim, em última análise, o desenvolvimento sustentável depende do empenho político ([ONU, 1991, p. 10](#)).

O setor energético foi destacado como um setor indispensável na condução de um desenvolvimento ambientalmente correto e, neste sentido, destaca-se como “prioridade máxima à busca de alternativas sensatas do ponto de vista ambiental e ecológico”, de tal modo que, o processo de transformação no setor seria viabilizado pelo esforço tecnológico ([ONU, 1991, p. 16](#)). O debate também ressaltou o papel preponderante do Estado no desenvolvimento de políticas com objetivos explícitos e a importância da cooperação institucional.

De acordo com o trabalho de [Veiga \(2012\)](#), as emissões de dióxido de carbono resultantes do uso de energias fósseis aumentaram 80% desde 1970, em 2009 as emissões foram quase 40% superiores às de 1990, ano de base do Protocolo de Kyoto. Cabe mencionar, que tanto o Protocolo de Kyoto, quanto o Acordo de Paris, foram iniciativas essenciais para a construção de um debate globalizado sobre o aquecimento e as mudanças climáticas. Contudo, atuar apenas sobre a mitigação das mudanças climáticas antropogênicas não é suficiente para se alcançar um desenvolvimento sustentável e, menos ainda, se este esforço for concentrado em apenas um setor econômico.

Em concordância [Goldemberg e Lucon \(2007, p.12\)](#) destacam que a matriz energética brasileira depende dos rumos que o desenvolvimento econômico do país vai seguir. Para os autores, faz-se necessário a elaboração de uma política energética que reconheça esses aspectos, “visto que parte do sistema energético foi privatizado e depende, portanto, de investimentos não-governamentais que não ocorrerão a não ser que regras claras sejam estabelecidas”.

Há uma evidente urgência em discussões pautadas na sustentabilidade social e ambiental do planeta e, portanto, a atuação do Estado brasileiro deve ser incisiva ao estabelecer metas claras em todos os setores, sobretudo, com a internalização desses fatores no desenvolvimento

da política energética. Alinhar todos os setores para um caminho sustentável, não é uma tarefa fácil – dado a complexidade setorial da economia brasileira e dos problemas de caráter social – contudo, faz-se imprescindível estabelecer metas mais ambiciosas e em cooperação com diferentes agentes, conforme aponta o Relatório de *Brundtland*:

Os governos podem estabelecer e fazer cumprir metas e objetivos de qualidade do ar, níveis aceitáveis de descarga de poluentes na atmosfera e critérios e padrões de emissão, como alguns já fazem com sucesso. As organizações regionais devem apoiar essas iniciativas. As agências multilaterais e bilaterais de assistência ao desenvolvimento e os bancos de desenvolvimento deveriam incentivar os governos a exigir o uso das tecnologias de maior rendimento energético sempre que indústrias e serviços de energia planejassem erguer novas instalações ou ampliar as já existentes ([ONU, 1991, p. 198](#)).

Implementada em 2018 – e em compromisso com o Acordo de Paris –, a Agenda 2030 das Nações Unidas³ estabeleceu cinco metas para o desenvolvimento sustentável e para maior acessibilidade as energias. Dentre as metas brasileiras, destacam-se as alterações das metas 7.2, 7.3 e 7.b, respectivamente: i) até 2030, manter elevada a participação de energias renováveis na matriz energética nacional; ii) até 2030, aumentar a taxa de melhoria da eficiência energética da economia brasileira. e iii) até 2030, expandir a infraestrutura e aprimorar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos. Sendo estas, muito inferior da capacidade brasileira e, inclusive as estabelecidas pelas Nações Unidas ([IPEA, 2019](#)).

Os argumentos das alterações no compromisso brasileiro com o Acordo de Paris, foram pautados na atual participação significativa e “suficiente” de fontes renováveis na matriz energética nacional, de modo que, em 2017 a matriz energética consistia em 43,2% de origens renováveis, sendo este, um percentual próximo ao compromisso determinado, de 45% até 2030 ([IPEA, 2019](#)). Esse freio ambivalente – de ter condições favoráveis de ampliação, mas preferir a retração – pode acarretar não só a inibição de crescimento do setor em fontes renováveis, como também, limitar o desenvolvimento tecnológico.

Como mencionado anteriormente, o ponto fundamental para conduzir uma economia ao desenvolvimento sustentável, consiste no compromisso do País em criar condições da expansão de tecnologias ambientalmente corretas e desenvolver políticas com metas claras e ambiciosas.

³ 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) apresentados na “Agenda 2030”, em que foram implementadas 169 metas com as principais problemáticas a serem atendidas pelas nações até 2030. A ODS 7 estabelece metas de acesso às diferentes fontes de energia, principalmente às renováveis, eficientes e não poluentes.

Nesse sentido, a subseção seguinte propõe um debate sobre a conjuntura da política energética na perspectiva da segurança energética e do compromisso climático.

1.1.2 Segurança Energética e Condições Climáticas

Tradicionalmente, as políticas energéticas têm como principal meta promover segurança, universalização do acesso a população e abastecimento energético, sendo estes, ainda um desafio atual. Além desses objetivos básicos, o planejamento energético de longo prazo tem como finalidade a geração de emprego e renda, a redução das desigualdades regionais e a sustentabilidade ambiental ([EPE, 2020](#)).

O surgimento das fontes de energias renováveis ampliou a capacidade de diversificação da matriz energética brasileira – que até então, era majoritariamente dependente de combustíveis fósseis, ou seja, uma fonte altamente poluente e não renovável –, por outro lado, as últimas décadas apresentaram uma migração de dependência energética para as fontes de recursos hídricos – que embora sejam renováveis, possui oscilações nos reservatórios e caráter questionável de energia limpa.

Segundo o relatório *Revolução Energética* desenvolvido pelo [Greenpeace Brasil \(2016\)](#), além do apagão energético em 2001, os anos de 2014 e 2015 registraram uma nova crise no setor energético brasileiro, promovido em grande parte pelo período prolongado da seca. Em linhas gerais, a estratégia adotada pelo governo consistiu na instalação de um elevado número de termelétricas de combustíveis fósseis, sendo estas, programadas para operar somente em períodos críticos, contudo, permaneceram ligadas por quase dois anos ininterruptos. O resultado dessa estratégia de “curto prazo”, em nome da urgência, incidiu no aumento de 72% na tarifa média residencial e na expansão de combustíveis fósseis na matriz energética, ou seja, não só elevou o custo de energia, como também agravou os problemas ambientais.

Em um contexto mais recente, e em meio a uma crise de natureza socioeconômica – gerada pela pandemia da Covid-19 – em 2020, o estado do Amapá sofreu a maior crise energética de sua história. O que evidenciou a fragilidade do setor energético e da atuação do governo em situações de calamidade, em que novamente, adotou-se uma estratégia de curto prazo, com a instalação de duas termoelétricas montadas pela Eletronorte.

Esse modelo predominante torna evidente os desafios que a transição energética de tecnologias ambientalmente corretas enfrentam, sobretudo, tratando dos aspectos de segurança energética e condições climáticas, “o Brasil depende e dependerá por muito tempo de petróleo

e de gás e precisa buscar alternativas que reduzam seu consumo” ([GOLDEMBERG E LUCON, 2007, p. 8](#)). A geração híbrida tem sido vista como uma aposta para minimização desses gargalos e a otimização das potencialidades energéticas locais, de acordo com o [MCTI \(2018\)](#):

A diversificação dos sistemas de geração no Brasil continua como uma das premissas para o desenvolvimento e para a segurança do setor elétrico. Essa diversificação não só ampliará a capacidade de geração de energia elétrica para o SIN, como viabilizará a geração distribuída (GD) e atenderá sistemas localizados em regiões remotas. Essa realidade exigirá o desenvolvimento de novas fontes renováveis ([MCTI, 2018, p. 16](#)).

As metas e ações propostas pelo Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Energias Renováveis e Biocombustíveis – parte integrante da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI 2016-2022) desenvolvida pelo MCTI – para superação dos desafios tecnológicos no setor, basicamente consistem em: i) aumentar a segurança e a eficiência na transmissão e na distribuição de energia elétrica; ii) diversificar as fontes de geração renovável na matriz elétrica; iii) aumentar a capacidade de armazenamento de energia e a despachabilidade das energias renováveis intermitentes; iv) aumentar a eficiência energética em edificações, e v) contribuir para a agregação de novas tecnologias para a eletromobilidade ([MCTI, 2018](#)).

A eficiência energética é, sem dúvida, a maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais. Além disso, a conservação diminui a necessidade de subsídios governamentais para a produção de energia ([GOLDEMBERG E LUCON, 2007, p. 12](#)).

Segundo [Andrade \(2006, p. 180\)](#), “as tecnologias modernas, baseadas no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes, representariam o grande fator desestabilizador do meio ambiente”. Em resposta a uma iminente crise ambiental e energética, vários investimentos em tecnologias alternativas e limpas vêm sendo realizados por diversos países, tal como, o desenvolvimento de tecnologias energéticas e combustíveis alternativos a fim de minimizar as emissões de poluentes e desperdícios dos recursos não renováveis ([ANDRADE, 2006](#)).

De acordo com o relatório Revolução Energética do [Greenpeace Brasil \(2016, p. 31\)](#), é imprescindível a diversificação das fontes renováveis na matriz energética brasileira, demandando “medidas que permitam gerenciar e combinar a geração de fontes com características diferentes, algumas com maior controle e outras com menor previsibilidade, como a energia solar fotovoltaica e a eólica”.

Neste sentido, com o reconhecimento da importância da inovação tecnológica, [Mazzucato \(2011\)](#) aponta que o estágio inicial da transição energética com tecnologia ambientalmente corretas requer uma atuação expressiva do governo, dado que tradicionalmente o setor privado em ambientes de incertezas tendem a apostar em cenários mais seguros – ao invés da inovação radical. Essa contribuição da P&D e da inovação no desenvolvimento de tecnologias no âmbito de uma transição energética sustentável, será discutido com mais profundidade na subseção seguinte.

1.1.3 Desafios da P&D e Inovação para a Transição Energética

Existe uma corrida global de liderança em tecnologias direcionadas a descarbonização, tendo como protagonismo as fontes renováveis na transição energética. O Brasil apresenta inúmeras potencialidades em fontes renováveis ainda subexploradas⁴, sendo este considerado como um setor estratégico de desenvolvimento regional ([BONDARIK, PILATTI E HORST, 2018](#)), crescimento econômico e mitigação de problemas ambientais. Entretanto, há diversos fatores limitantes do setor, principalmente no que se refere a capacidade tecnológica e científica do País.

Nos últimos anos, foram criadas políticas e instrumentos de fomento no avanço em P&D em diversas áreas⁵, e embora haja uma evidente transição na matriz energética brasileira para as fontes renováveis de energia – intensificada em 2011, com o início da construção da Usina hidrelétrica de Belo Monte –, o cenário ainda se caracteriza por um sistema cercado de incertezas. Ou seja, as aplicações dos recursos direcionado a fontes de energias renováveis ainda incidem em um campo embrionário, se comparado as tecnologias convencionais e aos investimentos de outros países.

Os autores [Goldemberg e Lucon \(2007\)](#), argumentam que a disseminação tecnológica pode evitar o efeito *leapfrogging* e condicionar uma transição energética nos países em desenvolvimento, sem ter de passar por estágios intermediários e mais poluentes. Ainda segundo os autores, o Brasil teve uma experiência significativa com o Proálcool e o desenvolvimento tecnológico de biocombustíveis.

⁴ Dado a sua biodiversidade e condições climáticas favoráveis para as tecnologias de fonte eólica e solar nas regiões do Norte e Nordeste, por exemplo.

⁵ Em linhas gerais, o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PADCT), a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PACT), a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), o Plano Brasil Maior (PBM) e a Estratégia Nacional de CT&I (ENCTI).

O Brasil sabe bem como isso funciona, pois desde 1975 o Proálcool obrigou a adição do biocombustível na gasolina. A produção cresceu, a tecnologia se desenvolveu e, hoje, temos os veículos *flex*, que dão liberdade de escolha ao consumidor, e um combustível competitivo nos mercados internacionais. Os custos baixaram com o tempo e tornaram o etanol competitivo com a gasolina no mercado de Rotterdam ([GOLDEMBERG E LUCON, 2007, p. 14](#)).

De acordo com dados do [Greenpeace Brasil \(2016, p. 25\)](#), a biomassa possui uma participação promissora, na indústria, a fonte supre cerca de 39% do consumo energético do setor e, nos transportes, os biocombustíveis representam 17,5% do consumo total de energia. Não obstante, o fornecimento de energia por meio do biogás – a qual é obtido a partir da decomposição de alguns tipos de matéria orgânica – tem sido uma aposta para lidar com o problema da decomposição dos resíduos urbanos, em 2016 por exemplo, o aterro Bandeirantes, em São Paulo apresentou capacidade de abastecimento de cerca de 400 mil habitantes.

Cabe destacar que a contribuição do desenvolvimento tecnológico no setor teve como pano de fundo a criação da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), em 2017. Inicialmente, o Brasil já possuía parte do conhecimento para impulsionar a produção de biodiesel em escala comercial e, embora apresentasse alguns gargalos, a atuação do Estado foi primordial.

MCTI estruturou a base tecnológica existente no País para que, de forma articulada com as ações de outros órgãos do governo e empresas públicas e privadas, pudesse produzir e difundir o conhecimento para aumentar a participação do biodiesel na matriz energética nacional ([MCTI, 2018, p. 22](#)).

Os custos das tecnologias alternativas (eólica, solar, geotérmica, biomassa e oceânica) ainda são superiores aos custos de combustíveis fósseis e hídricos – a qual possuem níveis de maturidade tecnológica diferente –, entretanto, são oportunidades tecnológicas com enorme capacidade de expansão no País, dada as vantagens ecossistêmicas do Brasil.

Segundo o [Greenpeace Brasil \(2016, p. 5\)](#), no médio e longo prazo o cenário é de disseminação, evolução tecnológica e uma redução de custos em fontes pouco exploradas no contexto atual – bem como, usinas de energia solar concentrada e parques eólicos *offshore* –, mas para tal, exige-se à necessidade da ampliação dos investimentos em redes inteligentes e linhas de transmissão, sobretudo, em comunidades remotas.

Em concordância, os autores [Popp, Hascic e Medhi \(2011, p. 3\)](#) destacam que parte da redução dos custos das energias renováveis provém do apoio de políticas no desenvolvimento tecnológico, “seja através meios diretos, como pesquisa e desenvolvimento patrocinados pelo governo (P&D) ou pela promulgação de políticas que apoiam a produção de eletricidade

renovável, como certificados de energia renovável e alimentação nas tarifas”. De acordo com o [MCTI \(2018\)](#), no Brasil:

Os avanços evidenciados nas cadeias produtivas de energias renováveis e biocombustíveis somente foram possíveis devido à estruturação de uma base tecnológica forte, com capacitação laboratorial adequada e com a formação de recursos humanos especializados nas diferentes áreas de conhecimento. Assim, é estratégico para o País aumentar os investimentos em desenvolvimento tecnológico e inovação para consolidar e expandir a participação de fontes energéticas cada vez mais limpas na matriz brasileira ([MCTI, 2018, p. 10](#)).

Em linhas gerais, o [Greenpeace \(2013\)](#), destaca cinco princípios fundamentais para uma revolução energética: i) implementação de soluções renováveis, especialmente por meio de sistemas de energia descentralizados e da expansão de redes de transmissão; ii) respeito aos limites do ambiente na construção de projetos energéticos; iii) eliminação gradual de fontes de energias fósseis e/ou impactantes; iv) melhor distribuição na utilização de recursos naturais e energéticos, e v) quebra do vínculo entre crescimento econômico e o consumo de combustíveis fósseis. Não obstante, acrescenta-se a importância: i) do desenvolvimento tecnológico e científico para maturidade e disseminação de conhecimento no setor, de modo a interagir com diversos atores no setor energético, e ii) o apoio governamental claro, comprometido e estável.

Frente a esse cenário, para a ampliação e maturidade de um portfólio de novas tecnologias no setor energético faz-se primordial um maior esforço científico e tecnológico, tal como, a adequação e consistência das políticas⁶ e a atuação de diversos atores – sobretudo, do Estado – em fontes estratégicas e complementares, para que o modelo predominante de desenvolvimento – com estratégias de curto prazo, ações isoladas e uso de tecnologias poluentes – seja transformado.

1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS

Além da análise descritiva de dados referente as potencialidades das ERs sobre a mitigação dos problemas climáticos antropogênicos, faz-se imprescindível realizar um mapeamento das energias renováveis na matriz energética nacional, por meio do indicador de Quociente Locacional (QL), a fim de identificar os padrões de especialização das fontes de energias renováveis nas Unidades da Federação do Brasil.

⁶ CT&I, energética, ambiental e mudanças climáticas.

Apesar de suas limitações, a análise por meio de indicadores sintetiza importantes informações, de modo que auxiliam na discussão de complexos fenômenos. Embora tratados com parcimônia, as análises por meio desses indicadores são de caráter indispensável para a contextualização da temática.

Nesse sentido, o QL indica padrões de concentração ou dispersão espacial a partir da produção de energia (kW) renovável de cada estado. Ao qual, consiste em um indicador de especialização regional, revelando potencialidades regionais em uma economia. A “intuição é bastante simples. No numerador, tem-se a participação que o setor tem na região, e no denominador, a participação do mesmo setor no país” ([MONASTERIO,2011](#)).

$$QL = \frac{\frac{PRODenergiaRenov Estadual}{PRODenergia Estadual}}{\frac{PRODenergiaRenov Brasil}{PRODenergia Brasil}} \quad (1)$$

Para a construção do QL neste trabalho foram utilizados os dados estaduais de geração de energia de fontes renováveis em relação as não renováveis, conforme mostra a equação 1. Na construção do indicador optou-se por construir indicadores de fontes isoladas, com a finalidade de identificar as suas potencialidades instaladas.

Segundo [Haddad \(1989\)](#), quando o resultado da equação for maior do que 1, diz-se que a região – ou estado – é relativamente mais importante no setor, em relação ao contexto nacional. Contudo, embora o QL seja um cálculo simples, sua interpretação de escala requer cuidados. Assim, considerando um intervalo de três escalas⁷, tem-se a seguinte relação:

- $0 < QL < 1$ para os estados não especializados;
- $1 < QL < 4$ para estados que possuem indícios de especialização em fontes renováveis;
- $QL > 4$ para estados com alto grau de especialização.

Para a execução das análises, realizou-se uma coleta de dados secundários construída a partir de duas principais fontes: i) Empresa de Pesquisa Energética (EPE), e ii) Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). A base de dados referente a geração por fonte de ER no Brasil, foi obtida no portal da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), utilizando como filtro as fontes renováveis isoladas por estado em dois recortes temporais, 2011 e 2019⁸.

⁷ Ver Lima e Simões (2010).

⁸ A fim de comparabilidade em um contexto não pandêmico, caso da Covid-19.

1.3 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Essa seção se subdivide em duas subseções, a primeira apresenta uma análise exploratória de dados, a fim de discutir as potencialidades do setor sobre a mitigação dos problemas climáticos antropogênicos. Enquanto a segunda, apresenta as potencialidades regionais das fontes renováveis obtidas com o cálculo do QL para os anos de 2011 e 2019. Ambos, justificam a importância da presente temática.

1.3.1 Análise Descritiva da Potencialidade das ERs sobre a Mitigação dos Problemas Climáticos

As fontes de energias renováveis são apontadas pela literatura como imprescindíveis para a mitigação das mudanças climáticas. Com a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e em um esforço globalizado, foram estabelecidas metas para mitigação das mudanças climáticas antropogênicas.

No contexto nacional, essas metas de mitigação tiveram como marco a criação da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) em 2010, em que havia sido estabelecido a primeira meta doméstica de redução, contudo, os dados apresentaram uma fraca reversão, com um aumento de 34,8% de emissão na atmosfera ([SEEG, 2020](#)). Na 6ª posição entre os países mais emissores de GEE – com 3,2% do total mundial em 2019 –, o Brasil tem apresentado frágeis estratégias para o cumprimento das metas estabelecidas na agenda internacional.

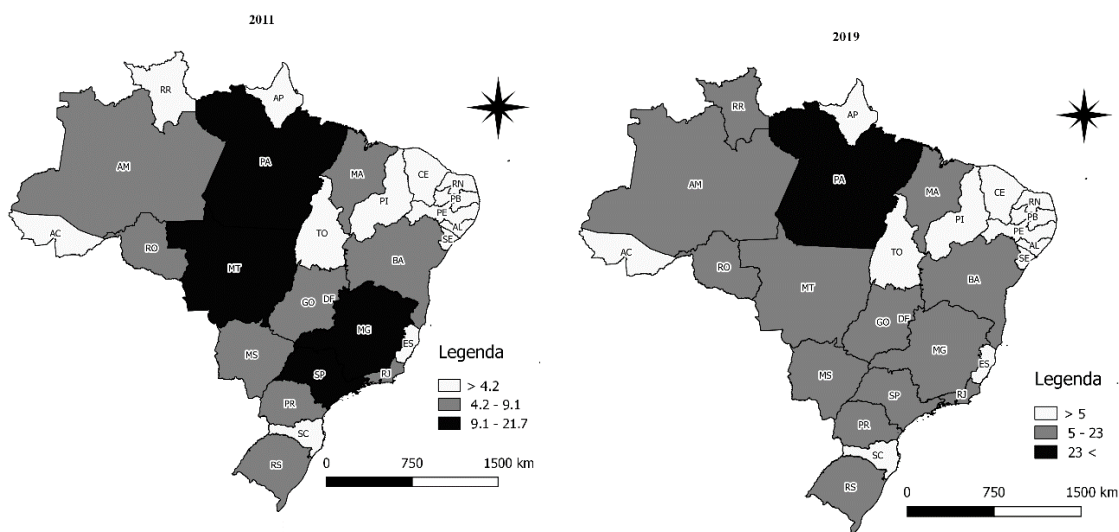
Segundo o relatório do [SEEG \(2020, p. 9\)](#), “qualquer subida das emissões em 2020 fará o país deixar de cumprir a própria lei, apesar dos avanços em alguns planos setoriais de redução de emissões, em especial o da agropecuária”. Cabe mencionar, que o não cumprimento não só atrasaria as medidas de combate as mudanças climáticas, como também, afetaria os compromissos do Brasil junto com a UNFCCC, como o tratado de livre-comércio entre União Europeia e o Mercosul.

A figura 1 mostra as emissões de GEE no âmbito regional no Brasil, entre os anos de 2011 e 2019. Em ambos, destaca-se a região da Amazônia como uma das mais emissoras, sendo que em 2019 apresentou uma proporção ainda maior que em 2011.

Ao longo da trajetória de emissões, o desmatamento é a atividade que mais tem contribuído para a elevação das emissões, sobretudo, nas regiões da Amazônia e do Cerrado.

Em 2003 a atividade emitiu 3 Gt CO₂e, enquanto em 2010 – ano de menores emissões da série histórica – foi o equivalente a 1,69 GtCO₂e, sendo este também, o ano de maior crescimento econômico no período. Porém, desde então, os dados têm apresentado uma reversão, com elevadas emissões “provocada pelo aumento do desmatamento na Amazônia e do uso de combustíveis fósseis na matriz energética, em especial nos transportes” (SEEG, 2020, p. 8).

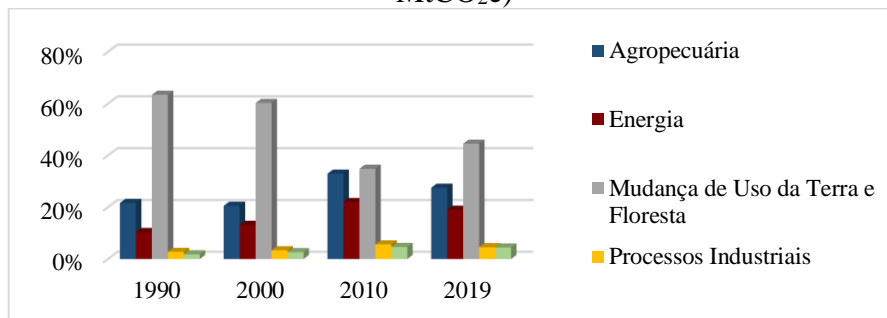
Figura 1 – Emissão de Gases de Efeito Estufa (Brasil, 10⁷ MtCO₂e)



Fonte: Elaboração própria via Qgis (dados coletados na plataforma SEEG Brasil, 2020).

No âmbito setorial, além das atividades de desmatamento, destaca-se a agropecuária e o setor energético. Conforme mostra o gráfico 1, em um recorte de 10 em 10 anos – série iniciada em 1990 – há um padrão de emissão por atividades, em que o setor energético assume a 3^a atividade de maior emissão.

Gráfico 1 – Emissão de Gases de Efeito Estufa por Atividade Econômica (Brasil, 10⁷ MtCO₂e)



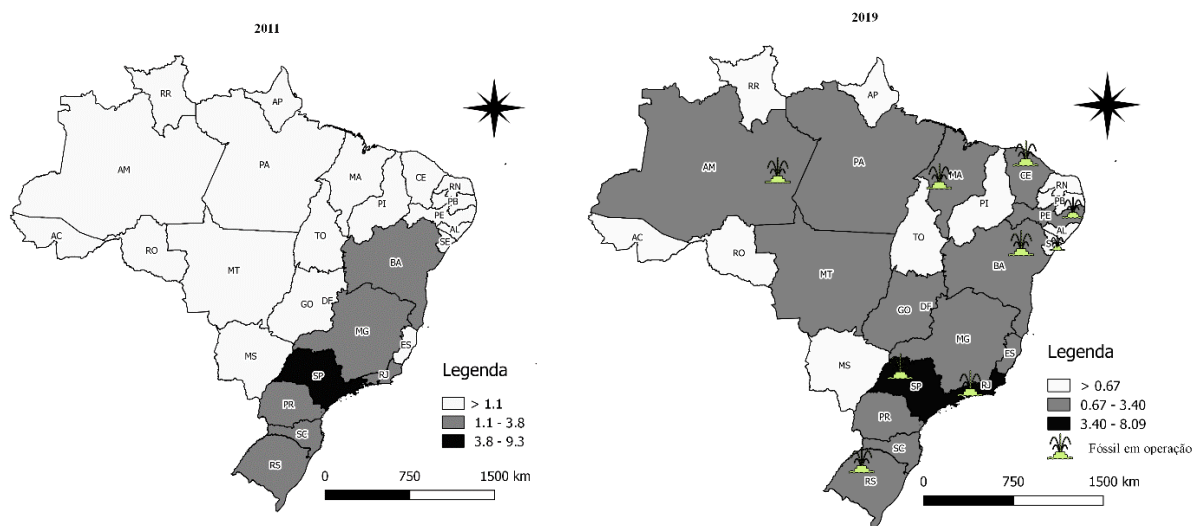
Fonte: Elaboração própria com dados da SEEG Brasil, 2020.

Após 10 anos de política do clima, o setor de energia apresentou um crescimento de 10,9% de suas emissões, segundo o relatório:

As emissões por energia responderam em 2019 por 19% do total de emissões do Brasil. Elas tiveram um aumento discreto de 1,1% no ano passado, indo de 409,3 milhões para 413,7 milhões de tCO₂e. Após anos de recessão, as emissões do setor retornaram ao patamar do ano de 2012, antes da crise, mas ainda estão abaixo do pico histórico que ocorreu em 2014, com 480,4 milhões de toneladas emitidas. O crescimento em 2019 se deveu a um aumento no consumo de energia elétrica, que levou ao acionamento de termelétricas a gás mesmo num cenário de chuvas dentro da média para as hidrelétricas (SEEG, 2020, p. 6).

Embora o setor energético tenha forte relação com as variações do PIB e, naturalmente, acompanhe à desaceleração econômica, de 1990 até 2019 o setor de energia tem sido um dos setores com maior aumento de emissões no país, com um crescimento de 114%. Isso se deve, em grande parte, ao consumo excessivo de energia, e o uso crescente de fontes fósseis, destacando, portanto, a importância do desenvolvimento de políticas energéticas conectadas com outras políticas – de cunho ambiental, tecnológico e climático.

Figura 2 – Emissão de Gases de Efeito Estufa do Setor Energético (Brasil, 10⁷ MtCO₂e)



Fonte: Elaboração própria via Qgis (dados coletados na plataforma SEEG Brasil, 2020).

A figura 2 mostra a emissão de GEE no setor energético entre o período de 2011 e 2019. Com escalas bem próximas de um ano para outro, percebe-se que houve uma intensificação de emissões em todas as regiões no Brasil, inclusive na região do NE, a qual apresenta a matriz mais significativa em fontes renováveis.

Os dados ainda destacam o estado de São Paulo e do Rio de Janeiro como os mais emissores no setor, cabe destacar que, em ambos além do alto consumo energético industrial, há uma significativa participação de usinas fósseis em operação – entre as maiores do Brasil –, o que explica em parte esses resultados.

A transição energética ambientalmente correta, apresenta inúmeros desafios, sendo esta, uma problemática que requer medidas urgentes. Nesse sentido, faz-se imprescindível direcionar o foco das políticas, estabelecer uma autonomia governamental e regulatória mais incisiva. Assim como, repensar no papel das térmicas – apresenta maior emissão por KWh produzido e tem sido utilizada intensamente nos últimos anos – e no desenvolvimento científico e tecnológico das fontes renováveis, a fim de torná-las potencialmente competitivas.

1.3.2 Especialização Regional na Produção de Energias Renováveis

É amplo o debate sobre a importância de expandir o uso de fontes renováveis na matriz energética para a mitigação dos problemas ambientais, e embora seja um motivo por si só de extrema relevância para o desenvolvimento de um país, pode-se mencionar também os benefícios que essa expansão pode promover a outros contextos de cunho social e econômico.

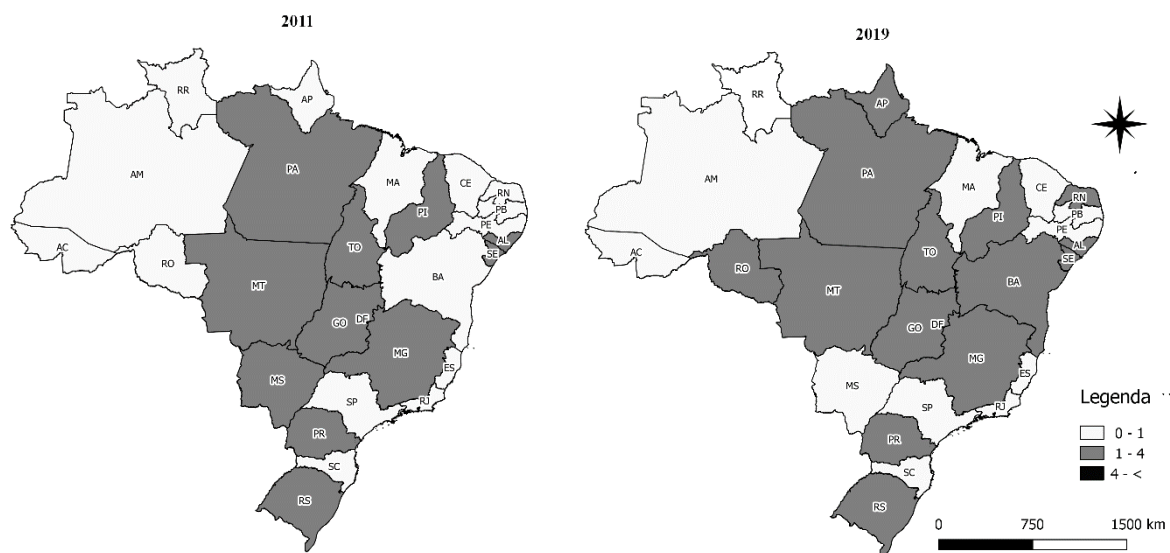
O indicador proposto nesta subseção mostra o nível de especialização dos estados brasileiros em relação as fontes de energias renováveis, calculado com a base de dados de geração por fonte obtidos no portal da EPE entre o período de 2011 e 2019. O indicador foi construído em quatro perspectiva: i) todas as fontes de energias renováveis em relação as fontes não-renováveis; ii) fonte hídrica em relação as fontes não-renováveis; iii) fonte eólica em relação as fontes não-renováveis, e a iv) fonte solar em relação as fontes não-renováveis.

Conforme sugerido pela literatura, os intervalos foram divididos em três categorias: i) QL entre 0 e 1 para os estados não especializados; ii) QL entre 1 e 4 para os estados que possuem indícios de especialização em fontes renováveis, e iii) QL maior que 4 para os estados com alto grau de especialização.

A figura 3 mostra a especialização do portfólio de fontes renováveis no setor energético para os estados brasileiros. O mapa releva indícios de especialização em grande parte dos estados, quando se observa a intensidade dessa especialização ao longo do tempo, percebe-se que o número de estados com potencial foi maior em 2019, mas nenhum apresentou alto grau de especialização.

Em 2011 os estados do Amapá, Bahia, Rio Grande do Norte, e Rondônia não apresentaram um QL acima de 1, mas em 2019 esses estados passaram a compor o grupo de locais com potenciais em ER. Um outro aspecto comparativo é o estado do Mato Grosso do Sul, que em 2011 apresentou um QL de 1,14, mas em 2019 esse indicador foi para 0,97.

Figura 3 – Quociente Locacional da Produção Energética das Fontes Renováveis (Brasil)



Fonte: Elaboração própria via QGis (dados coletados na plataforma [ANEEL, 2020](#)).

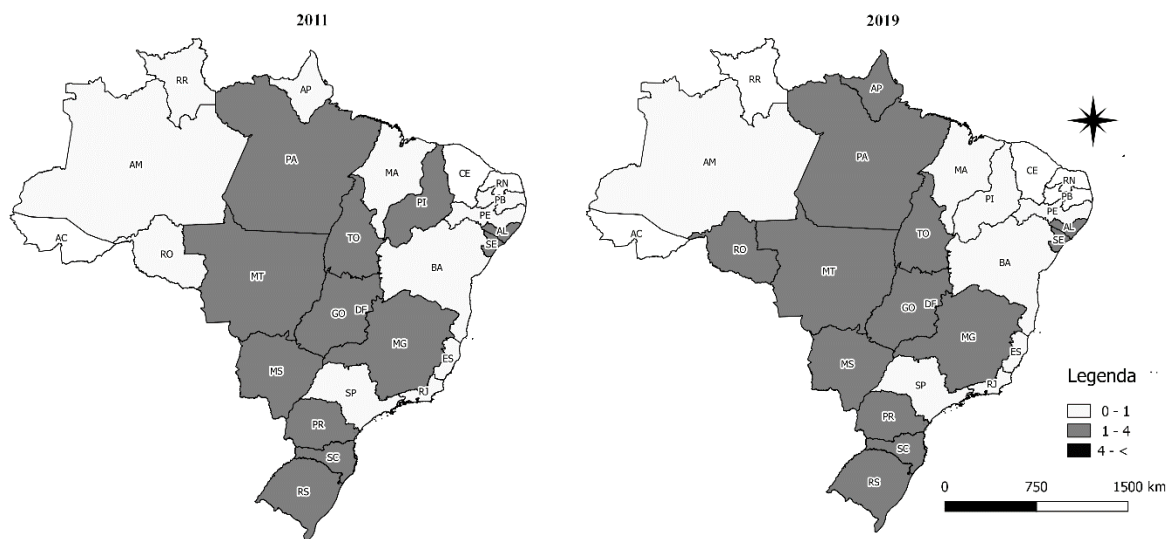
O estado do Pará apresentou o maior QL tanto em 2011 quanto em 2019. Cabe mencionar que o estado possui duas das maiores usinas hidrelétricas do Brasil, a Usina de Tucuruí que segundo dados da [ANEEL \(2020\)](#), possui uma potência outorgada de 8.535.000 kW, e a Usina Belo Monte que possui uma potência outorgada de 11.233.100 kW. Caracterizando-se como uma região de potencialidade a fontes de energia renováveis, de modo que, mais de 90% da sua capacidade instalada provém das fontes hídricas.

Esses dados ressaltam uma preocupação constante dos ambientalistas e críticos do atual modelo de desenvolvimento com uso de tecnologias tradicionais, desse modo, os resultados apresentados na figura 3, sinalizam uma forte participação de fontes não renováveis na matriz energética.

Uma característica similar em todos os mapas foi a não especialização de ERs na Amazônia. Segundo os dados da [ANEEL \(2020\)](#), o estado apresentou uma potência instalada de 274.886,04 kW de fontes renováveis – 2 Usinas hidrelétricas e 14 empreendimentos de

geração de energia solar –, mas 3.189.622,44 kW de fontes não renováveis, cenário a qual vem sendo alvo de críticas.

Figura 4 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Hídrica⁹ (Brasil)



Fonte: Elaboração própria via Qgis (dados coletados na plataforma [ANEEL, 2020](#)).

A figura 4 ilustra a especialização dos estados em relação as fontes hídricas de energia, as usinas de pequeno, médio e grande porte – PCH, CGH, UHE. O Amapá em 2011 tinha apresentado um QL de 0,28 e em 2019 foi para 1,50 – sendo este majoritariamente de fontes hídricas –, enquanto o Piauí em 2011 tinha apresentado um QL de 1,27 e foi em 2019 para 1,54. Ainda em relação ao estado do Piauí nota-se uma forte potencialidade de geração da fonte eólica (11,49) e solar (10,34), conforme mostra a figura 5 e 6.

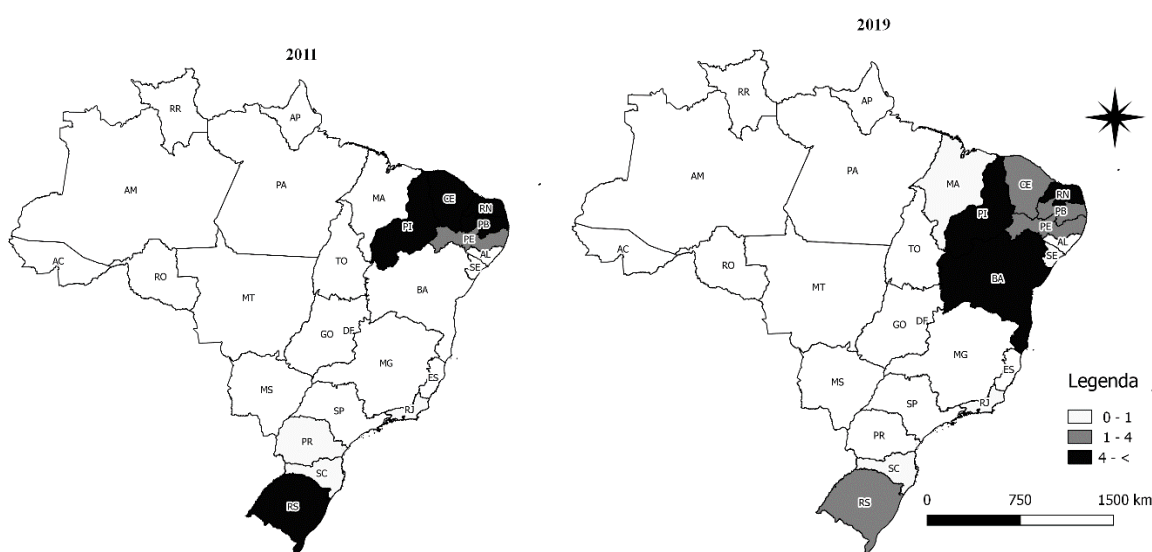
Segundo dados da [ANEEL \(2020\)](#), Roraima atualmente possui um total de 38 empreendimentos de fontes hídricas, totalizando 7.856.638.12 kW de potência outorgada. Cabe mencionar que desde 2007 por meio do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)¹⁰ – continuado em 2010 com o PAC 2 – os grandes empreendimentos de usinas hidrelétricas passaram a compor metas bastante ambiciosas na expansão da matriz energética brasileira, sobretudo, na região Norte. Como por exemplo, a construção das usinas hidrelétricas de Belo Monte (PA), Santo Antônio (RO) e Jirau (RO).

⁹ Somatório da potência das usinas de pequeno, médio e grande porte.

¹⁰ Disponível em: <<http://pac.gov.br/sobre-o-pac>> última visualização 31/07/20.

Contudo, no que se refere as fontes de energia hídrica a literatura econômica e ambiental apresentam um intenso debate em relação à natureza de energia “limpa e acessível”, pois embora seja um recurso renovável e um país com forte potencial hídrico em diversas regiões, a instalação de usinas de grande porte não só requer um volume de investimento relativamente alto em relação as demais fontes, como também, possui impactos negativos sobre o meio-ambiente e a comunidade local (FERREIRA, 2017).

Figura 5 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Eólica (Brasil)



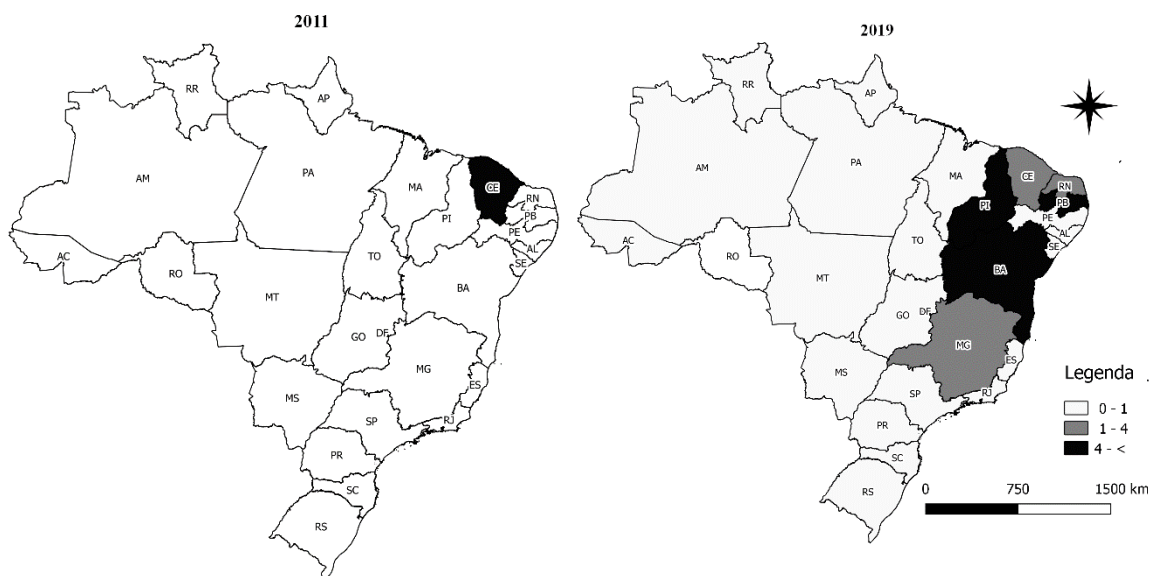
Fonte: Elaboração própria via Qgis (dados coletados na plataforma [ANEEL, 2020](#)).

Os dados de geração de energia eólica no Brasil indicaram alguns estados com alto grau de especialização, a figura 5 chama atenção pelo fato de grande parte dos estados do NE possuírem potencialidades das fontes renováveis em relação as fontes não renováveis. Segundo a [ANEEL \(2020\)](#), mais de 80% da capacidade instalada no Rio Grande do Norte provém da fonte eólica, no Piauí mais de 60%, na Paraíba mais de 45%, na Bahia mais de 42%, no Ceará mais de 35% e em Pernambuco 15% com um total de 40 empreendimentos. Quando analisados isoladamente, percebe-se que o estado de Pernambuco ainda possui um número de empreendimento de usinas termelétricas superiores a qualquer outra fonte renovável, correspondendo a mais de 38% da capacidade instalada no estado. Em 2011 o Rio Grande do Sul apresentou forte especialização em energia eólica, e embora tenha reduzido o indicador em 2019 – devido ao aumento de outras fontes de energia no estado –, ainda assim é um estado

com alto potencial eólico. Atualmente o Rio Grande do Sul conta com um total de 84 empreendimentos com potência outorgada de 1.888.391.98 kW, ficando atrás apenas da fonte hídrica com uma potência de 4.819.020.00 kW.

Dentre as fontes de energias renováveis, a fonte solar é a mais recente no Brasil, grande parte do seu atraso foi devido ao alto custo da tecnologia, e a dificuldade no financiamento e no acesso ao crédito no Brasil. E, embora atualmente apresente uma participação de apenas 7,35% na geração de energia no Brasil, ainda assim, é uma fonte que vem mostrando um potencial de crescimento desde 2017 ([ABSOLAR, 2020](#)).

Figura 6 – Quociente Locacional da Produção Energética de Fonte Solar (Brasil)



Fonte: Elaboração própria via Qgis (dados coletados na plataforma ANEEL, 2020).

Conforme ilustra a figura 6, em 2011 a fonte de energia solar ainda estava em processo de instalação no Brasil, apenas o Ceará apresentou dados de fonte solar na matriz energética, com alto potencial devido as condições climáticas. Em 2019 o estado apresentou um total de 66 empreendimentos com 2.254.563.00 e 14,75% da geração solar nacional.

Cabe ressaltar que grande parte do crescimento potencial solar foi promovido por uma série de fatores que somados o destacou como um dos principais estados de referência em fontes renováveis. Dentre esses fatores é importante mencionar a atuação incisiva das autoridades locais e a infraestrutura logística com acesso a única Zona de Processamento de Exportação (ZPE) do país – favorecendo as indústrias e empresas do setor com benefícios tributários cambiais e administrativos.

Em 2019, mais de 30% da capacidade instalada de fonte de energia solar no Brasil se concentra em Minas Gerais, o estado atualmente possui 887 empreendimentos com 2.147.3358.28 kW. Além de ser uma região de referência em minigeração de energia solar, o estado destaca-se pela produção centralizada, de modo que possui uma das maiores usinas solar do Brasil – Usina Pirapora ([ANEEL, 2020](#)). Nesse sentido, cabe mencionar que grande parte desta liderança nacional, provêm das políticas de incentivo do governo estadual – tal como, isenção de ICMS sobre energia solar –, da alta tarifa da energia elétrica e da forte incidência solar no estado.

Em linhas gerais, favorecidos pelas condições climáticas do Nordeste, os estados com alto grau de especialização em energia solar foram o Piauí, a Bahia e a Paraíba, que juntos geram um total de 4.857.685.75 kW e correspondem a mais de 30% da geração solar do Brasil.

Tabela 1 – Resumo da Especialização Regional por Fonte (Brasil, 2019)

Fonte de Energia	N	NE	S	SO	CO
Hídrica	X	X	X	X	-
Eólica	-	X	-	X	-
Solar	-	X	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

Essas informações conduzem em princípio, indícios de especialização em energia renováveis na maioria dos estados brasileiros. Quando analisado as fontes isoladamente, percebe-se uma concentração de forte especialização das fontes eólicas e solar na região do Nordeste, conforme mostra a tabela 1. Segundo [Bezerra \(2019, p. 3\)](#), o Nordeste é visto como uma região com alto potencial para essas fontes, isto se “deve ao fato de se localizarem na região as jazidas de vento que apresentam as melhores condições de aproveitamento para fins de geração de energia elétrica”, ainda segundo autor, a região também é referência em geração de energia solar e de biomassa, sendo estas, fontes em expansão na matriz energética.

A combinação das fontes de energia renovável tem como finalidade promover segurança no fornecimento de energia, incentivar o desenvolvimento local da cadeia produtiva com a criação de emprego, e gerar energia limpa – provocando um menor impacto ao meio ambiente, seja na esfera local, com a redução da poluição urbana, na esfera regional, com a redução de chuvas ácidas, ou na esfera global, com a redução na emissão de GEE, do desmatamento e da degradação –, respeitando as particularidades de cada região brasileira. Há uma vasta literatura nacional e internacional que reforça a urgência de discussões em torno das fontes de

financiamento sobre a problemática e o desenvolvimento econômico com preservação ambiental.

Nesse sentido, conclui-se que há inúmeras potencialidades de expansão na geração de eletricidade por meio de fontes renováveis no País. Contudo, o Brasil precisa resolver alguns gargalos e superar algumas barreiras que impedem uma utilização compatível com seu potencial, sobretudo, no que se refere ao ambiente de incentivos a pesquisa e infraestrutura.

1.4 CONSIDERAÇÕES

Historicamente marcado pela dependência do petróleo, as crises energéticas e as pressões dos ambientalistas têm condicionado a uma evidente transição energética mundial, contudo, faz-se necessário o desenvolvimento de um portfólio de tecnologias ambientalmente sustentáveis, a fim de minimizar os danos irreversíveis e as condições climáticas antropogênicas.

O grande dilema recorrente no debate das transições tecnológicas no setor energético consiste na incerteza política e ambivalência intrínseca ao próprio processo de inovação. A nova realidade imposta pela urgência mitigatória de danos ambientais e mudanças climáticas põe em evidência o papel do Estado e a importância da atuação das instituições no fomento e disseminação do conhecimento tecnológico.

Com inúmeras potencialidades ainda subexploradas, o Brasil possui grande vantagem comparativa, dado a enorme diversidade de recursos naturais favoráveis a expansão do setor. Em 2019, os resultados obtidos a partir do indicador de Quociente Locacional (QL) apontaram algumas regiões com maior potencial que outras na produção de energia renovável. As regiões com $QL > 4$ indicam haver alto grau de especialização em ERs, entre 2011 e 2019 percebe-se uma expansão do setor, contudo, nenhum estado apresentou alta especialização, apenas indícios de especialização.

Quando analisado as fontes isoladamente, percebeu-se um avanço entre 2011 e 2019 da fonte de energia eólica no Nordeste do Brasil, destacando a Bahia, o Piauí e o Rio Grande do Norte como estados de alta especialização, e Ceará, Paraíba e Pernambuco como estados com indícios de especialização. Não obstante, o Nordeste foi a região que mais avançou e se destacou nas fontes de energia eólica e solar, entre o período de 2011 e 2019. Um outro resultado importante, foi em relação ao QL da fonte hídrica, que embora o Brasil tenha duas

das maiores hidrelétrica do mundo, mostrou indícios de especialização, mas não alta especialização.

Apesar disso, ainda tem sido realizado vultosos investimentos em fontes de combustíveis fósseis, sobretudo, em termelétricas em “nome da urgência”, como foi o caso das crises de 2014, 2015, e a mais recente do Amapá em 2020, o que sinaliza estar caminhando na contramão do mundo.

No processo de descarbonização, a segurança energética e a mitigação das alterações climáticas globais tem um importante papel no desenvolvimento tecnológico energético e, neste sentido, a literatura aponta ser relevante as discussões em torno do redirecionamento dos investimentos em tecnologias alternativas e renováveis.

Por fim, posto a importância das energias renováveis na transição tecnológica do setor energético, é importante pontuar a contribuição da ciência e da PD&I para a maturidade do setor e, sobretudo, identificar de onde virá o financiamento para esses esforços. Nesse sentido, o próximo capítulo propõe um aprofundamento nestas discussões.

CAPÍTULO II – CARACTERÍSTICAS E INCENTIVOS À PESQUISA NO SETOR ENERGÉTICO: ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM ENERGIAS RENOVÁVEIS E AS SUAS REDES

A transição energética ambientalmente sustentável abre uma janela de oportunidade para o desenvolvimento econômico de países com domínio tecnológico¹¹. Devido a sua biodiversidade, o Brasil possui alta potencialidade ainda subexplorada das fontes renováveis, contudo, apresenta diversos gargalos científicos e tecnológicos que precisam ser superados.

Com uma complexidade intrínseca na transição energética brasileira, o desenvolvimento científico e o avanço tecnológico têm sido apontado como imprescindível para maturidade das tecnologias ambientalmente corretas. Ao longo das duas últimas décadas, foram instituídos no Brasil instrumentos direcionados ao ambiente de inovação, a capacidade científica e tecnológica do setor energético, como forma de minimizar os impactos negativos das privatizações sobre os investimentos no setor energético ([CGEE, 2011](#); [GOLDEMBERG E LUCON, 2007](#)). Contudo, a ausência de financiamento específico à PD&I em energias renováveis (ERs) tem sido apontado como um dos principais desafios ainda não solucionados.

Apesar de sua importância ser reconhecida em diversos setores chave da economia, as inovações radicais, o desenvolvimento experimental e a pesquisa básica e aplicada, possuem similitudes intrínsecas de riscos e incertezas, acarretando inicialmente a inibição da atuação do setor privado – o qual busca resultados mais imediatistas e de baixo risco associado. Nesse sentido, de acordo com as experiências de alguns países [Mazzucato \(2013\)](#) aponta que o financiamento das inovações ficaram cada vez mais dependente do governo, do direcionamento das instituições e do ambiente político, principalmente no que se refere aos estágios iniciais.

O presente capítulo tem como objetivo discutir a importância da inovação, ciência e P&D para a maturidade das fontes renováveis de energia e o papel do financiamento, tal como, identificar a evolução da produção científica e tecnológica (*proxy* patentes) e as redes do conhecimento científico em ER. Assim, pretende-se realizar: i) mapeamento da produção científica e tecnológica (*proxy* patentes) de ER, entre o período de 2007-2019, por meio do método bibliométrico, a fim de identificar a trajetória da produtividade científica e tecnológica no Brasil, e ii) análise de redes de pesquisa, a fim de identificar a capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições, no âmbito científico.

¹¹ Com a geração de emprego e transformação do setor produtivo, como o caso da China.

O presente capítulo propõe abordar esse tema dado a sua relevância, especialmente nos estudos de produção do conhecimento científico e tecnológico, com o intuito de contribuir para um melhor entendimento do papel da inovação, ciência e P&D no processo de maturidade do setor energético. O estudo avança em relação a literatura atual por abordar o método bibliométrico e o método de redes de pesquisas, cabe mencionar que esses métodos permitem identificar a trajetória das pesquisas e as redes do conhecimento que tem sido realizada nos últimos anos. Sendo, portanto, resultados extremamente relevantes para o desenvolvimento de estratégias e políticas públicas que dialoguem sobre a conexão entre universidade e empresas do setor.

Assim, além desta introdução, este capítulo está estruturado em mais seis seções. A primeira seção discutirá o papel da inovação, da ciência, da P&D e das redes de pesquisas, sob o viés neo-schumpeteriano e evolucionário. A segunda seção, abordará sobre o ambiente institucional e político de apoio a inovação, ciência e P&D – no primeiro momento em uma discussão mais ampla, posteriormente, delimitada para o setor energético. As discussões em torno das modalidades e dos instrumentos de fomento a inovação, ciência e P&D, serão discutidas na terceira seção. A base de dados e os procedimentos metodológicos para análise de redes, serão apresentados na quarta seção. Em seguida, as análises exploratórias dos dados e as discussões sobre as redes estarão expostas na quinta seção. Por fim, a sexta seção propõe discutir algumas conclusões referente ao presente estudo, bem como, o papel da ciência e pesquisa para o desenvolvimento de um Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER).

2.1 INOVAÇÃO, CIÊNCIA E REDES DE PESQUISAS

O processo de inovação foi definido por [Schumpeter \(1997\)](#) como a realização de novas combinações, tal como: i) introdução de um novo bem ou de uma nova qualidade de um bem; ii) introdução de um novo método de produção, que de modo algum precisa ser baseada numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria; iii) abertura de um novo mercado, quer esse mercado tenha existido antes, quer não; iv) conquista de uma nova fonte de oferta de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada, ou v) estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio.

Além do caráter substitutivo da inovação em relação a um elemento obsoleto, o processo de inovação tecnológica pode surgir como um incremento as tecnologias existentes em padrões tecnológicos estabelecidos – evitando o efeito do *lock-in* –, ou até mesmo, surgir em um ambiente novo e/ou original. No setor energético, “a substituição de uma fonte de energia por outra ou a adição contínua de componentes e produtos tecnológicos não garantem por si um aprimoramento social e tecnológico”, para isto, “faz-se necessário superar essas tendências em que, se por um lado os riscos são controlados, os resultados sociais não representam avanços substantivos” ([ANDRADE, 2006, p. 178](#)).

De acordo com Rosenberg (1982, apud [EKERMAN E ZERKAWSKI, 1984](#)), o processo de difusão de inovação não pode ser designado de forma isolada, mas sim, como um processo que envolve uma cadeia de inovações complementares, grandes e pequenas. O autor ainda destaca, importantes fatores do processo de mudança tecnológica a qual envolve relações complexas, e a influência que o nível de aprendizado exerce sobre o rumo desta ([SHIKIDA E BACHA, 1998](#)).

Em concordância, [Lundvall \(2007\)](#) aborda que a inovação é tida como um fato sistêmico e interativo, em que o recurso mais importante é o conhecimento e, conseqüentemente, o processo mais importante é o aprendizado.

Considerada como uma parte das atividades desenvolvidas em diferentes fases do processo de inovação, as atividades de P&D possuem uma conexão estreita com as inovações. Fundamentada no conhecimento científico e tecnológico, essa relação entre ciência/pesquisa e inovação tem sido elemento central de diversos debates. Iniciada com a visão paradigmática de Vannevar Bush na *Science, the Endless Frontier* (1945) apud [Stokes \(2005\)](#), o modelo linear de inovação consiste em uma sequência lógica das descobertas científicas – pesquisa básica, seguida da pesquisa aplicada, do desenvolvimento experimental, da produção e da comercialização –, ao qual ignora a complexidade e as motivações que levam um pesquisador a desenvolver um conhecimento específico.

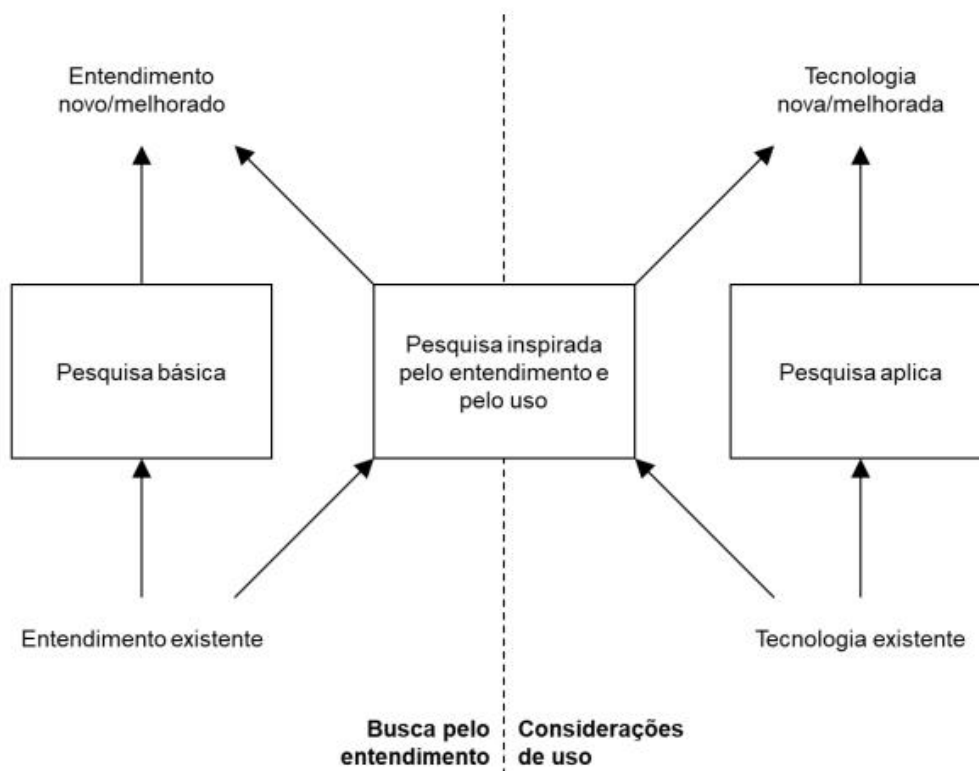
Contrapondo ao modelo linear de Bush, [Stokes \(2005\)](#) destaca uma linha tênue entre pesquisa básica pura e pesquisa básica orientada, de modo que, embora a pesquisa básica não possua uma aplicação prática específica, ela pode ser orientada na direção de uma área específica. Não obstante, o autor propõe a coexistência de vários tipos de pesquisas associadas ao entendimento (ciência básica) e ao uso (ciência aplicada), denominada como o modelo de quadrante de Pasteur.

Em concordância, o termo P&D definido no Manual de Frascati da OCDE (2013) consiste em três principais atividades:

i) a pesquisa básica, que consiste em desenvolver trabalhos experimentais ou teóricos para aquisição de novos conhecimentos, sem considerar uma aplicação prática específica; ii) a pesquisa aplicada, que consiste em desenvolver trabalhos para aquisição de novos conhecimentos, porém, com uma finalidade prática específica, e iii) o desenvolvimento experimental, que consiste no desenvolvimento de trabalhos sistemáticos baseado no conhecimento existente adquirido por pesquisa anterior ou experiência prática, a fim de produzir novos materiais, produtos ou dispositivos, para estabelecer novos procedimentos, sistemas e serviços ou para melhorar os já existentes em P&D (OCDE, 2013, p. 38).

A essência do quadrante de Pasteur consiste na inexistência da oposição entre as pesquisas básicas ou aplicadas. Em linhas gerais, o que condiciona as pesquisas são as suas motivações, levadas por: i) entendimento – denominada como Bohr, devido aos estudos do modelo atômico de Niels Bohr, que tiveram caráter puramente de descoberta; ii) uso – denominada como Edson, com alta aplicabilidade, porém com pouca contribuição ao ambiente científico; e iii) ambos – denominada por Pasteur, em que a pesquisa básica não só possui caráter de entendimento, como também de uso.

Figura 7 – Modelo Dinâmico do Quadrante de Pasteur



Fonte: Stokes (2005).

Cabe mencionar, que para [Stokes \(2005, p. 137\)](#) a relação entre ciência básica e inovação tecnológica consiste em um processo dinâmico, em que existe uma “trajetória dual e ascendentes como interativas, mas semiautônomas”, conforme a figura 7.

A trajetória da ciência frequentemente percorre de um entendimento já existente para um entendimento novo e/ou melhorado, sendo está imprescindível no desenvolvimento tecnológico (conforme as setas transversais na figura 7). Partindo desta perspectiva – e compreendendo que o termo P&D engloba a pesquisa básica, aplicada e o desenvolvimento experimental – o presente trabalho assume como elemento central de discussão à P&D no âmbito da pesquisa básica (seja orientada ou não).

Um outro ponto fundamental consiste na perspectiva de que, à atividade de pesquisa científica não é feita de forma isolada ([STEPHAN, 2010](#)), requer a interação e a acumulação de conhecimento de diferentes agentes e instituições. Os estudos recentes da geografia econômica têm diversas contribuições para a literatura sobre redes do conhecimento. Segundo [Chaminade et al. \(2017, p. 3\)](#), “trocar conhecimento em grandes distâncias geográficas é desafiador, mas não impossível”, na medida em que, há uma compensação com a proximidade social ou organizacional. Impulsionada por uma estratégia de busca de conhecimento, as redes globais de inovação deixaram de ser competência apenas das multinacionais, e nesse sentido, tanto a P&D quanto outras atividades de inovação estão se tornando globalizadas. Cabe mencionar que, o termo rede (*networking*) consiste em um troca de conhecimento relevante para a inovação ([CHAMINADE ET AL., 2017, p. 4](#)).

Conforme aponta [Stephan \(2010\)](#), os indivíduos possuem habilidades limitadas e precisam confiar no trabalho do outro, não obstante, o compartilhamento de materiais – sobretudo, de equipamentos mais complexos e caros –, promovem a colaboração entre os pesquisadores. Dado que, no geral, são alocados muito mais recursos em centros de pesquisa científica de excelência do que centros que ainda não deixaram sua marca ([MERTON, 1988](#)).

Nesse sentido, diante de um processo de caráter dinâmico, as interações entre as instituições e os diversos atores por meio de redes de compartilhamento do conhecimento, possuem um papel relevante no processo de maturidade das pesquisas científicas.

2.2 INSTITUIÇÕES E AMBIENTE POLÍTICO DE APOIO À CIÊNCIA, PESQUISA E INOVAÇÃO

No Brasil, os instrumentos de incentivo à PD&I começou a ser moldado no início da década de 1950 a partir de duas perspectivas: i) a criação de instituições de apoio à inovação, e ii) a inserção da temática nas discussões da política governamental. Assim, essa seção se subdivide em duas subseções, inicialmente a discussão versa sobre o ambiente institucional e o arcabouço legal em uma perspectiva mais ampla sobre inovação, ciência e P&D. Posteriormente, a discussão se concentra no ambiente institucional e nas características do setor energético, com ênfase nos atores do Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER).

2.2.1 Ambiente Institucional e Arcabouço Legal

Visando a criação de um ambiente propício ao desenvolvimento científico e tecnológico e sobre a influência do modelo linear de inovação ([STOKES, 2005](#)), em 1951 foram criados o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sendo estas, instituições de fomento da pesquisa científica e tecnológica e da formação de recursos humanos para a pesquisa no país.

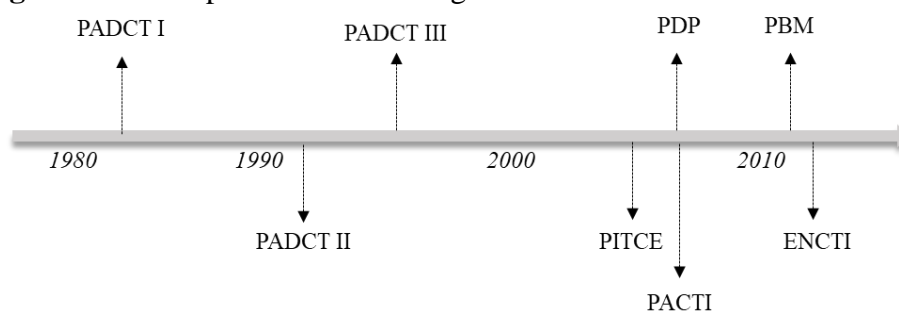
Após 16 anos da criação destas instituições, foi criada a Financiadora de Estudos e Projeto (FINEP), “com o propósito de fortalecer o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro, em função complementar à do BNDES” ([ANDRADE, 2017, p. 371](#)). Em 1971, a FINEP passou a ser a Secretaria Executiva do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), e em 1985 foi criado o Ministério de Ciência e Tecnologia ([RAPINI, 2010](#)), denominado hoje como o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

O FNDCT foi criado em 1969 com objetivo de financiar a inovação e o desenvolvimento científico-tecnológico do Brasil, por meio de fonte de recursos advindas do orçamento, de incentivos fiscais, doações e empréstimos, sobretudo, de instituições multilaterais, como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Embora tenha sido um marco no avanço das políticas de incentivos à C&T no Brasil, o FNDCT enfrentou alguns problemas em relação a descontinuidade e instabilidade do recurso, principalmente após em 1980 e 1990 com a restrição fiscal no orçamento ([LEMOS E NEGRI, 2010](#)).

Tanto a FINEP quanto o FNDCT, “são instituições que foram criadas pelo Estado brasileiro para atuar diretamente no financiamento da inovação” ([MELO, 2009](#)). Cabe mencionar que, apesar de suas particularidades, havia uma finalidade comum entre essas instituições, que era o fortalecimento da P&D dado o avanço tecnológico dos demais países.

No que se refere ao âmbito político, a literatura classifica o esforço brasileiro em três diferentes fases. A primeira fase, caracterizada pela busca do desenvolvimento via crescimento e/ou industrialização extensiva, se estendeu até aproximadamente o ano de 1980. A segunda fase foi marcada pela busca da eficiência via liberação das forças de mercado, correspondendo as duas últimas décadas do século 20. A atual fase – iniciada nos anos 2000 –, não possui uma identidade de desenvolvimento claramente definida, mas que já se identifica por um aspecto marcante, dada pela “relevância sem precedentes que vem assumindo a inovação no discurso da política de C&T e, por que não dizê-lo, naquilo que poderia vir a constituir a base de uma nova política de desenvolvimento” ([VIOTTI, 2008, p. 140](#)).

Figura 8 – Principais Políticas e Programas de Incentivo à CT&I no Brasil



Fonte: Elaboração própria, 2020.

A figura 8 ilustra as principais políticas e programas de fomento à CT&I nas fases mencionadas. Os Programas de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT I, II e III) tiveram como um de seus objetivos o fortalecimento do desenvolvimento de recursos humanos em áreas específicas, consideradas prioritárias, por meio do apoio à pesquisa e ao ensino da pós-graduação ([SCHWARTZMAN, 2008](#)).

Já na nova fase do desenvolvimento brasileiro [Viotti \(2008\)](#), destaca:

Um conjunto significativo de importantes e complexas medidas de políticas de C&T foi instituído nesse início da nova fase do desenvolvimento brasileiro. Entre essas, podem ser destacadas a criação dos Fundos Setoriais, a Lei de Inovação, a Lei do Bem e a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) ([VIOTTI, 2008, p. 153](#)).

Com a Lei da Inovação e a Lei do bem em vigor, o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação (PACTI) consistiu em um importante instrumento com ações prioritárias e metas voltadas para diversas áreas da CT&I. Ao qual, visava definir os programas, os desafios, as fontes de recursos e as metas, sendo, portanto, um documento de orientação estratégica do

MCTI. Ao que se refere a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), formulou-se um conjunto de medidas atuantes no fortalecimento da economia em que se têm como base a indústria.

O Plano Brasil Maior (PBM), teve como fundamentação a continuidade e o aprofundamento da PITCE e do PDP. Este plano refere-se a participação e o envolvimento de diversos ministérios e agências de fomento, coordenados pelo Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC). Segundo [Santana et al. \(2019, p. 364\)](#), o Plano Brasil Maior (PBM) “conta com um conjunto de ações estruturantes e sistêmicas, tendo como eixos a inovação, o fomento às exportações e agregação de valor aos diversos setores da economia”.

A Estratégia Nacional de CT&I (ENCTI) foi desenvolvida de forma articulada com o PBM, em que se propõe estímulos para o desenvolvimento dos objetivos do Plano. De acordo com o [MCTI \(2018\)](#), o objetivo do ENCTI era:

Estimular o estreitamento das relações entre Universidade e Empresa e a interação entre os mais diferentes componentes do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - SNCTI. Ela orienta o SNCTI a buscar soluções para os grandes desafios sociais, ambientais e econômicos, contribuindo para a construção das bases do desenvolvimento sustentável do País ([MCTI, 2018](#)).

Embora a nova fase de desenvolvimento se caracterize por um conjunto de políticas de CT&I relevantes para a abrangência do Sistema Nacional de Inovação (SNI), ainda se tem muito a avançar. E, portanto, é imprescindível realizar um esforço maior no que se refere a orientação dessas políticas no longo prazo, de modo a oferecer um ambiente mais estável, com estratégias claras e consistentes, capazes de orientar os recursos de forma sistêmica e integrada.

2.2.2 Características do Setor Energético no Brasil

Do ponto de vista institucional no setor energético, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) possui um papel imprescindível na regulamentação do setor energético no Brasil. Com a criação da Lei 9.991 de 2000, a qual “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” ([BRASIL, 2000](#)), objetiva-se incentivar as empresas a desenvolver P&D em parceria com outros agentes, como universidades e centros tecnológicos.

Atualmente, a participação em P&D via financiamento privado ocorre principalmente por meio de imposição legal, estabelecida pela Lei n. 9.991/2000 que dispõe sobre a realização

de investimentos em P&D e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, de modo que, os recursos são (i) 40% direcionados para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); (ii) 40% para projetos de P&D, conforme regulamentos estabelecidos pela ANEEL e (iii) 20% para o Ministério de Minas e Energia, a fim de custear estudos e pesquisas de planejamento da expansão do sistema energético, bem como de inventário e de viabilidade necessários ao aproveitamento dos potenciais hidrelétricos ([BRASIL, 2000](#)).

Segundo [Pfitzner et al. \(2014, p. 9\)](#), muitas empresas brasileiras do setor elétrico ainda enxergam os investimentos em P&D regulamentados pela ANEEL como uma obrigação e não como uma oportunidade de crescimento, o que acarreta – alguns casos – em ineficiência na alocação dos recursos, o que torna imprescindível a consolidação de um Sistema Setorial de Inovação (SSI). Os autores ainda destacaram que entre 2000 e 2001 as principais parcerias com as empresas foram com as ICTs (institutos e universidades), o que caracterizaria uma estratégia de inovação aberta induzida pela Lei.

Avaliaram-se 704 projetos de P&D&I, assim distribuídos (segunda métrica): Furnas (84), Cemig (291), Eletronorte (145) e CPFL (183), sendo que apenas 20 destes (2,8%) foram executados sem cooperação externa. (...) As principais instituições parceiras da Cemig são a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), com participação em 111 e 28 projetos, respectivamente. No caso da CPFL, seus maiores parceiros de P&D&I são a Universidade Estadual de Campinas (47 projetos) e a Universidade de São Paulo (43 projetos). A Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Federal do Maranhão (UFMA) são as principais instituições parceiras da Eletronorte, com 40 e 15 projetos de P&D&I. Furnas concentra sua carteira de projetos de P&D&I na UFRJ (19 projetos) e na UFMG (12 projetos) ([PFITZNER et al., 2014, p. 9](#)).

De acordo com [Figueiredo, Alvarenga e Cavalcante \(2011\)](#), o período de 2002-2007 o programa de P&D¹² regulado pela ANEEL não apresentou impactos significativos no pessoal ocupado, no pessoal ocupado técnico-científico e nas taxas de crescimento dessas variáveis nas 129 empresas que se envolveram nos projetos. Já com relação aos recursos humanos envolvidos nos projetos, os resultados apresentaram um impacto significativo do programa e uma produtividade científica similar a dos pesquisadores que em períodos anteriores tiveram maiores produtividades.

O crescimento do investimento em P&D no quinquênio 2006-2011 mostrou uma queda na produção tecnológica (patentes) em relação aos anos anteriores, e menos ainda quando

¹² O trabalho não especificou as categorias dos projetos, portanto, supõe que tais efeitos não sejam apenas no contexto de ERs.

voltadas para energias alternativas. O que conduz a três possíveis implicações: i) ineficácia do investimento em P&D sobre os resultados patenteáveis; ii) os projetos são de longo prazo, a qual retarda o patenteamento e iii) tem-se optado pelo segredo industrial ([PFITZNER ET AL., 2014, p. 472](#)).

Os autores [Costa e Tiryaki \(2011, p. 36\)](#), destacam que para conduzir um estímulo aos investimentos privados no setor de energia é necessário um ambiente de confiança e estabilidade promovido pelo Estado. De tal modo que, não basta “regulação favorável, mas a certeza de que as ‘regras do jogo’ não serão modificadas unilateralmente”. Sendo assim, é imprescindível um cenário de estabilidade político-econômico, com eficiência governamental, eficácia no combate à corrupção, credibilidade na execução de políticas delineadas, entre outros.

No caso de países líderes em P&D, espera-se que esse grau de dependência pelo setor público seja reduzido ao longo do tempo. Na medida em que a atividade produtiva viabiliza o processo de P&D há uma redução natural da participação direta do recurso público em detrimento de maiores aportes do setor privado, sinalizando, por exemplo, uma incorporação maior dos custos com P&D em ER por parte do setor privado. Contudo, no Brasil os dados mostram que desde os anos 2000, houve uma estabilização nas taxas de participação dos dois setores em relação ao PIB, tanto público quanto privado, dado que no Brasil o investimento privado é impulsionado pelo investimento público ([SANTOS, 2015, p. 13](#)).

Partindo para a discussão do ambiente das tecnologias renováveis, faz-se importante destacar que ainda não há um consenso na literatura no que se concerne a um Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER) no Brasil. Segundo [Santos \(2016\)](#), o SIER deriva do Sistema Nacional de Inovação (SNI), enquanto, [Pfitzner et al. \(2014\)](#) e [Silveira et al \(2016\)](#), o definem como um subsistema do Sistema Setorial de Inovação (SSI), de tal modo que, o SNI complementa-se com o conceito de SSI. Contudo, sem a pretensão de aprofundamento sobre este conceito – o que é elemento para pesquisas futuras –, o presente trabalho assume como um singular SSI em construção.

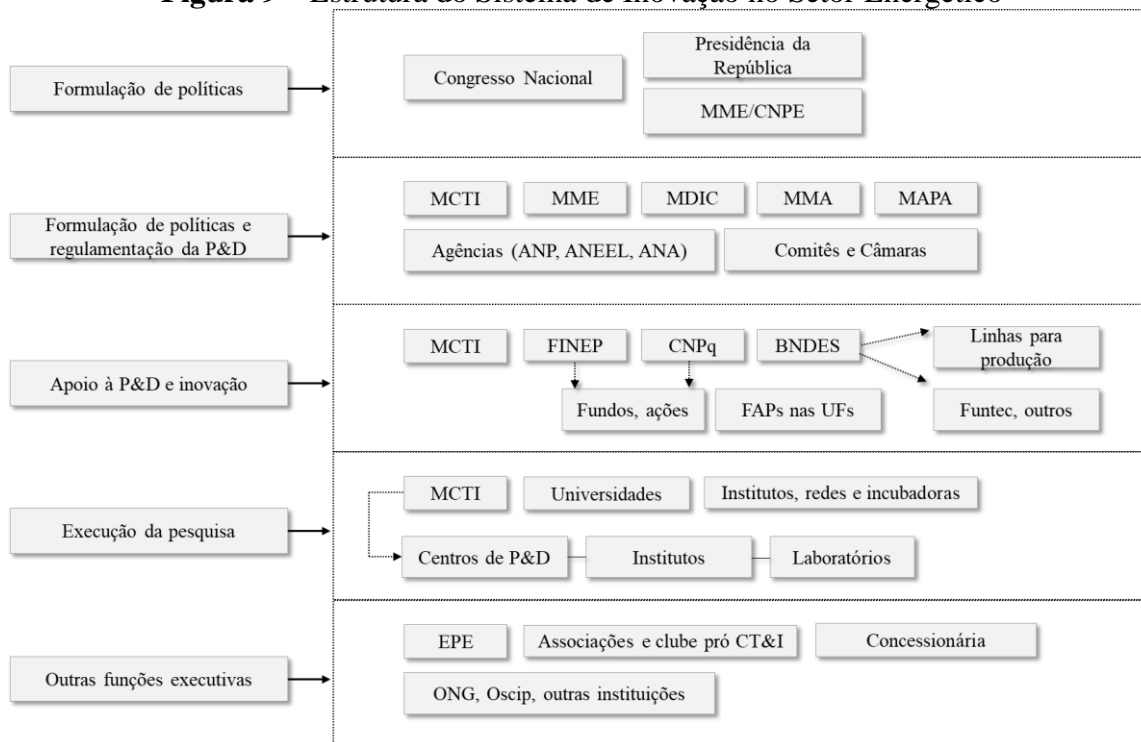
Embora haja inúmeros gargalos estruturais no setor energético, nos últimos anos a dinâmica entre os diversos atores que permeiam o crescimento e a produtividade das fontes de energias renováveis têm se fortalecido mediante atuação direta do Estado. Não se tratando apenas de intervenção em falhas de mercado (conforme indicado pelo *mainstream* econômico), mas sim, em atuações efetivas no fortalecimento do setor e na conexão com outras esferas além da econômica, ou seja, na perspectiva ambiental, social, científica e tecnológica.

Coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME), o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) é o órgão de assessoramento da Presidência da República para formulação de políticas e diretrizes de energia, conforme mostra a figura 9. Em 1997, com a Lei nº 9.478 foi instituído princípios e objetivos da política energética nacional, dentre os quais ressalta-se:

Art. 1º As políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia visarão aos seguintes objetivos: [...] IV - proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia; [...] VIII - utilizar fontes alternativas de energia, mediante o aproveitamento econômico dos insumos disponíveis e das tecnologias aplicáveis; XVII - fomentar a pesquisa e o desenvolvimento relacionados à energia renovável; (Incluído pela Lei no 12.490, de 2011); XVIII - mitigar as emissões de gases causadores de efeito estufa e de poluentes nos setores de energia e de transportes, inclusive com o uso de biocombustíveis (Incluído pela Lei no 12.490, de 2011) (BRASIL, 1997).

Além da atuação do MME no desenvolvimento de políticas energéticas, tem-se a atuação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)¹³, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Figura 9 – Estrutura do Sistema de Inovação no Setor Energético



Fonte: Adaptado do trabalho de Santos (2016).

¹³ Em 2016 a denominação era Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), a qual retornou para MCTI em 2020.

Embora haja uma pauta climática no desenvolvimento das políticas públicas – respectivas de cada ministério –, por se tratar de uma problemática complexa, faz-se imprescindível a conexão entre as políticas e, nesse sentido, o Brasil ainda tem muito a avançar. Como apontado por [Mowery, Nelson e Martin \(2010\)](#), a batalha para combater às mudanças climáticas não será vencida em um único engajamento, mas sim, com a conexão e esforço de todos os atores.

Além desse comprometimento entre os agentes, o sucesso desse esforço demandará, sobretudo, o desenvolvimento de novas tecnologias ambientalmente corretas. Tendo como apoio à P&D e inovação, o Brasil conta com a atuação do MCTI e o fomento de instituições como a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), o Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Na execução de pesquisas voltadas para o setor, destacam-se os institutos, as redes e incubadoras, assim como, o papel das universidades e a atuação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) no desenvolvimento de recursos humanos.

No âmbito de funções executivas, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem exercido um importante papel no setor energético, com a divulgação do anuário estatístico, o desenvolvimento do plano decenal de expansão de energia, e estudos de aspectos socioambientais e energéticos. A instituição é responsável por orientar e coordenar,

(...) estudos de planejamento integrado dos recursos energéticos no longo prazo, aí incluídos os estudos setoriais sobre o uso da energia, o desenvolvimento tecnológico, a competitividade entre os energéticos, a sustentabilidade ambiental e o financiamento do setor de energia e aos estudos de impacto socioambiental de empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica e de expansão da capacidade de oferta de outros energéticos ([EPE, 2020](#)).

O Brasil conta com a atuação de 53 Concessionárias, 43 Permissionárias e 13 Autorizadas, totalizando 109 agentes, entre públicos, privados e de economia mista ([ANEEL, 2018](#)). Esse número ainda é um dos fatores preocupantes no debate à temática, dado que a atuação se dá em forma de monopólio, sobretudo, na geração de energia solar. Assim, caracterizado como um sistema em consolidação – porém, com alto potencial –, as instituições e os instrumentos de fomento direcionado as pesquisas em ERs são peças fundamentais para que o Brasil possa ser protagonista nas tecnologias ambientalmente corretas.

2.3 FONTES DE FINANCIAMENTO À CIÊNCIA, PESQUISA E INOVAÇÃO

Segundo [Paula \(2011, p. 11\)](#), “o sistema financeiro é parte integral do sistema nacional de inovação, uma vez que os arranjos de financiamento são fundamentais para o desenvolvimento de atividades de P&D”. No Brasil o financiamento à ciência e PD&I ocorre majoritariamente por meio de financiamento público. Em 2017, o dispêndio público em P&D em relação ao PIB correspondeu a 0,63%, enquanto o dispêndio de empresas estatais e privadas representou 0,60% ([MCTI, 2020](#)). Essa seção subdivide em duas subseções, a primeira aborda as modalidades de financiamento em um quadro geral, enquanto a segunda, discute o financiamento das tecnologias renováveis no contexto mundial – dado que no Brasil o financiamento direcionado ainda é um desafio.

2.3.1 Modalidades do Financiamento à Pesquisa e Inovação

As fontes de financiamento para inovação se subdividem em privado, público e híbrido, sendo este último adotado apenas em alguns países. Em linhas gerais, há três fontes principais de financiamento privado: i) autofinanciamento por meio de lucro retido; ii) empréstimos bancários; e iii) mercado de ações. Já o financiamento público, se subdivide em: i) incentivos fiscais; ii) recursos reembolsáveis e iii) não reembolsáveis – via subvenção econômica e pagamento de bolsas – sendo esta última o foco desta análise.

O financiamento privado possui uma estreita dependência do porte da empresa, de modo que, as três modalidades mencionadas requerem uma estrutura financeira sólida, e um elevado grau da capacidade de pagamento das empresas. A literatura apresenta algumas similitudes na composição do financiamento privado, em geral, compõem recursos de longo prazo e são direcionadas a empresas de médio e grande porte, conforme mencionado por [Kahn, Martins e Matos \(2014\)](#).

Segundo [Corder e Salles-Filho \(2005\)](#), o financiamento privado tende a surgir na medida em que o nível de incerteza do processo inovativo reduz para níveis mais aceitáveis. Assim, o investimento nas fases iniciais, em geral, acabam sendo via incentivos públicos.

Ainda nesta perspectiva, os autores [Kahn, Martins e Matos \(2014\)](#), mencionam a dificuldade estrutural no sistema de financiamento e a importante articulação do Estado, com as organizações e as instituições financeiras privadas. Segundo os autores, mesmo que haja a possibilidade de obter recursos com custos mais baixos que o praticado no mercado, as características dos investimentos em inovação geram certo grau de resistência para o financiamento nos estágios iniciais, devido à alta incerteza. Nesse sentido, a inovações em

estágios iniciais acabam majoritariamente sendo financiadas por meio do financiamento público.

Os investimentos públicos nos últimos anos foram marcados com a criação de instrumentos legais – Lei da Inovação (Lei nº 10.973/2004), Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005) e o Novo Marco Legal (Decreto nº 9.283/2018) –, cuja finalidade consiste em incentivar o processo inovativo para promover o desenvolvimento tecnológico do Brasil.

O instrumento mais antigo e utilizado por vários países, é o incentivo fiscal¹⁴, a qual busca subsidiar – via dedução de imposto de renda – as empresas que investem em PD&I. Como é o caso da Lei do Bem, que atende as atividades relativas a: (i) pesquisa básica dirigida; (ii) pesquisa aplicada; (iii) desenvolvimento experimental; (iv) tecnologia industrial básica e (v) serviços de apoio técnico ([ANPEI, 2018](#)). Segundo [Zucoloto et al. \(2017\)](#),

Entre 1994 e 2004, os incentivos fiscais oferecidos pelo PDTA e pelo PDTI beneficiaram apenas um grupo pequeno de firmas. Em 2005, os antigos programas foram substituídos pela Lei do Bem, que possibilitou a fruição automática dos benefícios fiscais, representando uma modernização do incentivo ([ZUCOLOTO ET AL, 2017, p. 284](#)).

Embora seja o instrumento mais utilizado, [Rauen \(2020\)](#) destaca haver inúmeras evidências do efeito *crowding-out* sobre a modalidade de isenção fiscal, não obstante, o autor menciona que a política de isenções possui uma alta concentração setorial – principalmente os setores de equipamentos eletrônicos, de comunicação e automobilístico. Os dados apontam que, em 2018, as principais modalidades de fomento à inovação no Brasil foram as isenções fiscais com mais de R\$ 13,7 bilhões, representando quase 57% do montante total¹⁵ de recursos federal. Por outro lado, o P&D obrigatório de setores regulados – que tem mostrado um alto potencial na distribuição do recurso – teve apenas R\$ 2,6 bilhões.

Dentre as recomendações para reduzir as disparidades entre os recursos federais e propor taxas de inovações mais elevadas, o autor sugere:

Substituir todas as isenções fiscais setoriais por apenas uma única destinada ao fomento à P&D Empresarial. (...) Rever a forma de aplicação dos recursos do P&D obrigatório de setores regulados de modo a financia empresas que proponham soluções concretas aos desafios da sociedade brasileira, mesmo que elas não possuam patrimônio como garantia. (...) Incrementar a ação orçamentária de subvenção por meio também de descontingenciamento de recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) ([RAUEN, 2020](#)).

¹⁴ Ver quadro 2.

¹⁵ O mix de políticas mobilizou ao todo R\$ 24,4 bilhões em 2018 (RAUEN,2020).

Inspirado nos trabalhos de Zuniga et al. (2016) apud [Negri \(2017\)](#) e [Vallim \(2004\)](#), o quadro 1 relaciona as principais modalidades de financiamento no Brasil, com o tipo de inovação e o grau de incerteza.

As inovações, os produtos e os processos para um mercado já existente, são caracterizados por uma alta incerteza, porém menor do que aqueles que geram rupturas dos paradigmas. Segundo [Vallim \(2014, p. 67\)](#), “o risco, neste caso, reside principalmente na receptividade do mercado com relação às novidades”. Assim, devido ao nível de insegurança, o financiamento reembolsável acaba sendo inviável e, portanto, as formas de apoio mais adequadas são os incentivos fiscais e os recursos não-reembolsáveis.

Cabe destacar também, que devido ao tempo de maturação do investimento, a pesquisa básica é a que apresenta o maior grau de incerteza e risco, sendo mais usual a modalidade de fomento não reembolsável, por meio de bolsas de estudos e subvenção.

Quadro 1 – Matriz das Relações entre Incerteza, Inovação, Instrumento e Agência de Fomento

Incerteza	Inovação	Modalidade de Financiamento	Políticas e/ou agências
Altíssimo grau de incerteza	Inovações de produto radicais e inovações de processo radicais.	Incentivos Fiscais (Subvenção/Crédito equalizado/participação)	Incentivos fiscais para investimento em P&D previstos na Lei do Bem (Lei nº 11.196/2005) e na Lei da Informática (Lei nº 8.248/1991 e 10.176/2001)
Alto grau de incerteza	Inovações de produto e inovações de processo.		
Baixa incerteza	Inovação sob licença; imitação de diferenciação de produto; melhoramentos e adaptações em produtos e processos.	Recurso Reembolsável (Crédito)	FINEP e BNDES
Baixíssima incerteza	Novo modelo; diferenciação de produto; agência para inovação de produto conhecido; adoção tardia de inovação de processo estabelecido na própria firma; melhoramentos técnicos secundários.		
Alto grau de incerteza	Pesquisa básica e Invenção.	Recurso Não-reembolsável (Subvenção e pagamento de bolsas)	CNPq
			FINEP
Alto grau de incerteza	Pesquisa básica, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental.	Investimento obrigatório em P&D de empresas reguladas	Programa de P&D da Aneel
	Pesquisa básica, pesquisa aplicada ou desenvolvimento experimental.		Programa de P&D da ANP

Fonte: Elaboração própria, adaptado de Zuniga et al. (2016) apud [Negri \(2017\)](#) e [Vallim \(2014\)](#).

A modalidade do financiamento reembolsável é concedido por meio de dois canais, a FINEP e o BNDES, sendo este direcionado para o tipo de inovações com baixo e baixíssimo grau de incerteza. Como mencionado anteriormente, a atuação da FINEP complementa os recursos do BNDES em empréstimos a empresas que investem em P&D. Além do recurso

reembolsável, a FINEP contempla programas de recursos não-reembolsáveis e investimento de risco no capital de empresas nascentes ([ANDRADE, 2017](#)).

Os recursos não-reembolsáveis de financiamento à PD&I são classificados em: bolsas, auxílios, subvenção e capital de risco. As duas primeiras modalidades – bolsas e auxílios –, em geral, são direcionados às instituições de pesquisa e universidades, sendo estes, operacionalizados no âmbito do CNPq. Já a subvenção econômica e o capital de risco, são recursos direcionados as empresas que atuam com atividades inovativas ([RAPINI, 2010](#)).

Em linhas gerais, o grau de incerteza intrínseco a determinados processos de inovações moldam o sistema de financiamento direcionado a C&T, de modo que, nos últimos anos as principais fontes de fomento à pesquisa, provém do financiamento público ou por meio de obrigatoriedade legal do setor privado, dado que este último, tende a não assumir riscos.

2.3.1 Financiamento à PD&I em Energias Renováveis

A literatura nacional e internacional ressaltam uma preocupação unânime entre os pesquisadores no que se refere ao financiamento a P&D e inovação em tecnologias energéticas de baixo carbono. Dado que os investimentos em energias renováveis ainda são inferiores em relação aos investimentos em combustíveis, o questionamento consiste em como obter financiamento suficiente para promover o desenvolvimento tecnológico das fontes renováveis na matriz energética.

O Brasil ainda enfrenta grandes desafios para promover um ambiente compatível com a potencialidade dos seus recursos naturais. Atualmente, as fontes de financiamento a P&D e inovação em energias renováveis são pouco diversificadas, tendo como desafio a carência de um recurso específico e consistente direcionado a P&D e ciência básica.

Diferentemente, a China nos últimos anos vem sendo referência a nível mundial em energias verdes. Apesar de sua intensidade média de P&D nas empresas em ER ser inferior ao nível internacional, a literatura destaca o esforço do governo chinês para compensar a escassez do investimento privado, no apoio e incentivo direcionado ao desenvolvimento do setor, dado que o principal empecilho para a intensificação da P&D na indústria chinesa ainda consiste no fator custo.

Na Europa, o financiamento à P&D em ERs se concentra na fonte de bioenergia, enquanto a outra metade do orçamento se subdivide entre as fontes de fotovoltaica e eólica. As fontes de energia oceânica e geotérmica são encontradas na penúltima posição com menos de

50 milhões de euros, e em última posição a hidroeletricidade. Uma justificativa para esses dados consiste na maturidade das fontes, no potencial de mercado, e na disponibilidade no país. “Por exemplo, energia hidrelétrica é uma tecnologia madura e recebe baixos gastos públicos em P&D”. Portanto, em geral, tecnologias imaturas demandam maiores gastos em P&D (BOINTNER, ET AL., 2016).

No caso da Lituânia, a disponibilidade das fontes de financiamento do setor de ER se difere a depender do tipo de tecnologia e estágio de desenvolvimento. E embora nos últimos anos tenham sido criados instrumentos em apoio ao desenvolvimento e implantação das tecnologias renováveis – em 2013, com a atualização da Lei das fontes de energia renovável – o alto risco da tecnologia ainda é um inibidor do financiamento privado. Quando as tecnologias saem da pesquisa para a fase de desenvolvimento, a quantidade de financiamento público é reduzida e o capital de risco e o capital privado entram em vigor (BOBINAITE E TARVYDAS, 2014).

Quadro 2 – Metas de ER e Instrumentos de Financiamento à ER

País	Metas de ER	Instrumentos				
		Incentivos fiscais	Investimento ou imposto de créditos produção	Reduções em vendas, energia, CO2, IVA ou outros impostos	Produção de energia Forma de pagamento	Investimento público, empréstimos, doações, ou subsídios de capital
EUA	P*(R)	★	★	●		★
China	E, P(R), HC, T	●	●	●	●	●
Alemanha	E, P, HC, T	●	●	●		●
Croácia	E, P, HC, T					●
Espanha	E, P(R), HC, T	●	●		●	●
Finlândia	E, P, HC, T	●		●	●	●
França	E, P(R), HC, T	●	●	●		★
Grécia	E, P, HC, T	●	●	●		●
Irlanda	E, P, HC, T					★
Itália	E, P, HC, T	●	●	●		★, ●
Portugal	E, P, HC, T	●		●		●
Reino Unido	E, P, T, HC	●		●	●	★
Suíça	E, P	●		●		●
Brasil	E, P	●	●	●		●

Fonte: Adaptado de REN21, 2019. Legenda: E Energia (final ou primária); P Potência; HC Aquecimento ou refrigeração; T Transporte; * Indica meta subnacional.

★Novo; ★ Revisado; ● Política nacional existente ou estrutura de licitações (pode incluir subnacional).

Em 2013, nos Estados Unidos, o setor de ER recebeu investimentos inferiores a US\$ 260 bilhões, o que representou apenas 16% dos US \$ 1,6 trilhão em investimentos totais no setor de energia. Em contrapartida, os investimentos em combustíveis fósseis aumentaram 7% entre 2013 e 2014. Sob um olhar mais atento, percebe-se que o foco em obter uma quantidade maior de financiamento desviou atenção do que está sendo financiado, resultando em uma distribuição distorcida, ou seja, áreas superfinanciadas e outras subfinanciadas ([MAZZUCATO E SEMIENIUK, 2018](#)). E neste sentido, não basta financiar, é necessário entender o direcionamento dos investimentos em inovação no setor energético e quais tecnologias estão sendo mais beneficiadas. Dado que, a depender do tipo de política implementada, alguns subconjuntos podem ser mais favorecidos que outros.

Tem sido cada vez mais evidente o esforço de alguns países em ampliar as fontes de energias renováveis na matriz energética. Do mesmo modo, é perceptível a participação do Estado ‘empreendedor’¹⁶ no desenvolvimento de metas mais ambiciosas em ERs, distribuindo atenção não só para o setor de energia elétrica, mas também para tecnologias de aquecimento, refrigeração e transporte em diversos países.

Em 2018, por exemplo, várias metas de energia renovável – novas ou revisadas – foram estabelecidas. A União Europeia (UE), estabeleceu como objetivo atingir pelo menos 32% do seu consumo final de energia proveniente de fontes renováveis até 2030. Um dos acordos estabelecidos pelo grupo consiste no desenvolvimento de Planos Nacionais de Energia e Clima para cada país membro, com projeções entre 2021 e 2030 ([REN, 19](#)).

Conforme mostra o quadro 2, o investimento público através de empréstimos, doações, ou subsídios de capital são os instrumentos mais utilizados entre os países, seguido dos incentivos fiscais. No Brasil o único instrumento que não vem sendo utilizado é a produção de energia como forma de pagamento, sendo este, um instrumento presente apenas na China, na Espanha, na Finlândia, e no Reino Unido ([REN,19](#)).

De acordo com [Mazzucato e Semieniuk \(2018, p. 19\)](#) no financiamento para fontes de energias renováveis: i) é importante entender as consequências de diferentes tipos de investimentos para a direção da inovação; ii) a estrutura das políticas específicas de tecnologia se beneficia da coleta de conhecimento sobre a heterogeneidade em termos dos atores financeiros; iii) deve-se ter mais atenção à coordenação de diferentes tipos de financiamento na fase de implantação e iv) o tipo de ator importa, e em um nível mais refinado do que apenas “privado” vs. “público”. Além disso, destacam que não se trata de uma análise sobre quem

¹⁶ Ver Mazzucato (2013).

investe mais, mas sim, no que concerne o direcionamento dessas escolhas conduzidas pelo financiamento. De modo que, ao observar esse comportamento antes da implantação de uma política pode ajudar a evitar surpresas e bloqueios de recursos mais adiante.

Em linhas gerais, identifica-se que: i) países economicamente mais avançados possuem uma variedade maior de fontes e instrumentos de financiamento a pesquisa; ii) políticas energéticas mais delineadas tendem a incentivar mais a atuação do setor privado – sobretudo, por meio de incentivos fiscais, e iii) o financiamento é importante, mas o direcionamento dos recursos em pesquisas de áreas estratégicas é essencial.

Dentro desse panorama teórico sobre a importância do incentivo a inovação, ciência e P&D, ressalta-se novamente que o recurso direcionado para as tecnologias de fontes renováveis no Brasil ainda consiste em um desafio. Contudo, o ambiente institucional de apoio à ciência, pesquisa e inovação têm sido de extrema relevância para o fomento de pesquisas no âmbito das energias renováveis. Nesse sentido, por meio de procedimentos bibliométricos e análise de redes – descritos na seção seguinte –, será discutido a trajetória da pesquisa em energias renováveis, suas principais fontes de financiamento e as interações do compartilhamento de conhecimento entre as instituições de pesquisas.

2.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E BASE DE DADOS

O presente capítulo possui caráter descritivo e analítico, pois objetiva discutir a importância da ciência, P&D e inovação para a maturidade das fontes renováveis de energia no Brasil, tal como, identificar a evolução da produtividade científica e tecnológica no Brasil e a capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições de pesquisas. Os métodos utilizados foram, consecutivamente: i) análise bibliométrica, e o ii) método de redes de pesquisa.

A partir da análise bibliométrica é possível mensurar o processo de transformação e avanço do conhecimento, de modo que, auxilia na identificação de redes de colaboração e mapeamento da evolução de novos campos pesquisa científica ([RUAS E PEREIRA, 2014](#)).

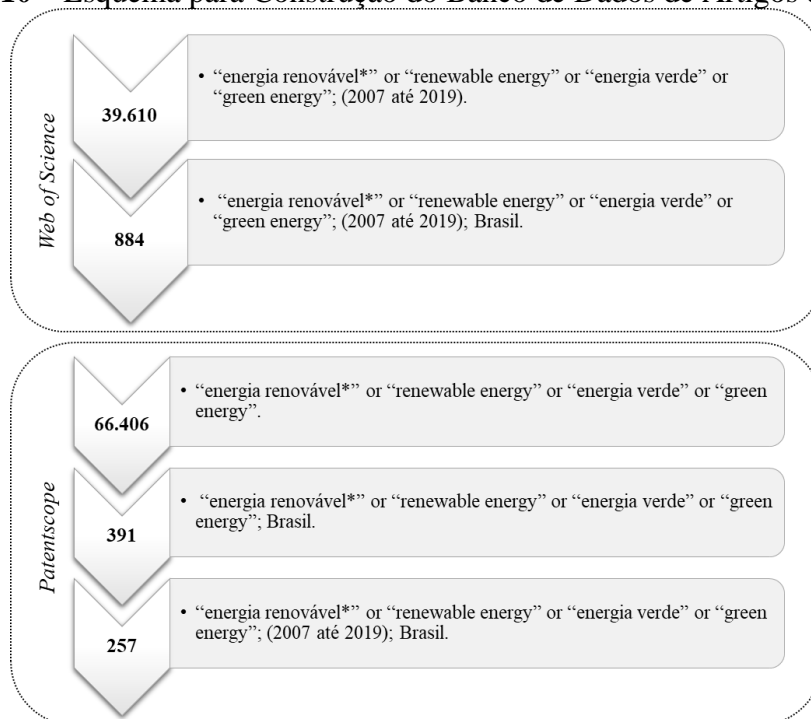
Para a técnica de mapeamento, escolha das palavras-chave e o processamento dos dados optou-se por utilizar o *software VOSViewer*¹⁷, a qual consiste em um *software* livre e apto para visualização de mapas de interações. Segundo [Ruas e Pereira \(2014, p. 10\)](#), “o VOSViewer pode ser usado para explorar mapas sob diferentes perspectivas, cada uma enfatizando uma

¹⁷ *Software* livre.

característica em específico como: publicações, autores, mapas de palavras-chave, co-ocorrência de citações, entre outras”.

Os dados obtidos para análise bibliométrica e de redes de pesquisas, foram coletados da base *ISI Web of Science* (ISI WOS) disponível na CAPES. Para seleção de dados fez-se uso de palavras-chave que categorizassem o número máximo de trabalhos na área a ser estudada. Assim, os filtros utilizados para a coleta de artigos científicos em energias renováveis foram: “energia renovável”, “*renewable energy*” or “energia verde”, “*green energy*”, para o período de 2007-2019.

Figura 10 – Esquema para Construção do Banco de Dados de Artigos e Patentes



Fonte: Elaboração própria.

A base de dados de patentes foi oriunda da *Patentscope*, disponível na OMPI, também utilizando como filtro as seguintes palavras-chave: “energia renovável”, “*renewable energy*” or “energia verde”, “*green energy*”, para dados do Brasil no período de 2007-2019. Optou-se por essa base por se tratar de um sistema reconhecido a nível mundial, a figura 10 ilustra a estratégia de busca no banco de artigos e de patentes.

No que tange à coleta de dados do ISI WOS, foram realizadas três etapas: i) a seleção de artigos internacional e nacional, para o período de 2007-2019, obtendo um total de 39.610 registros; ii) a seleção de artigos nacionais, com as mesmas palavras-chave e o mesmo recorte

temporal, obtendo um total de 884 registros, e iii) artigos nacionais, com as mesmas palavras-chave.

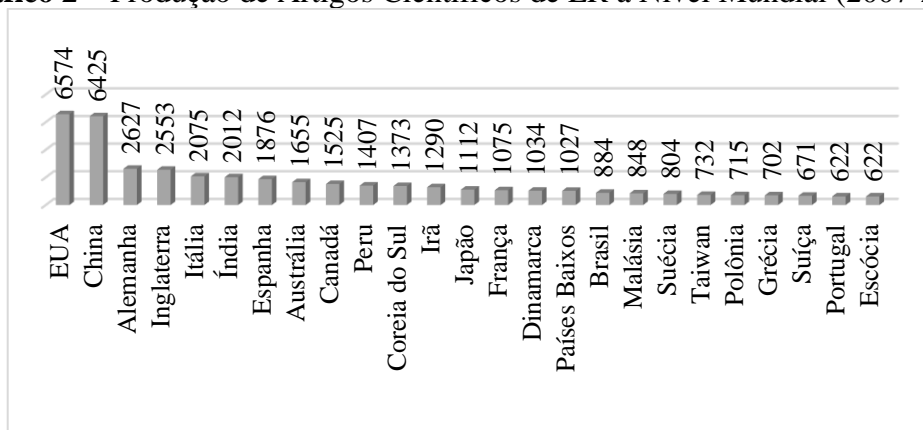
2.5 ANÁLISE E DISCUSSÕES

A importância do incentivo em tecnologia e no fomento de pesquisas – seja básica, aplicada ou experimental – em energias renováveis, vêm sendo cada vez mais reconhecido entre os teóricos. E embora o Brasil apresente uma matriz energética significativa de fontes renováveis, o ambiente tecnológico e científico ainda é muito incipiente em relação as fontes fósseis. Assim, esta seção se subdivide em: i) análise descritiva da evolução da produção científica em ERs, e ii) análise de redes de pesquisa.

2.5.1 Evolução da Produção Científica em Energias Renováveis

Entre 2007-2019 foi identificado um total de 39.610 registros de artigos científicos (*proxy* da produção científica) em ERs, os países com o maior número de registro foram os Estados Unidos, a China e a Alemanha – que inclusive são países com alta especialização tecnológica em energias renováveis.

Gráfico 2 – Produção de Artigos Científicos de ER a Nível Mundial (2007-2019)



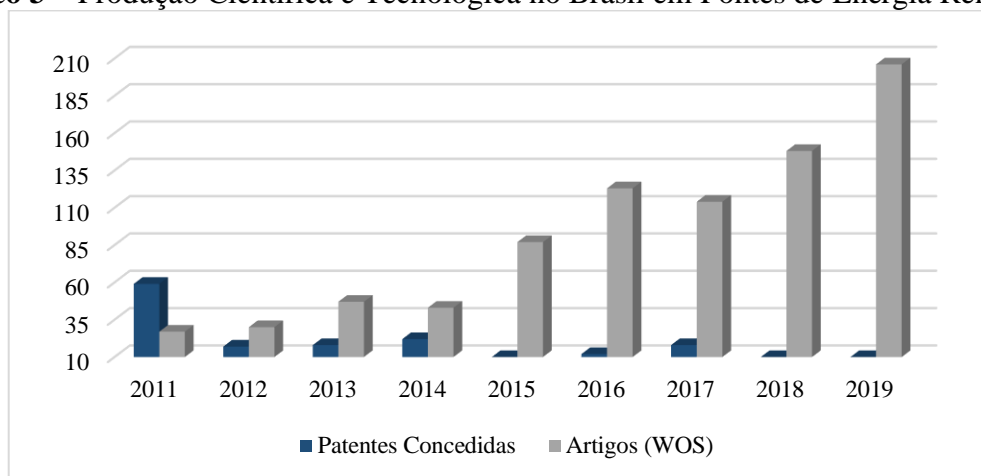
Fonte: Elaboração própria. Dados coletados da plataforma *Web of Science*, 2020.

O gráfico 2 mostra o *ranking* dos 25 países que tiveram um maior percentual de artigos publicados no período mencionado, dentre eles, o Brasil na 17ª posição com um total de 884 artigos de ER. Nota-se que os principais países da amostra fazem parte do grupo G20, o que

conduz a perspectiva de que há uma preocupação a nível mundial sobre a temática, tanto de países industrializados, como emergentes.

Adotando como *proxy* de desempenho tecnológico o número de patentes, os dados para a seguinte análise foram obtidas na base *Patentscope* da WIPO¹⁸. Utilizando como critério de seleção os termos "energia renovável" ou "energia verde" foram obtidos um total de 809 registros de patentes em língua portuguesa¹⁹. Dentre os quais, 391 no Brasil, 367 em Portugal, 50 PCT e 1 no México.

Gráfico 3 – Produção Científica e Tecnológica no Brasil em Fontes de Energia Renováveis



Fonte: Elaboração própria com dados da *Patentscope* e *Web of Science*, 2020.

A área que mais registrou patente foi a de energia eólica, seguida de fontes hídricas, de sistemas, bioenergia e marítima. Um outro ponto de destaque é a participação de empresas e Institutos de Pesquisas, tanto na categoria de requerentes quanto de inventores. Preliminarmente, não se identificou um comportamento linear no número de patentes concedidas. O gráfico 3 destaca 2011 como o ano que mais concedeu patentes – com 59 registros –, enquanto, os demais apresentaram oscilações entre 10 e 20. Uma possível justificativa para esse tipo de comportamento consiste nos entraves burocráticos na concessão dessas patentes, ainda mais se tratando de um ambiente com alto grau de importação de máquinas e equipamento, como o que caracteriza o setor energético.

Nesse sentido, é perceptível o baixo grau de desenvolvimento tecnológico no País, de modo que, grande parte dos registros de patentes provém de empresas e/ou estrangeiros. Em

¹⁸ Disponível em: < <https://www.wipo.int/patentscope/en/>> última visualização 21/07/2020.

¹⁹ Quando filtrados "renewable energy" or "green energy" para língua inglesa o número de registros mundial aumentava para 66.254, contudo o número de registro brasileiro era de apenas 22. Portanto, optou-se por se concentrar nos dados de língua portuguesa.

contrapartida, os dados apresentaram uma evolução do registro de produção acadêmica, sendo 2019 o ano de maior registro, com 206 artigos registrados na *Web of Science*.

A deficiência da transferência tecnológica entre universidades e empresas foi sinalizada no trabalho de [Cruz e Bezerra \(2017\)](#), como um entrave para o desenvolvimento de P&D. Paralelamente, por meio de um mapeamento de prospecção tecnológica os autores identificaram que o número de patentes registradas nos últimos 10 anos, foi maior nos países com *Know-how* em ER, enquanto o Brasil se enquadrou no conjunto de países com baixa transferência tecnológica.

Esse recorte temporal – de 2011 a 2019 – abrange uma trajetória de criação de programas e instrumentos normativos que foram cruciais para o âmbito da PD&I. Em 2012 por exemplo, destacou-se a promoção da pesquisa científica básica e tecnológica, a qual foi apresentada como um dos pilares fundamentais da Estratégia Nacional de CT&I (ENCTI), visando, “promover o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico em fontes renováveis de geração de energia elétrica, na produção e uso de biocombustíveis e no uso eficiente da energia”, tendo em vista a importância econômica, social e ambiental para o País ([MCTI, 2018, p. 21](#)).

Embora sejam recortes pontuais, esses dados refletem a trajetória e em que nível de maturidade se encontra as fontes de energias renováveis no Brasil. Há um crescimento no debate, e para o processo de descarbonização o ambiente de inovação deve ser solidificado, seja por meio de instrumentos diretos – financiamento, incentivo fiscal, ou subsídios – ou indiretos – políticas plurais incisivas na iminência de uma crise climática.

Como mencionado anteriormente, um dos maiores desafios do setor energético consiste na quebra de barreiras acarretadas pela falta de maturidade do desenvolvimento tecnológico no Brasil, não só no nas fontes renováveis, como também nas fósseis. Em 2019, por exemplo, houve um derramamento de óleo no litoral do Nordeste afetando outras parte do litoral brasileiro, evidenciando a incapacidade tecnológica para evitar grandes desastres ambientais na exploração de petróleo – principal especialização energética do País.

Em linhas gerais, a experiência brasileira tem mostrado inúmeras potencialidades de expansão, avanço da ciência e amadurecimento tecnológico de um portfólio de tecnologias renováveis e sustentáveis. Há diversos gargalos a serem enfrentados na transição energética que não podem ser negligenciados pelas políticas tecnológicas e energéticas. Ao mesmo tempo em que, é possível vislumbrar um setor imprescindível nos aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Como mencionado, há uma tendência do aumento da produção científica em ER no período analisado. Em uma perspectiva regional, de 2007 a 2019, o Distrito Federal, Minas Gerais e São Paulo, apresentaram um crescimento de 14,87%, 34,24% e 20,02%, respectivamente. Quando analisado no triênio 2014-2016, os estados da região Sul e Sudeste apresentaram um crescimento acentuado, exceto Espírito Santo. O estado de Minas expressou a maior taxa, com 68%, Rio de Janeiro com 55%, Paraná com 49%, São Paulo 45%, Santa Catarina 10% e Rio Grande do Sul 4%. Já nos dois últimos anos, 2015-2016, os dados mostraram um decréscimo em relação a regiões do NE, de modo que, 2015 apresentou o ano com o maior número de publicações.

Tabela 2 – Áreas de Pesquisas dos Artigos Científicos de ER no Brasil (2007-2019)

Áreas de pesquisa	Registros	Áreas de pesquisa	Registros
Combustíveis de Energia	311	Silvicultura	17
Engenharia	284	Instrumentos Instrumentação	13
Ecologia das Ciências Ambientais	200	Ciências da Vida Biomedicina outros Tópicos	13
Tecnologia da Ciência outros Tópicos	177	Eletroquímica	12
Agricultura	85	Ciência de Gestão de Pesquisa em Operações	11
Economia de Negócios	74	Telecomunicações	11
Química	60	Recursos Hídricos	11
Termodinâmica	57	Biologia Molecular de Bioquímica	10
Ciência da Computação	41	Física	10
Biotecnologia Microbiologia Aplicada	35	Tecnologia da Ciência Alimentar	8
Sistemas de Controle de Automação	22	Ciências da Planta	7
Ciência de Materiais	22	Tecnologia de Construção	6
Mecânica	20		

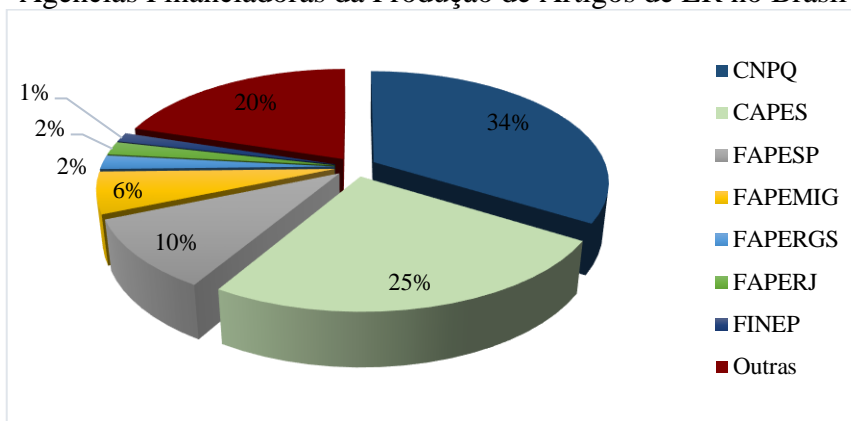
Fonte: Elaboração própria. Dados coletados da plataforma *Web of Science*, 2020.

Por meio da distribuição cronológica dos artigos publicados foi perceptível uma concentração em quatro áreas de pesquisas, 311 artigos se concentravam nas áreas de combustíveis de energia, 284 em áreas de engenharia, 200 em áreas de ecologia das ciências ambientais/terra e 177 em tecnologia da ciência, de um total de 36 áreas e 884 artigos. Cabe mencionar que o somatório desses registros ultrapassam o total de artigos devido a possibilidade de conter mais de uma área de pesquisa. Conforme a tabela 2.

Esses dados convergem com o levantamento das características gerais da infraestrutura de pesquisa em energias renováveis levantado por [Santos \(2015\)](#), que segundo o autor, as áreas de atuação dos pesquisadores são, predominantemente, das engenharias e ciência da terra. Conforme o esperado, essas características colocam as fontes de biomassa e hidroeletricidade como áreas mais maduras no *mix* de tecnologias energéticas no Brasil.

Esse tipo de detalhamento faz-se importante para uma melhor compreensão do cenário em que se encontra a produção científica, pois não se trata apenas da identificação de uma trajetória de crescimento, mas sim o direcionamento desta.

Gráfico 4 – Agências Financiadoras da Produção de Artigos de ER no Brasil (2007-2019)



Fonte: Elaboração própria. Dados coletados da plataforma *Web of Science*, 2020.

O gráfico 4, mostra as principais agências de fomento à produção científica de ER no Brasil, com recorte temporal de 2007-2019. Os dados mostram o CNPq, a CAPES, e a FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo – como as principais agências, com mais de 68% do total de financiamento. Seguida da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, a FINEP, e outras (incluindo agências do exterior). Esses dados destacam o esforço das FAP’s em fomentar as pesquisas de ERs, o que conduz a ideia de que, parte dos resultados obtidos na região Sul e Sudeste advém do esforço e da capacidade produtiva de seus respectivos estados.

Tabela 3 – Registros de Artigos Científicos de ER no Brasil por Universidades (2007-2019)

Organizações	Registros	Organizações	Registros
Univ. São Paulo	89	Univ. Fed. Pernambuco	17
Univ. Fed. Rio De Janeiro	76	Univ. Fed. Bahia	16
Univ. Estadual Campinas	63	Univ. Fed. Paraíba	16
Univ. Fed. Minas Gerais	30	Univ. Tecnol. Fed. Paraná	16
Univ. Fed. Itajubá	29	Univ. Fed. Juiz De Fora	12
Univ. Fed. Rio Grande Do Sul	29	Univ. Fed. São Carlos	12
Univ. Fed. Santa Catarina	29	Univ. Brasília	11
Univ. Fed. Ceará	27	Univ. Fed. Paraná	11
Univ. Fed. Viçosa	25	Univ. Fed. São Joao Del Rei	11
Univ. Fed. Santa Maria	21	Univ. Estadual São Paulo	10
Univ. Fed. Uberlândia	18	Univ. Fed. Abc	10
Univ. Estadual Paulista	17	Univ. Estado Rio De Janeiro	9

Fonte: Elaboração própria. Dados coletados da plataforma *Web of Science*, 2020.

Em outras palavras, essa concentração que se observa nas regiões Sul e Sudeste, é formada em grande parte devido as características intrínsecas da capacidade de P&D nessas regiões, da concentração do PIB, do número de instituições de pesquisa e até mesmo da própria geração de energias renováveis, conforme apontado pelos resultados do capítulo I. Em concordância, a tabela 3 destaca as 25 universidades que mais registraram artigos científicos em ERs no período.

Como esperado, os dados apontam uma concentração na região Sul e Sudeste, talvez por se tratar de regiões com as maiores universidades do País e com uma participação mais atuante das FAPs. Contudo, cabe destacar as Universidades Federais do Ceará, de Pernambuco, da Bahia e a da Paraíba, que embora tenham apresentado um número de registros modesto, estão entre as 25 principais universidades e representam uma região de alto potencial eólico, como evidenciado no capítulo I.

Segundo [Santos \(2015\)](#), está se consolidando no Brasil um ambiente de inovação e de pesquisa, com a criação dos instrumentos legais e dos fluxos financeiros, sobretudo público. Mas, por sua vez, quando analisado sob no âmbito das tecnologias renováveis, é perceptível um ambiente ainda incipiente, com um número baixo de infraestrutura dedicada às energias renováveis e as sucessivas discontinuidades nos fluxos de investimento a P&D.

2.5.2 Redes de Pesquisa

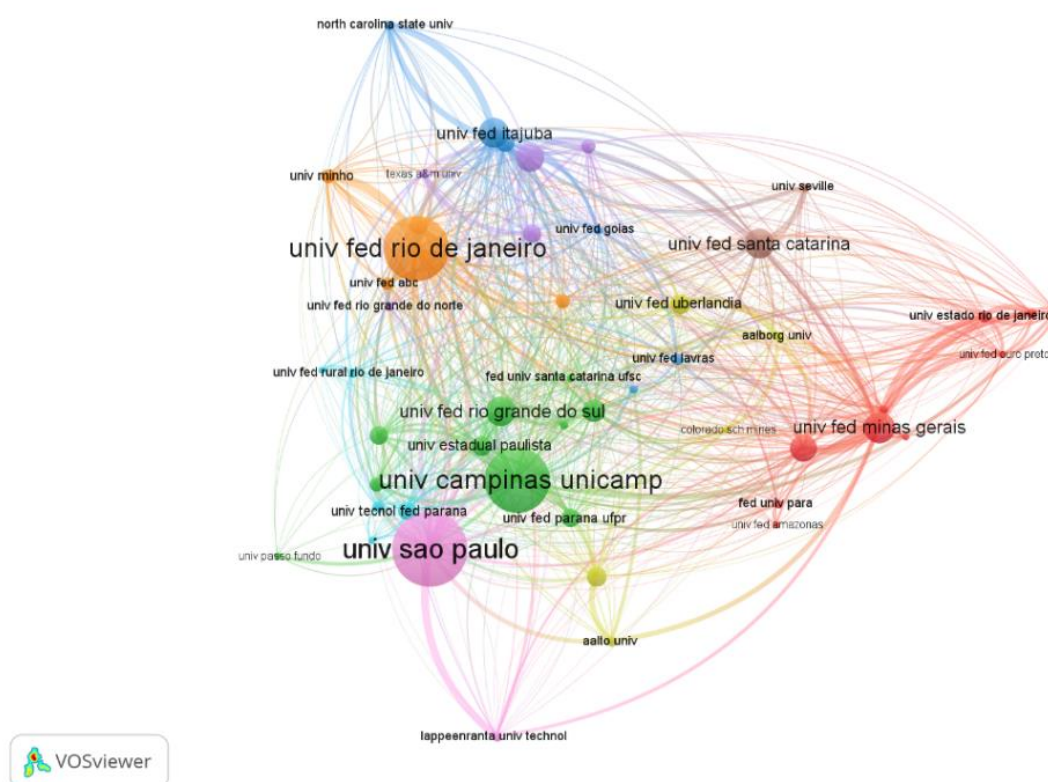
Por meio de procedimentos bibliométrico e utilizando o *software* livre *VOSViewer*[®] a figura 11 ilustra a relação espacial entre as organizações, ou seja, a rede de colaboração do conhecimento, com cada círculo corresponde a uma organização. De modo que, quanto maior for o número de publicações e a interação – demonstrada pelas curvas de ligação – entre as organizações, maior será o círculo, e quanto maior for a interação mais próximos serão as curvas de ligação.

A amostra de 884 artigos científicos de ER identificou um total de 1066 instituições, porém, a análise proposta utilizou como critério – para identificar as interações entre as instituições – um número mínimo de 5 artigos. Assim, foram identificadas 50 interações²⁰ divididas em 9 *clusters* (agrupamento), dois desses são classificadas como as principais, cada um com uma determinada cor.

²⁰ É importante destacar que para eliminar a duplicidade de informações, foi utilizado o tratamento dos dados *VOSViewer thesaurus file*.

O principal *cluster* está representado pela cor vermelha com 10 universidades, dentre elas: o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), a Universidade Federal do Pará (UFPA), a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), a Universidade Federal da Amazônia (UFAM), a Universidade Federal Fluminense (UFF), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Universidade Federal Ouro Preto (UFOP), a Universidade Federal de Viçosa (UFV), e a Universidade Pádua (UNIPD).

Figura 11 – Rede de Interação entre as Universidades (2007-2019)



Fonte: Elaboração própria via VOSVIEWER (dados coletados na plataforma *Web of Science* 2020).

O segundo maior *cluster* é identificado pela cor verde com 10 universidades, dentre elas: a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a Universidade de Campinas (UNICAMP), a Universidade Estadual Paulista, a Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), a Universidade Federal São Carlos (UFSC), a Universidade Passo Fundo (UPF), e a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Representado pela cor azul, o terceiro *cluster* apresentou 6 universidades, o quinto *cluster* (de cor lilás), o sexto *cluster* (verde) e o sétimo *cluster* (de cor laranja) apresentaram 5 universidades, enquanto, o oitavo *cluster* (de cor bordô) e o último *cluster* (de cor rosa), apresentaram apenas 2 universidades. Corroborando com o trabalho de [Santos \(2016\)](#), há dois principais pontos a serem destacados nesta rede: i) todos os *clusters* da amostra são “liderados” pelas principais universidades do país e, em concordância com a tabela 3, sendo estas as que mais publicaram no período analisado; ii) USP, UNICAMP e UFRJ apresentaram o maior número de publicações e interações, ressaltando seu potencial no desenvolvimento de pesquisas na área de energias renováveis.

Essa interação entre as universidades são cruciais para a disseminação do conhecimento, impactando diretamente no avanço das pesquisas brasileiras e no amadurecimento do sistema de inovação. Contudo, a rede de interação apresentou uma baixa conexão inter-regional das universidades, houve pouca interação com universidades da região Sul e Sudeste com as universidades da região Norte e Nordeste outras regiões – como no caso do segundo *cluster*.

Cabe mencionar que esses intercâmbios entre as universidades são cruciais para a disseminação do conhecimento, impactando diretamente no avanço das pesquisas brasileiras e no amadurecimento do sistema de inovação. De acordo com [Silveira et al. \(2015, p. 11\)](#), os incentivos para P&D que envolvem a interação entre centros de pesquisas e universidades acarretam o fortalecimento de um ambiente de competências tecnológicas locais. Contudo, a rede de interação apresentou uma baixa conexão inter-regional das universidades, sinalizando concentração do conhecimento entre as maiores universidades.

A internacionalização do conhecimento é crucial para a qualidade da pesquisa produzida nacionalmente, contudo, [Negri \(2018, p. 50\)](#) aponta que as universidades brasileiras ainda são muito pouco internacionalizadas. “Sendo a mobilidade internacional um dos principais fatores que explicam a colaboração, não é espantoso que a participação brasileira nas redes internacionais de conhecimento não seja tão expressiva”.

No âmbito das tecnologias renováveis o cenário não é tão divergente, dado que algumas fontes não possuem maturidade tecnológica, passam a demandar o conhecimento e a capacidade tecnológica externa – como é o caso das fontes de energias solares no Brasil demandantes de insumos de alta tecnologia desenvolvido na China ([SANTOS, 2015](#)).

Por outro lado, a troca do conhecimento universidade-empresa e a acumulação de competências obtida em outras áreas, permitiu que as tecnologias de fonte eólica avançassem no Brasil, como foi o caso das pás eólicas – promovida pelo conhecimento adquirido da

EMBRAER. Para [Grillitsch e Asheim \(2018\)](#), em economias periféricas, as competências sobre a instalação de plataformas de petróleo foram cruciais para a implantação de parques eólicos *offshore* e, assim, passar para o setor de energia renovável.

E, nesse sentido, [Santos \(2015, p. 2\)](#) aponta que a “formação de redes de pesquisa e o ingresso do setor produtivo de forma mais acentuada nos investimentos e nas parcerias com as infraestruturas públicas de P&D são passos iniciados no país, porém com muitos entraves” no âmbito das tecnologias renováveis, sinalizando um sistema de inovação ainda em formação.

2.6 CONSIDERAÇÕES

Embora haja divergências na literatura sobre as classificações de pesquisa/ciência, é indiscutível o papel do desenvolvimento de pesquisas sobre a maturidade tecnológica das fontes renováveis de energias. De acordo com os teóricos, o processo de inovação não é tido de forma isolada, mas sim, de forma dinâmica e em interação com outros atores.

Desde a década de 1950, o ambiente institucional e político de apoio à P&D e inovação tem sido moldado. Subdividido em incentivos fiscais, recursos reembolsáveis e não reembolsáveis, o financiamento público consiste em um importante instrumento de fomento à inovação, dado que o grau de incerteza intrínseco ao processo de inovação inibe o financiamento privado nos primeiros estágios.

Classificado como atividades de alto grau de incerteza, a pesquisa básica, a pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental – ou seja, a P&D –, são financiados pela modalidade de recurso não-reembolsável. De acordo com os dados da WOS (2020), as principais instituições de fomento a produção de artigos em ERs no Brasil foram o CNPq (34%), a CAPES (25%) e a FAPESP (10%).

As análises da trajetória de produção científica e tecnológica no Brasil destacaram um avanço na produtividade científica entre 2011-2019, porém, um enorme descompasso na produtividade tecnológica (*proxy* patentes), o que ressalta o baixo grau de desenvolvimento tecnológico no País. Não obstante, 25 universidades registraram publicações no período de análise, contudo, os dados indicaram uma concentração maior da produtividade científica entre os estados do Sul e Sudeste.

A análise de redes de pesquisa tem como finalidade mostrar a capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições de pesquisas. Os resultados obtidos identificaram 9 *clusters* (agrupamentos), dois destes foram considerados como os principais

devido ao número de interações. Embora a análise de redes tenham apresentado algumas conexões inter-regionais entre as instituições de pesquisas, foi perceptível uma concentração do conhecimento em instituições mais antigas nas regiões Sul e Sudeste.

Um outro ponto relevante consiste no ambiente de pesquisa científica na região do Nordeste, pois embora apresente uma alta especialização das fontes de energias renováveis – evidenciado no capítulo I –, os resultados indicaram limitações de caráter científico e tecnológico.

É evidente o avanço das pesquisas no âmbito das energias renováveis no Brasil, contudo, faz-se imprescindível a ampliação de redes e o ingresso do setor produtivo de forma mais acentuada nos investimentos e em parceria com as infraestruturas públicas de pesquisa. Em linhas gerais, há uma evidente lacuna no cenário brasileiro, tanto em termos de desenvolvimento tecnológico, quanto em termos de troca de conhecimento e, portanto, faz-se necessário estimular os investimentos públicos, a internacionalização do conhecimento e a diversidade da ciência brasileira, sobretudo, no que concerne as tecnologias renováveis.

CAPÍTULO III – FINANCIAMENTO À PESQUISA EM ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL: UMA ANÁLISE DO IMPACTO DO FUNDO SETORIAL DE ENERGIA SOBRE A PRODUTIVIDADE CIENTÍFICA

No Brasil, as fontes de energias renováveis (ERs) – hídrica, eólica, solar, geotérmica, biomassa, ondas e marés – têm se destacado com um alto potencial para expansão na matriz energética. Contudo, o setor tem sinalizado alguns desafios, dentre eles, a carência de um recurso financeiro direcionado à pesquisa em ERs e a falta de um Sistema de Inovação em Energias Renováveis – acarretando fragilidades no âmbito científico e tecnológico.

A relação entre ciência básica e inovação tecnológica é tida como um processo sistêmico e dinâmico ([LUNDVALL, 2007](#); [STOKES, 2005](#)), ao qual apresentam uma estreita conexão com as atividades de P&D, sendo esta, definida no Manual de Frascati da OCDE (2013) como pesquisa básica, pesquisa aplicada e o desenvolvimento experimental.

É indiscutível a importância da ciência e pesquisa básica para o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico ([NEGRI, 2018](#); [STEPHAN, 2010](#); [KANTZ, 1999](#); [NELSON, 1956](#)). E nesse sentido a literatura apresenta alguns determinantes na produtividade da ciência e pesquisa básica, dentre os quais, destacam-se o sistema de recompensa acadêmico.

Uma das principais fontes de financiamento a PD&I no setor energético, foi instituído pela Lei nº 9.991/2000 com a criação do Fundo Setorial de Energia (CT-Energ), representando uma reforma crucial do setor. Regulado pela ANEEL, a obrigatoriedade de investimentos por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas de energia elétrica consiste em um montante anual de no mínimo 0,75% da receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, e no mínimo, 0,25% em programas de eficiência energética no uso final. Desse montante, 40% são direcionados para o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT); (ii) 40% para projetos de P&D, conforme regulamentos estabelecidos pela ANEEL e (iii) 20% para o Ministério de Minas e Energia (MME) ([BRASIL, 2000](#)).

Cabe mencionar que os recursos direcionados ao FNDCT são operacionalizados no âmbito da Financiadora de Estudos e Projeto (FINEP) e do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), como uma modalidade de recurso não-reembolsável. Contudo, o presente trabalho tem como elemento central a discussão em torno do financiamento destinado ao CNPq para pesquisas no setor energético, sendo este categorizado como uma modalidade de alto grau de incerteza.

Assim, partindo da perspectiva de que a política dos Fundos Setoriais consiste no principal instrumento de incentivo para a pesquisa no setor energético no Brasil e assumindo que as atividades de P&D possuem um papel imprescindível para a maturidade tecnológica e redução do custo de geração renovável ([SANTOS, 2015](#)), neste capítulo buscou-se analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia²¹ sobre a produção científica em energias renováveis no Brasil. Para tal, além das análises descritivas dos dados, os procedimentos metodológicos adotados serão de caráter empírico, por meio de um modelo econométrico probabilístico em *cross-section*, entre o período de 2011-2015.

O estudo avança em relação aos demais trabalhos da literatura relacionada, sobretudo, por realizar uma análise empírica, apresentando resultados e procedimentos inéditos na temática. Além disso, os resultados apresentados potencializam a importância do financiamento público destinado a pesquisa, possibilitando conduzir uma discussão extremamente relevante para os formuladores de políticas públicas (*policy makers*).

Além desta introdução, o capítulo está estruturado em cinco seções. A segunda seção apresentará a composição e contribuição dos Fundos Setoriais para o ambiente de pesquisa no Brasil, com ênfase no Fundo Setorial de Energia e nos principais trabalhos empíricos. A terceira seção irá discutir sobre os determinantes da produção científica, sobretudo, os determinantes de caráter individual e observáveis. Os procedimentos metodológicos, os critérios de seleção e as descrições da base de dados estarão presentes na quarta seção. A quinta seção será subdividida em uma análise descritiva dos dados, seguida respectivamente, da análise econométrica. Por fim, a última seção consiste nas considerações finais deste capítulo.

3.1 FINANCIAMENTO À PESQUISA: CONTRIBUIÇÃO DOS FUNDOS SETORIAIS

Dada a instabilidade das fontes de financiamento à pesquisa ao longo dos anos, a década de 1990 foi marcada com a criação dos Fundos Setoriais, representando uma reforma crucial no sistema de financiamento a inovação.

Implementado em 2000 e subdividido em 16 Fundos – exposto no quadro 3 –, a principal finalidade da criação dos Fundos Setoriais consistiu em assegurar de forma continuada o suprimento dos recursos necessários e a descentralização por setor econômico – petróleo, biotecnologia, informática, energia dentre outros. Uma outra finalidade da implementação dos Fundos Setoriais foi o fortalecimento de parcerias entre universidades, institutos de pesquisas

²¹ Destinado ao CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas).

e empresas. Em concordância, [Lemos e Negri \(2010\)](#) destaca que os Fundos Setoriais têm como objetivo garantir a ampliação e estabilidade do financiamento direcionado a C&T, não obstante – a fim de incentivar os investimentos privados e impulsionar o desenvolvimento tecnológico dos setores produtivos –, objetiva-se promover parcerias entre as instituições de pesquisas e o setor produtivo.

Os Fundos possuem aplicações a setores específicos – em exceção o Fundo Verde e Amarelo e o Fundo de Infraestrutura – e sob gestão compartilhada – por representantes de ministérios, agências reguladoras, comunidade científica e empresarial –, seus recursos provêm de receitas de diversas fontes e possuem destinação assegurada por lei ([GUIMARÃES, 2006](#)).

Quadro 3 – Categorização dos Fundos Setoriais

Fundo	Lei Geradora	Fonte de Recurso
CT-Petro	9.478,6/8/97	25% dos royalties que excederam a 5% da produção de petróleo e gás natural
CT-Info	10.176, 11/1/01	Mínimo de 0,5% do faturamento bruto das empresas beneficiadas pela Lei de Informática
CT-Infra	10.197, 14/2/01	20% dos recursos de cada Fundo Setorial
CT-Energ	9.991, 24/7/00	0,75% a 1% faturamento líquido das concessionárias
CT-Mineral	9.993, 24/7/00	2% da compensação financeira (Cfem) paga por empresas com direitos de mineração
CT-Hidro	9.993, 24/7/00	4% da compensação financeira recolhida pelas geradoras de energia elétrica
CT-Espacial	10.332, 19/12/01; 9.994, 24/7/00	25% das receitas de utilização de posições orbitais; total da receita de licenças e autorizações da Agência Espacial Brasileira
CT-Saúde	10.332, 19/12/01	17,5% Cide
Bio	10.332, 19/12/01	7,5% da Cide
CT-Agro	10.332, 19/12/01	17,5% da Cide
Aero	10.332, 19/12/01	7,5% da Cide
FVA	10.168, 29/12/00; 10.332, 19/12/01	50% da Cide, 43% da receita do IPI incidente sobre produtos beneficiados pela Lei de Informática
CT-Transpo	9.992, 24/7/00; 10.332, 19/12/01	10% das receitas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (contratos para utilização de infraestrutura de transporte terrestre)
Amazônia	8.387, 30/12/91; 10.176, 11/1/01	Mínimo de 0,5% do faturamento bruto das empresas de informática da Zona Franca de Manaus

Fonte: Elaboração própria, adaptado de [Pereira \(2006\)](#).

A receita obtida nos respectivos setores de cada Fundo, são alocados no orçamento do FNDCT e aplicado nas modalidades de financiamento da FINEP e do CNPq ([MORAIS, 2008, p. 12](#)). O contingenciamento estabelecido pela União tem sido visto na literatura como um entrave na efetividade dos Fundos, dado que, o excedente da movimentação financeira é direcionado a uma reserva de contingência, e sua disponibilização depende exclusivamente da abertura de crédito suplementar aprovada em Lei orçamentária.

Embora tenha ocorrido a tentativa dos Fundos Setoriais fazerem parte do grupo de Fundos com exceção²² à regra, “em 2003 o orçamento da União passou a classificar uma parcela da receita dos Fundos como reserva de contingência”, de modo que, o contingenciamento das despesas incide mais fortemente sobre os maiores Fundos ([GUIMARÃES, 2006, p. 42](#)).

Entre 2001 e 2003 a previsão da receita dos Fundos Setoriais aumentou para taxas médias de 39%, porém, apenas uma parte da receita prevista em lei foi direcionada para o gasto efetivo. Como foi apontado, o contingenciamento recaiu de forma diferenciada entre os Fundos ao longo dos anos, de modo que, quanto maior o Fundo, maior o percentual direcionado a reserva de contingência. No período mencionado, o CT-Infraestrutura, o CT-Verde amarelo e o CT-Petróleo de gás natural foram os Fundos com maior percentual de contingenciamento, já os Fundos Setoriais de Energia, Agronegócio, Saúde e demais Fundos, apresentaram um contingenciamento menor nos recursos, por se tratar de Fundos de médios e pequenos portes ([GUIMARÃES, 2006](#)).

A estrutura orçamentária dos Fundos Setoriais do FNDCT, se subdivide em três grupos principais: i) ações verticais – consiste em ações direcionadas aos setores específicos de cada Fundo Setorial; ii) ações transversais – são programas estratégicos do MCTI, a qual utilizam recursos de diversos Fundos Setoriais simultaneamente, e não possuem exigência de aplicação dos recursos em um setor específico, diferentemente das ações verticais e iii) operações especiais – ações e instrumentos direcionados as empresas, denominadas na Lei Orçamentária Anual (LOA) de Operações Especiais. Diferentemente das demais ações que compõem atualmente o FNDCT, os recursos das operações especiais são exclusivamente voltadas ao apoio da inovação nas empresas ([FINEP, 2020](#)²³).

Em linhas gerais, além da descentralização por setores, os Fundos Setoriais do FNDCT têm sido um dos principais recursos destinados a promover o ambiente de C&T e o fortalecimento de parcerias entre universidades, institutos de pesquisas e empresas. Consequentemente, um recurso primordial para o desenvolvimento de inovações e pesquisas com alto grau de incerteza.

3.1.1 Financiamento à pesquisa em Energia Renovável no Brasil: Uma Lacuna Preenchida pelo Fundo Setorial de Energia?

²² Saúde, educação e assistência social.

²³ Disponível em: <<http://finep.gov.br/a-finep-externo/fndct/estrutura-orcamentaria/composicao-do-fndct>> última visualização 01/07/2020.

Um importante marco legal no setor de energia foi a criação do CT-Energ em 2000, que embora não tenha apresentado uma finalidade direcionada as fontes renováveis de energia, consiste em um recurso de maior relevância nos aspectos de investimento público no setor energético. Segundo o CGEE ([2001, p. 218](#)), “muitos desses investimentos requerem largo tempo de maturação e possuem maiores taxas de riscos que aqueles realizados pela iniciativa privada”, assim, o financiamento direcionado a pesquisa acaba sendo majoritariamente por meio dos investimentos públicos e da imposição estabelecida em Lei.

Os recursos gerados pela aplicação da Lei nº 9.991/00 deverão ser usados em duas categorias de investimentos em P&D: 1) investimentos em P&D concebidos e implementados pelas concessionárias de eletricidade sob supervisão da ANEEL; 2) investimentos em P&D através do Fundo Setorial CT-ENERG. Além destes, existem ainda investimentos em P&D do setor privado de caráter estratégico e sigiloso (concessionárias privadas, seus fornecedores, fabricantes de equipamentos elétricos e eletrônicos) que deverão ocorrer para garantir posições de vanguarda entre empresas competitivas ([CGEE, 2001, p. 217](#)).

Supervisionado pela ANEEL, a obrigatoriedade da aplicação de recursos em P&D pelas empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia tem origem na Lei nº 9.991/2000, parte do recurso é direcionado ao financiamento de atividade em P&D, ao qual compreende: i) projetos de pesquisa científica e tecnológica – sendo este o elemento central de investigação no presente trabalho –; ii) desenvolvimento tecnológico experimental; iii) desenvolvimento em tecnologia industrial básica; iv) implantação de infraestrutura para atividades de pesquisa; v) formação e capacitação de recursos humanos qualificados; e vi) difusão do conhecimento científico e tecnológico ([CGEE, 2001](#)).

De acordo com [Santos \(2015\)](#), embora haja uma trajetória de crescimento no financiamento em projetos de P&D em energias renováveis – com recursos do FNDCT –, o período de 2011 e 2012 destacou uma descontinuidade dos recursos do Fundo CT-Energia destinado ao CNPq, de modo que não houve edital específico para o setor energético em 2010. No período mencionado, o principal Fundo com recursos direcionado a contratação de projetos em energias renováveis foi o CT-Energia, com 647 projetos, seguido pelo CT-Transversal com 597 e o CT-Infra com 95 projetos.

Segundo [Cruz e Bezerra \(2017, p. 5\)](#), é imprescindível não só ampliar o investimento no avanço a ER, como também, difundir estudos de pesquisa básica nessa área. Esse alerta se refere ao fato de que entre 2000 e 2012, os dados do IBGE – sobre o aumento do uso de energia

não renovável – mostraram evidências de que o Brasil “está caminhando na contramão das Convenções Internacionais sobre Desenvolvimento Sustentável”.

Em comparação com os Estados Unidos e a Alemanha, o autor destaca os baixos valores de recursos destinados à P&D em ERs no Brasil, caracterizando direcionamento para pesquisa básica e não para o desenvolvimento de tecnologias de ponta, portanto, diferindo dos países mencionados. Não obstante, o autor ainda destaca a baixa interação entre empresas/IPs e universidades no Brasil, o que ressalta a fragilidade entre redes de cooperações do conhecimento científico e tecnológico ([SANTOS, 2015, p. 32](#)). Por outro lado, o Brasil ainda apresenta uma matriz energética mais limpa, comparativamente aos Estados Unidos e Alemanha.

Nesse contexto, diante da escassez de recurso direcionado à pesquisa em energias renováveis, o Fundo Setorial de Energia tem sido a principal modalidade de financiamento no setor. Contudo, para que essas tecnologias possam ganhar maturidade e competitividade com as tecnologias tracionais de energia, faz-se necessário ampliar as modalidades de fomento e traçar estratégias para que algumas áreas não sejam mais financiadas que outras. Por exemplo, uma dessas estratégias poderia ser a elaboração de editais específicos para pesquisas voltadas a tecnologias renováveis.

3.1.2 Evidências Empíricas

No Brasil, os estudos empíricos de financiamento à P&D voltados para ERs, ainda são escassos, sobretudo, tratando-se dos Fundos setoriais. A literatura aponta como um dos principais fatores limitantes a falta de consistência e transparência dos dados. Contudo, em 2019 com o projeto *Energy Big Push* (EBP), desenvolvido pela Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe (Cepal) em parceria com Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) – e apoio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e do Ministério das Relações Exteriores (MRE) o Ministério de Minas e Energia (MME); Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL); a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP); Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI); Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP); a Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAPII); o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES); e a Agência Internacional de Energia (IEA) –, idealiza-se um cenário capaz de reduzir essas lacunas ([CGEE, 2019](#)).

O presente trabalho adotou como referência principal o trabalho desenvolvido por [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#), a qual teve como objetivo avaliar o impacto sobre a produtividade científica dos pesquisadores universitários envolvidos em projetos de pesquisa financiados pelos Fundos Setoriais, entre 2000 e 2008. O estudo revelou um impacto positivo sobre a produção acadêmica dos pesquisadores, “um aumento estimado entre 5% e 6,1% na média do total de artigos publicados”. E embora tenham mensurado o impacto dos Fundos com uma defasagem temporal de três anos, os dados mostram que o financiamento corrente é capaz de representar o impacto.

Quadro 4 – Trabalhos Empíricos sobre o Impacto do Financiamento na Produção Científica

Autor	Título	Técnica	Abrangência
Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013)	Impacto dos Fundos Setoriais sobre a Produtividade Acadêmica de Cientistas Universitários	Dados em Painel/ PSM	Brasil
Borges (2015)	Produtividade Científica e Infraestrutura Tecnológica	Dados em Cross-sections	Brasil
Hayne e Wyse (2017)	Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS	MQO	Brasil e BRICS

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 4 mostra os principais estudos empíricos nacionais com abordagens e técnicas similares a que serão adotadas no presente trabalho. Os resultados obtidos por [Borges \(2015\)](#), apresentaram impactos positivos e significativos na produtividade científica de centros com maiores participações de pesquisadores bolsistas. As análises destacam, por um lado, que coordenadores ligados a laboratórios de multiatividades aumentam a produtividade. Por outro lado, pertencer a laboratórios intensivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia – ou de laboratórios apenas intensivos em pesquisa – são menos produtivos, ressaltando, portanto, a importância das universidades na troca de conhecimento.

Em concordância, os resultados econométricos obtidos por [Hayne e Wyse \(2017\)](#) mostraram que o número de pós programas de pós-graduação, número de mestres e doutores, população brasileira e os gastos com P&D são linearmente correlacionados com a evolução dos artigos no Brasil no período de 1994 a 2014. Para as autoras, o financiamento a pesquisa científica é uma das principais variáveis *input* da geração de conhecimento, não obstante “esta variável também seja fundamental para o crescimento econômico por meio de conhecimento que, uma vez aplicado, aumenta a riqueza e a prosperidade por meio da geração de novas tecnologias” ([HAYNE E WYSE, 2017, p. 14](#)).

Por fim, diante dessa contextualização, é possível identificar a importância das discussões em torno do desenvolvimento de tecnologias energéticas de baixo carbono, sobretudo, nos aspectos de diversificação de financiamento e incentivos direcionados a inovação, ao progresso tecnológico e ao desenvolvimento de pesquisas científicas, sendo este último o principal elemento de debate da próxima seção.

3.2 DETERMINANTES DA PESQUISA CIENTÍFICA EM ENERGIA RENOVÁVEL

A literatura aponta alguns argumentos individuais que estão relacionados aos fatores determinantes da produção científica, sendo estes de natureza observáveis – características dos pesquisadores e ambiente institucional, por exemplo – e não observáveis – o interesse em resolver um problema e o seu prestígio, por exemplo. Assim, para uma melhor compreensão da temática, esta seção irá expor um arcabouço teórico sobre os principais determinantes da produção científica, com ênfase nos aspectos individuais e observáveis.

A ciência possui um importante papel para o progresso tecnológico e o crescimento econômico, tornando-se uma pedra angular na teoria de crescimento endógeno desenvolvido por Paul Romer na década de 1980 ([STEPHAN, 2010](#)).

Categorizado como um bem público ([NELSON, 1959](#)), o benefício social de descobertas científicas tende a ser superior aos custos inerentes. Contudo, possui uma natureza divergente de outros bens públicos, pois à medida que em que a pesquisa científica é compartilhada o estoque de conhecimento não reduz, muitas vezes é ampliado, classificando-o, portanto, como um bem inexaurível.

Há um extenso debate na literatura que enfatiza a contribuição da pesquisa científica para o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico ([NELSON, 1959](#); [KATZ, 1999](#); [ARROW, 1962 apud KOSSI, LESUEUR E SABATIER, 2015](#)). Segundo [Negri \(2018\)](#), a ciência gera externalidades positivas para a sociedade como um todo, ou seja, a produção de conhecimento cria um ambiente de vantagens positivas não só para quem a produz – ou a financia –, mas sim para todos os indivíduos. Para [Nelson \(1959, p. 3\)](#), a pesquisa científica tem sido cada vez mais acoplada a invenção, sendo está definida como uma atividade humana direcionada para a criação de novos produtos e processos práticos melhorados.

Fatores como *spillovers* de conhecimento e acesso a mais financiamento ou a melhores equipamentos, também provocam uma externalidade positiva sobre o aumento na produtividade individual ([KOSSI, LESUEUR E SABATIER, 2015](#)). No que se refere ao financiamento da

pesquisa, é possível identificar um dilema comum no setor privado: dado que o conhecimento se torna um bem público, as empresas tendem a realizar investimentos mais tímidos na produção científica, de modo geral, acabam financiando mais fortemente a pesquisa aplicada e o desenvolvimento de produtos. Resultando, portanto, uma dependência mais significativa do financiamento público para a produção científica, não só em países periféricos, mas também em países desenvolvidos ([NEGRI, 2018](#)).

É verdade que, nos países desenvolvidos, os investimentos em pesquisa do setor privado são maiores e representam parcela maior dos esforços totais em pesquisa do que em países como o Brasil. No entanto, de modo geral, as empresas financiam as atividades de P&D voltadas a transformar o conhecimento científico em novos produtos e serviços, o que é parte essencial da inovação. A produção científica, por sua vez, depende fortemente do financiamento público ([NEGRI, 2018, p. 99](#)).

O reconhecimento acadêmico, o retorno financeiro e a satisfação obtida com a resolução de um enigma da ciência, são apontadas como principais determinantes para o engajamento de pesquisadores em áreas com alto grau de novidade – como por exemplo, a biotecnologia e a nanotecnologia. De acordo com [Katz \(1999, p. 504\)](#), “uma contribuição significativa, isto é, aquele que impacta uma grande parte da comunidade científica, pode ser reconhecido por recompensas de maior prestígio, como um diploma honorário ou um prêmio Nobel”.

Naturalmente, o sistema de reconhecimento acadêmico gera a ocorrência de grande concentração na produção científica. Criado em 1926, a Lei de Lotka consiste em uma função de probabilidade da produtividade, a qual descreve uma concentração da produção nas mãos de poucos pesquisadores. De modo que, na medida em que se publica, haverá uma maior facilidade em publicar um novo trabalho e, nesse sentido, os pesquisadores que publicam resultados mais interessantes tendem a ganhar mais reconhecimento e acesso a recursos ([FERREIRA, 2010](#)). Assim, o reconhecimento é obtido a partir da persistência na atuação dos pesquisadores, sendo este um fenômeno que ficou conhecido como “efeito Mateus”.

Em concordância com a Lei de Lotka, o “efeito Mateus” foi denominado por Robert [Merton \(1968\)](#) como um fenômeno de disparidade científica, resultante do sistema de reconhecimento acadêmico e financiamento à pesquisa, ou seja, a má distribuição de reconhecimento no ambiente científico. Segundo o autor, “para todo aquele que tem será dado, e ele terá em abundância. Mas aquele que não tem, será tirado até mesmo o que ele tem” ([MERTON, 1968, p. 58](#)).

O “efeito Mateus” possui similitudes com as vantagens cumulativas presente em muitos sistemas de estratificação social, em que os ricos ficam mais ricos a uma taxa que torna os

pobres relativamente mais pobres. Uma explicação mencionada na literatura consiste no fato de que pesquisadores com melhor reputação possuem uma tendência maior ao reconhecimento e a visibilidade, sobretudo, comparando-os com pesquisadores iniciantes ([STEPHAN, 2010](#)).

Partindo para uma análise concentrada nas motivações intrínsecas na produção individual – além desses fatores mencionados –, a literatura destaca algumas características observáveis que distinguem e influenciam um grupo de indivíduos a produzirem mais que outros, dentre os quais destacam-se: gênero, grau de escolaridade, anos de estudo e/ou idade, estoque de conhecimento, a instituição de formação e a região que reside o pesquisador.

A questão de gênero na produtividade individual acadêmica tem sido elemento central em diversos estudos, as pesquisas pontuam uma intensa disparidade no número de publicações entre homens e mulheres ([FOX, 2005](#); [STEPHAN, 2010](#); [BRAGA ET AL., 2014](#)). Nas análises realizadas por [FOX \(2005, p. 135\)](#), “as mulheres têm quase duas vezes mais probabilidade do que os homens de publicar zero ou um artigo (mulheres 18,8%, homens 10,5%), enquanto, homens são duas vezes mais propensos, do que as mulheres de publicar 20 ou mais artigos no período (homens 15,8%, mulheres 8,4%)”.

Segundo [Stephan \(2010\)](#) a questão é frequentemente estudada em termos de demanda *versus* oferta, ou seja, se a produtividade feminina é menor devido aos atributos específicos – características familiares, por exemplo –, ou se o ambiente acadêmico oferta menos oportunidades em relação as decisões de contratação e financiamento. Contudo, o autor pontua que não há essa dicotomia, pois ambos influenciam tais resultados.

Mulheres cientistas publicam menos artigos do que homens porque as mulheres têm menos probabilidade do que os homens de ter características pessoais, posições estruturais e facilitadoras de recursos que conduzem à publicação, em outras palavras, tanto a demanda quanto a oferta desempenham um papel” ([STEPHAN, 2010, p. 25](#)).

Em concordância, [Braga et al. \(2014\)](#) constatou a predominância de autoria principal na produtividade científica do sexo masculino, os autores ainda identificaram a concentração em algumas áreas do conhecimento, de uma amostra de 12.797 artigos houve uma predominância de primeiros autores do sexo masculino nas três áreas analisadas – ciências humanas, biológicas e exatas.

Foram analisados 12.797 artigos, entre trabalhos internacionais (5.039) e nacionais (7.758). Para a amostra total, houve predominância de primeiros autores do sexo masculino nas três áreas analisadas. Na área de ciências humanas, 53,7% dos trabalhos teve autoria masculina e nas ciências biológicas e ciências exatas, 56,1% e 86,1%, respectivamente. Os resultados mostraram que essas proporções eram

significativamente diferentes por sexo, favorecendo o sexo masculino ($\chi^2 = 620,96$; $p < 0,001$) ([BRAGA ET AL., 2014, p. 482](#)).

Ainda segundo os autores, um outro ponto que deve ser considerado na disparidade da produtividade entre gênero, trata-se das diferenças de nível socioeconômico, pois “em média, a diferença é muito pequena nas escolas de alto nível socioeconômico e é muito grande nas escolas em que o nível socioeconômico é muito baixo” ([BRAGA ET AL., 2014, p. 482](#)).

O grau de qualificação dos pesquisadores também foi apontado como um dos determinantes da produtividade científica, a literatura destaca que quanto maior o grau de escolaridade maior a probabilidade de desenvolver pesquisas ([NEGRI, 2018](#)). Ao mesmo tempo, os investimentos em atividades de ensino exercem uma influência negativa sobre o desenvolvimento de pesquisas científicas ([KOSSI; LESUEUR, SABATIER, 2015](#)), no geral, os incentivos de recompensas podem levar alguns pesquisadores a dedicar mais tempo a pesquisa do que ao ensino. E neste sentido, a remuneração financeira desempenha claramente um importante papel na estrutura de recompensa da ciência ([STEPHAN, 2010](#)).

Os estudos de [Kossi; Lesueur, Sabatier \(2015\)](#) utilizou o número de artigos publicados durante os 4 anos anteriores ao financiamento, ponderado pela qualidade da publicação e o número de co-autores como um índice de produção científica individual. Os autores identificaram uma distribuição assimétrica, convergindo para o efeito Mateus abordado na literatura.

No que se refere a idade e ao pico de produtividade dos pesquisadores, a literatura econômica destaca a teoria do capital humano, que prevê um declínio da curva de produtividade ao longo do tempo. Segundo [Stephan \(2010\)](#), vários autores adaptaram a teoria do capital humano para desenvolver o modelo de ciclo de vida dos cientistas ou acadêmicos, contudo, o autor aponta que não deve ser visto como fator chave no comportamento dos cientistas – dado a influência de outros fatores, como as áreas do conhecimento, as motivações e as habilidades de cada pesquisador.

O trabalho desenvolvido por [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#) estimou o ciclo de vida da produtividade dos pesquisadores brasileiros – no período de 2000-2008 –, os resultados revelaram que o pico da produção científica de um pesquisador ocorre em torno dos 57 anos de idade, com a publicação média de 3,7 artigos em um mesmo ano. Segundo os autores, esses resultados variam de acordo com a área de pesquisa, a área de ciências sociais, por exemplo, possui um pico precoce de 44 anos de idade, enquanto as áreas de ciências biológicas a média do ciclo de vida é em torno de 61 anos de idade.

Além do exposto, os estudos mencionam a influência da geração sobre a produtividade dos pesquisadores. “Mesmo não sendo estatisticamente perceptível uma mudança estrutural efetiva, a geração e transferência de conhecimento é uma prática relativamente nova para a cultura acadêmica brasileira e que necessita de amparo” ([REZENDE; CORRÊA, DANIEL, 2013, p. 125](#)).

As estimações realizadas por Levin e Stephan (1991) apud [Stephan \(2010\)](#) mostram que não há evidências de uma maior produtividade em gerações mais novas e/ou atualizadas, mas em gerações com uma acumulação maior de conhecimento. E, portanto, a depender do campo de conhecimento é possível identificar uma maior produtividade entre as gerações mais velhas.

3.3 MODELO ECONOMETRICO

O fenômeno a ser explorado neste ensaio deriva do seguinte questionamento: qual o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia do FNDCT sobre a pesquisa científica em energia renovável?

Dispondo como base os trabalhos empíricos descritos no quadro 5, pretende-se responder à questão norteadora a partir do modelo econométrico probabilístico em *cross-section*, entre o período de 2011-2015. A base de dados utilizada nas estimativas foi construída a partir da combinação de dados da base do FNDCT/CNPq e o Currículo Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Assim, esta seção se subdivide: i) na descrição do modelo empírico adotado, e ii) na descrição da base de dados e os critérios de seleção adotados para a coleta.

3.3.1 Modelo Empírico

O modelo de resposta binária consiste em um caso particular de resposta qualitativa representada por uma *dummy*, a qual geralmente assume valores 0 para não ocorrência e 1 para ocorrência de determinado fenômeno, sendo estas mutualmente exclusivas.

Em linhas gerais, [Pino \(2007\)](#) destaca que a diferença entre modelos de regressão linear e os modelos de regressão probabilística – Logit, Tobit, Probit, Normit, Poisson, outros –, apresenta-se na resposta da variável dependente. No primeiro caso é expressa como uma variável contínua e seu resultado é um valor numérico. Já nos modelos probabilísticos os resultados são expressos em termos de probabilidade – como o próprio nome sugere –,

representado pela seguinte equação, em que os parâmetros do vetor β mostram o impacto de mudanças em X sobre a probabilidade:

$$\begin{aligned}
 E[Y|\mathbf{X}=x] &= 1 \cdot \Pr[Y=1|\mathbf{X}=x] + 0 \cdot \Pr[Y=0|\mathbf{X}=x] = \\
 &= \Pr[Y=1|\mathbf{X}=x] = F(\beta'x) \\
 &\text{em que,} \\
 \Pr[Y=1|\mathbf{X}=x] &= F(\beta'x) \text{ e} \\
 \Pr[Y=0|\mathbf{X}=x] &= 1 - F(\beta'x) \tag{2}
 \end{aligned}$$

Os modelos de regressão em Logit e Poisson embora sejam modelos probabilísticos destinadas a análises de variáveis binárias, possuem interpretações de resultados diferentes. No modelo de Poisson, os coeficientes beta nos dizem o quanto o aumento de 1 unidade em cada X faz com que o $\log \mu(Y)$ aumente. Enquanto no modelo em Logit, as margens (dy/dx) são interpretadas como a chance (adicional ou não) de X sobre o $\log(Y)$.

A regressão logística é o método mais usual para modelagens binárias, de modo a estimar a razão de chances dos preditores que categoriza a probabilidade p de um evento ocorrer em detrimento de um evento alternativo $1-p$ (HILBE, 2009). No geral, o valor 1 é uma medida de sucesso a qual atende alguns critérios, já o valor 0 representa uma falha em atender esses critérios. Assim, no presente trabalho a variável dependente y é definido por:

$$y \begin{cases} 1 & \text{com probabilidade } p \\ 0 & \text{com probabilidade } 1 - p \end{cases} \tag{3}$$

Uma das principais características da regressão logística é que a média prevista – ou valor ajustado –, é uma probabilidade que varia entre 1 (previsão perfeita) ou 0, ou seja, as probabilidades previstas raramente assumem os valores de 1 ou 0, mas assumem valores entre eles. Embora existam também outros modelos – como o Probit, complementar Loglog e Loglog, por exemplo –, apenas a regressão logística pode ser usada para estimar a razão de chances para o modelo preditores (HILBE, 2009).

Descrever como a regressão logística é usada para estimar a chance (*odds*) e a razão de chance (*odds ratios*) de um determinado fenômeno ocorrer, é mais intuitivo do que modelar o próprio preditor binário. Embora matematicamente seja simples, a intuição por trás dos conceitos requer alguns cuidados, sendo estes essenciais para o modelo. Assim, supondo que as chances de publicação de artigos científicos em ERs estejam associados ao retorno que essa

atividade produz ao pesquisador (U_i) e, superior ao esforço implícito na atividade (D_i), então o modelo empírico consistiria na relação da equação 4:

$$\log (ART_i) \begin{cases} \mu + \beta X_i + \beta Z_i + \alpha_i + u_i & , se U_i > D_i \\ 0 & , caso contrário \end{cases} \quad (4)$$

Onde:

X_i representa a variável explicativa do modelo

Z_i representa as variáveis de controle do modelo

α_i representa o erro do modelo

u_i representa a variável latente do modelo

Dado que, pretende-se analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre a produção científica de cada indivíduo – que teve acesso ao recurso pelo menos uma vez na série temporal analisada –, neste trabalho, será adotado um modelo de regressão probabilística, em que a variável dependente (*proxy* artigos de ERs publicados) corresponde a uma variável binária representativa de produção de artigos – ou não –, controlada por características individuais e observáveis do pesquisador. Conforme explícita na equação 5, em que, i corresponde aos indivíduos.

$$\text{Logit} (E(ART_i)) = \beta_0 + \beta_1 FS_i + \Phi_2 \text{PROD. OUT}_i + \Phi_3 \text{ESTOQ}_{t-3} + \Phi_4 \text{ANAIS}_{t-3} + \Phi_5 \text{GEN}_i + \Phi_6 \text{TITULO}_i + \Phi_7 \text{INST}_i + \Phi_8 \text{ANO}_t + u_i \quad (5)$$

Onde:

$i=1,2,3,4,\dots$ refere-se a cada indivíduo;

ART_i é uma *dummy* de produção científica correspondente a *proxy* artigos de ER;

FS_i é o financiamento do FNDCT, Fundo Setorial de Energia;

PROD. OUT_i corresponde a produção científica de artigos em outras áreas;

ESTOQ_{t-3} corresponde ao acúmulo de conhecimento (*proxy* de produção científica em ER);

ANAIS_{t-3} corresponde a publicação de anais nos três últimos anos;

GEN_i é uma *dummy* correspondente ao gênero do pesquisador;

TITULO é uma *dummy* de titulação do pesquisador (0 se for doutorando; 1 se for doutor);

INST_i é uma *dummy* correspondente a USP, UNICAMP, UFRJ;

ANO_t é uma *dummy* correspondente a cada ano da análise;

Φ são as margens das variáveis;

u_i corresponde a variável latente do modelo.

A fim de identificar o efeito regional e a contribuição das instituições de pesquisas de maiores reconhecimentos sobre a produtividade científica em ERs, a equação 6 mostra as principais variáveis que serão utilizadas na estimação com interações entre o Fundo Setorial de Energia, as regiões e as instituições. Cabe mencionar que as estratégias de interações entre as

variáveis no modelo derivam da equação 5 e tiveram como referência o trabalho desenvolvido por [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#).

$$\text{Logit}(E(\text{ART}_i)) = \beta_0 + \beta_1 \text{FS}_i + \Phi_2 \text{PROD. OUT}_i + \Phi_3 \text{ESTOQ}_{t-3} + \Phi_4 \text{ANAIS}_{t-3} + \Phi_5 \text{GEN}_i + \Phi_6 \text{TITULO}_i + \Phi_7 \text{INST}_i + \Phi_8 \text{REGIAO}_i + \Phi_8 \text{ANO}_t + u_i \quad (6)$$

Onde:

$i=1,2,3,4,\dots$ refere-se a cada indivíduo;

ART_i é uma *dummy* de produção científica correspondente a *proxy* artigos de ER;

FS_i é o financiamento do FNDCT, Fundo Setorial de Energia;

PROD.OUT_i corresponde a produção científica de artigos em outras áreas;

ESTOQ_{t-3} corresponde ao acúmulo de conhecimento (*proxy* de produção científica em ER);

ANAIS_{t-3} corresponde a publicação de anais nos três últimos anos;

GEN_i é uma *dummy* correspondente ao gênero do pesquisador;

TITULO é uma *dummy* de titulação do pesquisador (0 se for doutorando; 1 se for doutor);

INST_i é uma *dummy* correspondente a USP, UNICAMP, UFRJ;

REGIAO_i é uma *dummy* correspondente as regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste, Norte e Nordeste.

ANO_i é uma *dummy* correspondente a cada ano da análise;

Φ são as margens das variáveis;

u_i corresponde a variável latente do modelo.

Para efeito de comparação, além da regressão com o modelo probabilístico Logit, a equação 5 será estimada pelos modelos Probit, Tobit e Poisson. Por fim, as avaliações de impacto são análises que auxiliam os formuladores de políticas em várias decisões, “desde a redução de programas ineficientes até a expansão de intervenções que funcionam, a adequação de benefícios do programa e a seleção entre várias alternativas de programas” ([MARTINEZ ET AL., 2015, p. 9](#)).

3.3.2 Descrição Base de Dados e Critério de Seleção

Dado o objetivo do presente estudo, fez-se necessário os seguintes procedimentos, consecutivamente: i) identificar na base de financiamento do Fundo Setorial de Energia fornecida pelo CNPq, os pesquisadores doutores e doutorandos que tiveram acesso ao recurso pelo menos em um edital da série analisada – sendo este, o critério de seleção de indivíduos –; ii) identificar os períodos com rupturas, geradas pelo contingenciamento do recurso – sendo este, o critério adotado para o recorte temporal da análise econométrica que será entre os anos de 2011-2015 –, e iii) extrair informações individuais dos pesquisadores por meio da Plataforma *Lattes*. As variáveis escolhidas partiram de um levantamento teórico e empírico na literatura, a fim de identificar as variáveis mais relevantes para explicar a produtividade científica.

a) Artigos científicos (ART)

Para [Negri \(2018\)](#), nenhum país se torna mais inovador e competitivo sem uma base científica forte e capaz de produzir conhecimento para o processo de inovação. Em geral, a literatura aponta dois indicadores utilizado com maior frequência para a mensuração da produção científica, um deles consiste no número de publicações em revistas indexadas internacionalmente, já o outro indicador refere-se ao número de artigos por habitante.

Há dois fatores importantes, a produtividade – aspecto mais quantitativo – e o impacto sobre a ciência – aspecto mais qualitativo. A produtividade pode ser obtida a partir do número de publicações por equivalência pessoa-ano em pesquisa, enquanto a medida do impacto é baseada no número de citações por publicação e relacionada a uma média internacional ([ROUSSEAU, 1998](#)). Segundo [Stephan \(2010\)](#), as contagens de publicações são geralmente usadas como *proxy* para atividades de pesquisa.

Neste trabalho, optou-se por se concentrar apenas no conceito da produtividade sob o ponto de vista quantitativo, utilizando como *proxy* da produtividade científica o número de publicações em energias renováveis de pesquisadores, designada no modelo econométrico probabilístico como variável *dummy output*.

b) Financiamento FNDCT/FS (FS)

A variável de financiamento do FNDCT/FS foi fornecida diretamente pelo CNPq. Essa base contempla o número de pesquisadores que receberam recursos dos Fundos Setoriais, classificadas por Fundo, nome do programa macro, a instituição, a área, a região e o valor do recurso recebido.

Grande parte das discussões em torno deste trabalho consiste no papel do financiamento como instrumento extremamente relevante para à P&D em ERs. Nesta perspectiva, optou-se por se concentrar no impacto do recurso do Fundo Setorial de Energia (*input*) – destinado ao CNPq para o financiamento de pesquisas científicas, sendo este, uma fonte de financiamento adicional ao CNPq – sobre a variável *output*.

A literatura aponta diversos²⁴ impactos do recurso – público e privado – sobre os níveis de crescimento e desenvolvimento da pesquisa, e segundo [Rezende, Corrêa e Daniel \(2013, p. 19\)](#), “no Brasil, principalmente no âmbito das universidades públicas, o fomento governamental

²⁴ Ver seção anterior.

é imprescindível para o desenvolvimento de pesquisa e consequente geração de inovações, visto que as parcerias com o setor privado ainda são insuficientes”.

c) Pesquisadores (PESQ)

Para [Negri \(2018, p. 35\)](#), a “educação pode alavancar o desempenho científico e tecnológico do país, por meio da formação de pessoas qualificadas para entender e fazer frente aos desafios científicos e tecnológicos”.

Entende-se que tanto doutores quanto doutorandos são *inputs* para mensurar a capacidade de realização da P&D no setor de ERs. E, embora seja uma “subárea” concentrada na área macro das engenharias, os pesquisadores de outras áreas – como ciências agrárias e ciências biológicas, por exemplo – também tem apresentado a participação em projetos de fontes renováveis de energias. Segundo [Santos \(2015\)](#), os pesquisadores de graduação e pós-graduação equivalem a 55% dos pesquisadores vinculados as infraestruturas de energias renováveis no Brasil, dentre os quais possuem maior participação nas áreas das engenharias e das ciências da terra.

Figura 12 – Critérios de Seleção da Base de Dados do CT:ENERG/FNDCT



Fonte: Elaboração própria.

A literatura também aponta que, o maior grau de produção científica e tecnológica nos centros de pesquisas se concentram entre os pesquisadores doutores ([SANTOS, 2016](#)). Assim, optou-se por utilizar o número de doutores e doutorandos – independente da área macro de

concentração – como o *input* representativo ao número de pesquisadores. Sendo estes, o critério de seleção para a coleta de dados do *Lattes/CNPq*, ilustrado na figura 12.

O universo da base de dados disponibilizada pelo CNPq foi de 4.972 pesquisadores, contudo os anos de 2010 e 2016 não tiveram pesquisadores contemplados, sendo este o critério de recorte. Entre o período de 2011-2015, um total de 1.706 pesquisadores tiveram acesso ao recurso do Fundo Setorial de Energia do FNDCT – por terem sido contemplados em editais lançados pelo CNPq. Desse grupo, foi retirada uma amostra de 396 pesquisadores doutores e doutorandos, ao qual realizou-se o levantamento dos dados individuais de cada pesquisador nos currículos registrados na Plataforma Lattes.

Quadro 5 – Variáveis a Serem Utilizadas no Método Econométrico

Variável	Descrição da Fonte	Sinal Esperado	Referencial Teórico e Empírico
ART (Dependente)	Número de artigos científicos (<i>proxy</i> da produção científica)	n/d	Albuquerque et al. (2002); Brito (2015); ; Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Borges (2015).
FS (Explicativa)	Financiamento FNDCT: Fundo Setorial	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013) Pereira (2005); Santos (2015).
PROD_OUT (Controle)	Produção de artigos científicos em outras áreas	-	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).
ESTOQUE (Controle)	Estoque de conhecimento	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Kossi; Lesueur, Sabatier (2015).
ANAIS (Controle)	Produção em Anais	+	Stephan, 2010.
GEN (Controle)	Gênero, sendo 1 para pesquisadores do sexo masculino	+	Rezende, Corrêa e Daniel (2013); Sobrinho (2017); Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Fox (2005); Stephan, 2010; Braga, et al. (2014).
TÍTULO (Controle)	Título, sendo 1 para pesquisadores doutores e 0 para doutorandos	+	Figueroa, Alvarenga e Cavalcante (2011); Hayne e Wyse (2017); Santos (2016); Negri (2018).
INST_DR (Controle)	Instituições USP, UNICAMP e UFRJ de formação acadêmica no doutorado	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).
REGIAO (Controle)	Região, sendo uma <i>dummy</i> para cada região do Brasil	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013); Santos (2016); Resende, Silva e Filho (2011).
ANO (Controle)	Anos, sendo uma <i>dummy</i> para cada ano no período	+	Kannebley Jr., Carolo e Negri (2013).

Fonte: Elaboração própria.

O quadro 5 mostra as principais variáveis utilizada na literatura empírica, a qual possuem abordagens mais próximas a presente temática. Na base da Plataforma *Lattes* do CNPq, foram coletados as seguintes variáveis: i) o número de artigos científicos publicados em energias renováveis (ART); ii) o número de artigos científicos em outras áreas (PROD_OUT); iii) o estoque de conhecimento, obtido pelo somatório da produção científica em ER nos 3

últimos anos anteriores ao recebimento do recurso, ou seja, a produção t-3 do pesquisador no ano t (ESTOQUE); iv) o número de artigos em ER publicados em anais de eventos nos 3 últimos anos anteriores ao recebimento do recurso; v) gênero (GEN); vi) grau de escolaridade (TITULO); vii) *dummy* para as instituições USP, UNICAMP e UFRJ²⁵ de formação acadêmica no doutorado (INST_DR); viii) *dummies* das regiões Sul, Sudeste, Centro Oeste, Norte e Nordeste (REGIAO), e xv) *dummy* para os anos (ANOS).

Cabe mencionar que no Brasil, esse tipo de análise voltado para ER é escasso, e uma possível justificativa consiste na dificuldade para obtenção de dados, assim, os trabalhos mais próximos – embora não sejam direcionados para o setor de ER – foram os de [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#), [Hayne e Wyse \(2017\)](#), [Rezende, Corrêa e Daniel \(2013\)](#), [Borges \(2015\)](#), [Brito \(2015\)](#), [Araújo et al. \(2012\)](#), [Negri et al. \(2009\)](#), [Figueredo, Alvarenga e Cavalcante \(2011\)](#). Por fim, a finalidade da seleção desse portfólio de variáveis consiste no esforço de subsidiar resultados em torno da problemática deste trabalho.

Assim, o modelo adotado e as variáveis escolhidas são consistentes com os procedimentos empregados na maioria²⁶ dos estudos de análise de impacto. Embora a base de dados apresente alguns desafios – assumindo preliminarmente limitações ao modelo – sabe-se que esse tipo de discussão é extremamente relevante para ampliação do setor de energias renováveis, para a maturidade do SIER, para o direcionamento de políticas públicas e para as discussões em torno do desenvolvimento sustentável.

3.4 ANÁLISES E DISCUSSÕES

Como mencionando anteriormente, um dos grandes desafios para a transição energética ambientalmente sustentável no Brasil, consiste na falta de financiamento e instrumento direcionado a pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico das fontes renováveis. E nesse sentido, embora os recursos dos Fundos Setoriais apresentem algumas rupturas e descontinuidades, os recursos destinados ao Fundo Setorial de Energia têm sido o principal instrumento de fomento direcionado a produção científica de pesquisas em energias renováveis. Concomitantemente, nos últimos anos os dados de produção científica em ERs apresentaram um crescimento significativo, seguindo uma tendência mundial²⁷.

²⁵ Ranking Universitário Folha (2019). Disponível em: <<https://ruf.folha.uol.com.br/2019/>> última visualização: 25/01/21.

²⁶ [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#), [Rezende, Corrêa e Daniel \(2013\)](#), [Albuquerque et al. \(2002\)](#), [Brito \(2015\)](#), [Araújo et al. \(2012\)](#), [Negri et al. \(2009\)](#), [Figueiredo et al. \(2011\)](#), [Shimada, Kannebley Jr. e Negri \(2013\)](#).

²⁷ Ver capítulo II.

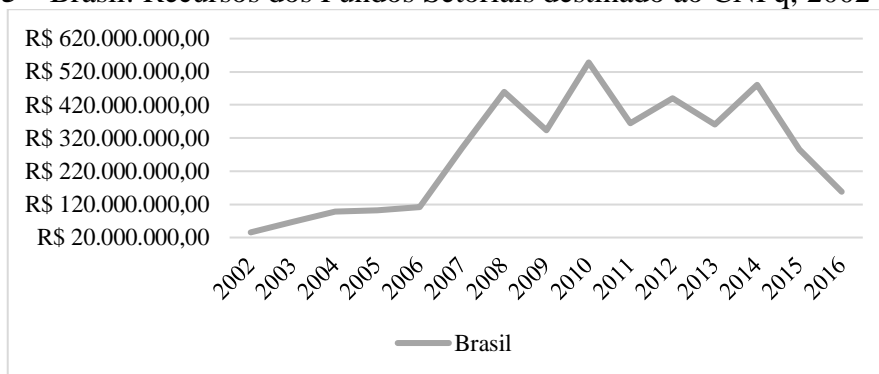
Nesse sentido, posto a contextualização do papel do financiamento a pesquisa e dos fatores determinantes da produção científica, este capítulo propõe uma discussão mais concentrada, sobretudo, no recurso direcionado ao CNPq para o desenvolvimento de pesquisas científicas no setor energético – disponibilizada pelo FNDCT. Assim, será subdividido em duas subseções subsequentes: i) análise da trajetória e distribuição do Fundo Setorial destinado ao CNPq, e ii) análise de impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre o indicador de produção científica em energias renováveis no Brasil.

3.4.1 Trajetória e Distribuição Regional do Fundo Setorial de Energia

Implementado nos anos 2000, como um instrumento de política científica e tecnológica no Brasil, os Fundos Setoriais tinham como proposta primordial a descentralização dos recursos e estabilidade da política de apoio à C&T – considerando os desequilíbrios na previsibilidade dos recursos e na distribuição regional e setorial.

Ao longo dos anos foram observados algumas distorções na finalidade do recurso, pois embora a arrecadação dos Fundos em termos absolutos tenha sido crescente, o orçamento do Ministério da Ciência e Tecnologia no decorrer dos anos foi diminuindo. Conforme destaca [Negri \(2018, p. 113\)](#), “por essa razão, mesmo nos anos em que o orçamento absoluto cresceu, e ele teve um crescimento significativo até 2014, a participação relativa do ministério no orçamento total do governo federal se manteve estável”.

Gráfico 5 – Brasil: Recursos dos Fundos Setoriais destinado ao CNPq, 2002-2016 (R\$)



Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

Os dados monetários a nível Brasil, mostram que de 2002 até 2008 houve uma expansão do recurso, de R\$ 35.463.239,25 para mais de 450 milhões²⁸. Com uma maior participação no

²⁸ Ano base 2016.

Sudeste, seguido pelo Sul, Nordeste, Centro-Oeste e Norte, respectivamente. Os anos posteriores foram marcados por oscilações dos recursos, chegando em 2016 a um total de R\$ 158.158.395,35, com 50% direcionados a Região Sudeste. Conforme mostra o gráfico 5.

Nesse sentido, é perceptível ao longo da série temporal um comportamento de intensa disparidade do recurso entre as regiões, sendo o Sudeste a região mais representativa em relação ao total (%), com recursos superiores à média em todos os anos da amostra.

Tabela 4 – Evolução dos Recursos Destinados à Pesquisa Científica em Ações do CNPq (%)

Região	Fundo Setorial Total - 2002-2015	Fundo CT:Energia - 2002-2015
CO	20,12	-15,88
N	23,48	-22,99
NE	15,14	-9,28
S	13,28	-6,96
SE	13,60	-13,64

Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

No que se refere ao crescimento dos Fundos setoriais entre o período de 2002 a 2015, a Região Norte apresentou a maior taxa, seguido do Centro Oeste, sendo estas as regiões com os menores recursos. Já em relação a taxa de crescimento dos Fundos setoriais de energia, os dados mostram uma taxa negativa em todas as regiões brasileira, devido as oscilações e descontinuidades. Conforme mostra a tabela 4.

Esses dados sinalizam uma preocupação no que se refere as oscilações em torno desse recurso, dado que o ambiente de inovação é um ambiente sistêmico e sensível aos aspectos econômicos, organizacionais e institucionais, simultaneamente.

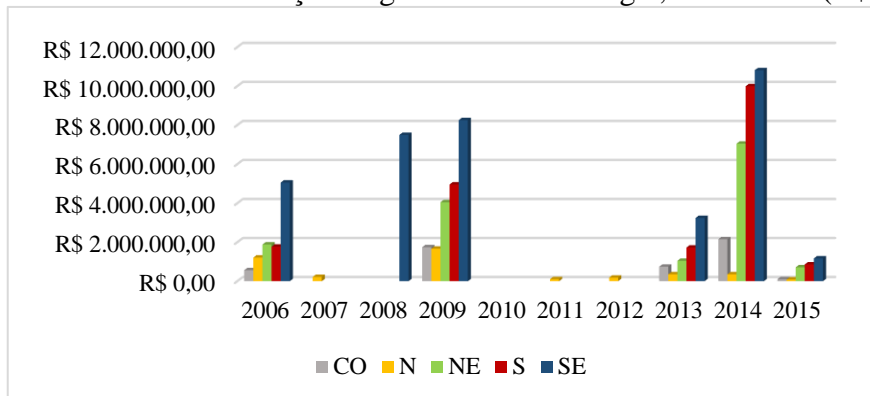
Posto isso, a descontinuidade – aumentos seguidos de declínios – e a centralização do recurso em conjunto com a tímida atuação do Estado – com falta de políticas energéticas bem delineadas e um planejamento de longo prazo –, tem-se conduzido o País a um ambiente pouco promissor. Nesse sentido, destaca-se a importância do financiamento direcionado e estável ao longo do tempo, em especial, no fomento a inovação e o desenvolvimento científico-tecnológico.

Segundo o trabalho de [Santos \(2015\)](#), entre o período de 1999-2012 o principal Fundo Setorial de contratação de projetos de ERs²⁹ foi o CT-Energia com um total de 647 projetos, seguido pelo CT-Transversal com 597, o CT-Infra com 95, o CT agro com 109, o CT-Petro com 173, o CT-Amazônia com 10, o CT-Hidro com 52 e os demais com 87. Dentre esses projetos, 736 foram na região Sudeste, acarretando concentração do desembolso por região,

²⁹ Dados obtidos por meio de entrevistas. Ver [Santos \(2015\)](#).

seguido por 498 no Nordeste, 366 Sul, 155 no Centro-Oeste e 138 no Norte ([SANTOS, 2015, p. 36](#)).

Gráfico 6 – Distribuição Regional do CT-Energia, 2006-2016 (R\$)



Fonte: Elaboração própria. Dados disponibilizados pelo CNPq, 2016 (Ano base 2016).

Destacado por [Santos \(2015\)](#) como o Fundo mais importante no fomento a projetos de ERs, os dados do CT-Energia apresentam sucessivas interrupções do recurso. Conforme mostra o gráfico 6, em 2010 e em 2016 não houve nenhum registro do repasse.

O Fundo apresentou um *boom* no desembolso de projetos em 2014 – período em que os demais Fundos Setoriais também apresentaram crescimento – sendo a região Sudeste a que mais recebeu recursos. Os dados chamam atenção para a região Norte, que embora possua uma das maiores Usinas Hidrelétricas do País, apresentou uma participação ínfima em relação as demais regiões, de modo que apenas 3 – Amazonas, Pará, e Tocantins – dos 7 estados receberam financiamento em toda a série analisada. O que conduz a percepção de que, a região Norte possui uma base científica menos consolidada do que as regiões com centros de pesquisas mais avançados. Nesse sentido, [Merton \(1988, p. 62\)](#) destaca que em comparação com os centros que ainda não deixaram sua marca, os centros de excelência científica possui uma disponibilidade maior de recursos para pesquisa.

Observando os dados em relação aos demais Fundos Setoriais, é notável a descontinuidade do recurso do CT-Energia. Em 2006, 2009 e em 2014 o Fundo CT-Energia registrou os períodos de maiores recursos (na série analisada), e se comparado aos demais Fundos, destacam-se por uma participação bastante representativa.

Embora o comportamento dos dados tenham corroborado com o comportamento dos demais Fundos – oscilação do recurso e altas disparidades regionais –, a criação do CT-Energia consiste em um avanço institucional imprescindível para o fomento à PD&I em fontes renováveis e, apesar de terem sido dados pouco expressivos em termos relativos, ainda é o

Fundo mais importante para o setor. Sendo este um aspecto levantado por Santos (2015, p. 42), “o apoio dos Fundos Setoriais tem sido relevante, apesar da falta de continuidade e de previsibilidade de editais, de desembolsos e de sequência de linhas de pesquisa que sejam claramente estabelecidas, tendo em vista o médio e longo prazo”.

3.4.2 Análise Econométrica

Diante da descontinuidade do Fundo Setorial de Energia – provocada pelo contingenciamento e as rupturas do recurso ao longo do período analisado –, optou-se por realizar uma análise entre o período de 2011-2015, por meio de um modelo econométrico probabilístico em *cross-section* – descrito na seção anterior.

Ao acompanhar o histograma da amostra de publicação dos pesquisadores nota-se um padrão na frequência tanto dos artigos em energia renovável, quanto publicações de outras áreas. A maior frequência de publicações em energia renovável foi registrado entre 1 e 3 artigos, enquanto em outras áreas a maior frequência foi entre 1 e 4 artigos, conforme exposto no Anexo C.

Tabela 5 – Estatística Descritiva

Variáveis	Tipo de Variável	Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ART	Dependente	396	.2373737	.4260114	0	1
FS	Explicativa	396	10.16113	1.568485	5.976351	14.10069
ANOS.EST	Controle	396	14.23232	5.519729	4	37
PROD.OUT	Controle	396	1.070707	2.365373	0	15
ESTOQ	Controle	396	1.742424	4.314746	0	38
ANAIS _{t-3}	Controle	396	2.04798	4.606019	0	35
GEN	Controle	396	.6994949	.4590576	0	1
TÍTULO	Controle	396	.7575758	.4290917	0	1
INST	Controle	396	.2146465	.4110963	0	1

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Com uma amostra de 396 observações, a tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas da variável dependente e das variáveis com natureza explicativa e de controle. Os dados de produção científica capturados pela variável *dummy* de artigos em energias renováveis destacam um desvio padrão de 0,42 – comparando com as outras variáveis possui uma baixa dispersão –, esses dados observam tanto os indivíduos que produziram quanto os indivíduos que não produziram nenhum artigo na amostra. É possível identificar também que a média de publicação em outras áreas (1,07) foi superior à média de artigos em ERs (0,23). Embora sejam

de natureza descritiva, esses dados auxiliam na percepção do comportamento das variáveis, portanto, imprescindível para as análises.

Dentro desse rol, chama-se atenção para o desvio padrão do Fundo Setorial, que embora esteja menor que outras variáveis de controle, indica uma elevada dispersão em torno da média do financiamento sendo, portanto, padronizada³⁰ na equação de regressão com variância robusta. O valor do estimador robusto fornece uma estimativa consistente da matriz de variância-covariância do parâmetro, mesmo quando a função de variância do modelo foi mal especificada (HILBE, 2009).

Tabela 6 – Correlação das Variáveis do Modelo

	FS	ANOS.EST	PROD.OUT	ESTOQ	ANAIS _{t-3}	GEN	TÍTULO	INST
FS	1.0000							
ANOS.EST	-0.0328	1.0000						
PROD.OUT	0.3622	-0.1475	1.0000					
ESTOQ	0.2633	-0.0370	-0.1587	1.0000				
ANAIS_{t-3}	0.2319	-0.0211	-0.1718	0.8951	1.0000			
GEN	0.1248	0.0466	0.0896	0.0132	0.0248	1.0000		
TÍTULO	0.2872	0.0132	0.1766	0.1453	0.1276	0.0791	1.0000	
INST	0.1187	-0.0042	0.1093	0.1155	0.0948	0.0609	0.1379	1.0000

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Em relação a multicolinearidade, a tabela 6 mostra a matriz de correlação. Dentre as variáveis expostas no modelo, apenas a variável “ANAIS_{t-3}” apresentou uma alta correlação com “ESTOQ” (0.8951), como esperado. Cabe mencionar, que a colinearidade existe em um modelo quando um ou mais preditores são altamente correlacionados, como ambas as variáveis possuem a mesma finalidade de identificar as atividades ao longo dos últimos três anos do pesquisador, em termos de interação são de fato correlacionados com seus valores de efeitos principais.

Algumas correlações negativas merecem destaques. Por exemplo, a relação negativa da variável “ESTOQ” com as variáveis “ANOS.EST” e “PROD.OUT”, isso se dá devido ao fato de estoque do conhecimento ser uma variável construída a partir do somatório de publicações em energias renováveis ao longo dos três últimos anos, sendo que a variável de anos de estudo não consiste necessariamente em uma variável para pesquisadores de energias renováveis. Ou seja, é esperado essa relação, dado que os pesquisadores tendem a se dedicar a uma área específica, seja em energias renováveis ou não, o que justifica também a relação negativa com a produção de outras áreas.

³⁰ Dividindo todos os valores por uma escala $\times 10^4$.

Com o objetivo de identificar o modelo mais significativo para explicar as variáveis que influenciam a produtividade científica, a tabela 7 mostra os resultados das regressões estimadas, tendo o modelo Logit como a estimação de referência, a fim de comparabilidade.

Considerado como um dos modelos mais simples envolvendo variáveis dependentes binária, o Probit consiste em um modelo de distribuição de probabilidade acumulada ([PINO, 2007](#)). Comumente, os resultados do Probit possui semelhanças com os resultados do Logit, exceto quando há a presença de assimetria – ou seja, uma distribuição de frequência concentrada em 1 ou em 0. Na amostra 76% dos pesquisadores registraram 0 publicações e, portanto, as estimações do Probit apresentaram estatísticas bem próximas a do Logit. Cabe mencionar que a escolha do Logit em detrimento do Probit surgiu da comparação entre os níveis de significância entre as variáveis de controle.

Ainda no viés de comparabilidade, os modelos Tobit e Poisson apresentaram resultados estatisticamente não significativos na variável explicativa “FS” e nas demais variáveis de controle – exceto “PROD.OUT” e “ESTOQ” – sendo, portanto, modelos não indicados para a presente análise.

Nesse sentido, o modelo Logit destacou-se como o modelo mais aquedado para alcançar o objetivo proposto. Não só por apresentar coeficientes estatisticamente significativos, como também por propor uma discussão sobre a razão de chance (*odds ratio*) do aumento da produtividade a partir do impacto de cada variável.

Cabe mencionar que a escolha do modelo de Logit com interações entre as variáveis, partiu do teste LR, ao qual consiste em um teste de razão de verossimilhança. O teste mostrou que o modelo 2 inclui o modelo 1 e não apresenta resultados tão distintos ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.0223$) – exposto no [Apêndice A](#) –, não obstante, a inclusão da variável de controle interagindo com outras variáveis apresentaram os melhores coeficiente para a estimação, portanto, no primeiro momento optou-se por se concentrar nos resultados estimados pelo modelo 1.

Posto a comparação entre os modelos, inicia-se uma discussão da análise de regressão Logit para cada variável do modelo, com o objetivo de identificar o efeito do financiamento e das variáveis de controle que influenciam na produtividade científica em energias renováveis.

Com impacto positivo e estatisticamente significativo (5%), o Fundo Setorial de Energia apresentou uma elasticidade positiva sobre a produção acadêmica em ERs, representando um aumento marginal de 2,27% a cada R\$10.000,00 e de 3,19% na média do total de artigos em ERs publicados – cabe mencionar que a variável “FS” foi padronizada conforme sua média de R\$ 10.16113, a fim de evitar erros de escala. Em outras palavras, a cada R\$ 10.000,00

deflacionado na base de 2016, tem-se um efeito marginal positivo de aproximadamente 2,3% sobre a probabilidade de publicar artigos científicos em ERs.

Um outro ponto fundamental está intrínseco ao fato de que pesquisadores mais produtivos tendem a se auto selecionarem nos editais do Fundo Setorial, o que acarreta uma maior probabilidade de um impacto positivo do financiamento sobre a produtividade, conforme apontado nos resultados de [Kannebley Jr., Carolo e Negri \(2013\)](#).

Partindo para as análises do impacto das variáveis de controle, a tabela 7 apresenta estatísticas significativas em quase todas variáveis, exceto “TÍTULO” e as interações entre “FS e ESTOQ 0,1 e 2” e “FS e GEN”, contudo, a exclusão destas no modelo acarretam mais variáveis não significativas no modelo³¹. Esse último resultado supõe não haver muita distinção de ser homem (variável categórica =1) e ter recebido o recurso pelo menos uma vez (variável categórica = 1) sobre no nível de produtividade acadêmica em energia renovável, mesmo que as estatísticas descritivas da amostra tenham destacado mais que o dobro de pesquisadores homens em relação ao número de pesquisadoras mulheres – gráfico no [Anexo C](#). Ainda em relação a variável “GEN”, os resultados apresentaram um aumento marginal de 4,14% sobre a probabilidade de se publicar um artigo em ER. Esse resultado converge com a análise apresentada por [FOX \(2005\)](#), ao qual destaca que os homens são duas vezes mais propensos de publicar um número significativo de artigos, enquanto as mulheres tendem a publicar zero ou um artigo.

Similarmente ao efeito encontrado nos demais modelos da tabela 7, a variável de controle “PROD.OUT” (significativa a 5%) apresentou um impacto negativo de 11,4% sobre a probabilidade de publicação em ERs. Esse resultado é confirmado pelo coeficiente <1 da razão de chance (*odds ratio*) da variável, ou seja, um resultado bem intuitivo, pois na medida que ocorre um aumento da produção em outras áreas reduz a produtividade científica em ERs – talvez houvesse resultados diferentes se as áreas fossem complementares ou relacionadas, por exemplo, a coautoria em artigos de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável.

³¹ Ver resultados econométricos no [Anexo A](#).

Tabela 7 – Resultados de Regressões com Modelos para Comparabilidade

	Logit Margens (dy/dx)	Probit Margens (dy/dx)	Tobit Margens (dy/dx)	Poisson Margens (dy/dx)
FS	.0227363* (0.045)	.0230049* (0.036)	.0003568 (0.824)	.0004801 (0.840)
PROD.OUT	-.1140831* (0.001)	-.1167938* (0.002)	-.0094386* (0.014)	-.0903778* (0.015)
ESTOQ 1	.1402325* (0.004)	.1356164* (0.006)	.2352301* (0.019)	.2413208* (0.002)
ESTOQ 2	.1722576* (0.022)	.167892* (0.008)	.2323328* (0.005)	.2655529* (0.001)
ESTOQ 3	.0807265 (0.130)	.0737143 (0.155)	.3435663* (0.001)	1.295326 (0.814)
ESTOQ 4	.5647513* (0.000)	.5635909* (0.000)	.6281453* (0.000)	.5918463* (0.000)
ESTOQ 5	.4994167* (0.000)	.489875* (0.000)	.6511253* (0.000)	.672745* (0.000)
ESTOQ 6	.5418008* (0.000)	.5195906* (0.000)	.6217469* (0.000)	.5992688* (0.000)
ANAIS _{t-3}	.0492863* (0.000)	.0492477* (0.000)	.0249447* (0.000)	.0074041* (0.004)
GEN	.0414568* (0.099)	.0450919* (0.062)	.0303626 (0.317)	.0179168 (0.580)
TÍTULO	-.0215694 (0.475)	-.0269832 (0.358)	-.0357528 (0.401)	-.0794285 (0.369)
INST	-.0614526* (0.053)	-.0622324* (0.038)	-.0401676 (0.259)	-.0359627 (0.457)
ANO 2011	-	-	-	-
ANO 2012	(not estimable)	(not estimable)	-.7538424* (0.063)	-1.743902 (0.210)
ANO 2013	-.1803254* (0.080)	-.1866343 (0.142)	-.2444587 (0.363)	-1.466494 (0.289)
ANO 2014	-.2356719* (0.022)	-.2370232* (0.061)	-.2744524 (0.308)	-1.504809 (0.280)
ANO 2015	-.2427835* (0.019)	-.2480835* (0.051)	-.3464887 (0.202)	-1.554557 (0.264)
FS				
INST	.0224637* (0.048)	.0242642* (0.015)	.0003568 (0.824)	.000358 (0.883)
TÍTULO	.0232209* (0.036)	.0235346* (0.027)	.0003568 (0.824)	.0005107 (0.825)
ESTOQ 0	-.0094481 (0.439)	-.0072319 (0.552)	-.0001947 (0.928)	.0003777 (0.899)
ESTOQ 1	.0189458 (0.126)	.0175069 (0.106)	-.0052563 (0.597)	-.0015199 (0.876)
ESTOQ 2	.0435486 (0.111)	.042411* (0.030)	-.0101449* (0.002)	-.0175101* (0.080)
ESTOQ 3	.030442* (0.002)	.0284907* (0.000)	.0185338* (0.002)	.0842648 (0.848)
ESTOQ 4	.1286604* (0.084)	.1243806* (0.097)	.0089027 (0.140)	.0069477 (0.298)
ESTOQ 5	.0742272* (0.006)	.0713407* (0.005)	.0043587 (0.276)	.0069355 (0.348)
ESTOQ 6	.2020576* (0.000)	.1988486* (0.000)	.0023073 (0.675)	.0049295 (0.537)
GEN	.0182171 (0.152)	.0192896 (0.115)	.0005775 (0.740)	.0003108 (0.908)
N	394	394	396	396
Chi2	89.89	107.58	125.30	BIC -2069.534
Pseudo R2	0.6353	0.6356	0.6875	AIC .9485509

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) *: Níveis de significância, significativo a 5%.

O estoque do conhecimento “ESTOQ” foi destacado na literatura como uma variável importante para a produtividade científica ([NELSON, 1959](#)). A fim de identificar o efeito marginal conforme aumenta o número de publicações, a variável contínua “ESTOQ” foi padronizada por categorias, de forma que, 6 ou mais publicações são identificadas na variável “ESTOQ 6”. Conforme esperado, os resultados desta variável de controle mostraram ser estatisticamente significativos a 5% e com uma elasticidade positiva em todos os níveis de publicação.

Os resultados mostram que pesquisadores que publicaram 5 artigos nos três últimos anos tiveram um impacto marginal de 49,94% a mais na probabilidade de publicar artigos em ERs. Esse efeito é ainda maior quando observado a variável “ESTOQ 6”, a qual mostra um aumento marginal de 54,18% sobre a produtividade em ERs. Uma possível explicação para esses resultados, provém do comportamento dos pesquisadores na área, ou seja, um dos fatores determinantes da produtividade consiste em uma trajetória de pesquisa desenvolvida nos anos anteriores, comumente, pesquisadores que possui muito estoque de conhecimento possui uma maior probabilidade de continuar publicando. Em concordância, a publicação em anais de eventos, congressos e outros “ANAIS_{t-3}” apresentou um aumento marginal de 49,2% a mais sobre a produtividade em ERs, com estatística significativa de 5%.

Embora o resultado da variável de controle “ANO” não tenha apresentado um impacto positivo, foi estatisticamente significativo a 5%. Uma possível justificativa para esse resultado provém das oscilações do recurso, ou seja, não só da discrepância do número de pesquisadores anualmente, como também a variabilidade do montante de financiamento, conforme mostra o gráfico no [Apêndice C](#).

No que se refere as estratégias de interações, nota-se que ao inseri-las o modelo apresentou variáveis com estatísticas mais significativas e com uma magnitude maior das margens estimadas – conforme exposta no [Apêndice A](#). A interação do “FS” com o “INST” permitiu capturar o efeito marginal de pesquisadores que cursaram o doutorado nas principais instituições do país – USP, UNICAMP, UFRJ –, financiados com o Fundo Setorial de Energia do FNDCT. Essa estratégia mostrou ser estatisticamente significativa a 5% e apresentou um aumento marginal de 2,24% sobre a produtividade de publicar artigos em ERs.

A fim de compreender melhor a contribuição dos institutos de pesquisas sobre a produtividade científica em ERs, a tabela 8 (coluna 1) mostra os resultados de regressões do Logit com estratégias de interações do Fundo Setorial e das instituições. De acordo com o teste LR, o modelo não apresenta tanta diferença estatística com relação ao modelo 1 analisado

anteriormente ($\text{Prob} > \chi^2 = 0.0709$), entretanto, a interação do Fundo Setorial com as *dummies* representativas das instituições que mais publicaram em ERs no período analisado – UFRGS(46), USP (32) e UFSC (20) –, apresentaram alguns resultados significativos.

Os resultados mostraram que pesquisadores do doutorado da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) que receberam o recurso do Fundo Setorial de Energia apresentaram um aumento marginal de 5,4% na produtividade de artigos em ERs, não obstante, pesquisadores homens da UFSC apresentaram um impacto marginal de 22,16% na produtividade científica. Embora esse resultado tenha sido restrito apenas a essa instituição, tornando-se um resultado generalista, as estimações mostram indícios do impacto que uma instituição de referência exerce sobre o nível de produtividade, conforme apontada na literatura ([STEPHAN, 2010](#)).

Tabela 8 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial

Variáveis	Margens (dy/dx)	Odds Ratio	Variáveis	Margens (dy/dx)	Odds Ratio
FS	.0261647 (0.093)	1.084273	FS	.0230086* (0.046)	.6302886
PROD.OUT	-.1384412 (0.001)	.0389819	PROD.OUT	-.1161969* (0.002)	.0917653
ESTOQ 1	.1291153 (0.007)	.4688351	ESTOQ 1	.1252987* (0.015)	1.248217
ESTOQ 2	.105954 (0.095)	.536032	ESTOQ 2	.1647814* (0.021)	.8997673
ESTOQ 3	.1171106 (0.032)	.1848319	ESTOQ 3	.0787471 (0.126)	.4021262
ESTOQ 4	.3270394 (0.034)	1.956519	ESTOQ 4	.5624694* (0.000)	2.522617
ESTOQ 5	.469779 (0.000)	1.461699	ESTOQ 5	.5026143* (0.002)	7.184332
ESTOQ 6	.4857751 (0.000)	.0138168	ESTOQ 6	.5282085* (0.000)	.0118146
ANAIS _{t-3}	.0556544 (0.000)	1.469505	ANAIS _{t-3}	.049686* (0.000)	1.528957
GEN	.0136281 (0.597)	39.26989	GEN	.038605 (0.119)	2.583165
TÍTULO	-.0106018 (0.739)	15.64781	TÍTULO	-.0160178 (0.590)	-
INST	-.0639525 (0.076)	1.143065	INST	-.0526561 (0.143)	-
UFRGS	-.0494225 (0.174)	3.447224	Nordeste	.5183574* (0.000)	1068569
UFSC	.065671 (0.240)	.0000426	Centro Oeste	.5989942* (0.000)	415578.2
USP	.0425177 (0.572)	137.6594	Sul	.5304234* (0.000)	1704984
-	-	-	Sudeste	.4377597* (0.000)	938641.3
-	-	-	Norte	.6131823* (0.000)	615741.8

(continuação)

ANO 2011	-	-	ANO 2011	(not estimable)	-
ANO 2012	(not estimable)	1	ANO 2012	-	-
ANO 2013	-.2307948 (0.012)	.0391539	ANO 2013	-.2313052 (0.131)	.0609992
ANO 2014	-.2734268 (0.002)	.0179067	ANO 2014	-.2929154* (0.049)	.0226643
ANO 2015	-.2569872 (0.004)	.0246727	ANO 2015	-.2991804* (0.045)	.0201524
GEN			INST		
INST 1	.0178151 (0.770)	1.130983	TITULO 0	.0071705 (0.823)	1.123676
UFRGS 1	-.0266083 (0.747)	.3589258	TITULO 1	-.1667382* (0.014)	-
UFSC 1	.2216249 (0.018)	16148.59	GEN 0	-	-
USP 1	-.208197 (0.183)	.0162473	GEN 1	-	-
TITULO 0	.0794834 (0.099)	-	-	-	-
TITULO 1	-.0176648 (0.555)	.0802235	-	-	-
FS			FS		
INST	.0001924 (0.992)	.3896073	ESTOQ 0	-.0111446 (0.344)	-
UFRGS	-.0001422 (0.996)	.4375295	ESTOQ 1	.019889 (0.113)	1.874158
UFSC	.0540855 (0.055)	4.313069	ESTOQ 2	.0412183 (0.125)	2.396925
USP	.0336935 (0.400)	.4045799	ESTOQ 3	.0287287* (0.003)	2.189148
TÍTULO	.0171986 (0.217)	.6070676	ESTOQ 4	.1283639* (0.057)	6.892444
ESTOQ 0	-.0152498 (0.298)	-	ESTOQ 5	.0670915* (0.049)	3.144792
ESTOQ 1	.0451323 (0.022)	3.83839	ESTOQ 6	.1989724* (0.000)	278.5019
ESTOQ 2	.0330634 (0.102)	3.169527	GEN 0	.0319525* (0.004)	-
ESTOQ 3	.0561108 (0.000)	4.856178	GEN 1	.0173019 (0.198)	.887144
ESTOQ 4	.0616238 (0.504)	5.226269	-	-	-
ESTOQ 5	.1160679 (0.002)	11.10173	-	-	-
ESTOQ 6	.1910266 (0.000)	176.0504	-	-	-
GEN	.0136126 (0.408)	.4646102	-	-	-
N	394	N	394	N	394
Chi2	80.94	Chi2	120.03	Chi2	-
Pseudo R2	0.6154	Pseudo R2	0.6810	Pseudo R2	0.6402

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) Níveis de significância: Significativo a 5%.

Ainda que seja uma diferença sutil e complementar, a análise da probabilidade difere da análise sobre a razão de chances. Dado que o coeficiente (*odds ratio*) do Fundo Setorial de energia foi >1 , implica dizer que o retorno do pesquisador foi superior ao esforço implícito, e se comparado com o coeficiente das demais variáveis percebe-se que em uma magnitude muito maior que as demais.

Um outro aspecto relevante no modelo consiste no efeito regional sobre a produtividade científica, dado que algumas regiões possuem capacidades de P&D e instituições de pesquisas mais consolidadas ([SANTOS, 2016](#)). Nesse sentido, a tabela 8 (coluna 4) apresentou um efeito marginal positivo e significativo a 5% do Fundo Setorial de Energia com a inclusão das variáveis regionais (Nordeste, Centro Oeste, Sul, Sudeste e Norte) como variáveis de controle. Os resultados indicam um aumento marginal de 2,3% a cada R\$10.000,00 sobre a probabilidade de produzir artigos de ERs. Contudo, o coeficiente (*odds ratio*) do Fundo Setorial de Energia foi <1 , ou seja, o modelo sinaliza um retorno inferior ao esforço implícito para o pesquisador.

Assim como os demais modelos, a produção em outras áreas “PROD.OUT” apresentaram um efeito marginal negativo de 11,6% sobre o aumento da produção científica em energias renováveis e um efeito marginal positivo sobre a produtividade – de quase 5% – dos pesquisadores que nos últimos três anos publicaram em anais “ANAIS_{t-3}”.

No âmbito regional, os resultados apresentaram efeitos marginais positivos e significativos a 5% em todas as regiões. A região do Norte destaca-se como a região de maior impacto sobre o aumento da produtividade em ERs (61%), seguido da região Centro Oeste (59%), Sul (53%), Nordeste (51%) e Sudeste (43%). Esses resultados sinalizam que a cada R\$ 10.000,00 de recurso do Fundo Setorial injetado nas regiões Norte e Centro Oeste o efeito marginal sobre a produtividade científica é muito maior do que em regiões com um nível de produtividade maior (como é o caso das regiões Sul e Sudeste apresentada no capítulo II).

Corroborando com a literatura, em linhas gerais, as regressões probabilísticas sinalizaram uma contribuição relevante do financiamento público sobre o aumento da pesquisa científica, representado pelo recurso do Fundo Setorial de Energia do FNDCT ([Kannebley Jr., Carolo e Negri, 2013](#); [Hayne e Wyse, 2017](#)).

Cabe mencionar que um dos fatores limitantes da análise consiste nas descontinuidades do recurso ao longo do tempo e a falta de direcionalidade em áreas estratégicas. Para [Santos \(2016\)](#), as formas de estímulo e de direcionamento ao avanço da P&D em energias renováveis ainda consiste em um desafio, mas que precisa ser aprofundado. Ao analisar o perfil do financiamento público em energias renováveis no Brasil identifica-se que o Fundo Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) destinado ao CNPq consiste no principal instrumento de financiamento público da P&D no Brasil, contudo os recursos têm contemplado mais projetos de infraestrutura do que os projetos de P&D diretamente ([SANTOS, 2015](#)).

Por fim, embora o recurso do FNDCT tenha apresentado alguns desafios ao longo do tempo, um ponto chave acerca das formas de incentivos destinada à P&D em energias renováveis, pelo lado do Estado, consiste no direcionamento do recurso sem interrupções, a fim de construir um ambiente de financiamento e fomento à pesquisa. Não obstante, seguindo países líderes nas tecnologias renováveis, o Brasil precisa avançar em termos de infraestrutura de pesquisa e ampliar o nível de cooperação entre indústrias, empresas e universidades, a fim de promover as tecnologias já existentes e obter maturidade nas tecnologias ainda em consolidação no País.

3.5 CONSIDERAÇÕES

Dado o grau de incerteza envolvido na atividade de ciência e pesquisa básica, os investimentos acabam sendo majoritariamente por meio de financiamento público. Adotando a premissa de que a ciência/pesquisa básica possui uma relação dinâmica com a inovação e exerce um papel imprescindível no desenvolvimento das tecnologias energéticas, alguns países têm realizado vultosos investimentos no desenvolvimento científico e tecnológico das fontes de energias renováveis.

Um ponto fundamental nesta discussão consiste no esforço de vários países em fomentar à P&D em ERs e o *gap* no cenário brasileiro. Não só a falta de um sistema de inovação, como também a diversificação do financiamento direcionado a pesquisa em energias renováveis faz-se imprescindível para que o Brasil aproveite as suas potencialidades naturais.

Embora não seja um recurso direcionado e tenha apresentado contingenciamento e algumas discontinuidades em sua trajetória, o financiamento do FNDCT destinado ao CNPq tem sido o principal instrumento de incentivo para o desenvolvimento de pesquisas científicas em ERs ([SANTOS, 2015](#)), representando uma reforma crucial para o setor.

A literatura apontou alguns fatores determinantes na produtividade científica, dentre os quais, destacaram-se o retorno financeiro e o reconhecimento acadêmico. De acordo com o “efeito Mateus” esses determinantes podem gerar disparidades no ambiente acadêmico, pois “para todo aquele que tem será dado”. Em outras palavras, pesquisadores com uma alta produtividade tendem a obter financiamento com mais facilidade que outros.

A fim de analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre à produção científica em energias renováveis no Brasil, realizou-se uma análise econométrica probabilística, entre o período de 2011-2015. Os resultados, em termos gerais, apontaram um efeito estatisticamente significativo a 5% e positivo, levando a um aumento marginal de aproximadamente 2,3% para cada R\$10.000,00 (deflacionado com base em 2016) sobre a probabilidade de publicar artigos científicos em ERs.

De acordo com os resultados, um incremento na produtividade se dá também a partir do estoque de conhecimento, pesquisadores com um estoque de 5 artigos nos três últimos anos tiveram um impacto de 49,94% a mais na probabilidade de publicar artigos em ERs, observando um impacto ainda maior com 6 ou mais publicações, com um aumento marginal de 54,18% sobre a produtividade em ERs. Tal como, a publicação em anais de eventos, congressos e outros que apresentaram um aumento marginal de 49,2% a mais sobre a produtividade. Esses fatores mostram o diferencial que um pesquisador atuante na área possui em relação aos pesquisadores iniciantes. No que se refere ao impacto do gênero, os resultados apresentaram um aumento marginal de 4,14% sobre a probabilidade, conforme disparidade apontada pela literatura.

Um outro resultado complementar a análise dos determinantes da produtividade científica, foi a interação do Fundo Setorial de Energia com as instituições de referência – USP, UNICAMP, UFRJ – ao qual apresentou um aumento marginal de 2,24% sobre a produtividade de publicar artigos em ERs. Esses resultados sinalizam que um centro de referência a pesquisa pode ter um impacto positivo sobre o nível de produtividade ([MERTON, 1988](#)).

Nesse sentido, destaca-se a importância de expansão do financiamento e de infraestruturas de pesquisas destinadas ao desenvolvimento científico e tecnológico das energias renováveis. Não obstante, a fim de desenvolver um Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER) mais sólido, faz-se imprescindível a atuação do Estado por meio de incentivos de apoio ao setor, sobretudo, com uma política energética conectada com os propósitos ambientais.

Assim, tendo um papel extremamente relevante para o desenvolvimento econômico e sustentável no país, a maturidade dessas tecnologias renováveis colocam o Brasil em um nível de competitividade tecnológico avançado em relação as tecnologias convencionais, dado as suas potencialidades naturais ainda subexploradas.

CAPÍTULO IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES DO ESTUDO E PESQUISAS FUTURAS

Essa dissertação teve como principal objetivo analisar a contribuição do Fundo Setorial de Energia do FNDCT no tocante a sua capacidade de fomento à pesquisa científica em energias renováveis no Brasil. Para alcançar este objetivo, o trabalho foi dividido em três ensaios, cada um abrangendo dois objetivos específicos, mas conectados ao objetivo geral.

Identificado como o recurso mais importante no fomento à pesquisa no setor energético, a criação do Fundo de Energia Elétrica (CT-Energ) – criado no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) com a Lei nº 9.991/2000 –, representou uma reforma crucial no Sistema Nacional de Inovação (SNI). Regulamentado pela ANEEL, a obrigatoriedade de investimentos – com 0,75% de sua receita anual líquida – por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas de energia elétrica consiste em destinar 40% dos recursos para o FNDCT, 40% para projetos de P&D e 20% para o Ministério de Minas e Energia (MME).

Os últimos anos, o ambiente de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do Brasil, tem sido marcado com a criação de instituições e instrumentos legais de apoio a ciência, pesquisa e inovação. Por outro lado, no âmbito das energias renováveis a ausência de fundos de financiamento específicos da PD&I na área tem representado uma fragilidade no Sistema de Inovação em Energia Renovável (SIER), sendo esta categorizada como um ambiente embrionário no País.

Partindo da perspectiva de que, as tecnologias de energias renováveis apresentam um alto potencial de expansão e que o Brasil tem protagonismo nas fontes hídricas de energia, o primeiro capítulo teve como ponto de partida três discussões centrais em torno da temática. Inicialmente, abordando a falsa dicotomia entre desenvolvimento econômico e meio ambiente, ao qual o setor energético sinaliza ser indispensável na condução de um desenvolvimento ambientalmente correto – dado que em 2018 o setor energético foi o 3º setor mais emissor de GEE, com um crescimento de 114% a mais em relação aos dados de 1990.

Nos últimos anos o Brasil sinalizou estar caminhando na contramão das Convenções Internacionais sobre Desenvolvimento Sustentável, devido aos vultosos investimentos em tecnologias não renováveis, com a justificativa de mitigar problemas de segurança energética no curto prazo, como foi o caso da instalação de termelétricas no apagão energético em 2001 no Brasil e na crise energética do Amapá em 2020. Nesse contexto, a literatura apontou as

energias renováveis como tecnologias protagonistas de uma mitigação dual, ou seja, capaz de auxiliar tanto nas questões climáticas, quanto nas questões de segurança energética do Brasil.

A fim de identificar as potencialidades regionais de acordo com as principais fontes de energias renováveis – hídrica, eólica e solar –, os resultados do QL mostraram os estados do Nordeste com alta especialização na produção de energia eólica e solar, com uma expansão significativa em menos de 10 anos. Segundo [Bezerra \(2019\)](#), isso se deve ao fato de ser uma região com condições naturais favoráveis. Por outro lado, embora a atual matriz energética seja composta por mais de 60% de fonte hídrica, os resultados do QL não indicaram nenhum estado com alta especialização, apenas com indícios de especialização. Sendo perceptível também que não houve uma expansão muito significativa do setor nos últimos 10 anos, ao qual, parte desses resultados se dá devido aos períodos de seca nas regiões dos reservatórios.

Frente a esse cenário, e para que o Brasil volte a ser protagonista das tecnologias energéticas a literatura destacou ser extremamente importante a atuação do Estado de forma mais incisiva, dado que o setor privado tende a seguir as ‘regras do jogo’, sobretudo, na criação de instrumentos de fomento direcionado e no desenvolvimento de um ambiente científico e tecnológico, compatível com a alta potencialidade de seus recursos naturais, sendo este, o fenômeno discutido no capítulo II.

Assumindo preliminarmente a importância da ciência, P&D e inovação para a maturidade das fontes renováveis de energia, o segundo capítulo teve como finalidade identificar a trajetória da produtividade científica (*proxy* artigos científicos) e tecnológica (*proxy* patentes) nos últimos anos, e analisar as redes do conhecimento científico em ER, a fim de identificar a capacidade de compartilhamento do conhecimento entre as instituições, no âmbito científico.

Para alcançar esses objetivos, a discussão partiu do debate em torno de importantes conceitos para literatura ([SCHUMPETER, 1997](#); [LUNDVALL, 2007](#); [STOKES, 2005](#); [STEPHAN; 2010](#); [CHAMINADE ET AL., 2017](#)), como o papel da inovação para o desenvolvimento econômico, a definição da P&D – como pesquisa básica, aplicada e o desenvolvimento experimental –, e o modelo do quadrante de Pasteur – ao qual, apresentou uma relação dinâmica entre pesquisa básica e inovação tecnológica. Não obstante, o capítulo discutiu a interação e acumulação do conhecimento por meio de redes de pesquisas, que transforma a P&D e as atividades de inovação mais globalizadas. Assumindo, um papel relevante no processo de maturidade das pesquisas em energias renováveis e, consecutivamente, no Sistema de Inovação em Energias Renováveis (SIER).

A atual estrutura do sistema de inovação é composta por algumas instituições de formulação de políticas, regulamentação de P&D, de apoio a ciência, pesquisa e inovação, e de instituições executoras – como institutos, redes, incubadoras e universidades. De acordo com [Santos \(2015\)](#), o SIER consiste em um conjunto de instituições, redes e instrumentos de pesquisas voltados para o desenvolvimento de CT&I e de P&D nas diversas etapas da produção e uso de ERs, e nesse sentido, o Brasil ainda apresenta alguns gargalos.

No que se refere ao fomento da pesquisa, as modalidades de financiamento se subdividem privado, público e híbrido. Categorizado como incentivos fiscais, recursos reembolsáveis e não reembolsáveis, o financiamento público consiste no principal instrumento a pesquisa no Brasil – dado que o financiamento privado tende a surgir na medida que se reduz o nível de incerteza envolvido no tipo de inovação. Segundo [Vallim \(2014\)](#), por se tratar de uma inovação com alto grau de incerteza, a pesquisa básica tem como incentivo a modalidade de recurso não-reembolsável – por meio de subvenção e pagamento de bolsas. E, neste sentido, tanto a FINEP, quanto a CAPES e o CNPq assumem um importante papel de regulamentação dos recursos.

Os dados obtidos pela *Web of Science* apontaram o CNPq, a CAPES e a FAPESP, como as principais agências de fomento a pesquisa em energias renováveis, entre 2011 e 2019. Por meio de um mapeamento da trajetória de publicação, foi perceptível um aumento significativo no número de publicações científicas nos últimos anos, em contrapartida, no âmbito tecnológico os dados indicaram um baixo grau de desenvolvimento tecnológico no Brasil.

Um outro aspecto relevante dos resultados bibliométricos, foi a concentração de publicações em universidades das regiões Sul e Sudeste, sendo estas, instituições mais consolidadas e com maior apoio das agências de fomento local, não obstante, com condições de P&D mais favoráveis que as demais regiões.

Com uma trajetória crescente de publicação, a análise de redes de pesquisa identificou 9 *clusters* (agrupamento), dois desses foram classificadas como as principais. As interações de troca de conhecimento evidenciaram as disparidades regionais e institucionais, na medida em que, todos os *clusters* são liderados por instituições de referências no Brasil, sendo os principais liderados pela USP, UNICAMP e UFRJ. Portanto, sinalizou-se haver um ambiente institucional e de fomento à pesquisa, uma formação de redes e um aumento na produtividade científica nos últimos anos, porém, um atraso na produtividade tecnológica (mensurada pela *proxy* patentes), resultando na corroboração de que o Sistema de Inovação em Energias Renováveis no Brasil ainda se encontra em estágio embrionário.

Posto as potencialidades das tecnologias renováveis e as características do ambiente de ciência, pesquisa e inovação, a abordagem do capítulo III se concentrou na principal modalidade de financiamento a pesquisa no Brasil – o recurso do FNDCT direcionado ao CNPq.

Como mencionado, a política dos Fundos Setorial de Energia apresentou uma reforma crucial no financiamento destinado a pesquisa no setor, que segundo o [CGEE \(2001\)](#) parte do recurso é direcionado ao financiamento de atividade em P&D, subdividida em: i) projetos de pesquisa científica e tecnológica; ii) desenvolvimento tecnológico experimental; iii) desenvolvimento em tecnologia industrial básica; iv) implantação de infraestrutura para atividades de pesquisa; v) formação e capacitação de recursos humanos qualificados; e vi) difusão do conhecimento científico e tecnológico.

Apontada como imprescindível para a maturidade das tecnologias renováveis, a literatura destacou alguns determinantes individuais e observáveis da produtividade científica. Dentre os quais: i) gênero ([FOX, 2005](#); [STEPHAN, 2010](#); [BRAGA, ET AL., 2014](#); [KANNEBLEY JR., CAROLO E NEGRI, 2013](#)); ii) grau de escolaridade ([HAYNE E WYSE, 2017](#); [SANTOS, 2016](#); [NEGRI, 2018](#)); iii) anos de estudo e/ou idade ([KANNEBLEY JR., CAROLO E NEGRI, 2013](#)); iv) estoque de conhecimento ([KANNEBLEY JR., CAROLO E NEGRI, 2013](#); [KOSSI; LESUEUR, SABATIER, 2015](#)); v) instituição de formação ([KANNEBLEY JR., CAROLO E NEGRI, 2013](#)) e, vi) região ([KANNEBLEY JR., CAROLO E NEGRI, 2013](#); [SANTOS, 2016](#)).

Além das características dos pesquisadores, o reconhecimento acadêmico, o retorno financeiro e a satisfação obtida com a resolução de um enigma na ciência são apontadas como principais determinantes para o aumento da produtividade científica. Com o objetivo de analisar o impacto do financiamento do Fundo Setorial de Energia sobre a produção científica em energias renováveis no Brasil, além das análises descritivas dos dados, o capítulo III apresentou estimativas econométricas com modelos probabilísticos em *cross-section*, entre o período de 2011-2015.

Os resultados apresentaram um impacto marginal positivo – significativo ao nível de 5% – do Fundo Setorial de Energia sobre produção acadêmica em ERs, representando um aumento marginal de 2,27% a cada R\$10.000,00 e de 3,19% na média do total de artigos em ERs publicados, corroborando com a literatura. Por outro lado, a produção em outras áreas apresentou um impacto marginal negativo de 11,4% sobre a probabilidade de publicação em

ERs. Cabe ressaltar que, as variáveis “PROD.OUT” e “ANAIS_{t-3}” consistem em variáveis de controle inserida sem identificação de trabalhos empíricos pré-existentes.

Identificou-se também, um aumento marginal de 49,2% da variável publicação em anais de eventos e congressos nos três últimos anos, sobre a produtividade em ERs, com estatística significativa de 5%. Esse resultado aponta que pesquisadores envolvidos em eventos e com uma trajetória de publicação, aumenta a probabilidade de quase 50% de se publicar um artigo de energia renovável em periódicos.

Um outro fator identificado na literatura como determinante do aumento da produtividade científica, foi o estoque de conhecimento. Segundo [Nelson \(1959\)](#), o conhecimento é um bem inexaurível, ou seja, que não se reduz, muitas vezes é ampliado. Padronizada em 6 categorias, os resultados apresentaram estatísticas significativas em todos os níveis de publicação, com um aumento marginal de 54,18% de estoque 6 (com 6 ou mais publicações nos últimos três anos) sobre a probabilidade da produção científica.

A fim de identificar o efeito de instituições de referência em que o pesquisador cursou/cursa o doutorado, realizou-se a estratégia de interação do “FS” com o “INST”. O resultado apresentou um aumento marginal de 2,24% sobre a produtividade de pesquisadores que cursaram o doutorado nas principais instituições do país – USP, UNICAMP, UFRJ.

No âmbito regional, os resultados apresentaram efeitos marginais positivos e significativos a 5% em todas as regiões. A região do Norte destacou-se como a região de maior impacto sobre o aumento da produtividade em ERs (61%), seguido da região Centro Oeste (59%), Sul (53%), Nordeste (51%) e Sudeste (43%). Esses resultados sinalizam que a cada R\$ 10.000,00 de recurso do Fundo Setorial injetado nas regiões Norte e Centro Oeste o efeito marginal sobre a produtividade científica é muito maior do que em regiões com um nível de produtividade maior (como é o caso das regiões Sul e Sudeste apresentada no capítulo II).

Por fim, diante das potencialidades das tecnologias renováveis no setor energético e dos desafios de base científica e tecnológica no Brasil, este trabalho compreende ser imprescindível não só ampliar o investimento no avanço a energias renováveis, como também, criar um ambiente de fomento capaz de incentivar outras modalidades de financiamento, melhorar os aspectos de infraestrutura de pesquisa – a fim de reduzir as disparidades no âmbito científico e tecnológico –, expandir as redes de compartilhamento do conhecimento e, sobretudo, difundir estudos de pesquisa básica e aplicada nessa área.

4.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Embora o presente trabalho tenha particularidade de ineditismo, as análises apresentaram algumas fragilidades. Um dos principais fatores limitantes consiste na escassez de dados de ERs – sobretudo, no ambiente científico e tecnológico –, acarretando um dos principais entraves no desenvolvimento de trabalhos empíricos na área.

Partindo para perspectiva de construção da base, faz-se importante destacar os seguintes pontos: i) o recurso do FNDCT direcionado ao CNPq consiste em uma parcela do recurso destinado a pesquisa científica e, embora o Fundo Setorial de Energia tenha finalidade de fomentar pesquisas na área, as ações transversais capta parte deste recurso. Portanto, naturalmente vai haver profissionais de diversas áreas e finalidades distintas sendo contemplado pelos editais; ii) para identificar o impacto da política do Fundo Setorial de Energia sobre a produtividade científica em ERs o ideal seria construir um grupo de controle, ao qual haveria pesquisadores com as mesmas características, porém, um grupo com acesso ao financiamento e outro sem; iii) o período selecionado consiste em um recorte da base de dados devido aos contingenciamentos, o que resulta em uma amostra relativamente pequena, sobretudo, por ter selecionado apenas os doutores e doutorando, e iv) por ser uma discussão ainda pouco abordada no Brasil, a escassez de trabalhos empíricos acarretaram em um certo grau de dificuldade para comparabilidade entre os resultados obtidos.

4.2 PESQUISAS FUTURAS

Espera-se que este trabalho tenha contribuído com a literatura teórica e empírica sobre a importância das energias renováveis e, conseqüentemente do papel que o financiamento em pesquisas exercem sobre a maturidade destas tecnologias. Portanto, com base no presente resultado, pretende-se desenvolver um modelo econométrico em painel logístico com uma série de tempo maior e um contrafactual para a amostra, preenchendo as lacunas mencionadas anteriormente.

Não obstante, a mesma abordagem pode ser realizada comparando o Fundo Setorial de Energia com o Fundo Setorial do Setor de Petróleo e Gás Natural, a fim de identificar o impacto do recurso e o direcionamento das pesquisas científicas no âmbito energético – seja um País em direção a uma trajetória energética ambientalmente correta ou não.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR)**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/>>. Acesso em: 31/07/20.

ANDRADE, I. A indústria de defesa no contexto da política de inovação. **Políticas de Apoio à Inovação Tecnológica no Brasil: avanços recentes e propostas de ações**: IPEA, 2017.

ALBUQUERQUE, E.; et al. A Distribuição Espacial da Produção Científica e Tecnológica Brasileira: uma Descrição de Estatísticas de Produção Local de Patentes e Artigos Científicos. **Revista Brasileira de Inovação**, vol. 1, n. 2, jul./dez. 2002.

ANEEL. Fontes de Energia. **Banco de Informações de Geração (BIG)**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Combustivel.cfm>>. Acesso em: 29/04/20.

_____. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA)**. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/siga>>. Acesso em: 31/07/20.

ANPEI. **Guia da Lei do Bem: o que é inovação para a Lei do Bem? Conheça o principal instrumento de fomento à inovação em empresas do Brasil**. E-Book Completo: ANPEI, 2018. Disponível em: <<https://anpei.org.br/site-novo/wp-content/uploads/2019/05/2.pdf>>. Acesso em: 20/01/21.

ANDRADE, T.; JACOBI, P. (org.); FERREIRA, L (org.) **Diálogos em ambiente e sociedade no Brasil**. ANPPAS, Annablume, 2006.

ARAÚJO, B. C. et al. Impactos dos fundos setoriais nas empresas. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 11, n. esp., p. 85-112, jul. 2012.

BEZERRA, F. Energia Eólica no Nordeste. **Caderno Setorial do ETENE**, ano 4, n. 66, fev. 2019.

BITTENCOURT, P.; CÁRIO, S.; SIQUEIRA, R. (org.) Sistemas de Inovação: das raízes no século XXI à análise global contemporânea. **Economia da Ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e economia global**, 1. ed. Curitiba: Editora Prismas, 2017.

BRASIL. Lei Nº 9.991, de 24 de julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em P&D em eficiência energética, e das outras providências. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9991-24-julho-2000-359823-norma-359823-pl.html>>. Acesso em: 27/05/20.

_____. LEI Nº 8.248, de 23 de outubro de 1991. 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>. Acesso em: 30/06/20.

_____. LEI Nº 4.195, de 11 de abril de 2002. Institui contribuição de intervenção no domínio econômico destinada a financiar o Programa de Estímulo à Interação Universidade-Empresa

para Apoio à Inovação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4195.htm>. Acesso em: 14/08/20.

_____. LEI Nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm>. Acesso em: 21/11/20.

BEZERRA, F. D. Panorama da infraestrutura no nordeste do Brasil: Energia elétrica. **Caderno Setorial ETENE**, ano 4, n. 65, jan. 2019.

BOBINAITE, V.; TARVYDAS, D. Financing instruments and channels for the increasing production and consumption of renewable energy: Lithuanian case. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 38. Elsevier: 2014.

BOINTNER, R. et al. Financing Innovations for the Renewable Energy Transition in Europe. **Energies**, v.9, 2016, DOI: 10.3390/en9120990. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1073/9/12/990>>. Acesso em: 21/11/20.

BONDARIK, R; PILATTI, L.; HORST, D. uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. **Inter ciência**, v. 43, n. 10, out. 2018.

BORGES, R. **Produtividade Científica e Infraestrutura Tecnológica**. 2015, 116 p. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

BRAGA, L. et al. Diferenças de sexo em uma habilidade cognitiva específica e na produção científica. **Psico-USF, Bragança Paulista**, v. 19, n. 3, p. 477-487, set./dez. 2014.

BRITO, L. **Resultados dos investimentos em ciência e tecnologia nos Estados brasileiros: uma análise dos indicadores no período 2000-2012**. 2015, 74 p. Dissertação (Mestrado em Propriedade Intelectual) Programa de Pós-graduação em Ciência da Propriedade Intelectual: Universidade Federal de Sergipe, 2015.

BRIGANTE, P. Efeitos Diferenciados de Incentivos Fiscais e Financiamentos sobre os Gastos Empresariais em P&D na Segunda Metade dos Anos 2000. **Análise Econômica**, v. 38, n. 75, p. 209-248, mar. 2020.

BRONZINI, R.; ELEONORA IACHINI, E. Are Incentives for R&D Effective? Evidence from a Regression Discontinuity Approach. **American Economic Journal: Economic Policy**, v.6, n.4, nov. 2014, DOI: 10.1257/pol.6.4.100. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pol.6.4.100>>. Acesso em: 21/11/20.

CAVALCANTE, L. R. Desigualdades regionais em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I) no Brasil: Uma análise de sua evolução recente. **Texto para discussão**, 1574. Rio de Janeiro: IPEA, 2011.

CAVALCANTE, L. R. Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil: Uma Análise com Base nos Indicadores Agregados. **Texto para discussão**, 1458. Rio de Janeiro: IPEA, 2009.

CORDER, S.; SALLES-FILHO, S. Aspectos Conceituais do Financiamento à Inovação. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 5, n.1 jan./jun. 2006.

COSTA, M.; TIRYAKI, G. F. Investimento privado no setor de energia do Brasil: evolução e determinantes. **Revista Eletrônica de Energia**, v. 1, n. 1, p. 34-57, 2011.

CGEE. Grande Impulso Energia (Energy Big Push). **CGEE**. Disponível em: <<https://www.cgee.org.br/-/projeto-grande-impulso-energia-energy-big-push->>. Acesso em: 01/07/2020.

_____. Diretrizes estratégicas para o Fundo Setorial de Energia Elétrica. **Parcerias Estratégicas**, n.13, dez. 2001.

CHAMINADE, C., et al. The Geography and Structure of Global Innovation Networks: Global Scope and Regional Embeddedness. **Handbook of the Geographies of Innovation**. Chentelham: Edward Elgar, pp. 370-381.

CRUZ, G.; BEZERRA, N. Inovação em energias renováveis: reflexões e estudo de prospecção tecnológica. B. **Téc. Senac**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 198-215, jan./abr. 2017.

DONG, L. et al. Spatial distribution of China's renewable energy industry: Regional Features and implications for a harmonious development future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, mai. 2016, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.307>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115016901>>. Acesso em: 21/11/20.

EKERMAN, R.; ZERKOWSKI, A. Análise teórica Schumpeteriana do ciclo econômico. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro p.205-228, v. 38, n.3, jul./set. 1984.

EPE. O Que Fazemos. **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em: 22/11/2020.

_____. Planejamento de Longo Prazo. **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/planejamento-energetico/planejamento-de-longo-prazo>>. Acesso em: 27/11/2020.

FERREIRA, L. **Os impactos socioeconômicos e ambientais gerados pela construção de hidrelétrica na Amazônia: estudo de caso Belo monte**. 2017, 91 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Economia, 2017.

FERREIRA, A. Bibliometria na avaliação de periódicos científicos. **Data Grama Zero: Revista de Ciência da Informação**, v.11, n.3 jun. 2010.

POMPERMAYER, F.; ET AL. Rede de Pesquisa Formada pelo Programa de P&D Regulado Pela Aneel: Abrangência e Características. **Inovação tecnológica no setor elétrico brasileiro: uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel**. Brasília: Ipea, 2011.

FIGUEIREDO, C. O.; ALVARENGA, G.; CAVALCANTE, L. Impactos econômicos e tecnológicos do programa de P&D regulado pela ANEEL. **Inovação tecnológica no setor**

elétrico brasileiro: uma avaliação do programa P&D regulado pela Aneel. Brasília: Ipea, 2011.

FINEP. Composição do FNDCT. **Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP)**. Disponível em: <<http://finep.gov.br/a-finep-externo/fndct/estrutura-orcamentaria/composicao-do-fndct>>. Acesso em: 01/07/2020.

FOX, M. Gender, Family Characteristics, and Publication Productivity among Scientists. **Social Studies of Science**, n. 35/, fev. 2005, DOI: 10.1177/0306312705046630. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0306312705046630>>. Acesso em: 20/01/2021.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002

GUIMARÃES, E. Políticas de inovação: Financiamento e incentivos. **Texto para discussão**, n. 1212. IPEA: Brasília, ago. 2006.

GUJARATI, D.; POTER, D. **Econometria Básica**. 5 ed. Editora: MCGraw Hill, 2011.

GONÇALVES, B.; SANTANA, J. A influência dos investimentos públicos estaduais em CT&I no desenvolvimento regional: uma análise em painel no período de 2000 a 2009. **Proceeding of ISTI** – ISSN:2318-3403. Aracaju/SE, v. 8, n.1, p.064-073, set. 2017.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, jan./abr. 2007.

GREENPEACE BRASIL. Revolução Energética: Rumo a um Brasil com 100% de energias limpas e renováveis. **Greenpeace Brasil**. Ricardo Baitelo (Org), Coordenador da Campanha de Clima e Energia Greenpeace Brasil, 2016.

GREENPEACE BRASIL. Relatório [R]evolução Energética. **Greenpeace Brasil**, 2013.

GRILLITSCH, M; ASHEIM, B. Place-based innovation policy for industrial diversification in regions. *European Planning Studies*. 2018, v. 26, n. 8, 1638–1662. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2018.1484892>

HADDAD, P. R. et al. **Economia regional, teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB, 1989.

HAYNE, L.; WYSE, A. Econometric Analysis of Brazilian Scientific Production and Comparison with BRICS. **Science, Technology & Society**, v.23, n.1, 2017, DOI: 10.1177/0971721817744442.

HILBE, J. **Logistic regression models**. Chapman & Hall Texts in statistical science, 2009.

IPEA. Cadernos ODS: assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos. O que mostra o retrato do Brasil? **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada: IPEA**, 2019.

IRENA. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. **International Renewable Energy Agency**, Abu Dhabi, ed. 2020.

KANNEBLEY JR., S.; PORTO, G. Incentivos Fiscais à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação no Brasil: Uma avaliação das políticas recentes. **Banco Interamericano de Desenvolvimento**, 2012.

KANNEBLEY JR., S.; CAROLO, M.; NEGRI, F. Impacto dos Fundos Setoriais sobre a Produtividade Acadêmica de Cientistas Universitários. **Estudos Econômicos**, São Paulo, vol. 43, n.4, p. 647-685, out./dez. 2013.

KAHN, M.; MARTINS, L., MATOS, P. The Financing of Innovation. **Research Gate**, 2014. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/275656529>>. Acesso em: 17/08/2020.

KATZ, J. The self-similar science system. **Research Policy**, v. 28. P.501–517, 1999.

KOSSI, Y.; LESUEUR, J.; SABATIER M. Publish or teach? The role of the scientific environment on academics' multitasking. **Industrial and Corporate Change: Oxford Academic**, v. 25, n. 3, jun. 2016, DOI: 10.1093/icc/dtv038. Disponível em: <<https://academic.oup.com/icc/article-abstract/25/3/487/2357260>>. Acesso em: 20/01/2021.

LEMOS, M. B.; NEGRI, J. A. Consolidação do Sistema Nacional de Ciência Tecnologia e Inovação (SNCTI) CT&I – Indicadores, avaliação e desafios. **Parc. Estrat.** Ed. Esp. Brasília-DF, v.15, n.31, jul./dez. 2010.

LIMA, A. C. C.; SIMÕES, R. Centralidade e emprego na região Nordeste do Brasil. Belo Horizonte: **Nova Economia**, v. 20, n. 1, p. 39-83, jan./abr. 2010.

LUNDEVALL, B. National Innovation Systems - Analytical Concept and Development **Tool. Industry and Innovation**, v.14, n.1, 95-119, 2007.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de metodologia científica** 1. 5. ed. - São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINEZ, P.; RAWLINGS, P., VERMEERSCH, C. **Avaliação de Impacto na Prática.** Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial, 2015.

MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor: Desmascarando o Mito do Setor Público vs. Setor Privado.** São Paulo: Portfolio Perguin, 2013.

MAZZUCATO, M. The entrepreneurial state. **Soundings**, n. 49, 2011, pp. 131-142(12). DOI: 10.3898/136266211798411183.

MAZZUCATO, M., SEMIENIUKB, G. Financing renewable energy: Who is financing what and why it matters. **Technological Forecasting & Social Change**, n. 127. Elsevier: 2018.

MCTI. Plano de ciência, tecnologia e inovação para energias renováveis e biocombustíveis: 2018-2022/ Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Brasília/DF: **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações**, 2018.

_____. Estr t gia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inova o 2016/2022: Sumário Executivo. Brasília/DF: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2018.

_____. Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inova o. Brasília/DF: **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inova es e Comunica es**, 2018.

_____. Indicadores CT&I. **Ministério da Ciência, Tecnologia, Inova es e Comunica es**. Disponível em: <http://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/indicadores/indicadores_cti.html>. Acesso em: 10/12/2020.

MENEZES, N.; PINTO, C. (org.). **Avalia o econômica de projetos sociais**. 3. ed. São Paulo: Funda o Itaú Social, 2017.

MELO, L. M. Financiamento   Inova o no Brasil: análise da aplica o dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) de 1967 a 2006. **Revista Brasileira de Inova o**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.87-120, jan./jun. 2009.

MERTON, R. The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science are considered. **Science**, v. 159, 1968.

MERTON, R. The Matthew Effect in Science, II: Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property. **ISIS**, v. 79, p. 606-623, 1988.

MORAIS, J. Uma avalia o de programas de apoio financeiro   inova o tecnológica com base nos fundos setoriais e na lei de inova o. **Políticas de Incentivo   Inova o Tecnológica no Brasil – IPEA**, 2008.

MOWERY, D.; NELSON, R.; MARTIN, B. Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). **Research Policy**, v. 39, p. 1011–1023, 2010, DOI:10.1016/j.respol.2010.05.008.

MONASTERIO, L. Indicadores de análise regional e espacial. Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil / organizadores: Bruno de Oliveira Cruz ... [et al.]. Brasília: **Ipea**, 2011.

MUGNAINI, R.; JANUZZI, P.; QUONIAM, L. Indicadores bibliométricos da produ o científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 123-131, mai./ago. 2004.

NEGRI, F. et al. Impactos do ADTEN e do FNDCT sobre o Desempenho e os Esforços Tecnológicos das Firms Industriais Brasileiras. **Revista Brasileira de Inova o**, Rio de Janeiro, 8 (1), p.211-254, jan./jul. 2009.

NEGRI, F. **Novos caminhos para a inova o no Brasil**. IPEA, Washington (DC). Editora Wilson Center, 2018.

NELSON, R.R. (1959). "The simple economics of basic scientific research". **The Journal of Political Economy**, v. 67, 297–306.

OCDE. **Manual de Frascati: Metodologia proposta para levantamentos sobre pesquisa e desenvolvimento experimental**. Edição: F-Iniciativas, 2013.

ONU. Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso Futuro Comum. **Editora da Fundação Getúlio Vargas**, Rio de Janeiro, 1991.

PAULA, L. Sistema Financeiro e o Financiamento da Inovação: Uma abordagem keynesiana-Schumpeteriana. **39º Encontro Nacional de Economia ANPEC**, Foz do Iguaçu, dez. 2011.

PEREIRA, N. M. Fundos Setoriais: Avaliação das Estratégias de Implementação e Gestão. **Texto para discussão**, n. 1136, nov. 2005.

PINO, F. Modelos de decisão binários: uma revisão. **Rev. de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 43-57, jan./jun. 2007.

POPP, D.; HASCIC, I., MEDHI, N. Technology and the diffusion of renewable energy. **Energy Economics**, v. 33 (2011) 648–662.

PRODANOV, C., FREITAS, E. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PFITZNER, M., et al. Análise da dinâmica de P&D&I na construção do Sistema Setorial de Inovação de energia elétrica para o Brasil. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 21, n. 3, p. 463-476, 2014.

PONTES, T.; GENUÍNO, S. Desenvolvimento econômico e capacidade de inovação tecnológica no Brasil: uma análise com dados em painel. **Revista Brasileira de Gestão e Inovação**, v.7, n.1, set./dez. 2019.

RAPINI, M. S. **O Financiamento aos Investimentos em Inovação no Brasil**. 2010, 146 p., Tese (Doutorado em Economia), UFRJ: Instituto de Economia, 2010.

RAUEN, A. Panorama dos Recursos Federais Mobilizados à Inovação Empresarial no Brasil. Diretoria de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação e Infraestrutura – DISET, IPEA: n.58, abr. 2020.

REN21. **Renewables 2019: global status report**. Disponível em: <www.ren21.net>. Acesso em: 31/10/2019.

REZENDE, A.; CORRÊA, C, DANIEL, L. Os impactos da política de inovação tecnológica nas universidades federais - uma análise das instituições mineiras. **Revista de Economia e Administração**, v.12, n.1, 100-131p, jan./mar. 2013.

RESENDE, G.; SILVA, D., SILVA FILHO. Avaliação do fundo constitucional de financiamento do nordeste (FNE): uma análise espacial por tipologia da PNDR entre 1999 e 2011. Fortaleza: **ANPEC/BNB**, 2015.

ROUSSEAU, R. Indicadores bibliométricos e econométricos para a avaliação de instituições

Científicas. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 149-158, mai./ago. 1998.

RUAS, T., PEREIRA, L. Como construir indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação usando Web of Science, Derwent World Patent Index, Bibexcel e Pajek? **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.19, n.3, p.52-81, jul./set. 2014.

SANTANA, J. R. et al. Financiamento público à inovação no Brasil: contribuição para uma distribuição regional mais equilibrada? **Planejamento e políticas públicas**, n. 52, jan./jun. 2019.

SANTOS, G. R. Financiamento Público da Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil: A Contribuição dos Fundos Setoriais de Inovação Tecnológica. **Texto para discussão**, Rio de Janeiro, mar. 2015.

SANTOS, G. R.; NEGRI, F. (org); SQUEFF, F. (org.) Características da Infraestrutura de Pesquisa em Energias Renováveis no Brasil. Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil. Brasília: **IPEA, FINEP e CNPq**, 2016.

SCHWARTZMAN, S. Pesquisa universitária e inovação no Brasil. Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras. Brasília: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2008.

STOKES, D. **O quadrante de Pasteur: a ciência básica e a inovação tecnológica**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2005. Clássicos da Inovação.

SEEG. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil 1970-2019. **Observatório do Clima**, 2020. Disponível em: <http://www.observatoriodoclima.eco.br/wpcontent/uploads/2020/11/OC_RelatorioSEEG2020_final.pdf>. Acesso em 20/01/21.

SOBRINHO, I. C. **Determinantes dos depósitos de patentes em ciências da vida e da saúde nas Universidades Federais Mineiras: Uma análise de dados em painel o período 1995-2016**. 2017, 78 p., Dissertação (Mestrado em Saúde), Programa de Pós-graduação em Saúde: UFJF, 2017.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Os economistas: 1997.

SILVEIRA, A. D. et al. Análise do Sistema Nacional de Inovação no setor de energia na perspectiva das políticas públicas brasileiras. **Cad. EBAPE.BR**, v. 14, Edição Especial, Rio de Janeiro, jul. 2016.

SHIMADA, E.; KANNEBLEY, S.; NEGRI, F. Efetividade da Lei do Bem no Estímulo ao Investimento em P&D: Uma Análise com Dados em Painel. **ANPEC**: 2013

SHIKIDA, P., BACHA, C. Notas sobre o modelo Schumpeteriano e suas principais correntes de pensamento. **Revista Teoria E Evidência Econômica**, v.5, n.10. Disponível em: <<https://doi.org/10.5335/rtee.v5i10.4779>> última visualização 18/11/2020.

STEPHAN, P. The Economics of Science. **Handbooks in Economics**, VOL 01, 2010. DOI: 10.1016/S0169-7218(10)01005-1.

UNFCCC. O que é o Protocolo de Kyoto? Disponível em: <https://unfccc.int/kyoto_protocol> última visualização 16/06/2020.

VALLIM, R. O Financiamento à Inovação nas Empresas no Contexto do Sistema Nacional de Inovação Brasileiro. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia: UFRJ, 2014.

VEIGA, J. **Economia em transição**. Disponível em: <<http://www.zeeli.pro.br/wp-content/uploads/2012/06/JEV>>. Acesso em 23/11/2020.

VEIGA, J.; ISSBERNER, L. Decrescer crescendo. Enfrentando os limites do crescimento, **Academia Edu**, 2012.

VIOTTI, E. B. Brasil: de política de C&T para política de inovação? Evolução e desafios das políticas brasileiras de ciência, tecnologia e inovação. Avaliação de políticas de ciência, tecnologia e inovação: diálogo entre experiências internacionais e brasileiras. Brasília: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2008.

ZUCOLOTO, G., et al. Lei do bem e produtividade das firmas industriais brasileiras. **Políticas de Apoio à Inovação Tecnológica no Brasil: avanços recentes e propostas de ações – IPEA**, 2017.

YOU, F. et al. The impact of government subsidies and enterprises' R&D investment: A panel data study from renewable energy in China. **Energy Policy**, v. 89. Elsevier: 2016.

WOOLDRIDGE, J. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. 6. Ed, 2016. Cengage Learning: Michigan State University.

WOOLDRIDGE, J. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. 2. Ed, 2010. The MIT Press: Cambridge.

APÊNDICE

APÊNDICE A – TABELA DE DADOS E RESULTADOS ECONOMÉTRICOS LOGIT

Tabela 9 – Estatística Descritiva com as Variáveis Padronizadas

Variáveis	Tipo de Variável	Obs	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ART	Dependente	396	.2373737	.4260114	0	1
FS	Explicativa	396	8.334664	14.7212	.0394	133
ANOS.EST	Controle	396	9.744949	.8848084	4	10
PROD.OUT	Controle	396	1.070707	2.365373	0	15
ESTOQ	Controle	396	1.143939	1.930957	0	6
ANAIS _{t-3}	Controle	396	1.396465	2.179743	0	6
GEN	Controle	396	.6994949	.4590576	0	1
TÍTULO	Controle	396	.7575758	.4290917	0	1
INST	Controle	396	.2146465	.4110963	0	1

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: as variáveis contínuas com números altos, foram padronizadas a partir da sua média, “ANOS.EST >10; ESTOQ>6; ANAIS>6”, exceto “FS padronizado em escala de R\$ 10.000 (com base em 2016)”.

Tabela 10 – Estatística Descritiva das Variáveis Regionais

Variáveis	Tipo de Variável	Obs	Frequência	Média	Desvio Padrão
Nordeste	Controle	396	84	.2121212	.4093274
Centro Oeste	Controle	396	21	.0530303	.2243774
Sul	Controle	396	115	.290404	.4545231
Sudeste	Controle	396	160	.4040404	.4913261
Norte	Controle	396	15	.0378788	.1911446

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Tabela 11 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial

	Log (ART _i)			
	Modelo 1 Margens (dy/dx)	Modelo 2 Margens (dy/dx)	Modelo 3 Margens (dy/dx)	Modelo 4 Margens (dy/dx)
FS	.0227363 (0.045)	.021359 (0.090)	.0041607 (0.546)	.0171463 (0.099)
PROD.OUT	-.1140831 (0.001)	-.1368311 (0.004)	-.1288263 (0.004)	-.1109298 (0.004)
ESTOQ 1	.1402325 (0.004)	.1365722 (0.009)	.1358454 (0.017)	.120634 (0.000)
ESTOQ 2	.1722576 (0.022)	.1477365 (0.072)	.1312699 (0.080)	.1610952 (0.047)
ESTOQ 3	.0807265 (0.130)	.0859409 (0.124)	.130479 (0.065)	.1493032 (0.000)
ESTOQ 4	.5647513 (0.000)	.3180906 (0.115)	.5069279 (0.000)	.4864513 (0.001)
ESTOQ 5	.4994167 (0.000)	.491665 (0.000)	.496582 (0.000)	.3646283 (0.000)
ESTOQ 6	.5418008 (0.000)	.4663718 (0.000)	.3801175 (0.026)	.5622996 (0.000)
ANAIS _{t-3}	.0492863 (0.000)	.051155 (0.000)	.0338994 (0.000)	.0496244 (0.000)
GEN	.0414568 (0.099)	.0510288 (0.071)	.0514296 (0.110)	.0443185 (0.083)
TÍTULO	-.0215694 (0.475)	-.0407847 (0.246)	-.0560379 (0.238)	-.0099591 (0.746)
INST	-.0614526 (0.053)	-	-	-.063039 (0.077)
ANO 2011	-	-	-	-
ANO 2012	(not estimable)	(not estimable)	-	(not estimable)
ANO 2013	-.1803254 (0.080)	-.2033144 (0.093)	-	-.1923163 (0.054)
ANO 2014	-.2356719 (0.022)	-.2521245 (0.033)	-	-.2444396 (0.013)
ANO 2015	-.2427835 (0.019)	-.2510521 (0.035)	-	-.2259462 (0.021)
FS				
INST	.0224637 (0.048)	-	-	.0227825 (0.009)
TÍTULO	.0232209 (0.036)	.0122207 (0.358)	.0011711 (0.848)	.0174208 (0.095)
ESTOQ 0	-.0094481 (0.439)	-.0088297 (0.466)	-.0034299 (0.662)	-.0109568 (0.313)
ESTOQ 1	.0189458 (0.126)	.0312039 (0.046)	-.003635 (0.759)	.0259132 (0.016)
ESTOQ 2	.0435486 (0.111)	.041347 (0.265)	-.0096602 (0.465)	.0384072 (0.182)
ESTOQ 3	.030442 (0.002)	.04022 (0.001)	.0144202 (0.089)	.0344141 (0.001)
ESTOQ 4	.1286604 (0.084)	.04493 (0.39)	.1033415 (0.253)	.1345437 (0.023)
ESTOQ 5	.0742272 (0.006)	.088399 (0.004)	.0505102 (0.335)	.0988101 (0.001)
ESTOQ 6	.2020576 (0.000)	.1762684 (0.000)	.0211796 (0.309)	.1651143 (0.000)
GEN	-	.0200023 (0.132)	.0080309 (0.270)	.0143049 (0.208)
N	394	394	396	394
Chi2	89.89	92.01	106.09	80.94
Pseudo R2	0.6353	0.6232	0.5464	0.6154

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) Níveis de significância: Significativo a 5%.

Tabela 12 – Resultados de Regressões do Logit com Estratégias de Interações do Fundo Setorial e das Instituições

Variáveis	Modelo 5 Margens (dy/dx)	Odds Ratio	Variáveis	Modelo 6 Margens (dy/dx)	Odds Ratio
FS	.0290733 (0.026)	1.340869	FS	.0261647 (0.093)	1.084273
PROD.OUT	-.1220677 (0.000)	.0572882	PROD.OUT	-.1384412 (0.001)	.0389819
ESTOQ 1	.1410924 (0.004)	.6484196	ESTOQ 1	.1291153 (0.007)	.4688351
ESTOQ 2	.1269185 (0.028)	.7182908	ESTOQ 2	.105954 (0.095)	.536032
ESTOQ 3	.1038589 (0.074)	.1560051	ESTOQ 3	.1171106 (0.032)	.1848319
ESTOQ 4	.4553588 (0.003)	2.045901	ESTOQ 4	.3270394 (0.034)	1.956519
ESTOQ 5	.5007391 (0.000)	3.11129	ESTOQ 5	.469779 (0.000)	1.461699
ESTOQ 6	.5308932 (0.000)	.0273659	ESTOQ 6	.4857751 (0.000)	.0138168
ANAIS _{t-3}	.0506808 (0.000)	1.359464	ANAIS _{t-3}	.0556544 (0.000)	1.469505
GEN	.0185461 (0.523)	30.9694	GEN	.0136281 (0.597)	39.26989
TÍTULO	-.0202823 (0.513)	16.18258	TÍTULO	-.0106018 (0.739)	15.64781
INST	-.0660746 (0.072)	4.734714	INST	-.0639525 (0.076)	1.143065
UFRGS	-.0434164 (0.233)	1.67591	UFRGS	-.0494225 (0.174)	3.447224
UFSC	.1100486 (0.145)	.2596849	UFSC	.065671 (0.240)	.0000426
USP	-.008948 (0.862)	1.709596	USP	.0425177 (0.572)	137.6594
ANO 2011	-	-	ANO 2011	-	-
ANO 2012	(not estimable)	-	ANO 2012	(not estimable)	1
ANO 2013	-.2390789 (0.013)	.0389642	ANO 2013	-.2307948 (0.012)	.0391539
ANO 2014	-.2715972 (0.003)	.0218747	ANO 2014	-.2734268 (0.002)	.0179067
ANO 2015	-.2755147 (0.005)	.0202771	ANO 2015	-.2569872 (0.004)	.0246727
TÍTULO			GEN		
INST	-.097717 (0.231)	.0783329	INST	.0178151 (0.770)	1.130983
UFRGS	-.0171087 (0.842)	.9194086	UFRGS	-.0266083 (0.747)	.3589258
UFSC	-.0508617 (0.779)	1.743197	UFSC	.2216249 (0.018)	16148.59
USP	-.0740681 (0.483)	.3441488	USP	-.208197 (0.183)	.0162473
GEN	-.0427898 (0.292)	.134914	TITULO 0	.0794834 (0.099)	-
			TITULO 1	-.0176648 (0.555)	.0802235

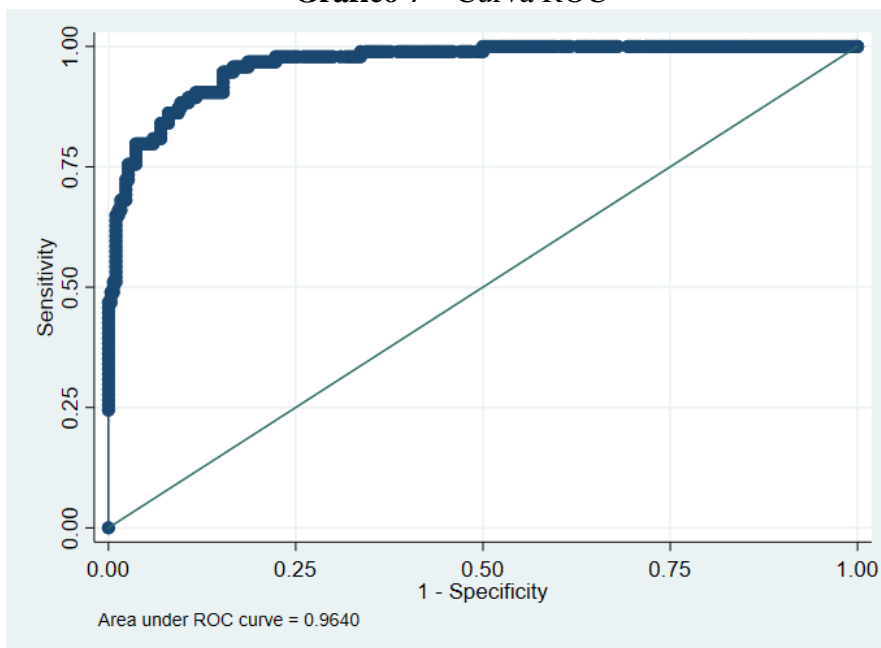
(Continuação)

FS			FS		
INST 1	.0124286 (0.91)	.4205427	INST 1	.0001924 (0.992)	-
UFRGS 1	.0334496 (0.008)	.4902086	UFRGS 1	-.0001422 (0.996)	.3896073
UFSC 1	.085455 (0.014)	4.243809	UFSC 1	.0540855 (0.055)	.4375295
USP 1	.0336935 (0.400)	.9904828	USP 0	.0283737 (0.060)	4.313069
TÍTULO	.0200388 (0.086)	.5128269	TÍTULO	.0171986 (0.217)	.4045799
ESTOQ 0	-.0096172 (0.466)	-	ESTOQ 0	-.0152498 (0.298)	.6070676
ESTOQ 1	.0467462 (0.010)	3.212915	ESTOQ 1	.0451323 (0.022)	-
ESTOQ 2	.0387189 (0.287)	2.828755	ESTOQ 2	.0330634 (0.102)	3.83839
ESTOQ 3	.0599889 (0.000)	4.222767	ESTOQ 3	.0561108 (0.000)	3.169527
ESTOQ 4	.1060336 (0.314)	7.49458	ESTOQ 4	.0616238 (0.504)	4.856178
ESTOQ 5	.1027529 (0.005)	7.736029	ESTOQ 5	.1160679 (0.002)	5.226269
ESTOQ 6	.2001368 (0.000)	200.9456	ESTOQ 6	.1910266 (0.000)	11.10173
GEN	.0127433 (0.374)	.4520758	GEN	.0136126 (0.408)	176.0504
N	394	394	N	394	.4646102
Chi2	136.41	136.41	Chi2	80.94	N 394
Pseudo R2	0.6755	0.6755	Pseudo R2	0.6154	Chi2 120.03

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1. Nota: 1) entre parênteses encontram-se os p-valores; 2) Níveis de significância: Significativo a 5%.

APÊNDICE B – GRÁFICO DE ESPECIFICIDADE E SENSIBILIDADE DO MODELO

Gráfico 7 – Curva ROC



Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Utilizado em modelos logísticos, a curva ROC (*Receiver Operator Characteristic*) ilustra a sensibilidade (eixo vertical) e a especificidade inversa (eixo horizontal). De modo que, a sensibilidade é a fração de casos positivos que são classificados corretamente pelo teste diagnóstico, enquanto a especificidade é a fração de casos negativos que são corretamente classificados (HILBE, 2009). Conforme mostra o quadro 7, os resultados apresentaram uma taxa verdadeiro-positivo de 75.53%, e uma taxa verdadeiro-negativo de 96.33%, com uma matriz de classificação indicando que o modelo previu corretamente 91,37%.

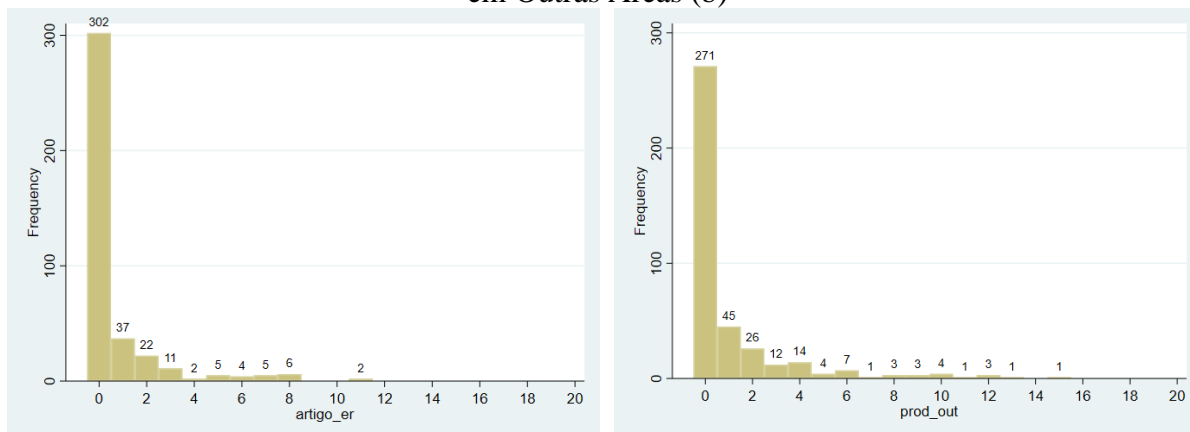
Quadro 6 – Especificidade e Sensibilidade do Modelo Logit

Sensitivity	Pr(+ D) 75.53%
Specificity	Pr(- ~D) 96.33%
Positive predictive value	Pr(D +) 86.59%
Negative predictive value	Pr(~D -) 92.63%
False + rate for true ~D	Pr(+ ~D) 3.67%
False - rate for true D	Pr(- D) 24.47%
False + rate for classified +	Pr(~D +) 13.41%
False - rate for classified -	Pr(D -) 7.37%
Correctly classified	91.37%

Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

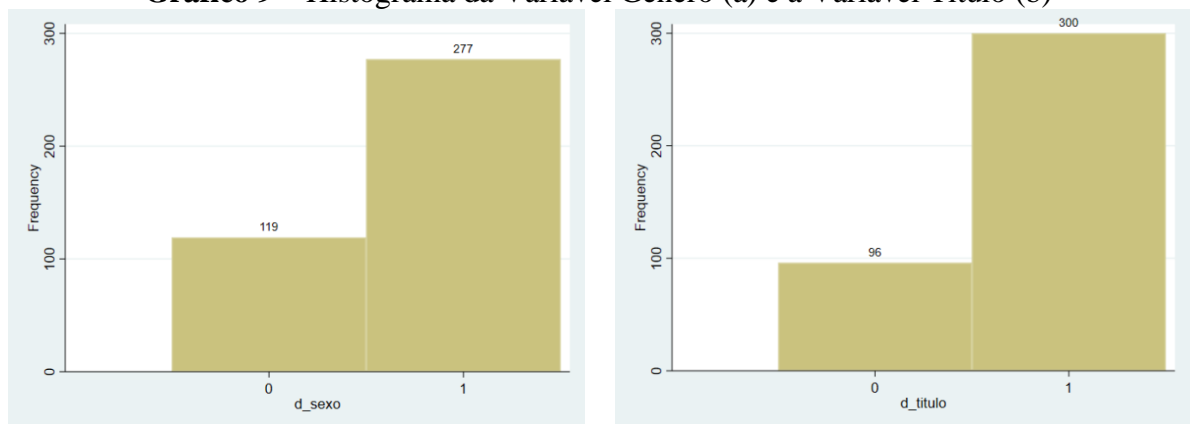
APÊNDICE C – GRÁFICO DE FREQUÊNCIA DAS VARIÁVEIS

Gráfico 8 – Histograma da Produção de Artigos em Energia Renovável (a) *versus* Produção em Outras Áreas (b)



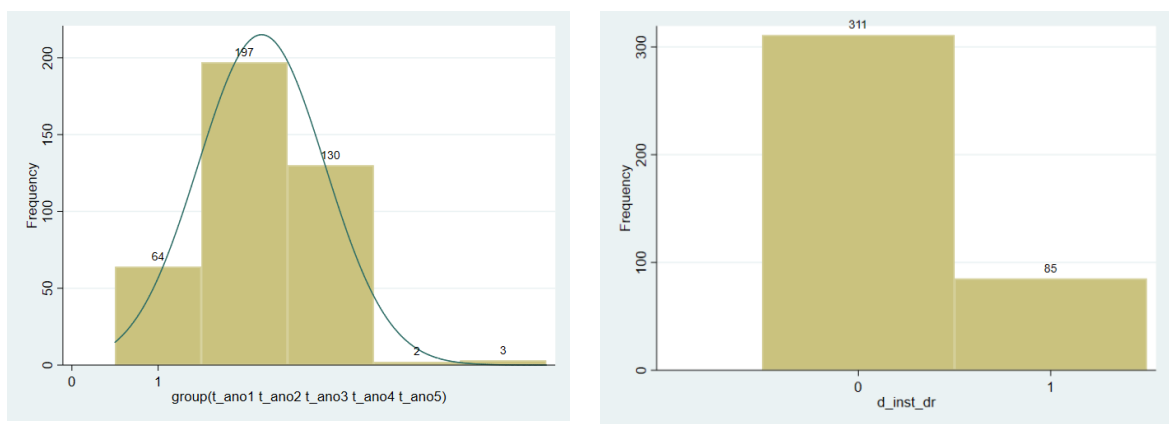
a. b.
Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Gráfico 9 – Histograma da Variável Gênero (a) e a Variável Título (b)



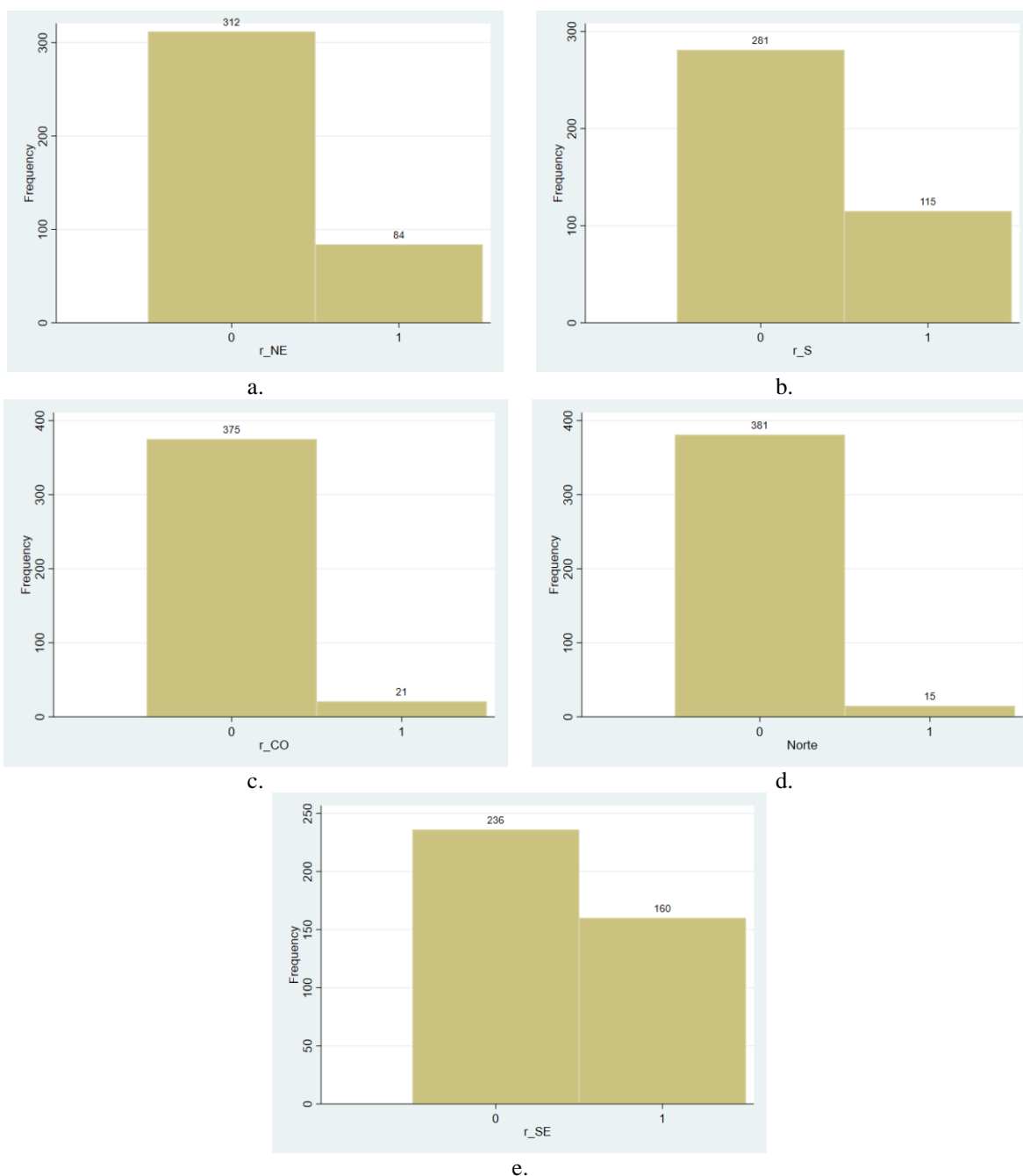
a. b.
Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Gráfico 10 – Histograma da Variável Ano (a) e Variável Instituição (b)



a. b.
Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.

Gráfico 11 – Histograma das Variáveis Regionais (NE,S, CO, SE, N)



Fonte: Elaboração própria com base no programa Stata/IC 15.1.