



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS, ESTRATÉGIAS E  
DESENVOLVIMENTO

Vanessa Barroso da Silva Huback

ANÁLISE DA POLÍTICA DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO BRASIL SOB A ABORDAGEM TEÓRICA NEO-SCHUMPETERIANA

Rio de Janeiro

2023

Vanessa Barroso da Silva Huback

ANÁLISE DA POLÍTICA DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO BRASIL SOB A ABORDAGEM TEÓRICA NEO-SCHUMPETERIANA

Tese apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Doutora em Políticas Públicas pelo Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento.

Área de Concentração: Sustentabilidade e Governança Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Louis de Almeida D'Avignon

Rio de Janeiro

2023

Vanessa Barroso da Silva Huback

ANÁLISE DA POLÍTICA DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA  
ELÉTRICA NO BRASIL SOB A ABORDAGEM TEÓRICA NEO-SCHUMPETERIANA

Tese apresentada ao Instituto de Economia da  
Universidade Federal do Rio de Janeiro como  
requisito para obtenção do título de Doutora em  
Políticas Públicas pelo Programa de Pós-  
graduação em Políticas Públicas, Estratégias e  
Desenvolvimento.

Rio de Janeiro, 7 de agosto de 2023.

---

Prof. Dr. Alexandre Louis de Almeida D'Avignon - Presidente  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

---

Prof. Dr. Luiz Carlos Thadeu Delorme Prado – Membro Interno  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

---

Prof. Dr. Francisco José Mendes Duarte – Membro Interno  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

---

Prof. Dr. Glauco Nery Taranto – Membro Externo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

---

Prof. Dr. Diego Cunha Malagueta – Membro Externo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

## FICHA CATALOGRÁFICA

H875aHuback, Vanessa Barroso da Silva.

Análise da política de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil sob a abordagem teórica neo-schumpeteriana / Vanessa Barroso da Silva Huback. - 2023.  
204 f.

Orientador: Alexandre Louis de Almeida D'Avignon.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, 2023.

Bibliografia: f. 183 – 204.

1. Energia elétrica. 2. Inovação. 3. Geração distribuída. 4. Mudanças climáticas.  
5. Energia renovável. I. D'Avignon, Alexandre Louis de Almeida, orient. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Economia. III. Título.

CDD 333.79

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária: Luiza Hiromi Arao CRB 7 – 6787

Biblioteca Eugênio Gudim/CCJE/UFRJ

Dedico este trabalho à memória dos meus avós, que sempre me incentivaram a estudar e a correr atrás dos meus sonhos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, por ter me abençoado todos esses anos e ter me dado força para continuar em busca dos meus objetivos. Aos meus pais, Fatima e Wilson, que são maravilhosos e sempre estiveram comigo, em todos os momentos. Vocês são os melhores pais do mundo! Aos meus avós Francisca, Hilda, Walter e Domingos, *in memoriam*, que sempre me apoiaram e me incentivaram a estudar, trabalhar, correr atrás dos meus sonhos e sonhavam em ter uma neta doutora. Ao Ricardo, meu namorado, noivo e companheiro durante todos esses anos, que me apoiou desde o mestrado, e sempre me incentivou, mesmo quando pensei em desistir. Às minhas companheiras caninas, Lara e Mel, por estarem comigo em todos os momentos, e por todo o amor que trazem à minha vida.

Ao meu orientador, Alexandre D'Avignon, que foi fundamental para que esse trabalho virasse realidade, com paciência e sempre transmitindo muito conhecimento em todos os momentos durante a trajetória no PPED. Aos Professores Luiz Carlos Prado, Francisco Duarte, Glauco Taranto e Diego Malagueta, agradeço por terem concordado em fazer parte dessa banca e pela atenção desde sempre. Aos professores Helder Queiroz, Renata La Rovere e Marcos Freitas, pelo apoio e atenção nesse momento, e a todos os professores e funcionários do PPED, que sempre foram muito solícitos comigo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio ao projeto e à ciência brasileira.

Aos meus amigos do colégio Martins, que sempre me incentivaram e torceram por mim. Aos meus amigos do PPED, em especial a Ellen Akina, o Lucas Fraga e o Antônio Lima, que sempre me ajudaram desde o início do doutorado e foram fundamentais em vários momentos dessa tese. Ao Rodrigo (Ronaldinho), que sempre mandou mensagens de incentivo e me cobrou quando precisei, à Priscilla, que esteve dividindo comigo esse momento de defesa de tese, e me apoiou quando precisei, e à Patrícia, pelo apoio de sempre e pela parceria desde o CATE. E ao meu amigo Lucas Asty, *in memoriam*, que é minha estrelinha.

Agradeço aos meus colegas da (re)energisa, que em tão pouco tempo já agregaram tanto conhecimento na minha carreira, e também aos meus colegas da Energisa, por toda atenção e carinho. Aos meus colegas e amigos do Grupo Gera, por todo o apoio e incentivo sempre que precisei. Agradeço em especial ao meu eterno diretor e amigo José Baêta, por ter acreditado em mim desde o início e ter contribuído tanto para o meu crescimento, e a Vânia Reis, que sempre me apoiou quando precisei e se tornou uma amiga.

Agradeço a todos que de alguma maneira tenham contribuído e feito parte dessa tese, com alguma ajuda ou uma simples palavra de incentivo.

*Qualquer pessoa de sucesso sabe que é uma peça importante, mas sabe que não conseguirá nada sozinho. (BERNARDINHO)*

## RESUMO

A partir do final do século XX, o mundo passou a se preocupar com o aquecimento global, oriundo da queima de combustíveis fósseis. Por conta disso, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões de GEEs, por meio das NDCs, pretendendo atingir 45% das energias renováveis no mix total de energia nos próximos anos. O país possui uma matriz elétrica considerada limpa, majoritariamente formada por usinas hidrelétricas com reservatórios, localizadas longe dos centros consumidores. No entanto, ao longo do século XXI, o Brasil passou por três crises hídricas severas, além do endurecimento de leis ambientais, o que levou a uma maior utilização das termelétricas a gás natural, de forma a garantir a segurança energética do paradigma tecnológico vigente da geração centralizada, mas com maior custo financeiro e ambiental para o país. Uma opção tecnológica alternativa é a utilização do sistema de micro e minigeração distribuída, por meio da construção de pequenas usinas de fontes renováveis, sobretudo a solar fotovoltaica. A MMGD possui diversas vantagens em relação à GC, sobretudo oriunda de termelétricas a gás, entre elas: aproxima o consumo da geração, promove modicidade tarifária, reduz emissão de GEEs, promove a geração de empregos verdes, reduz as perdas no transporte de energia e posterga investimentos de infraestrutura do setor elétrico. Essa alternativa ao paradigma vigente veio como um movimento com base no aperfeiçoamento de trade-offs técnico-econômicos, de forma a garantir inovação e solução do processo de geração de energia, levando em conta também o contexto de mudanças climáticas e o futuro do planeta. Segundo Schumpeter, a inovação é a chave do crescimento econômico, e a abordagem neo-schumpeteriana foi além, ao ver a inovação como um processo sistêmico, dependente da trajetória, e utilizando em larga escala as analogias biológicas para a compreensão do caráter evolutivo do desenvolvimento capitalista e sobretudo do processo de mudança tecnológica. No entanto, o sistema de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil ainda não conseguiu superar o paradigma tecnológico vigente, devido à força político-institucional dos atores do paradigma tecnológico vigente. Mas a MMGD consegue conviver com o paradigma tecnológico vigente da geração centralizada, e conseguiu ampliar sua participação no setor elétrico, tornando a fonte solar fotovoltaica como a segunda da matriz elétrica brasileira, além de ajudar a reduzir os impactos ambientais e a emissão de GEEs oriunda das termelétricas, representando uma inovação tecnológica e sustentabilidade para o país.

**Palavras-chave:** Inovação; Teoria Neo-schumpeteriana; Geração distribuída; Mudanças climáticas; Energias renováveis.

## ABSTRACT

From the end of the 20th century, the world began to worry about global warming, caused mainly by the burning of fossil fuels. Because of this, Brazil has committed to reducing its GHG emissions through NDCs, aiming to reach 45% of renewable energies in the total energy mix in the coming years. The country has an electrical matrix considered clean, formed mostly by large centralized hydroelectric plants with reservoirs, located far from consumer centers. However, throughout the 21st century, Brazil went through three severe water crises, in addition to the tightening of environmental laws, which led to greater use of gas thermoelectric plants, to guarantee energy security of the paradigm of centralized generation, but with greater financial and environmental costs for the country. An alternative technological option is the use of the micro and mini distributed generation system, which is the construction of small power plants using renewable sources, especially solar photovoltaic. Brazilian MMDG has several advantages in relation to CG, specially from gas thermoelectric plants, among them: it brings consumption closer to generation, promotes low tariffs, reduces GHG emissions, promotes the generation of green jobs, reduces losses in energy transport and postpones infrastructure investments in the electricity sector. This alternative to the currently paradigm came as a movement based on the improvement of technical-economic trade-offs, to guarantee innovation and solution in the energy generation process, also considering the context of climate change and the future of the planet. According to Schumpeter, innovation is the key to economic growth, and the neo-Schumpeterian approach went further, seeing innovation as a systemic, path-dependent process, and using biological analogies to a large extent to understand the evolutionary character of development capitalist and above all the process of technological change. However, the distributed micro and mini generation system of electric energy in Brazil has not yet managed to overcome the current technological paradigm, due to the political-institutional strength of the actors of the current technological paradigm. But MMDG can stay together with the current paradigm of centralized generation, and increased its participation in the electrical sector, putting the photovoltaic solar source in the second position in the mix of the Brazilian power matrix, in addition to helping to reduce the environmental impacts and the GHG emissions from thermoelectric plants, representing an innovation technology and sustainability for the electricity sector in Brazil.

**Keywords:** Innovation; Neo-schumpeterian Theory; Distributed Generation; Climate Changes; Renewable energies.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclos econômicos .....	34
Figura 2 – Ondas de inovação .....	34
Figura 3 – Representação de um Sistema Nacional de Inovação genérico .....	41
Figura 4 – A trajetória de uma tecnologia individual.....	45
Figura 5 – As quatro fases do ciclo de vida de uma revolução tecnológica.....	48
Figura 6 – Janelas de oportunidade duais entre paradigmas .....	49
Figura 7 – Representação esquemática do funcionamento do efeito estufa.....	55
Figura 8 – Principais marcos da Conferência das Partes.....	60
Figura 9 – Ilustração das principais características do Acordo de Paris .....	61
Figura 10 – Agendas integradas de 2015 – Paris, Sendai, SDGs.....	62
Figura 11 – Transparência de ações e apoio conforme Artigo 13.....	64
Figura 12 – Órgãos subsidiários da UNFCCC pós- Paris .....	65
Figura 13 – Iniciativa Climate Neutral.....	66
Figura 14 – Crescente importância de atores não-estatais no regime climático .....	67
Figura 15 – Principais eventos climáticos globais .....	68
Figura 16 – Principais marcos históricos da COP desde o Acordo de Paris.....	69
Figura 17 – Representação esquemática da camada de ozônio.....	70
Figura 18 – Buraco na camada de ozônio tirada pela NASA em outubro de 2022....	72
Figura 19 – Emissões antropogênicas líquidas de GEEs entre 1990 e 2019.....	76
Figura 20 – Contribuição dos GEEs para o aquecimento global .....	76
Figura 21 – Mudanças na temperatura global em relação ao período de 1850-1900)	77
Figura 22 – Emissões antropogênicas líquidas de GEEs por região entre 1990 e 2019	78
.....	78
Figura 23 – Proporção por região do total cumulativo das emissões de 1850 a 2019	78
Figura 24 – Opções de mitigação de emissões e potenciais de contribuição para	79
redução em 2030.....	79
Figura 25 – Meta brasileira (INDC) .....	84
Figura 26 – Série histórica de liberações de agrotóxicos desde 2000 .....	86
Figura 27 – Cronologia da submissão dos relatórios do Brasil à UNFCCC .....	87
Figura 28 – Ilustração da nova meta da NDC do Brasil e comparação com NDC de	88
2015 .....	88
Figura 29 – Comparativo entre a atualização da NDC em 2022 e a NDC de 2016...	89

Figura 30 – Atualizações da NDC brasileira entre 2016 e 2022 .....	90
Figura 31 – Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 e 2021 .....	91
Figura 32 – Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 e 2021 .....	92
Figura 33 – Emissões de GEEs por mudança de uso da terra nos estados brasileiros em 2021 .....	93
Figura 34 – Dados de capacidade instalada (GC) na matriz elétrica brasileira em fevereiro de 2023 .....	94
Figura 35 – Expansão da matriz elétrica brasileira no primeiro bimestre de 2023 ....	95
Figura 36 – Matriz elétrica brasileira (GC e GD) por fonte até 13 de setembro de 2023 .....	95
Figura 37 – Matriz elétrica brasileira (GC e GD) por fonte até agosto de 2023 .....	96
Figura 38 – Estrutura organizacional do novo modelo do SEB .....	103
Figura 39 – Alternativas de compensação da energia em função dos componentes tarifários.....	110
Figura 40 – Nova proposta de Compensação da Energia, apresentada na Consulta Pública nº 25/2019 .....	112
Figura 41 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica no Brasil.....	114
Figura 42 – Componentes tarifários da TE .....	114
Figura 43 – Componentes tarifários da TUSD.....	115
Figura 44 – Regra principal de transição GD brasileira .....	125
Figura 45 – Regra de transição GD brasileira para demais casos .....	125
Figura 46 – Percentual da TUSD fio B nas distribuidoras com maior potência instalada de GD no país .....	126
Figura 47 – Linha do tempo da MMGD no país após sanção do marco legal .....	126
Figura 48 – Comparativo entre a TUSDc e a TUSDg para a tarifa verde em 2022 por distribuidora.....	127
Figura 49 – Visão geral da alteração de payback dos projetos protocolados após vacância da Lei 14.300 .....	130
Figura 50 – Evolução da MMGD no Brasil de 2012 a 2022 e representatividade da micro e minigeração .....	132
Figura 51 – Evolução da MMGD no Brasil de 2012 a ago/2023 e representatividade da solar fotovoltaica.....	133
Figura 52 – Percentual de MMGD no Brasil por classe de consumo (agosto de 2023) .....	134

Figura 53 – Evolução do número de usinas e UCs FTVs de MMGD no Brasil de 2012 a junho de 2023 .....	134
Figura 54 – Ranking estadual da MMGD solar fotovoltaica no Brasil (até 13 de setembro de 2023) .....	135
Figura 55 – Potência instalada da MMGD no Brasil por estado e fonte de energia (agosto de 2023) .....	135
Figura 56 – Mapa da potência instalada da MMGD no Brasil por estado (agosto de 2023).....	136
Figura 57 – Ranking municipal top 10 de potência instalada da MMGD no Brasil (até 13 set. 2023) .....	137
Figura 58 – Percentual de MMGD no Brasil por modalidade (agosto de 2023).....	137
Figura 59 – Percentual de MMGD no Brasil por nível de tensão da rede (agosto de 2023).....	138
Figura 60 – Ranking estadual por número de sistemas instalados de MMGD no Brasil em agosto de 2023 .....	139
Figura 61 – Mapa dos estados com maior potência instalada da MMGD no Brasil em agosto de 2023 .....	141
Figura 62 – Representatividade da fonte solar fotovoltaica na MMGD no país .....	141
Figura 63 – Evolução do custo dos módulos fotovoltaicos no Brasil entre janeiro de 2018 e janeiro de 2023.....	142
Figura 64 – Matriz elétrica brasileira (GD e GC) por fonte de energia .....	143
Figura 65 – Evolução da geração solar fotovoltaica e representatividade (GD e GC) no país de 2012 a 2023 .....	144
Figura 66 – Percentual médio de cada componente na tarifa B1 em 2021, sem a parcela Energia.....	145
Figura 67 – Projeção da capacidade instalada de MMGD em diferentes cenários até 2032 .....	145
Figura 68 – Mapa da projeção da capacidade instalada de MMGD no Brasil em 2032 por estado.....	146
Figura 69 – Estimativa do payback (em anos) da MMGD no Brasil em 2023 nos dois cenários.....	147
Figura 70 – Projeção da MMGD no Brasil até 2032 nos dois cenários .....	147
Figura 71 – Linha do tempo regulatória da MMGD no Brasil após aprovação do Marco Legal.....	152

Figura 72 – Exemplo gráfico de isenção de cobrança de TUSDg.....	154
Figura 73 – Matriz energética mundial (2020).....	160
Figura 74 – Matriz elétrica mundial (2020) .....	161
Figura 75 – Tendências globais de investimento em energias renováveis por tecnologia (em R\$ bi).....	164
Figura 76 – Participação das energias renováveis na expansão anual da geração de energia elétrica global.....	164
Figura 77 – LCOE e preço global das fontes solar e eólica nos leilões entre 2010 e 2023 .....	166
Figura 78 – LCOE da fonte solar fotovoltaica em relação ao gás natural na Europa entre 2010 e 2022 .....	167
Figura 79 – Matriz energética brasileira (2022).....	171
Figura 80 – Matriz elétrica brasileira (2022).....	171
Figura 81 – Representatividade das fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2020 .....	172
Figura 82 – Matriz elétrica brasileira por fonte (2012 e 2013) .....	172
Figura 83 – Representatividade das UHEs na matriz elétrica centralizada brasileira (2015 a 2022).....	173

### LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Paradigmas tecno-econômicos .....	49
Quadro 2 – Ações estabelecidas para o cumprimento das metas de redução da PNMC .....	82
Quadro 3 – Relação entre os compromissos da NDC e do Plano ABC .....	85
Quadro 4 – Resumo das atividades de revisão da REN n° 482/2012 .....	109
Quadro 5 – Comparativo entre os principais temas da REN 482/2012 e a Lei 14.300/2022 .....	129

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Panorama dos compromissos voluntários internacionais e políticas públicas .....	83
---	----

Tabela 2 – Percentual de redução das distribuidoras com maior potência instalada de GD no país.....	128
Tabela 3 – Comparativo do payback antes e depois da Lei para clientes da classe residencial.....	130
Tabela 4 – Comparativo do payback antes e depois da Lei para clientes da classe comercial .....	131
Tabela 5 – Potência acumulada por ano de GD no Brasil de jan/12 a ago/23 .....	132
Tabela 6 – Potência instalada e percentual de MMGD no Brasil por tamanho do projeto (agosto/2023).....	138
Tabela 7 – Resumo dos resultados de MMGD em diferentes cenários para 2032...	146
Tabela 8 – Custo total, fator de capacidade e LCOE por tecnologia de energia renovável (2020 e 2021).....	166

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABGD – Associação Brasileira de Geração Distribuída  
ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
COP – Conferência das Partes  
EE – Eficiência Energética  
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
IEA – International Energy Agency  
GEEs – Gases de Efeito Estufa  
IISD – International Institute for Sustainable Development  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia  
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change  
IRENA – International Renewable Energy Agency  
LCOE – Levelized Cost of Electricity  
MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MME – Ministério de Minas e Energia  
MMGD – Micro e Minigeração Distribuída  
NAMAs – Nationally Appropriate Mitigation Actions  
NDCs - Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas  
OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico  
OIT – Organização Internacional do Trabalho  
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente  
PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite  
PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional  
PROINFA – Programa Brasileiro de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica  
PROGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica

PRORET – Procedimentos de Regulação Tarifária

SEB – Setor Elétrico Brasileiro

SEEG – Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito

SIN – Sistema Interligado Nacional

TCG – The Climate Group

UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA .....	21
1.2	HIPÓTESES .....	21
1.3	OBJETIVOS .....	22
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>22</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>22</b>
1.4	JUSTIFICATIVA E ESTRUTURA .....	23
1.5	METODOLOGIA.....	27
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>30</b>
2.1	INOVAÇÃO: CONCEITUAÇÃO E AS DIFERENTES ABORDAGENS DO TEMA 30	
2.2	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ESTUDO DE INOVAÇÃO NA ECONOMIA .....	31
2.3	INOVAÇÃO NAS BASES DE SCHUMPETER.....	33
2.4	OS NEO-SCHUMPETERIANOS E SUA CONTRIBUIÇÃO À OBRA DE SCHUMPETER.....	38
2.5	TECNOLOGIAS FÍSICAS E SOCIAIS .....	42
2.6	PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E TECNO-ECONÔMICOS.....	44
2.7	APLICAÇÃO DO ARCABOUÇO TEÓRICO AO TEMA DA TESE.....	51
<b>3.</b>	<b>MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O INCENTIVO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS 53</b>	
3.1	ORIGENS E EVOLUÇÃO DO TEMA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNDO 54	
3.2	RELAÇÃO ENTRE POLÍTICAS PARA COMBATER O BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	69
3.3	RELAÇÃO ENTRE POLÍTICAS PARA COMBATER O BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	73
3.4	O CONTEXTO HISTÓRICO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL .....	80
3.5	DADOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL.....	90
3.6	A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA .....	94

<b>4.</b>	<b>O MARCO REGULATÓRIO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO PAÍS.....</b>	<b>97</b>
4.1	AS RAÍZES DO NOVO MODELO DO SEB E A CRISE DO “APAGÃO” DE 2001 99	
4.2	O NOVO MODELO DO SEB E O PROINFA .....	102
4.3	NORMAS QUE REGULAM A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL .....	106
4.4	ESTRUTURA TARIFÁRIA DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL 113	
4.5	O SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA GD NO BRASIL 116	
4.6	VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GD .....	118
4.7	O MARCO LEGAL DA GD NO BRASIL (LEI N° 14.300/2022).....	122
4.8	NÚMEROS DA GD NO BRASIL .....	131
4.9	O PROJETO DE LEI N° 2703/2022 .....	148
4.10	A REGULAMENTAÇÃO DA GD PARA MMGD NO BRASIL APÓS A LEI 14.300 150	
4.11	INCENTIVO À GD PARA FAMÍLIAS MAIS POBRES .....	155
<b>5.</b>	<b>ANÁLISE DA POLÍTICA DE MMGD NO PAÍS SOB A ABORDAGEM TEÓRICA NEO-SCHUMPETERIANA .....</b>	<b>158</b>
5.1	INOVAÇÃO NEO-SCHUMPETERIANA E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS .....	158
5.2	ANÁLISE DA POLÍTICA PÚBLICA DE MMGD NO BRASIL À LUZ DA INOVAÇÃO NEO-SCHUMPETERIANA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEES NO PAÍS .....	169
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>177</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>183</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A partir da segunda metade do século XX, começou-se a especular sobre mudanças no clima. Desde então, evidências científicas vêm corroborando a ideia e despertando o interesse mundial sobre o assunto. No ano de 1988 foi criado, no âmbito das Nações Unidas (ONU), o *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), com o objetivo de produzir conhecimento acerca do tema de mudanças climáticas, por meio da consolidação das pesquisas de inúmeros cientistas, de diversos países.

As mudanças climáticas estão fortemente associadas ao setor energético, pois os combustíveis fósseis possuem maior percentual de emissões, enquanto as energias alternativas renováveis emitem menos. Nesse contexto, muitos países estão buscando investir em energias alternativas renováveis de pequeno porte, tendo como fontes principais a água, o sol e o vento. A questão mais preocupante é que geralmente os agentes públicos e privados do setor elétrico não incorporam os efeitos de futuras variações no clima no planejamento, operação e em investimentos. Especialmente no Brasil, onde as universidades e institutos de pesquisa estão distantes dos núcleos de decisão, e muitas vezes não são consultadas para auxiliar com dados científicos na formulação da política de inovação (BOSCHI; GAITAN, 2016).

Segundo Abramovay (2010), o ano de 2009 marcou uma virada decisiva na postura do Brasil diante das mudanças climáticas, com o país adotando metas ambiciosas de mudança em sua trajetória de emissões durante a conferência de Copenhague. Segundo o relatório atualizado das Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa do MCTI (2016), o Brasil reduziu em 41,1% suas emissões de GEEs em 2012 em relação ao nível de 2005. Desse modo, isso demonstra que o país buscou esforços para colaborar com a redução das emissões de gases de efeito estufa (ALVES *et al.*, 2015).

No entanto, segundo o Ipam (2019), nos últimos anos houve a retomada dos incêndios florestais, o que demonstra um retrocesso na política ambiental do Brasil, sobretudo após a posse do presidente Bolsonaro, em 2019, que passou a estimular o agronegócio e afrouxar a política ambiental do país. O cenário em relação ao desmatamento torna-se mais crítico em anos de estiagem severa, pois as secas mais severas reduzem a umidade no chão das matas e propiciam maiores condições para o alastramento das chamas, ampliando a chance da ocorrência de incêndios florestais (NEPSTAD *et al.*, 1999).

O aumento do desmatamento associada ao aumento das secas extremas na Amazônia nos últimos anos culminou em recorde de incêndios florestais entre agosto de 2018 e julho de 2019 (BRANDO *et al.*, 2019). O INPE (2019) estimou uma taxa de 9.762 km<sup>2</sup> de desmatamento

para os nove estados da Amazônia Legal Brasileira para esse intervalo de tempo, o que representou um aumento de 29,54% em relação à taxa apurada no período anterior, que foi de 7.536 km<sup>2</sup> (PRODES, 2018). Desse modo, antes as emissões do país estavam equilibradas em aproximadamente 1/3 para cada um dos setores: energia, pecuária e florestas. Atualmente, a energia representa um componente mais baixo nas emissões, sobretudo com o aumento do desmatamento das florestas.

Em 1990, a Assembleia Geral das Nações Unidas buscou solucionar os problemas ambientais através da criação do Comitê Intergovernamental de Negociação, que fez a Convenção- Quadro sobre Mudança do Clima (INC/FCCC). O Comitê elaborou a redação da Convenção, que foi adotada em maio de 1992 na sede da Organização das Nações Unidas, em Nova York. Houve a abertura e a assinatura pelos chefes de Estado na Convenção na Cúpula da Terra, em junho do mesmo ano, realizada no Rio de Janeiro (BRASIL, 1993).

Esta entrou em vigor em março de 1994, com 165 países assinando os termos da Convenção até 1997. O objetivo da Convenção é, segundo o artigo 2:

“Estabilizar as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera em um nível que impeça uma interferência antrópica perigosa no sistema climático. Isto deve ser alcançado num prazo suficiente que permita aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente à mudança no clima, que assegure que a produção de alimentos não seja ameaçada e que permita ao desenvolvimento econômico prosseguir de maneira sustentável” (UNFCCC, 2006, p.21).

No entanto, a Convenção não estabeleceu os limites das concentrações, o que levou ao surgimento do Protocolo de Quioto. O Protocolo estabeleceu metas de redução de gases de efeito estufa para os países que assinaram e ratificaram o acordo, sendo válido de 2008 a 2012. No entanto, como não conseguiu o objetivo de estabilizar os gases de efeito estufa, ele teve a sua duração estendida através de uma emenda, na qual os membros concordaram em um segundo período de compromisso, de 2013 a 2020 (GAMBA; RIBEIRO, 2013).

O órgão supremo da Convenção é a Conferência das Partes (COP), que se reuniu pela primeira vez em 1995. Anualmente, os países signatários se reúnem na COP para discutirem questões sobre mudanças climáticas. Para o alcance do objetivo do acordo, os governos se envolvem na elaboração de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDC, na sigla em inglês). Por meio das NDCs, cada país mostra sua contribuição para a redução de emissões dos gases de efeito estufa, de acordo com a sua viabilidade socioeconômica (ONU, 1997).

Para cumprir as suas NDCs, os setores de energia elétrica enfrentarão mudanças relevantes em todo o mundo. Nesse contexto, as principais ações para mitigação das mudanças

climáticas envolvem o incentivo à inovação, com o desenvolvimento tecnológico para a ampliação e barateamento do uso de fontes de energia renováveis com baixas emissões de GEE e medidas de eficiência energética (EE) (HEIDEIER *et al.*, 2020).

Em relação às NDCs, o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões domésticas de GEE em 37% em 2025 e, indicativamente, em 43% em 2030 a partir de 2005. No setor de energia, o país pretende atingir 45% das energias renováveis no mix total de energia e melhorar em 10% a eficiência no uso de eletricidade (ITAMARATY, 2015).

Para isso, uma das alternativas tecnológicas é a utilização de micro e minigeração distribuída, que foi normatizada a partir da REN 482/2012 da ANEEL, sendo aperfeiçoada pelas resoluções 517/2012 e 687/2015, que é a vigente até o momento. Como política pública, a geração distribuída de pequeno porte foi instituída com a criação do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), através da Portaria MME n° 538/2015 (MME, 2015). Essa política pública do Ministério de Minas e Energia (2015) tem como objetivos promover a ampliação da geração distribuída em edificações públicas, comerciais, industriais e residenciais.

Esse tipo de geração de energia envolve a utilização de fontes renováveis alternativas de pequeno porte e a cogeração qualificada (ANEEL, 2015b). A cogeração qualificada é um conceito definido Resolução Normativa n° 235/2006, na qual há a geração simultânea de duas ou mais energias, normalmente elétrica e térmica, a partir do consumo de uma mesma fonte energética, (ANEEL, 2006).

A palavra inovação tem origem no latim (*in + novare*) e significa “fazer novo”, renovar ou alterar. A ideia de inovação, apesar de diferentes visões na literatura, está ligada de forma geral a mudanças, a novas combinações de fatores que rompem com o equilíbrio existente (SCHUMPETER, 1982). Segundo Wolfe (1994), os trabalhos científicos sobre inovação possuem quatro linhas principais: aqueles que tratam dos estágios do processo inovador, dos contextos organizacionais, das perspectivas teóricas subjacentes e dos atributos da inovação.

Segundo Schumpeter (1942), a inovação é o elemento chave do crescimento econômico, saindo a Economia de um estado de equilíbrio inicial para um estágio expandido de crescimento. Para a teoria evolucionária, a inovação não é algo bem definido e homogêneo. As inovações atravessam mudanças ao longo do ciclo de vida, e há um processo constante de *feedback* da atividade inovadora (LA ROVERE, 2006).

Na abordagem neo-schumpeteriana, as instituições abordam tanto aspectos externos, quanto internos. Os aspectos internos são formados pelas estruturas cognitivas individuais nos agentes econômicos e geram trajetórias e paradigmas tecnológicos. Quanto aos aspectos

externos, eles dão forma e limites aos comportamentos humanos e constituem paradigmas tecno-econômicos de produção (LA ROVERE, 2006; FELIPE, 2008).

O paradigma tecnológico envolve trade-offs e direções de mudanças tecnológicas que devem ser seguidas ou negligenciadas. Segundo Dosi (1982), o paradigma tecnológico é definido como um modelo ou padrão de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, selecionado a partir de princípios derivados do conhecimento científico e das práticas produtivas.

Segundo Nelson e Winter (1977), as trajetórias tecnológicas são a direção tomada pelo desenvolvimento econômico em relação à decisão tomada pelas firmas em função da obtenção da taxa de lucro de cada tecnologia. La Rovere (2006) conclui que o conceito de paradigma tecnológico foi criado para que se possa compreender a geração de inovações, ao passo de que a trajetória tecnológica foi desenvolvida para que se entenda a difusão das inovações.

Segundo Lima (2018), um paradigma tecno-econômico engloba as trajetórias tecnológicas, as quais envolvem empresas, instituições, mercados e tecnologia. Um paradigma tecno-econômico é definido por Freeman e Perez (1988) como uma combinação de inovações de produto, de processo, técnicas, organizacionais e administrativas, abrindo um leque de oportunidades de investimento e de lucro.

De acordo com Freeman e Perez (1988) estamos atualmente dentro do quinto paradigma, o de tecnologias da informação e comunicação. O paradigma tecno-econômico atual exige o desenvolvimento de formatos e estratégias inovadoras, além de uma carga cada vez maior de informação e conhecimento das outras instituições, tais como centros de ensino, pesquisa e administração pública.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Diante desse contexto, foi estruturada a seguinte questão de pesquisa: o sistema de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil é um novo paradigma tecnológico no setor elétrico brasileiro, capaz de superar o paradigma tradicional da geração centralizada de grande porte e ajudar a reduzir a dependência do carbono das termelétricas a gás natural e os impactos ambientais das grandes hidrelétricas?

## 1.2 HIPÓTESES

Com base no marco teórico, na revisão bibliográfica do tema e nos dados de geração distribuída no Brasil, formularam-se as seguintes hipóteses:

- A geração distribuída promove a postergação de investimentos em novas usinas de geração, linhas de transmissão e infraestrutura de distribuição de energia elétrica no país, além de corrigir as distorções do SIN (redução dos níveis de perda no transporte de energia).
- O sistema de micro e minigeração distribuída é um novo paradigma tecnológico e um grande aliado do país na redução das emissões de GEEs, pois o Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões domésticas de GEE em 37% em 2025 e, indicativamente, em 43% em 2030 a partir de 2005.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é avaliar se o sistema de micro e minigeração distribuída é um novo paradigma tecnológico do setor elétrico brasileiro a ser seguido, capaz de superar o paradigma tecnológico vigente da geração centralizada de grande porte, e de ajudar a reduzir a dependência do carbono das termelétricas a gás e impactos ambientais de grandes reservatórios das usinas hidrelétricas do paradigma tradicional, sob a ótica da teoria de inovação neo-schumpeteriana.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Explorar o referencial teórico de inovação neo-schumpeteriana para analisar como os avanços histórico-regulatórios culminaram no mainstream da geração centralizada brasileira conectada ao SIN, composta majoritariamente por geração de grande porte longe dos centros consumidores, e apresentar os principais desdobramentos nacionais e internacionais que permitiram a normatização e a ampliação da micro e minigeração distribuída, que emergiu como uma alternativa de paradigma tecnológico no país.
- b) Apresentar os principais benefícios da geração distribuída para o setor elétrico brasileiro, bem como identificar possíveis distorções e ônus na regulação vigente.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA E ESTRUTURA

Diversos países estão buscando alternativas para atender à demanda de energia elétrica, mas evitando causar maiores impactos ao meio ambiente. A Alemanha, por exemplo, está diminuindo gradualmente o uso de usinas nucleares, o Reino Unido fez pesados investimentos em parques eólicos offshore e nos EUA houve um grande aumento na geração solar (CAMILO *et al.*, 2017). Nos países em desenvolvimento, o planejamento e a expansão do sistema de energia enfrentam grandes desafios para os reguladores, pesquisadores e todas as partes interessadas envolvidas nesse assunto, a fim de fornecer energia de boa qualidade, confiável, sustentável e acessível à sua população.

Em geral, como dito anteriormente, costuma-se proferir que o Brasil já possui uma matriz elétrica considerada limpa e de baixo custo, resultado de décadas de investimentos feitos em inúmeras barragens de grande escala em nos principais rios do país. Nos últimos anos, no entanto, o país sofreu com baixo nível de chuvas e níveis desfavoráveis de reservatórios, sobretudo entre 2012 e 2015, no período da chamada crise hídrica (CIRILO, 2015). Um relatório publicado pela EPE (2014) mostra que a geração hidrelétrica diminuiu 6,3%, devido aos baixos níveis de água, e que a lacuna foi preenchida por um aumento na geração termelétrica, principalmente gás natural. Isso levou a um maior aumento das emissões de GEE no setor de eletricidade brasileiro nos últimos anos.

Além disso, a escolha por grandes hidrelétricas conectadas ao SIN é responsável por diversos impactos socioambientais, tanto para as populações ribeirinhas - como o alagamento de grandes áreas, deslocamento das populações que habitam no local, desmatamento de áreas florestais, diminuição de peixes no rio a jusante, entre outros- como para a sociedade brasileira – grande nível de perdas no transporte de energia e dependência de fatores hidrológicos.

Dessa maneira, caminhos tecnológicos alternativos tornam-se fundamentais no setor elétrico brasileiro, que tenham maior preocupação com inovação e sustentabilidade, composta por fontes alternativas renováveis de pequeno porte, aproximando a geração do consumo, através de geração descentralizada. No entanto, essa questão esbarra nos interesses econômicos de grupos ligados aos combustíveis fósseis e às distribuidoras, impondo barreiras à entrada dessa modalidade de geração, que precisa de subsídios para ganhar escala e conseguir reduzir os custos (VAHL; CASAROTTO FILHO, 2015).

A escolha do tema deve-se ao aumento da importância da micro e minigeração distribuída na matriz elétrica do Brasil nos últimos anos, pois é uma alternativa ao sistema atual

de geração centralizada, formado majoritariamente por grandes hidrelétricas conectadas ao Sistema Interligado Nacional (SIN), por meio de linhas de transmissão de grandes distâncias. Segundo dados do MME (2015), há uma previsão de 2,7 milhões de unidades consumidoras com micro e minigeração distribuída até 2030 no Brasil, o que pode evitar a emissão de aproximadamente 29 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Por conta dessa previsão e do grande aumento do número de instalações de unidades no sistema de micro e minigeração distribuída, foi criado o marco legal da geração distribuída, por meio da Lei 14.300/2022. Esse marco trouxe segurança jurídica e confirmou a importância dessa modalidade descentralizada no setor elétrico brasileiro. Com isso, em busca de alternativas tecnológicas a esse sistema baseado em grandes hidrelétricas distantes dos centros consumidores e conectadas ao SIN, a política pública de geração distribuída foi adotada, tendo como modelo experiências bem-sucedidas em outros países, em um ambiente institucional favorável, após a reforma do setor elétrico no Brasil (BERRY; BERRY, 2014).

A ANEEL possui uma cultura inovadora, através do incentivo à pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico, com incentivo à medidas de eficiência energética e smart grids, o que favoreceu a regulação de GD (DUTRA *et al.*, 2013). O incentivo à inovação e à busca por maior eficiência energética no sistema, além da possibilidade de o SIN permitir a geração descentralizada, foram fundamentais para a normatização do paradigma tecnológico de geração distribuída no Brasil, que busca redução tarifária, maior segurança energética, menores perdas no transporte de energia e queda nas emissões de GEE no país.

A regulação atual de geração distribuída no Brasil promove incentivos à investimentos em fontes alternativas renováveis para a geração descentralizada de energia, com as seguintes consequências para a população brasileira: modicidade tarifária, redução das perdas de energia no transporte, melhor qualidade no fornecimento do serviço, postergação de gastos com investimentos em infraestrutura do setor, redução das emissões de GEE, incentivo à inovação e geração de empregos verdes.

Em 2015, o MME lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), a fim de estimular os consumidores a gerar energia por meio de fontes renováveis de pequeno porte, em especial a solar fotovoltaica, além de reduzir gastos com a eletricidade (ALVES, 2019). Dessa forma, houve a institucionalização de uma política pública nacional, com o Estado como indutor desse paradigma tecnológico alternativo inovador, tendo como marco legal posteriormente a Lei 14.300/2022.

Essa inserção de um novo paradigma tecnológico será estudada sob o aparato conceitual da teoria neo-schumpeteriana, que é o marco teórico da tese. Inovação é a exploração

de novas ideias que possuem aprovação no mercado, normalmente incorporando novas tecnologias, processos, design e uma melhor prática (SARKAR, 2007). Para os schumpeterianos, a inovação é considerada o grande motor do sistema capitalista, e os neo-schumpeterianos vão além, pesquisando a identificação dos principais fatores de estímulo aos processos de inovação e difusão e os seus efeitos na indústria. Dessa forma, a figura individual do empreendedor é deixada em segunda instância, com ênfase no processo de inovação da firma.

Dentro de um paradigma tecnológico, existe um padrão de solução de problemas, ou seja, de progresso dentro deste paradigma, que é a chamada trajetória tecnológica, sendo um movimento com base na solução de trade-offs entre variáveis definidas como relevantes pelo paradigma (CORAZZA; FRACALANZA, 2004).

O pensamento neo-schumpeteriano considera que o processo inovativo é sistêmico e influenciado por fatores que perpassam pelas dimensões políticas, sociais, culturais e geográficas. Podcameni (2014), descreve que as firmas dependem de uma conjunção de fatores para que possam inovar, como a colaboração com outras instituições e as características da estrutura institucional no qual estão inseridas. Assim, o Estado teria um papel importante, não apenas em garantir uma estrutura básica que possa estimular o desenvolvimento, mas também na formulação de planos e políticas que possam incentivar a inovação.

O conhecimento tecnológico cresce de forma dependente do conhecimento acumulado anteriormente, que é a característica de *path-dependence* da construção desse conhecimento e das próprias trajetórias tecnológicas. Os eventos históricos também podem influenciar os rumos da mudança tecnológica, levando ao aparecimento de fenômenos de lock-in (aprisionamento tecnológico). As tecnologias estão imersas em um contexto com dimensões tecnológicas, sociais e econômicas (CORAZZA; FRACALANZA, 2004).

A geração centralizada por meio de grandes hidrelétricas e termelétrica conectadas ao SIN representa o mainstream, ou seja, o paradigma tradicional do setor elétrico brasileiro, escolhido devido ao tamanho do país e dos custos. No entanto, esse tipo de geração ocasiona perdas no transporte e impactos socioambientais relevantes, além da emissão de GEEs, que podem ser corrigidos por meio da entrada da geração distribuída no sistema.

Neste contexto, será feito um estudo aprofundado da história do setor elétrico brasileiro que culminou na resolução 482/2012 e na criação do ProGD e da Lei nº 14.300/2022, com grande ênfase no Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, a partir de 2004, que explica o foco no planejamento energético e no incentivo às fontes alternativas renováveis, marcas da GD.

Em relação à estrutura, esta dissertação está dividida em seis capítulos. O primeiro capítulo traz a introdução do trabalho, em que se contextualiza o problema, realiza a formulação das hipóteses, a questão de pesquisa e os objetivos do trabalho, justifica a importância e relevância do tema, além de descrever a sua estrutura. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico da tese, sendo iniciado por uma conceituação do tema de inovação, com apresentação do avanço histórico do tema pelos estudiosos da economia, bem como a definição da inovação por Schumpeter. Posteriormente, o capítulo aborda a caracterização da inovação pelos neo-schumpeterianos e a definição de trajetórias tecnológicas, paradigmas tecnológicos e paradigmas tecno-econômicos por esses autores, também conhecidos como evolucionários.

O terceiro capítulo conceitua o tema das mudanças climáticas, ao apresentar suas origens e evolução do tema no mundo, bem como a relação entre políticas para combater o buraco de ozônio e as mudanças climáticas, além de apresentar os números do aumento das emissões de gases de efeito estufa no mundo. Em seguida, é abordado o contexto das mudanças climáticas no Brasil, passando pela evolução histórica do tema e das leis ambientais, para então apresentar os números de emissões de GEEs no país e a segmentação atual da matriz elétrica brasileira.

O quarto capítulo apresenta o tema do marco regulatório do setor elétrico brasileiro (SEB) e a geração distribuída no país, com o contexto histórico que culminou na crise de energia elétrica de 2001 e na criação do novo modelo do SEB, que envolveu uma reformulação do setor e a instituição do Programa Brasileiro de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Depois disso, o capítulo traz as informações da geração distribuída no Brasil, por meio das suas normas, da definição do sistema de compensação, das vantagens e desvantagens dessa modalidade de geração, da regularização do marco legal por meio da Lei nº 14.300/2022, do PL 2703/2022, da nova regulamentação (REN 1059/2023), dos números e do projeto incentivo à GD para famílias de baixa renda, bem como informações complementares, como a estrutura tarifária do setor de energia elétrica no país.

O quinto capítulo apresenta a análise da política pública de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil sob a abordagem teórica neo-schumpeteriana, que é o referencial teórico da tese. O capítulo se inicia com a relação entre a inovação neo-schumpeteriana e as energias alternativas renováveis, para posteriormente analisar se o paradigma tecnológico alternativo da micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil é capaz de reduzir a dependência do carbono e os impactos ambientais do paradigma tecnológico tradicional da geração centralizada, sob a ótica da teoria de inovação neo-schumpeteriana.

O sexto e último capítulo traz a conclusão do trabalho, com limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras no tema.

## 1.5 METODOLOGIA

O estudo começa por uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de subsidiar a discussão teórica e histórica do tema, seguida pela análise documental para analisar se o paradigma tecnológico alternativo da micro e minigeração distribuída é capaz de reduzir a dependência do carbono e os impactos ambientais do paradigma tecnológico tradicional da geração centralizada de grande porte no Brasil, utilizando a inovação neo-schumpeteriana como referencial teórico. Segundo Godoy (1995), a escolha do tema da GD no Brasil foi consistente, pois o foco do interesse é um fenômeno atual.

Desse modo, será utilizada a metodologia qualitativa nesse estudo. De acordo com Maxwell (2004), a pesquisa qualitativa tem o objetivo de desenvolver explicações causais válidas, analisando como determinados eventos influenciam os outros, entendendo a função de causalidade em um nível local, contextual e situacional. O que comprova a adequação com o objetivo da tese de mostrar como que as relações político-institucionais levaram ao paradigma tecnológico da geração centralizada com usinas de grande porte no Brasil, e como a preocupação mundial com as mudanças climáticas, o compromisso do país com as NDCs e como a cultura inovadora da ANEEL levaram à normatização da geração distribuída brasileira a partir de 2012, com avanços regulatórios nos últimos anos, e o estabelecimento do marco legal da GD no ano passado, por meio da Lei 14.300/2022, e da regulação vigente atual (REN 1.059/2023).

A revisão da literatura é fundamental para auxiliar na elaboração do referencial teórico e do contexto histórico do setor elétrico brasileiro. Em relação à pesquisa bibliográfica do referencial teórico, as ementas das disciplinas oferecidas no programa de doutorado do PPEd foram fundamentais para aprendizado do tema e seleção de literatura sobre conceituação de inovação, evolução histórica do tema na economia, bem como a definição de inovação por Schumpeter e os avanços do conceito de inovação para os neo-schumpeterianos, que representam a base teórica para análise do tema proposto na tese. Com base nas referências dos textos das disciplinas, foram adicionados outros artigos e estudos sobre essa temática, escolhidos pela relevância e renome dos autores no tema de teoria evolucionária.

A pesquisa bibliográfica do setor elétrico foi realizada por meio de estudos dos órgãos governamentais, como a EPE, ONS e ANEEL, bem como dissertações, teses e artigos sobre o

tema. Já a pesquisa sobre mudanças climáticas utilizou estudos de órgãos reconhecidos internacionalmente, como IPCC, ONU, bem como órgãos nacionais, como MCTI e SEEG, além de artigos, teses e dissertações sobre o assunto. Essa etapa é fundamental para que o leitor e o autor do texto tomem conhecimento do que já existe sobre o assunto, apresentando consistência e contextualizando o objeto de estudo (VERGARA, 2005). Foram priorizados estudos e artigos mais recentes, a partir de 2003, por apresentarem informações mais recentes e atualizadas; e artigos publicados por autores especialistas sobre o tema, com base no número de citações de suas obras.

Segundo Creswell (2007), a revisão de literatura em um estudo de pesquisa tem vários objetivos: ela compartilha com o leitor os resultados de outros estudos que estão proximoamente relacionados ao estudo que está sendo relatado; relaciona o estudo ao diálogo corrente mais amplo na literatura sobre um tópico, preenchendo lacunas e ampliando estudos anteriores; e fornece uma estrutura para estabelecer a importância do estudo e um indicador para comparar os resultados de um estudo com outros resultados.

Como citado anteriormente, o estudo de caso brasileiro da implantação da política pública de GD e sua relação com o paradigma tecnológico tradicional das grandes usinas centralizadas será feito por meio da análise documental. Segundo Godoy (1995), a pesquisa documental pode ser caracterizada como o exame de materiais de natureza diversa, que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser reexaminados, buscando-se novas e/ou interpretações complementares.

Uma das vantagens da pesquisa documental é a importância dos documentos como fonte de dados e informações, ao permitirem o estudo de pessoas às quais não temos acesso físico e por ser uma fonte não-reativa, onde as informações neles contidas permanecem as mesmas após longos períodos de tempo (GODOY, 1995). Nesse contexto, o autor ressalta a importância de três aspectos na pesquisa documental: a escolha dos documentos, o acesso a eles e a sua análise. Por isso, foram coletados documentos ligados à dados sobre mudanças climáticas no Brasil e no mundo, bem como informações documentais da questão tarifária do setor elétrico, dados da matriz elétrica brasileira, resoluções, leis e números da geração distribuída e seu avanço no país nos últimos anos.

Os dados da ANEEL, EPE, ONS, ABGD, ABSOLAR, SEEG e demais órgãos brasileiros foram fundamentais para a análise, utilizando o arcabouço teórico da inovação neoschumpeteriana, o que mostra a importância da historicidade para a adoção e mudança do paradigma tecnológico do setor elétrico brasileiro. Dessa forma, o estudo segue a visão de Alves-Mazzotti (2006), pois dialoga com o contexto do problema e a sua historicidade.

Apesar das limitações do estudo e deste ser de âmbito local, com enfoque sobre os paradigmas tecnológicos da geração de energia elétrica brasileira, os resultados da pesquisa podem ter algumas implicações para outros países, sobretudo aqueles localizados na América Latina, que possuem diversas semelhanças na formulação de políticas públicas, o que corrobora a visão de Alves- Mazzotti (2006) e Günther (2006), pois o conhecimento científico de um estudo de caso deve ter regras para permitir uma eventual generalização que contribua para o avanço do conhecimento em outros contextos.

Segundo Castillo e Vásquez (2003) e Hesse-Biber e Leavy (2006), a vantagem dos resultados de um estudo qualitativo como o feito neste trabalho é que a interpretação dos resultados está aberta à discussão e refutação por outros acadêmicos e pela comunidade na qual a pesquisa foi realizada. Segundo Retamal, Rojas e Parra (2011), a pesquisa qualitativa deve ter um rigor metodológico alto, assim como é exigido na pesquisa quantitativa.

Como citado anteriormente, o próximo capítulo irá abordar o referencial teórico da tese, com a conceituação do tema de inovação e a cronologia do tema até os neo-schumpeterianos. Dentro da teoria neo-schumpeteriana ou evolucionária, a inovação é fundamental para o desenvolvimento econômico e sucesso das firmas, que estão inseridas em um paradigma tecno-econômico. O paradigma tecno-econômico engloba as trajetórias e os paradigmas tecnológicos, os quais envolvem empresas, instituições, mercados e tecnologias. Desse modo, o capítulo 2 irá abordar um ponto fundamental para a tese, que irá analisar se o paradigma tecnológico alternativo do sistema de micro e minigeração distribuída é capaz de reduzir a dependência do carbono e os impactos ambientais do paradigma tecnológico tradicional da geração centralizada, majoritariamente composta por grandes hidrelétricas com reservatórios localizadas longe dos centros consumidores e termelétricas a gás natural.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo tem como finalidade conceituar o tema de paradigma tecno-econômico, que engloba as trajetórias e os paradigmas tecnológicos, os quais envolvem empresas, instituições, mercados e tecnologias. Esse tema é fundamental para a tese, pois dentro do paradigma atual de tecnologias de informação, iremos analisar se o paradigma alternativo do sistema de micro e minigeração distribuída está reduzindo as questões ambientais e as emissões de GEEs em relação ao paradigma tradicional da geração centralizada, majoritariamente composta por grandes hidrelétricas e termelétricas a gás.

Inicialmente, há a conceituação do tema de inovação e a evolução histórica do seu estudo econômico, desde os neoclássicos até os neo-schumpeterianos, passando pela importante contribuição de Schumpeter. Os neo-schumpeterianos ou evolucionários vão além de Schumpeter, ao pesquisar a identificação dos principais fatores de estímulo aos processos de inovação e difusão e os seus efeitos na indústria, com foco no processo de inovação da firma. Além disso, há a utilização em larga escala de analogias biológicas para a compreensão do caráter evolutivo do desenvolvimento capitalista e sobretudo do processo de mudança tecnológica (CORAZZA; FRACALANZA, 2004).

### 2.1 INOVAÇÃO: CONCEITUAÇÃO E AS DIFERENTES ABORDAGENS DO TEMA

A conceituação do termo inovação é fundamental para a realização de um estudo que tenha contribuições sobre o tema. A inovação, segundo Lopes e Barbosa (2008), pode ser entendida sob os seguintes pontos de vista: da estratégia, de padrões, do processo de gestão da inovação da inovação e dos seus tipos.

Na perspectiva de estratégia, a inovação está relacionada à conquista de vantagens competitivas sustentáveis e à aprendizagem organizacional, surgindo como um elemento fundamental da ação e diferenciação das empresas (PORTER, 1998). Outra abordagem é em relação ao padrão ou grau de novidade, que está relacionada ao grau de impacto na empresa, nos produtos ou nos mercados- alvo. Segundo Freeman e Perez (1998), estas podem ser: inovação incremental, inovação radical, novos sistemas tecnológicos e mudanças de paradigmas tecno-econômicos.

Em relação à visão da inovação como um processo, ele é aquele que envolve a criação, o desenvolvimento, o uso e a difusão de um novo produto ou ideia (UTTERBACK, 1983). Na mesma linha, Tidd et al. (2005) sugerem que o processo de inovação contempla: identificação

das necessidades dos consumidores; formulação de estratégia de referência para a inovação; desenvolvimento ou aquisição de soluções; prototipação; testes; produção e disponibilização de produtos e serviços novos ou melhorados.

Desse modo, as definições do termo inovação a tratam como um processo gerenciável, que envolve desde as pesquisas básica e/ou aplicada até a comercialização no mercado de bens e serviços ou implantação na organização. Assim, o processo de inovação não compreende somente as atividades criativas e inventivas ou de descoberta de novas tecnologias, mas também as atividades de gestão, de difusão e adoção das novidades (LOPES; BARBOSA, 2008).

Em relação aos tipos de inovação os autores enfocam inovações em produtos e serviços, processos e operações, marketing, estratégia, inovação organizacional e inovação gerencial (OCDE, 2005; BIRKINSHAW; MOL, 2006).

A Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) criou o Manual Oslo em 1992, um guia de coleta de dados em inovação tecnológica. Para a OCDE, a inovação é um processo contínuo que envolve melhoria de produtividade e/ou desempenho comercial de uma empresa, e existem quatro tipos de inovação: inovações de produto, inovações de processo, inovações organizacionais e inovações de marketing (OCDE, 2005). A inovação no produto consiste em uma alteração profunda nas potencialidades de produtos ou serviços, enquanto a inovação no processo seria uma mudança significativa nos métodos de produção e distribuição. A inovação organizacional está relacionada à implementação de novos métodos organizacionais, como alterações na organização do local de trabalho, de práticas de negócios ou nas relações externas da empresa. Por fim, a inovação de marketing envolve alterações no design do produto e na embalagem, na promoção do produto e na maneira como é feita, bem como a formação dos preços dos bens e serviços (OCDE, 2005).

## 2.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO ESTUDO DE INOVAÇÃO NA ECONOMIA

A economia começou a estudar a tecnologia desde o período dos economistas clássicos, sendo abordada por Adam Smith em seu livro *A riqueza das nações*, publicado em 1776. No texto, Smith dá o exemplo da fábrica de alfinetes, apresentando como a divisão social e a especialização afetaram a produtividade do trabalho. O autor estudou o fenômeno tecnológico no âmbito da fábrica e do trabalhador, responsável pela criação e uso de máquinas, no contexto da Revolução Industrial na Inglaterra (TAVEIRA, 2018). Marx também examinou a importância do progresso tecnológico, mas por um viés de instituições sociais, ao contrário da visão clássica de Smith, focada no indivíduo ou invenção (TORRES, 2012).

Posteriormente, a tecnologia em economia foi para o lado matemático, por meio da função de produção, que significa uma combinação de fatores de produção que produzem uma certa quantidade de produto em determinado período de tempo (METCALFE, 2009). No entanto, esta função não explica os fenômenos que caracterizam o crescimento e o desenvolvimento econômico, além de ter pouca aplicabilidade para o estudo da dinâmica da inovação (HIGACHI, 2006).

No século XIX, Georg Friedrich List foi o primeiro pesquisador a introduzir o conceito de investimento intangível, no qual a situação de um país é resultado da soma de todas as descobertas, invenções, melhorias, aperfeiçoamentos e esforços de todas as gerações antecedentes (FREEMAN; SOETE, 1997). No entanto, a inovação como papel central para o desenvolvimento econômico foi introduzida somente com Joseph Schumpeter em seu livro Teoria do Desenvolvimento Econômico (1982), tendo sido publicado originalmente em 1911 (TAVEIRA, 2018).

Schumpeter deu destaque à inovação tecnológica na primeira metade do século XX, com enfoque nos efeitos das inovações de processo e produto, e analisando o papel da empresa e dos empreendedores. Para o autor, a inovação consiste na aplicação industrial ou comercial de algo novo (produtos, métodos de produção, mercados, fontes de matérias-primas e/ou estruturas organizacionais) (SCHUMPETER, 1939). Em geral, estas vêm acompanhadas pelo aumento da produtividade do capital e do trabalho, pois os empresários inovadores trazem produtos com vantagens competitivas em relação aos seus concorrentes.

Até a década de 1960, a inovação ocorria em estágios sucessivos e independentes de pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, produção e difusão, sendo o empreendedor fundamental nesse processo (FALCÃO, 2020). Essa abordagem ficou sendo conhecida como a visão linear da inovação, sendo a discussão polarizada em torno de autores que atribuíam maior importância ao avanço do desenvolvimento científico (*science push*) e os que destacavam a relevância das pressões da demanda por novas tecnologias (*demand pull*) (CASSIOLATO; LASTRES, 2005).

Nas décadas posteriores, os autores neo-schumpeterianos buscaram avançar com estudos sobre o processo de inovação e suas principais consequências, em um contexto de um mundo socioeconômico em constante mudança, marcado por incerteza, por agentes diferenciados, por organizações complexas e limitadas em suas capacidades (NELSON; WINTER, 1982; FREEMAN, 1987).

A teoria neo-schumpeteriana buscou aprimorar as ideias de Schumpeter e esses autores difundiram amplamente o emprego de analogias biológicas para explicar o caráter evolutivo do

desenvolvimento capitalista e, sobretudo do processo de mudança tecnológica, sendo por isso também conhecidos como evolucionários (LOPES, 2016). Nessa teoria, as inovações atravessam mudanças ao longo do ciclo de vida, e há um processo constante de *feedback* da atividade inovadora (LA ROVERE, 2006).

### 2.3 INOVAÇÃO NAS BASES DE SCHUMPETER

Joseph Schumpeter foi um dos mais importantes economistas do início do século XX. O austríaco é conhecido por descrever que inovações são fundamentais para a alteração do estado de equilíbrio da economia. Segundo Haberler (1950), Schumpeter escreveu no prefácio da edição japonesa da Teoria do Desenvolvimento Econômico que a técnica walrasiana não somente é estática em caráter, mas que também é somente aplicável ao processo estacionário. Quando Léon Walras lhe disse que a vida econômica é passiva e se adapta às influências naturais e sociais, Schumpeter escreveu nesse mesmo prefácio:

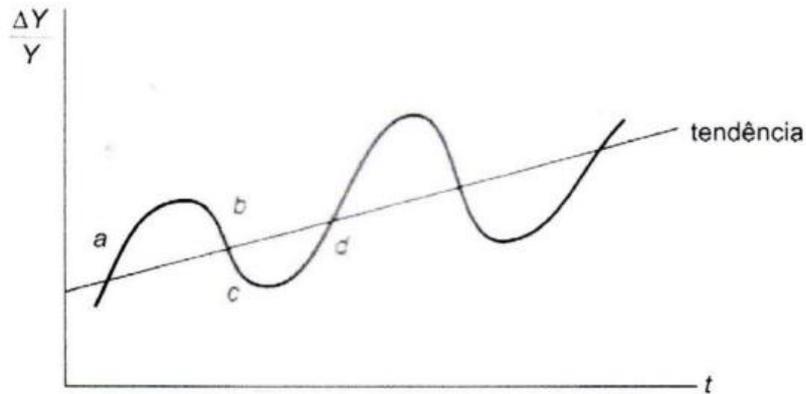
“Eu tenho uma opinião definitiva de que isto era errado, e de que havia uma fonte de energia dentro do sistema econômico que por si só irromperia... o equilíbrio. Se assim é, então deve haver somente uma teoria econômica de mudança econômica que não depende meramente de fatores externos... É tal teoria que eu tenho tentado construir e eu acredito... que ela contribui com algo para o entendimento... do mundo capitalista e explica vários fenômenos... de maneira mais satisfatória que... os aparatos walrasiano e marshalliano” (SCHUMPETER, 1950, apud HABERLER, 1950).

De acordo com Schumpeter, somente com a inovação haveria o desenvolvimento econômico, rompendo o equilíbrio alcançado pelo fluxo circular. Esse desenvolvimento não é um crescimento linear, como o de uma árvore, pois representa altos e baixos, como ciclos. No último capítulo da Teoria do Desenvolvimento Econômico, Schumpeter aborda esse tema:

“(...) as combinações novas não são, como se poderia esperar segundo os princípios gerais de probabilidade, distribuídas uniformemente através do tempo – de tal modo que intervalos de tempo iguais pudessem ser escolhidos, a cada um dos quais caberia a realização de uma combinação nova – mas aparecem, se é que o fazem, descontinuamente, em grupos ou bandos” (SCHUMPETER, 1982, p. 211)

Desse modo, Schumpeter deu contribuição decisiva para o tema dos ciclos de inovação, inicialmente investigado pelo economista russo Kondratiev, ao dizer que cada onda longa sucessiva está associada a um aumento repentino de investimento, impulsionando um novo grupo de inovações (SCHUMPETER, 1939). A Figura 1 ilustra o funcionamento dos ciclos econômicos.

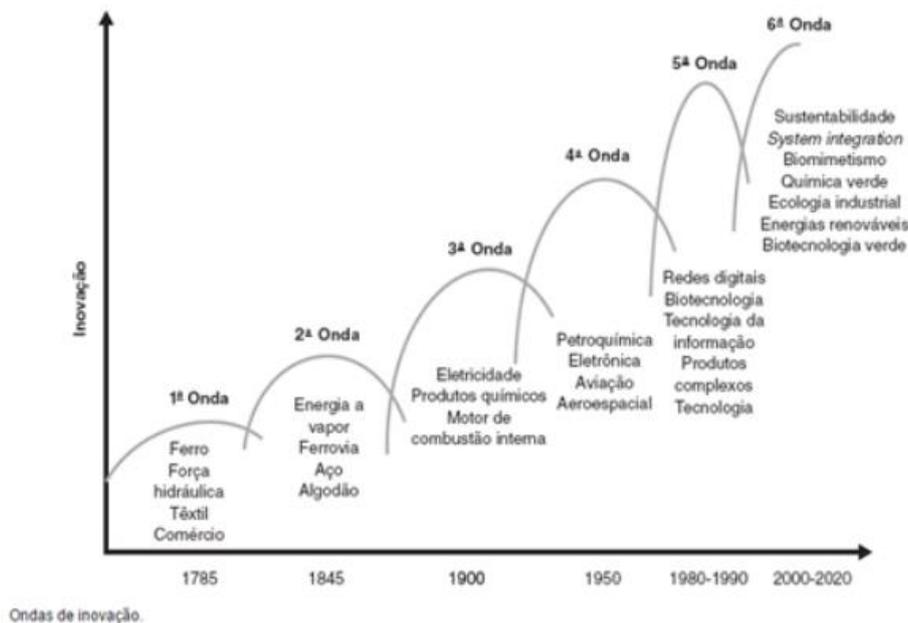
**Figura 1 – Ciclos econômicos**



Fonte: TAVEIRA (2018).

Assim, os principais impulsionadores do crescimento são as inovações radicais que surgem endogenamente do sistema econômico pela ação empreendedora e levam à destruição criativa. As novas tecnologias surgem como ondas, de forma aleatória e acompanhada do aumento da produtividade do trabalho (VIA UFSC, 2021). A Figura 2 apresenta as ondas identificadas desde o século XVIII:

**Figura 2 – Ondas de inovação**



Fonte: DI SERIO e SILVA (2016)

Segundo Evans (1969), existem quatro fases desse ciclo, tratado na teoria schumpeteriana como ciclo de negócios:

a) boom, quando o produto cresce acima da linha de tendência de longo prazo;

- b) recessão, quando o nível de atividade cai;
- c) depressão, quando o produto cai abaixo da linha de tendência de longo prazo;
- d) recuperação, quando a economia entra novamente na fase de crescimento.

A inovação schumpeteriana é o elemento chave do crescimento econômico, no qual a Economia sai de um estado de equilíbrio inicial para um estágio expandido de crescimento (SCHUMPETER, 1982). As empresas e as inovações evoluem ao longo do tempo, por meio da ação de busca e de seleção, o que determina a dinâmica do sistema para determinada direção e intensidade (AMARAL, 2012).

Para o autor, o capitalismo é um processo evolucionário, pois a ação econômica está sempre alterando, conforme a constante mutação do ambiente social (SCHUMPETER, 1942). Segundo Schumpeter, o motor do capitalismo são os novos bens de consumo, novos métodos de produção ou de transporte, novos mercados e novas formas de organização industrial. Esses novos produtos e processos consistem em inovações, que são a base do crescimento econômico sustentado de longo prazo, e por isso a abordagem schumpeteriana foca na inovação das empresas como a principal alavanca de desenvolvimento do sistema capitalista (LIMA, 2018).

Desse modo, a inovação é o fator que promove a concorrência entre as empresas, sendo o crescimento através do processo inovativo contínuo, por meio da destruição criativa. Nesse processo, as empresas inovadoras são capazes de identificar produtos com vantagens comparativas em relação aos seus concorrentes defasados tecnologicamente, isto é, a economia de mercado permite a competição interfirmas no qual há a criação de novos produtos ou serviços que tornam obsoletos os seus competidores. Desse modo, quanto maior a concorrência entre as empresas, melhor tende a ser o seu desenvolvimento econômico, embora a concorrência atue dentro de uma dependência espacial (FRAGA, 2022).

A inovação schumpeteriana consiste na combinação de uma série de conhecimentos, capacidades, habilidades e recursos pelas empresas, para transformar uma invenção em inovação, sendo novos arranjos de recursos existentes (SCHUMPETER, 1939). Desse modo, as empresas precisam buscar novas fontes de conhecimento e de tecnologia para desenvolverem continuamente produtos e serviços, sendo a estratégia de inovação fundamental para o sucesso das firmas, que estão inseridas em um determinado paradigma técnico-econômico (LIMA, 2018). Segundo Fagerberg (2004), Schumpeter foca em três características principais no processo inovador:

- a incerteza inerente aos projetos inovadores;

- a necessidade de estar à frente da concorrência para obter benefícios econômicos;
- a resistência às novas formas, em todos os níveis da sociedade, que ameaçavam destruir iniciativas novas e que forçavam os empreendedores a lutar para ter sucesso em seus projetos.

Além disso, Schumpeter descreve três condições a serem cumpridas para ocorrer a inovação (UFSC, 2019):

- Em determinado período temporal, deverão existir possibilidades mais distintas ou vantajosas do ponto de vista econômico do privado. Seja na indústria como um todo ou em algum de seus segmentos.
- Que exista acesso limitado a essas possibilidades. Essas limitações podem estar associadas a qualificações pessoais necessárias ou fatores externos.
- A situação econômica deve permitir cálculo de custos e planejamento confiável. Assim, a situação apresentada deverá demonstrar uma situação de equilíbrio econômico.

Schumpeter (1982) dividiu o processo de inovação em três fases: invenção (a ideia potencialmente aberta para a exploração comercial), a inovação (exploração comercial) e difusão (propagação de novos produtos e processos pelo mercado). O empreendedor na visão de Schumpeter é o agente da inovação e da destruição criativa, independente do porte da empresa em que atua, responsável por novos produtos para o mercado, por meio de combinações mais eficientes dos fatores de produção. Desse modo, segundo Schumpeter (1939), as combinações inovadoras se configurariam nos seguintes casos:

- a) introdução de um bem novo (aqui entende-se “novo” como sinônimo de “diferente”) ou de nova qualidade;
- b) introdução de um novo método de produção e distribuição (e não necessariamente são pautados em descobertas cientificamente novas);
- c) abertura de um novo mercado;
- d) conquista de nova fonte de matérias-primas ou bens semimanufaturados (independente da sua pré-existência);
- e) estabelecimento de novas formas de organização, seja pela criação de uma posição de monopólio, seja pela destruição dessa posição.

Schumpeter (1982) fez uma associação entre a intensidade de inovação ao tamanho das empresas, ou seja, a maior intensidade está associada às grandes empresas. Segundo Santos,

Fazion e Meroe (2011), estudos posteriores chegaram à conclusão, que a inovação tem uma relação positiva com o tamanho da empresa: a inovação cresce mais que proporcionalmente ao tamanho da empresa e cresce também com a concentração de mercado. Desse modo, pode-se afirmar que as grandes empresas possuem recursos próprios para financiarem suas atividades em P&D, empresas maiores e diversificadas podem explorar melhor os resultados incertos de P&D.

Na teoria schumpeteriana, o consumidor tem um papel passivo em relação às inovações, não sendo as suas necessidades que vão ditar esse processo, mas sim o empresário. Segundo Schumpeter (1982), o empresário terá que suprir sempre as necessidades dos consumidores, que é o fim da produção, procurando se adaptar para suprir eventuais mudanças na preferência dos clientes, conforme citado na passagem abaixo.

“(…) as inovações no sistema econômico não aparecem, via de regra, de tal maneira que primeiramente as novas necessidades surgem espontaneamente nos consumidores e então o aparato produtivo se modifica sob sua pressão. Não negamos a presença desse nexos. Entretanto, é o produtor que, geralmente, inicia a mudança econômica, e os consumidores são educados por ele, se necessário; são, por assim dizer, ensinados a querer coisas novas, ou coisas que diferem em um aspecto ou outro daquelas que tinham o hábito de usar” (SCHUMPETER, 1982, p. 76).

Outro ponto abordado por Schumpeter (1982) é que a poupança e a oferta nacional de meios produtivos são importantes à explicação do curso da história econômica, porém o desenvolvimento repousa na combinação de recursos de maneira diferente, conforme passagem abaixo:

“Métodos diferentes de emprego, e não a poupança e os aumentos na quantidade disponível de mão-de-obra, mudaram a face do mundo econômico nos últimos cinquenta anos. De modo especial o crescimento da população, como também das fontes a partir das quais se pode poupar, tornou-se possível em grande parte pelo emprego diferente dos meios então existentes” (SCHUMPETER, 1982, p. 78)

O investimento em inovações não deve vir dos lucros oriundos da produção anterior, mas sim do crédito, fornecido por indivíduos citados como capitalistas, segundo Schumpeter (1982). Desse modo, a estratégia inovativa passa a ser fundamental para o êxito das empresas, estando elas inseridas em um paradigma tecno-econômico, sendo o desenvolvimento econômico um processo qualitativo, movido por inovação (SCHUMPETER, 1939).

Segundo Santos, Fazion e Meroe (2011), é possível concluir através da análise schumpeteriana que as empresas buscam a inovação tecnológica para aumentar seus lucros. Isso ocorre mesmo no caso de uma inovação em processo produtivo, pois esta proporciona uma vantagem competitiva em relação aos seus concorrentes, ampliando assim a possibilidade de

aufferir maior lucro. Na visão de Schumpeter, a concorrência envolve a procura por lucros de monopólio (mesmo que efêmeros) através da busca por diferenciação pelos agentes (TAVEIRA, 2018).

#### 2.4 OS NEO-SCHUMPETERIANOS E SUA CONTRIBUIÇÃO À OBRA DE SCHUMPETER

Na década de 1970, surgiu um grupo de pesquisadores voltados à inovação, crescimento e emprego e cujos autores ficaram conhecidos por neo-schumpeterianos. Esses autores foram responsáveis pela continuidade dos trabalhos de Schumpeter, no que diz respeito à sua análise, crítica e complementação (HADDAD, 2010). Esses autores são chamados de neo-schumpeterianos pois resgatam o pensamento de Schumpeter ao focar a inovação como fenômeno fundamental do desenvolvimento. É possível dizer que, enquanto as análises neoclássicas se desenvolveram emprestando conceitos à Mecânica Newtoniana, a visão neo-schumpeteriana foi significativamente influenciada pela teoria da evolução, das Ciências Biológicas (BOULDING, 1981).

Em artigo famoso de Dosi (1988), a tecnologia é definida como um complexo de conhecimentos práticos e teóricos, englobando – além de equipamentos físicos – não apenas know-how, métodos e procedimentos, mas também experiências (bem ou malsucedidas). Nessa perspectiva, o autor diz que a tecnologia inclui a percepção de um conjunto limitado de alternativas tecnológicas possíveis e de desenvolvimentos nocionais futuros (DOSI, 1982).

Para a teoria neo-schumpeteriana, a inovação não é bem definida e homogênea, sendo que os aprimoramentos após uma invenção, após sua introdução ao público-alvo, são mais importantes do que a invenção original (KLINE; ROSENBERG, 1986). Além disso, algumas inovações não são resultado de avanços científicos, mas sim consequência de necessidades das empresas, ocorrendo por meio da combinação e revisão do conhecimento existente (LIMA, 2018). Logo, muitas vezes a experiência pode ser muitas vezes mais importante para o desenvolvimento de inovações que a ciência (LUNDVALL, 1988).

As firmas são o organismo em evolução, pois suas rotinas e conhecimento acumulado resultam dos mecanismos de seleção e adaptação que se processam ao longo do tempo. Desse modo, a analogia com a teoria evolucionista biológica serve exatamente para explicar o desenvolvimento e prosperidade das inovações e a consolidação das rotinas mais eficazes, visto que firmas com mais condições de mercado possuem maior capacidade de sobrevivência e de participação de mercado, o chamado market share (LOPES, 2016).

Possas (2008) ilustra essa analogia biológica por meio da sua relação com a economia. com a economia. Os organismos individuais (fenótipos) correspondem, na análise econômica, às firmas com características específicas que definem as condições de sobrevivência a ambientes hostis. As populações são os mercados ou indústrias e trata-se do locus onde acontece o processo de seleção das empresas mais competitivas, que crescem e se apoderam de maior parte do mercado. Os genes ou genótipos são as rotinas, elementos relativamente estáveis ao longo do tempo e que permitem definir as características das empresas. O processo de mutação representa-se pela inovação, que gera novas rotinas com vistas a solucionar os problemas que prejudicam o desempenho das empresas. Enfim, a aptidão corresponde à lucratividade, como resultado do processo de inovação e das rotinas mais eficientes (LOPES, 2016).

A teoria evolucionária trouxe a importância das inovações incrementais, em detrimento das radicais defendidas por Schumpeter (FURTADO, 2006). De acordo com esses autores, o efeito combinado de um grande número de melhoramentos no interior de um sistema tecnológico é muito importante, pois há mecanismos de pressão que contribuem para gerar incentivos indutivos de caráter dinâmico e recursivo, os quais possibilitam a indução de inovação por meio de busca de empresas (ROSENBERG, 1982; DOSI, 1982).

Assim, a dinâmica de desenvolvimento tecnológico constitui uma relação entre as rotinas da empresa e a escolha de novas inovações pelo mercado, esse ambiente de seleção induz os comportamentos das empresas em suas estratégias de busca e, portanto, também induz a dinâmica do sistema (AMARAL, 2012). Segundo Lima (2018), é possível afirmar que a partir da busca deliberada dos agentes de um sistema que surgem novas tecnologias e soluções para aumentar a eficiência e a produtividade dos sistemas tecnológicos.

Desse modo, a inovação passou a ser vista não como um ato isolado e linear por parte de uma empresa ou organização individual, mas sim como um processo sistêmico, interativo, dependente da trajetória, cumulativo, contextualizado e conformado institucionalmente (FALCÃO, 2020). Essa abordagem ficou conhecida como Sistemas de Inovação e começou a ser desenvolvida nos anos 1980 com os estudos pioneiros de Christopher Freeman (1982, 1987, 1995), Lundvall (1988, 1992) e de Richard Nelson (1993).

Esses autores afirmavam que a perspectiva moderna de sistemas de inovação incorporou diversos estudos anteriores de economistas sobre tecnologia e inovação, desde as ideias de Friedrich List (1841) sobre a necessidade de um Estado ativo para a construção de ‘sistemas nacionais de produção’; as primeiras ideias de Smith (1776) em torno dos modos mais ou menos formalizados de produção de conhecimento; passando por Karl Marx que destacava a importância do processo tecnológico para a dinâmica do sistema econômico; a relevância que

Marshall (1919) atribuiu ao contexto institucional como condicionamento positivo ou negativo do desenvolvimento produtivo e o seu foco na inovação incremental e nas competências gerenciais, até Joseph Schumpeter (LUNDVALL, 2007).

Conceitualmente, o Sistema Nacional de Inovação pode ser caracterizado como uma rede de organizações (e/ou instituições) que atuam como propulsoras, difusoras ou autoras de inovações em determinada região, setor, local ou país (LUNDVALL; JOHNSON, 1994; FREEMAN; SOETE, 1997; CASSIOLATO; LASTRES, 2005). O desenvolvimento do Sistema Nacional de Inovação parte de aspectos microeconômicos, diante de uma perspectiva endógena, à medida que ocorre o compartilhamento das ações e das relações dos agentes participantes do sistema, as ações partem do micro até atingir o nível macroeconômico (HODGSON, 1997). Com isso, envolve a compreensão de políticas e aspectos que afetam políticas locais e regionais, vindo a nível Nacional (LEVINO; ARAUJO; AMORIM, 2022).

A abordagem de sistemas de inovação surgiu como estrutura analítica alternativa à economia neoclássica quando se trata de explicar a competitividade, o crescimento econômico e o desenvolvimento. Isso se explica porque a economia neoclássica está preocupada em especificar a estrutura institucional que resulta em uma alocação ótima dos recursos existentes, enquanto a abordagem de sistema de inovação está preocupada com a forma como diferentes configurações institucionais afetam a criação de novos recursos. Os neoclássicos analisam como os agentes fazem escolhas com base em determinados conjuntos de informações e competências, já os neo-schumpeterianos estão interessados em como o conhecimento - incluindo informações sobre o mundo e o know-how dos agentes - muda no processo econômico (LUNDVALL, 2007).

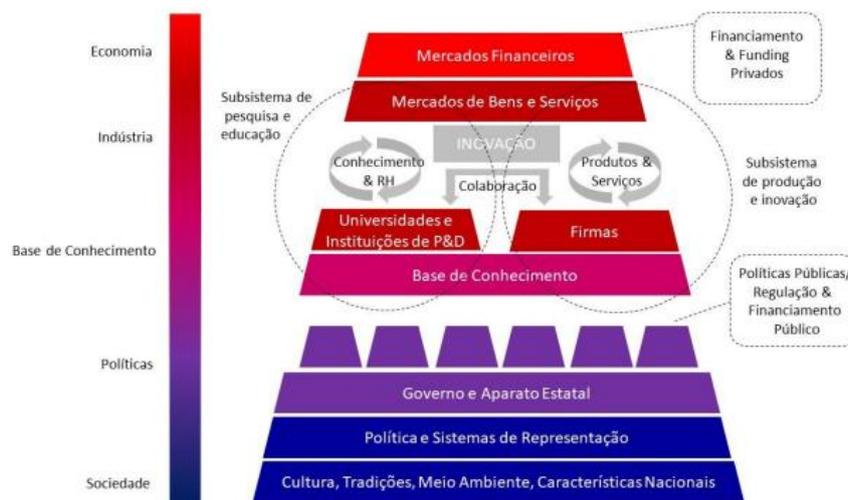
Nessa perspectiva, é possível observar o avanço da abordagem de sistema de inovação em relação ao entendimento do processo de inovação, uma vez que os processos de inovação são marcados por mecanismo de *feedback* e relações de interação envolvendo ciência, tecnologia, aprendizado, produção, políticas e demanda (LUNDVALL, 2007). A visão linear de inovação enxergava o sistema de P&D como fonte essencial de inovação, sendo a inovação descrita como resultado de sucessivos encadeamentos sequenciais: pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento de produto e comercialização. Já a abordagem sistêmica, introduzida pelo modelo de Kline e Rosenberg (1986), por sua vez, desta o papel dos demais relacionamentos interativos no nível da empresa com os demais atores que participam do processo de inovação.

Isso ocorre porque a procura por inovação envolve muita incerteza e complexidade, e por isso, raramente as empresas conseguem inovar sozinhas (FALCÃO, 2020). Apesar de ser o

ator principal do processo, elas acabam interagindo entre si ou com outros atores, tais como laboratórios públicos e privados de P&D, universidades, centros de pesquisa, agências governamentais, instituições financeiras, para adquirir e desenvolver novos conhecimentos, informações e outros recursos (SZAPIRO, MATOS e CASSIOLATO, 2017). Desta forma, o aprendizado e desempenho inovativo é oriundo não apenas do desempenho de empresas ou das organizações de ensino e de pesquisa de forma isolada, mas também da interação entre elas e também com outros atores, e como as instituições (incluindo também as políticas) afetam o desenvolvimento dos sistemas (CASSIOLATO; LASTRES,2005).

A Figura 3 apresenta uma visão ampla de um sistema nacional de inovação genérico, em que é possível observar as dinâmicas entre seus subsistemas e as relações estabelecidas com alicerces sociais, de política, de base de conhecimento, industriais e econômicos.

**Figura 3 – Representação de um Sistema Nacional de Inovação genérico**



Fonte: MAZZUCATO e PENNA (2016).

É importante observar, segundo Freeman (1987), que nenhum fator isolado é capaz de explicar o sucesso de inovação de determinados países, mas sim este é oriundo de uma combinação única de mudanças de cunho social, econômico e técnico dentro de um espaço econômico nacional. Freeman e Soete (1997) citam como exemplos o aprendizado interativo entre novas empresas, usando novos materiais e outros insumos, bem como nova maquinaria; a remoção de antigas restrições ao comércio e à indústria; a expansão de novos mercados e sistema de comércio varejista e atacadista; uma nova infraestrutura de transportes; um ambiente cultural favorável a novas teorias científicas e a novas invenções. Desse modo, o papel do Estado não é restrito apenas a promoção de uma infraestrutura tecnológica adequada, tendo

também um papel ativo na coordenação e execução de políticas de longo prazo para o desenvolvimento da indústria e da economia como um todo (FALCÃO, 2020).

O autor definiu os Sistemas Nacionais de Inovação como uma rede de instituições dos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias (FREEMAN, 1987). Segundo Edquist (2005), a criação, abolição e/ou a mudança de instituições são atividades cruciais para a manutenção do dinamismo dos sistemas de inovação. Instituições importantes em sistemas de inovação são, por exemplo, as leis de propriedade intelectual, normas técnicas, leis tributárias, regulamentações de concorrência, rotinas de investimento em P&D, regras e normas específicas da empresa, entre outras. Tais instituições influenciam organizações inovadoras e seus processos de inovação, oferecendo incentivos ou obstáculos para organizações e indivíduos inovarem (EDQUIST, 2005).

Segundo Falcão (2020), a principal contribuição da discussão de sistema de inovação foi permitir o entendimento da inovação como um processo sistêmico e interativo, ou seja, resultado de um conjunto complexo de relacionamentos entre os atores de um sistema.

## 2.5 TECNOLOGIAS FÍSICAS E SOCIAIS

Há um interesse desde o final do século XX no interesse em como as instituições moldam o desempenho econômico. O conjunto de escritos sobre organização e governança de empresas é agora vasto e se preocupa com uma variedade de tópicos, desde o que determina os limites das empresas, até o que explica o padrão de propriedade de uma empresa (isto é, quem trabalha para quem), até o que é interno, problemas de agência e sua gestão, à cultura corporativa (KREPS, 1990). Muitos economistas escreveram sobre as instituições do mercado de trabalho prevaletentes de uma forma que sugere que têm em mente as estruturas governamentais, talvez incluindo, mas transcendendo, as regras do jogo, que definem como funcionam os mercados de trabalho e a estrutura dos empregadores, bem como as relações entre empregados (NELSON e SAMPAT, 2001).

A interação de múltiplas áreas dentro e entre as atividades econômicas é algo muito comum na operação da maioria das atividades produtivas. Toda atividade envolve uma descrição da tecnologia física envolvida, mas também tecnologias sociais, que são semelhantes em alguns aspectos às físicas, mas que envolvem interação humana de forma padronizada ao invés de engenharia física. Ou seja, as tecnologias sociais são como as pessoas com conhecimento agem e interagem, onde a coordenação eficaz da interação é a chave para a

realização (NELSON e SAMPAT, 2001). De acordo com a linguagem proposta pelos autores, nem todas as tecnologias sociais são instituições, mas apenas aquelas que se tornaram algo padrão e esperado, dados os objetivos e o cenário, onde a coordenação eficaz da interação é a chave para a realização.

As tecnologias sociais geralmente aceitas, as instituições, podem ser altamente ineficientes em relação a outras formas de organização de transações, caso elas sejam implementadas de maneira eficaz (NORTH, 1990). Ou seja, as instituições prevaletentes podem não funcionar bem com as novas tecnologias físicas, ou para lidar com novas condições de procura e escassez. Mas a inovação institucional, tal como a inovação nas tecnologias físicas, é arriscada (NELSON e SAMPAT, 2001).

As empresas ou formas organizações amplas podem ser pensadas como instituições, visto que induzem tecnologias sociais específicas que são consideradas apropriadas para organizar a atividade econômica. Nelson e Sampat (2001) deram o exemplo da produção em massa da Ford, que forneceu um modelo seguido por muitas empresas envolvidas na produção de produtos montados, e atualmente é o da Toyota, de produção mais enxuta, de acordo com a demanda do consumidor. Em ambos os casos, foi criada uma ampla teoria sobre a razão pelo qual esse modo de produção era eficiente e isso foi amplamente difundido, ou seja, que essas formas eram “instituições” ou “tecnologias sociais” geralmente disponíveis.

Assim como a implementação de novas tecnologias físicas pode exigir novas máquinas e novos insumos materiais, bem como novas instituições, a institucionalização destas novas tecnologias sociais pode exigir novas leis, novas formas organizacionais, novos conjuntos de expectativas. O aumento significativo da produtividade requer a introdução de novas rotinas, que em geral envolverão novas tecnologias físicas, que exigirão frequentemente novas tecnologias sociais para serem utilizadas de forma produtiva (NELSON e SAMPAT, 2001).

Nelson e Sampat (2001) acreditam que a concepção de instituições como tecnologias sociais é coerente, suficientemente ampla para ser útil na análise do crescimento econômico e que pode se ajustar a outros aspectos dos entendimentos sobre o crescimento econômico por estudiosos empíricos do assunto. Segundo os autores, a mudança institucional é, em grande medida, induzida por outras mudanças na forma como as atividades econômicas prosseguem.

A mudança institucional é, em grande medida, induzida por outras mudanças na forma como as atividades econômicas prosseguem, assim como em relação à mudança nos preços e no padrão de oferta e demanda em geral. Ao se concentrar em mudanças nas tecnologias físicas utilizadas, ou que estão disponíveis e são consideradas promissoras, caso as tecnologias sociais possam ser ajustadas para as explorar de forma eficaz, não se pode esquecer que as tecnologias

sociais anteriores influenciam fortemente a forma como as tecnologias evoluem. Assim, os autores pensam nas tecnologias físicas e sociais como coevolutivas (NELSON e SAMPAT, 2001).

## 2.6 PARADIGMAS TECNOLÓGICOS E TECNO-ECONÔMICOS

Segundo La Rovere (2006), na abordagem neo-schumpeteriana, o progresso técnico é um elemento que afeta o processo de crescimento econômico, na introdução de transformações nos sistemas socioeconômicos que alteram as estratégias produtivas das firmas. Essas transformações são oriundas tanto de aspectos internos, inerentes ao avanço específico do conhecimento tecnológico adotado, gerando trajetórias e paradigmas tecnológicos, como de aspectos externos, que configuram o entorno econômico, social e político do progresso técnico, com a formação de paradigmas tecno-econômicos de produção (LA ROVERE, 2006).

Dosi (1982) definiu o paradigma tecnológico como um ‘modelo’ e um ‘padrão’ de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado nos princípios derivados das ciências naturais e tecnologias materiais selecionadas. O paradigma tecnológico envolve escolhas (ou, em termos econômicos, trade-offs) e direções de mudança tecnológicas que devem ser seguidas ou negligenciadas (DOSI, 1982). A passagem abaixo de Dosi (1982) contextualiza o tema:

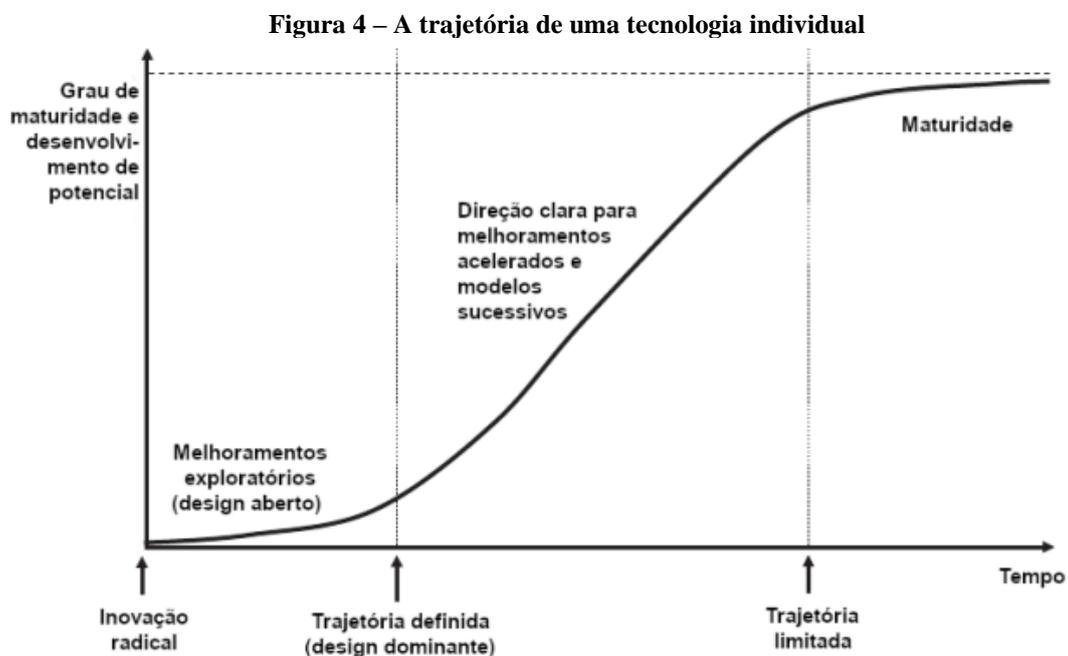
“Os paradigmas tecnológicos têm um poderoso “efeito de exclusão”: os esforços e a imaginação tecnológica dos engenheiros e das instituições em que eles se inserem estão focalizados em direções bastante precisas, estando eles – por assim dizer – “cegos” com respeito a outras alternativas tecnológicas” (DOSI, 1982, p. 153).

Desse modo, é possível dizer que uma característica importante de um paradigma tecnológico é que existe uma estrutura cognitiva que envolve a forma de interpretação do problema e os princípios empregados para sua solução a qual é partilhada por toda a comunidade tecnológica e pelos agentes econômicos e com base na qual procuram-se melhorias em eficiência de processo e desempenho de produto (CORAZZA; FRACALANZA, 2004).

Já a trajetória tecnológica é a direção tomada pelo desenvolvimento econômico vis-à-vis à decisão tomada pelas firmas em função da obtenção da taxa de lucro de cada tecnologia (NELSON; WINTER, 1977). Desse modo, o percurso das empresas nas trajetórias tecnológicas assume papel-chave tanto para a determinação da estrutura industrial como para o sucesso da empresa no mercado (LA ROVERE, 2006; PEREZ, 2010). La Rovere (2006) conclui que o conceito de paradigma tecnológico foi criado para que se possa compreender a geração de

inovações, ao passo de que a trajetória tecnológica foi desenvolvida para que se entenda a difusão das inovações.

Segundo Taveira (2018), os conceitos de paradigma tecnológico e trajetória tecnológica demonstram a importância das inovações incrementais que se seguem a cada inovação radical, sendo que inovações incrementais são aquelas que abrangem aperfeiçoamentos em produtos ou processos que já existem. Segundo La Rovere (2006), as inovações radicais introduzem novos produtos, processos ou formas de organização da produção. A Figura 4 apresenta a trajetória de uma tecnologia individual.



Fonte: PEREZ (2010).

O gráfico apresenta o tempo no eixo horizontal, apresentando a inovação radical num primeiro momento. Segundo Taveira (2018), porém, com melhoramentos exploratórios e um design aberto é definida uma trajetória e um design dominante. Com uma direção clara para melhoramentos acelerados e modelos sucessivos, a trajetória é restrita e enfim a inovação alcança sua maturidade. O eixo vertical, por sua vez, representa o grau de maturidade e desenvolvimento do potencial, que aumenta conforme o tempo passa e a trajetória da inovação é definida. Segundo Perez (2010), caso sejam suficientemente radicais, as inovações podem estimular indústrias inteiras.

A inovação e a difusão são, para a teoria evolucionária, fenômenos interligados, porque a difusão leva a outras inovações de caráter incremental (FURTADO, 2006). Desse modo, os neo-schumpeterianos estudam mais a questão da inovação incremental do que as

radicais, como Schumpeter fazia. Freeman e Perez (1988), em concordância com a ideia de ondas longas (que fora estudada por Joseph Schumpeter), propuseram tipos de inovação integrantes do processo de geração e difusão da tecnologia.

Segundo Furtado (2006), existem inovações incrementais, que acontecem regularmente e são melhoramentos de produtos e de processos anteriores; em segundo lugar, há inovações radicais, que são descontínuas e geram novos produtos ou novos processos; também há sistemas tecnológicos novos (ou constelações de inovações radicais e incrementais); e, por fim, mudanças de “paradigma tecno-econômico”, que são a força da destruição criadora e a essência da teoria de ciclos longos.

A revolução tecnológica está associada a uma série de inovações que são vinculadas a um fator-chave, que seria uma nova descoberta que revoluciona os métodos de produção. Assim, as novas tecnologias permitem o surgimento de novas indústrias, ou as antigas são redefinidas, mudando a infraestrutura para atender as novas demandas produtivas (FREEMAN; PEREZ, 1988). Uma revolução dá origem a um processo de multiplicação de inovações e sistemas tecnológicos, a montante e a jusante dos seus sistemas centrais, abrindo oportunidades lucrativas para a expansão e o crescimento (PEREZ, 2001). Segundo Perez (2001), essas transformações geram um novo paradigma produtivo, conhecido como paradigma tecno-econômico.

Segundo Freeman e Perez (1988), o conceito de paradigma tecno-econômico consiste no resultado de seleção de uma série de combinações viáveis de inovações técnicas, organizacionais e institucionais, que provocam transformações as quais se espraiam para toda a economia, exercendo influência fundamental no comportamento da própria economia. Os autores afirmam que cada paradigma tecno-econômico possui um conjunto específico de insumos, que podem ser os fatores-chave do paradigma e que possuem as seguintes características (FREEMAN; PEREZ, 1988):

- (i) acarretar mudanças significativas nos custos relativos, o que leva a uma mudança nas regras de decisão;
- (ii) oferta ilimitada dos insumos que o compõem; e
- (iii) insumos são usados em inovações de produto e de processos na totalidade das atividades econômicas.

Além disso, esses paradigmas possuem diversas tendências, entre as quais podemos destacar:

- (i) novas tendências de inovações radicais e incrementais;

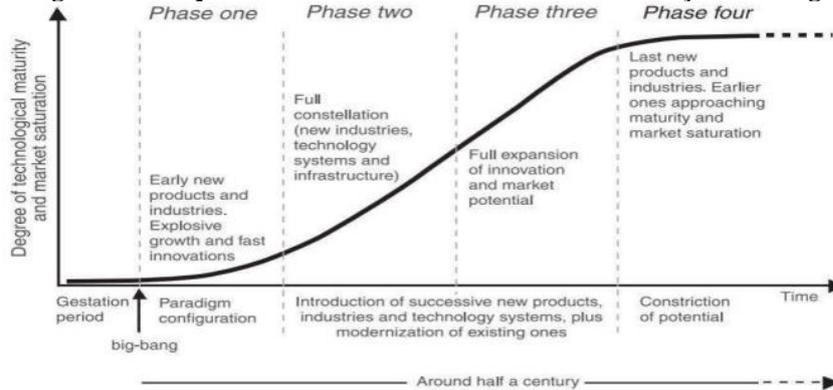
- (ii) entrada de novas empresas empreendedoras nos mercados, devido às novas oportunidades que surgem com a mudança de paradigma; e
- (iii) aumento da participação das grandes empresas, que pode ocorrer por crescimento ou diversificação.

Um novo paradigma tecno-econômico surge em um mundo ainda dominado pelo paradigma antigo e começa a apresentar sua vantagem comparativa em apenas um setor, ou em alguns deles (FREEMAN; PEREZ, 1988). As transformações proporcionadas pelas revoluções alcançam toda a economia e, com isso, as antigas indústrias revitalizadas passam a se comportar como as novas em termos de dinamismo, produtividade e lucratividade, através da abertura de oportunidades de inovação e da provisão de novas tecnologias, infraestruturas e princípios organizacionais (PEREZ, 2010).

Para Abramovitz (1986), o que reduz o nível de crescimento entre os países desenvolvidos, conhecidos como líderes, e os países em desenvolvimento, os seguidores, são as janelas de oportunidade que se abrem a cada revolução tecnológica, ou paradigma tecno-econômico. A janela de oportunidade e o catching up estão relacionados com a fase da revolução em vigência e com trajetória tecnológica que se desenha quando emergem as novas tecnologias (LOPES, 2016).

Pérez (2002) faz paralelos com a teoria do ciclo de vida do produto, observando que a revolução tecnológica tende a seguir um curso similar desde o seu surgimento, passando por quatro fases. Na primeira delas acontece uma inovação radical e o aparecimento de um novo produto que sustenta o desenvolvimento de uma indústria. Na segunda e terceira, as novas tecnologias passam por uma sequência de inovações incrementais, visando melhorar a qualidade, a produtividade e a posição dos produtores no mercado. Enfim, na quarta fase a tecnologia entra em sua fase de maturação, com a inovação e a utilização das tecnologias já amplamente difundidas, reduzindo as possibilidades de lucro empresarial (PÉREZ; SOETE, 1988). A Figura 5 ilustra as quatro fases do ciclo de vida de uma revolução tecnológica.

Figura 5 – As quatro fases do ciclo de vida de uma revolução tecnológica

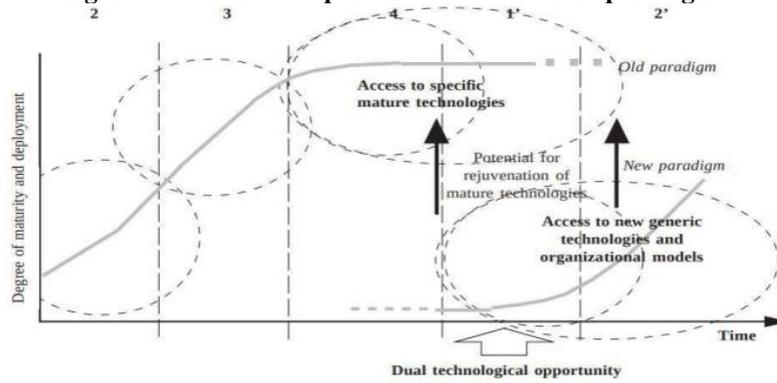


Fonte: PEREZ (2002).

Segundo Perez (2002), é justamente nas fases iniciais da revolução tecnológica que existem as melhores oportunidades, pois é um período de abertura de mercados e um momento em que as inovações associadas às novas tecnologias apresentam maior rentabilidade. No entanto, a transição entre paradigmas tecno-econômicos representa um período no qual torna-se possível uma reestruturação da posição relativa dos países, em que: por um lado, abrem-se possibilidades para que países tomem a liderança (*forging ahead*) ou se emparelhem (*catching up*) com os países avançados, na trajetória do desenvolvimento; por outro, esse período é acompanhado da possibilidade de que países que não se engajarem na dinâmica da revolução emergente acabem ficando para trás (*falling behind*) (PEREZ, 2002).

Além disso, as revoluções anteriores são relevantes para aprendizagem e criação de infraestrutura necessária às revoluções seguintes, visto que a fase de maturação de uma tecnologia, junto com a fase de surgimento de novas, é um momento de duas oportunidades tecnológicas simultâneas, nas quais as barreiras à entrada com as quais se defrontam os países atrasados são menores e, por isso, superáveis: uma no acesso a tecnologias maduras específicas, relacionadas ao paradigma antigo; e outra no acesso a novas tecnologias genéricas e novos modelos organizacionais, relacionados ao novo paradigma (PEREZ, 1992). A Figura 6 ilustra as janelas de oportunidade duais em momentos de transição entre paradigmas.

**Figura 6 – Janelas de oportunidade duais entre paradigmas**



Fonte: PEREZ (2001).

De acordo com metodologia de Freeman e Perez (1988), antes do atual paradigma tecno-econômico, de tecnologias da informação e comunicação (1980 até os dias de hoje), houve o paradigma da mecanização (1770-1840), o paradigma das máquinas a vapor e ferrovias (1840-1890), o paradigma da engenharia pesada e elétrica (1890-1940) e o paradigma da produção fordista (1940-1980). O Quadro 1 apresenta os cinco paradigmas tecno-econômicos segundo os dois autores.

**Quadro 1 – Paradigmas tecno-econômicos**

PERÍODOS	DESCRIÇÃO	INDÚSTRIA-CHAVE	FATORES-CHAVE	ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL
1770-1840	Mecanização	Têxtil, química, metalmecânica, cerâmica	Algodão e ferro	Pequenas empresas locais
1840-1890	Máquinas a vapor e ferrovia	Motores a vapor, máquinas-ferramenta, máquinas para ferrovias	Carvão, sistema de transporte	Empresas pequenas, crescimento das sociedades anônimas
1890-1940	Engenharia pesada e elétrica	Estaleiros, produtos químicos, armas, máquinas elétricas	Aço	Monopólios
1940-1980	Fordista	Automobilística, armas, aeronáutica, bens de consumo duráveis, petroquímica	Derivados do petróleo	Competição oligopolista e crescimento das multinacionais
1980 - Período atual	Tecnologias de informação e comunicação	Computadores, produtos eletrônicos, software, telecomunicações, novos materiais, serviços de informação	Microprocessadores	Redes de firmas

Fonte: FREEMAN e PEREZ (1988).

Já Tigre (2005) reduz a quantidade de paradigmas tecno-econômicos a três, sendo eles a Revolução Industrial britânica, o Fordismo e o Paradigma das Tecnologias da Informação. Unido (2017), por outro lado, trabalha com o conceito de “ondas” de mudanças disruptivas na fabricação de produtos e de bens, embora também admita três momentos ao longo do tempo. Cada onda de novas tecnologias radicais pode ser associada ao surgimento, consolidação e crescimento de empresas que dominaram essas novas tecnologias e que foram pioneiras no

desenvolvimento da comercialização de produtos, processos e serviços especializados (UNIDO, 2017).

Segundo Unido (2017), a primeira onda ocorreu no final do século XVIII, com a revolução industrial, quando motores a vapor foram instalados nas fábricas, o que permitiu a mecanização de tarefas exigentes e repetitivas. De acordo com o autor, isso permitiu uma redução nos custos de produção, um aumento nos padrões de vida, no crescimento das cidades com fábricas e no desenvolvimento de impressoras, da imprensa e das ferrovias. Segundo Tigre (2005), a revolução industrial britânica foi a base para a elaboração da teoria neoclássica, que estabelece os princípios de equilíbrio geral, de acordo com o modelo estático proposto por Léon Walras. Para o autor, o modelo considera que as firmas só têm a função de transformar insumos em produtos, sendo que a tecnologia é considerada como um fator exógeno, sendo mais focado na teoria dos preços e na alocação de recursos.

Para Unido (2017), a segunda revolução ocorreu no final do século XIX, com a introdução de linhas de montagem alimentadas por energia derivada de petróleo e de gás, o que permitiu ganhos de eficiência que possibilitaram a produção em massa. O paradigma fordista deu origem aos estudos de economia industrial, com inovações técnicas e organizacionais da firma que modificaram a dinâmica da acumulação de capital (TIGRE, 2005).

Segundo Unido (2017), na década de 1970, se consolidou a terceira revolução industrial, por meio do paradigma das tecnologias de informação, com a aplicação da eletrônica, de informações básicas e de tecnologia da comunicação na fabricação, o que garantiu novas oportunidades para automação e para engenharia, possibilitando novos avanços tecnológicos e aumento da produtividade. De acordo com Perez (2010), o atual paradigma tecno-econômico se caracteriza pela internacionalização e pela difusão das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), o que valoriza a economia do conhecimento e fomenta um crescimento exponencial de startups.

Devido às mudanças do mercado e dentro das firmas, foi necessária uma adaptação na teoria econômica. Nesse sentido, a teoria evolucionária tem sido usada para explicar a mudança da economia em um dado período de tempo, mudança esta que faz referência à biologia evolucionista (TIGRE, 2005). Essa teoria, como citado anteriormente, trabalha com os conceitos darwinianos de mecanismos de variedade, de seleção e de transmissão. De acordo com Winter (2016), o empreendedorismo gera maior variedade e a variedade na teoria evolucionária determina as dinâmicas organizacionais e tecnológicas de um setor.

Para que o empreendedorismo seja sustentável e a inovação ocorra de fato, um ecossistema inteiro de elementos inter-relacionados deve estar à disposição dos

empreendedores. De acordo com Isenberg (2011), um ecossistema empreendedor é construído a partir de seis fatores:

- (i) Políticas: regulamentações governamentais, incentivos fiscais e outras estratégias para fomento ao empreendedorismo;
- (ii) Finanças: estrutura para atração de pequenos investidores, investidores anjos e fundos de private equity;
- (iii) Cultura: valorização dos empreendedores de sucesso, ambição da população para empreender;
- (iv) Apoio: infraestrutura e serviços profissionais às novas empresas;
- (v) Capital humano: formação profissional para o empreendedorismo e para treinamentos; e
- (vi) Mercados: regionalização da economia e diversificação

Garud *et al.* (2017) afirmam que o ecossistema abarca, para além desses seis fatores, diversas partes interessadas, como empreendedores, investidores, policy makers e a população de modo geral.

## 2.7 APLICAÇÃO DO ARCABOUÇO TEÓRICO AO TEMA DA TESE

A eletricidade é conhecida pelo homem desde a Antiguidade, mas somente no século XIX que ela se desenvolveu a ponto de ser utilizada da forma como vemos hoje. E o mais curioso é que desde então, a tecnologia inventada nesse período para a produção e transporte de energia elétrica permaneceu inalterada, em sua essência, até os dias atuais (ABRADEE, 2019).

Nos anos 1880, ocorreu nos Estados Unidos o que se convencionou chamar de “guerra das correntes”, que foi o embate entre duas tecnologias diferentes para a produção e distribuição de energia elétrica. De um lado, Thomas Edison, o inventor da lâmpada, que defendia o seu sistema de corrente contínua (CC), o mesmo tipo de tecnologia presente nas baterias e pilhas atualmente. Do outro lado estavam George Westinghouse e Nikola Tesla, que defendiam o sistema de corrente alternada (CA), no qual as polaridades positiva e negativa invertem-se muitas vezes por segundo (ABRADEE, 2019).

A corrente alternada permitia a diminuição da perda de energia no transporte da energia elétrica, por causa da elevação da voltagem. A corrente alternada pode ser transformada, aumentando sua tensão por meio de transformadores para percorrer uma distância de maneira mais barata e eficiente e então, ao se aproximar do ponto de consumo, sua tensão é reduzida

novamente, tornando-a completamente segura para uso industrial ou doméstico. (IBERDROLA, 2023).

Desse modo, devido ao transformador de tensão ser muito mais simples e de menor custo, a CA ganhou o embate e se tornou a tecnologia predominante no mundo, tendo um amplo crescimento ao longo do século XX. Se a trajetória tecnológica é definida como a direção tomada pelo desenvolvimento econômico em face da decisão das firmas de acordo com a obtenção de lucro de cada tecnologia, podemos concluir que a trajetória tecnológica da produção e distribuição de energia elétrica é a corrente alternada.

No que concerne ao modo de geração, a energia elétrica normalmente é normalmente produzida por uma central geradora de grande porte e afastada dos centros de consumo, e com o transporte por meio de linhas de distribuição e transmissão até os consumidores finais. Esse modo clássico perdura até os dias atuais, marcado principalmente pela produção em larga escala e pela transmissão de energias por longas distâncias (ABRADEE, 2019).

Assim, se o paradigma tecnológico é definido como um padrão de soluções de um conjunto de problemas de ordem técnica, temos que o paradigma tecnológico do setor elétrico é a produção de energia por meio da geração centralizada, com usinas de grande porte e afastada dos centros urbanos, com essa energia transportada em alta tensão (AT) pelos fios de transmissão, e depois rebaixada para a baixa tensão (BT) para o transporte das distribuidoras aos clientes domésticos e comerciais de BT.

Com a REN 482/2012, foi instituída a regulação para a permissão da utilização do sistema de micro e minigeração distribuída no Brasil, sendo esse sistema constituído por pequenas usinas, de até 5MW de potência instalada, e com a geração de energia elétrica de forma descentralizada, com as usinas geradoras instaladas em localidades mais próximas aos centros consumidores, sendo a energia conectada diretamente aos fios da distribuidora, na baixa tensão. Nos últimos anos, devido à redução dos custos dos painéis solares fotovoltaicos e dos outros equipamentos, bem como a maior preocupação com a sustentabilidade e com as altas tarifas elétricas no Brasil, o sistema de MMGD ganhou maior viabilidade financeira, ampliando sua escala no país, ampliando o empoderamento dos consumidores, bem como ampliando o papel das redes de distribuição na operação do sistema, e ampliando a qualidade do fornecimento de energia, devido à menor distância até os consumidores finais. Desse modo, o sistema de MMGD é considerado então uma alternativa ao paradigma tecnológico tradicional do setor elétrico brasileiro, e a tese irá analisar se ele é capaz de superar o paradigma principal, das usinas de grande porte, sobretudo hidrelétricas e termelétricas de gás natural. Além disso, a tese irá avaliar se o aumento da penetração da MMGD no país é capaz de reduzir as questões

ambientais inerentes aos grandes reservatórios das hidrelétricas e a dependência do carbono das termelétricas a gás, ambos do paradigma tradicional da geração centralizada, dentro de um contexto global de revolução das energias renováveis dentro do paradigma tecno-econômico atual das TICs.

O próximo capítulo irá abordar o tema de mudanças climáticas globais, apresentando suas origens e evolução, bem como o quantitativo de emissões no mundo e a dificuldade do seu combate, apresentando um comparativo em relação ao tema da camada de ozônio. Posteriormente, o capítulo 3 vai apresentar o histórico da política ambiental brasileira e as emissões do país, bem como a sua matriz elétrica, para introduzir o contexto atual e a relação do país com as fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica, que é a fonte majoritária do sistema de micro e minigeração distribuída do país, abordado nesse estudo.

### **3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O INCENTIVO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Segundo o IPCC (2014), as mudanças climáticas já estão ocorrendo e, com 95% de certeza, são derivadas da ação antropogênica. Desde o início da Idade Moderna, com a adoção do regime econômico capitalista, as sociedades europeias passaram a adotar em larga escala as energias fósseis (sobretudo carvão e petróleo) em substituição às energias renováveis, principalmente as biológicas, que eram utilizadas até então (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993).

De acordo com especialistas, a emissão dos gases de efeito estufa (GEEs) é a principal causa do aumento da temperatura global. O progresso técnico, sem uma componente ambiental, passa a exercer uma pressão inadequada sobre os recursos naturais, sejam eles renováveis ou não. O aumento da poluição, a falta de conhecimento sobre uso de algumas inovações (ex.: clorofluorcarbonos) e/ou as chuvas ácidas resultam em impactos ambientais globais (D'AVIGNON, 2001).

As mudanças climáticas têm provocado impactos climáticos extremos, dentre os quais podem se destacar as enchentes, o degelo das calotas polares, o grande aumento da temperatura, aliado a longos períodos de estiagem, além de modificação na duração dos períodos de forte chuva e seca (SCHAEFFER *et al.*, 2012).

O Brasil possui como Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) a meta de redução voluntária das emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, e subseqüentemente, a diminuição de 43% em relação aos níveis de 2005, em 2030 (MMA, 2016). No entanto, o país está entre os principais emissores do planeta, na sétima posição, com 3% do total mundial, atrás de China (25,2%), EUA (12%), Índia (7%), União Europeia (6,6%), Rússia (4,1%) e Indonésia (4%) (SEEG,2023).

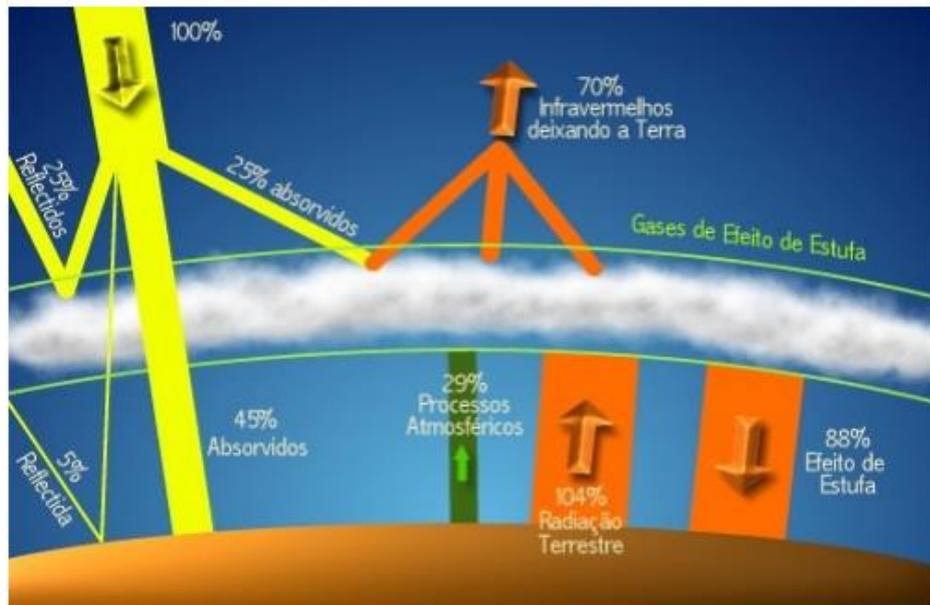
O Brasil tem um grande potencial de redução das emissões por meio da grande extensão das suas florestas e da geração de energia renovável. Desse modo, o estudo propõe como alternativa tecnológica para redução das emissões a geração distribuída de energia elétrica, majoritariamente constituída por centrais geradoras solares fotovoltaicas, tema que será abordado no próximo capítulo.

O capítulo 3 irá abordar as origens e evolução do tema de mudanças climáticas no mundo, bem como o porquê de a solução para reduzir a emissão de GEEs não ser tão simples como foi o combate ao buraco na camada de ozônio e os números das emissões no mundo. Em seguida, será abordado o caso brasileiro, por meio do histórico da sua política ambiental, seus números de emissão de GEEs e a sua matriz elétrica, para entender o contexto do país e seus desafios frente ao compromisso global.

### 3.1 ORIGENS E EVOLUÇÃO DO TEMA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO MUNDO

O efeito estufa é um fenômeno natural da Terra, que permite que a temperatura média da superfície terrestre seja maior e mais adequada à vida, pois os gases presentes na atmosfera retêm o calor que o planeta emite e admitem a passagem da radiação solar. Sem o efeito estufa, a temperatura média da Terra seria abaixo de 10°C negativos. A Figura 7 apresenta o funcionamento do efeito estufa na Terra.

**Figura 7 – Representação esquemática do funcionamento do efeito estufa**



Fonte: LOUREIRO (2019).

O grande problema do efeito estufa é a sua intensificação, que gera o chamado aquecimento global. O aquecimento global é ocasionado pelo aumento na concentração atmosférica de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), o que ocorreu em maior escala após a Revolução Industrial, visto que esses gases são provenientes da queima de combustíveis fósseis pela ação do homem. A concentração nos últimos séculos foi a maior sem precedentes na escala do planeta, pelo menos nos últimos 800 mil anos (LUCON, 2022).

Alterações na intensidade de radiação solar e atividade vulcânica podem gerar alterações na concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, ocasionando alterações nas temperaturas médias globais. No entanto, a principal causa das mudanças climáticas é a atividade humana, sobretudo a decorrente do crescimento econômico energético-intensivo e fortemente dependente de combustíveis fósseis (TOLEDO, 2019).

As mudanças climáticas em curso e previstas para as próximas décadas caracterizam-se pelo aumento da temperatura e da frequência de eventos extremos em todo o planeta. Estas provocam desequilíbrios nos sistemas naturais e na biodiversidade, afetando diretamente a humanidade e a disponibilidade de recursos. Até o presente momento, já foram observadas graves alterações ao meio ambiente, entre elas as reduções na quantidade de neve e gelo e o aumento do nível do mar (IPCC, 2014).

Segundo Loureiro (2019), os quatro principais eventos que marcaram a evolução da conscientização da sociedade em relação aos impactos das mudanças climáticas globais e a trajetória da política ambiental no mundo foram:

- a promulgação da Política Ambiental Americana, em 1969 (NEPA),
- a realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo (que criou bases técnicas para avaliação dos problemas ambientais), em 1972,
- o trabalho realizado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que resultou na publicação do relatório “Nosso Futuro Comum” em 1987, e
- a realização da Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, em 1992.

Segundo Dias (2018), o regime internacional de mudanças climáticas é formado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima de 1992, pelo Protocolo de Quioto de 1997 e pelas decisões tomadas após as Conferências das Partes, realizadas anualmente a partir de 1995, incluindo o Acordo de Paris, de 2015.

Até a década de 1960, problemas ambientais comuns ou transfronteiriços não foram foco das atenções internacionais, e o meio ambiente passou a ser tema da política internacional somente com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano de 1972, mais conhecida como Conferência de Estocolmo (HAAS; KEOHANE; LEVY, 1993). As discussões na Conferência foram centradas nos aspectos técnicos da contaminação provocada pela industrialização, no crescimento populacional e na urbanização (MAGRINI, 2001).

Na década de 1970, a política ambiental internacional caracterizou-se por uma ótica essencialmente corretiva, centrada de forma predominante na introdução de mecanismos de controle da poluição (MAGRINI, 2001). Já a década de 1980, marcada fundamentalmente pela terceira e pior fase da crise do petróleo, que evidenciaram de forma flagrante a vulnerabilidade das nações frente à escassez de recursos naturais, levou os países a direcionarem suas políticas ambientais para um enfoque mais preventivo (LOUREIRO, 2019).

O Relatório Brundtland da Organização das Nações Unidas (ONU) de 1987, intitulado *Nosso Futuro Comum*, reuniu pesquisas ecológicas mundiais realizadas entre 1983 e 1987 e introduziu um novo paradigma para orientação da economia mundial, já globalizada, denominado de Desenvolvimento Sustentado. Ou seja, o documento fala sobre as possibilidades de materialização de um estilo de desenvolvimento sustentável que estariam diretamente relacionadas com a superação da pobreza, com a satisfação das necessidades básicas de alimentação, saúde, habitação e saneamento, com a necessidade de uma nova matriz energética,

que privilegie fontes de energia renovável, e com o processo de inovação tecnológica, com benefícios compartilhados por países ricos e pobres (AMADOR, 1997).

Em 1988, a ONU criou o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, em inglês), pela iniciativa do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e da Organização Meteorológica Mundial (OMM), sendo a principal fonte científica de estudo, análises e medições sobre o clima do planeta.

No entanto, foi a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, mais conhecida como Eco-92, Cúpula da Terra e Rio 92, que representou um divisor de águas quando se considera a atuação cooperativa dos países para o meio ambiente e para as mudanças climáticas. Ou seja, conseguiram harmonizar visões distintas em um único encontro internacional, e que resultaram em leis vinculantes e obrigatórios, assim como em princípios, diretrizes e prescrições direcionados à comunidade internacional para a resolução das questões ambientais globais (CICIN-SAIN, 1996).

Os três principais documentos que resultaram desta conferência foram a Declaração do Rio sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável, os Quinze princípios para o gerenciamento sustentável das florestas e o “Plano abrangente para guiar a ação nacional e internacional em direção ao desenvolvimento sustentável - Agenda XXI, sendo que todos foram baseados na premissa da inseparabilidade do meio ambiente e do desenvolvimento (LOUREIRO, 2019).

As políticas ambientais de quase todos os países foram ancoradas na década de 1990 então nesse conceito de desenvolvimento sustentável, com foco na integração do desenvolvimento com o uso sustentável dos recursos, os instrumentos de comando e controle com os instrumentos econômicos, os agentes públicos e privados na gestão do meio ambiente e a dinâmica da problemática ambiental local com a global (MAGRINI, 2001). Inclusive até hoje o desenvolvimento sustentável está moldando a orientação das políticas ambientais de diferentes países, sobretudo os países europeus, com a busca de novos instrumentos de gestão, sejam através da introdução de instrumentos econômicos ou da implementação de instrumentos de comando e controle menos punitivos.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC – United Nation Framework Convention on Climate Change) foi estabelecida com o objetivo de discutir e definir ações para estabilizar as concentrações de GEEs na atmosfera, estabelecendo o compromisso de redução de emissões desses gases por parte dos países industrializados (LOUREIRO, 2019). A assinatura dos países ocorreu durante a Rio-92, com 154 assinaturas

estatais mais a União Europeia e entrando em vigor em 21 de março de 1994 com cinquenta ratificações (BODANSKY, 1993; UNFCCC, 1992).

A Convenção-Quadro (1992) pode ser dividida em quatro partes:

- (i) as provisões introdutórias contendo as principais definições, os princípios e os objetivos;
- (ii) os compromissos relacionados a fontes e a sumidouros de GEE; a cooperação científica, a informação pública e a educação; os recursos financeiros e a transferência de tecnologia;
- (iii) os mecanismos institucionais e procedimentais na implementação da Convenção;
- (iv) as cláusulas finais.

Todos os países membros signatários da UNFCCC, conhecidos como partes, passaram a se reunir anualmente desde 1995, para avaliar a situação das mudanças climáticas na Terra e propor mecanismos para garantir a eficiência da convenção. Esse encontro é promovido pela ONU e passou a ser chamado de Conferência das Partes (COP), sendo sediado em um país diferente a cada encontro, que dura cerca de duas semanas.

A UNFCCC estabeleceu em 1997, durante a COP-3 no Japão, um tratado internacional com compromissos para a redução dos gases de efeito estufa, mais conhecido como Protocolo de Kyoto, assinado durante a COP-3. Este estabeleceu metas de redução média de 5% na concentração dos GEEs dos países desenvolvidos em relação às emissões de 1990, a serem cumpridas entre 2008 e 2012 (LOUREIRO, 2019). Os países em desenvolvimento, como China, Brasil e Índia, não receberam metas e obrigações para reduzir suas emissões, sendo suas medidas de combate ao aquecimento global realizadas de forma voluntária.

O tratado entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, após a ratificação da Rússia e a ratificação do mínimo de países-membros da Convenção, responsáveis pelo total de 55% das emissões de gases de efeito estufa mundiais em 1990. A partir do Protocolo de Kyoto criou-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que é uma flexibilização dentro do protocolo no qual há previsão de redução das emissões de GEEs de forma certificada. Ou seja, os países desenvolvidos possuem alternativa para atingir as metas de redução de emissões, por meio do crédito de carbono ou redução certificada de emissões (RCEs). Os países em desenvolvimento que alcançam suas metas de redução comercializam cada tonelada de carbono não liberado para a atmosfera com os países que ainda não cumpriram as suas metas. Desse modo, os países em desenvolvimento poderiam financiar a implementação de projetos de

tecnologias mais eficientes, substituição de fontes de energia fósseis por renováveis, racionalização do uso da energia, florestamento e reflorestamento (LOUREIRO, 2019).

A COP-4, realizada de 2 a 13 de novembro de 1998, em Buenos Aires, tinha como objetivo elaborar os detalhes do Protocolo de Quioto, mas acabou com o lançamento de um programa de trabalho chamado de Plano de Ação de Buenos Aires (DIAS, 2018). O Plano selou o comprometimento das Partes e acabou por fortalecer a Convenção e preparar para a futura entrada em vigor do Protocolo de Kyoto (IISD, 1998).

Segundo Dias (2018), a COP-5 e a COP-6 não tiveram grande importância e foram considerados fracassos para a época. A COP-7, sediada em Marrakesh, tinha como objetivo operacionalizar o BAPA de 1998, ou seja, finalizar os detalhes técnicos de Quioto, delinear sua estrutura institucional, e fortalecer a implementação da UNFCCC (IISD, 2001). O resultado principal da COP-7 foi o Acordo de Marrakesh, que criou o Manual de Regras de Kyoto, considerado o mais detalhado resumo de regras e procedimentos para o funcionamento de um mercado global de carbono (PEAKE, 2002).

O Acordo de Marrakesh estabeleceu aspectos ambientais do Protocolo de Kyoto, definiu o sistema nacional de inventários de emissões e o processo de revisão das comunicações nacionais. Além disso, estabeleceu aspectos ambientais do Protocolo de Kyoto, definiu o sistema nacional de inventários de emissões o processo de revisão das comunicações nacionais (LOUREIRO, 2019).

Na COP-11, em Montreal, começaram a surgir as preocupações em relação a maneira de limitar as emissões de países em desenvolvimento, sobretudo Brasil, China e Índia. Esta também foi importante para a operacionalização de detalhes técnicos do Protocolo, principalmente sobre as regras e os procedimentos delineados pelos Acordos de Marrakesh, de 2001, e para a discussão de comprometerimentos pós-2012 (WITTNEBEN *et al.*, 2006).

A COP-13, realizada em Bali, teve como principal foco a cooperação de longo prazo e o desenvolvimento de uma estrutura para o período pós-2012 de Quioto. Mas os principais resultados foram o Bali Roadmap e o Bali Action Plan (DIAS, 2018). O Roadmap estabeleceu que a estrutura pós-2012 deveria estar concluída até a COP-15, enquanto o Plano de Ação introduziu dois conceitos: o de Monitorar, Relatar e Verificar (MRV na sigla em inglês, de Measurable, Reportable and Verifiable ou Measurement, Reporting and Verification) e as Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (NAMAs, na sigla em inglês) (UNFCCC, 2014).

A COP-15, realizada em Copenhague, foi o ápice do processo de dois anos do Bali Roadmap iniciado na COP-13. Além disso, teve como resultados: novas metas vinculantes e

ambiciosas de redução de emissões pelos países desenvolvidos; definição de ações de mitigação pelos países em desenvolvimento via comprometimento com seus NAMAs; financiamentos de curto e longo prazos; nova estrutura de governança para o regime climático além de acordo para temas como adaptação, REDD, transferência e desenvolvimento de tecnologia (IISD, 2009; TCG, 2010). A Figura 8 apresenta os principais marcos da Conferência das Partes até 2009.

**Figura 8 – Principais marcos da Conferência das Partes**



Fonte: NEOENERGIA (2023).

A Rio+20, também conhecida como Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, ocorreu em junho de 2012, no Rio de Janeiro. Não foi uma COP, mas reuniu cerca de 180 países e teve como objetivo fortalecer e assegurar o desenvolvimento sustentável entre os países envolvidos. O evento marcou os 20 anos da Rio 92, e teve como temas principais a economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza e a estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável (RIO 20, 2012).

A COP-18 foi realizada entre final de novembro e início de dezembro de 2012 em Doha, no Catar, com foco na implementação de acordos anteriores. O principal resultado foi a

Emenda de Doha, que estendia o prazo do Protocolo de Quito, para que fosse estabelecido seu segundo período de comprometimento a ser iniciado em 01 de janeiro de 2013, com um média de metas de redução de 18% em relação aos níveis de 1990 a ser atingida de 2013 a 2020 até 2020 (UNFCCC, 2012).

A COP-19 de Varsóvia, em 2013, definiu que todos os países deveriam definir suas metas de reduções voluntárias (*Intended Nationally Determined Contributions – INDCs*) até o Acordo de Paris em 2015. E a COP-20, no Peru, aprovou o primeiro rascunho de texto a ser negociado em Paris, denominado Chamamento de Lima para a Ação sobre o Clima (*Lima Call for Climate Action*, em inglês), documento que viria a substituir o Protocolo de Kyoto em 2020 (LOUREIRO, 2019).

Durante a COP-21, realizado na capital francesa em dezembro de 2015, foi firmado o Acordo de Paris, que determinou que o aumento médio da temperatura do planeta não deveria ser maior que 2°C até 2100, com meta de 1,5°C (DIAS, 2018). O documento foi considerado histórico, pois pela primeira vez houve um consenso para a redução das emissões de carbono que envolve quase todas as nações do mundo, tendo sido assinado por 195 representantes. A Figura 9 ilustra as principais características do Acordo de Paris.

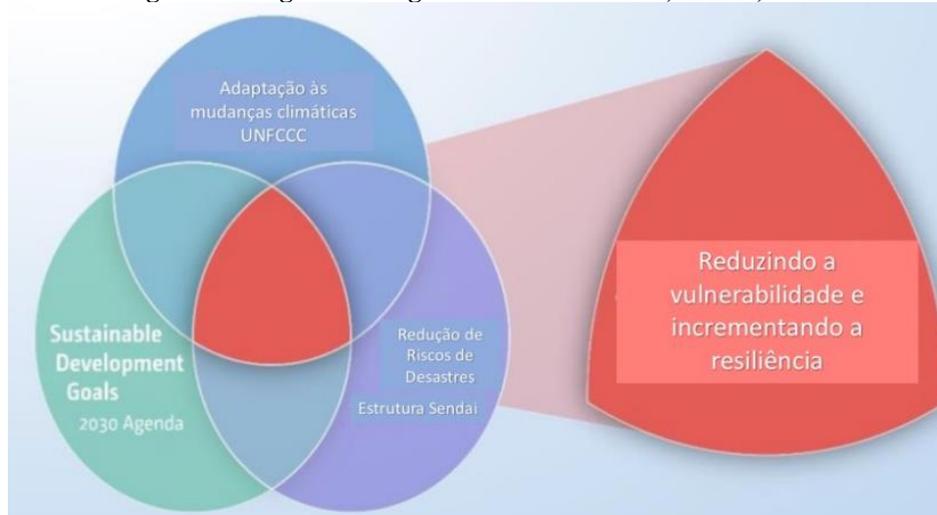
Figura 9 – Ilustração das principais características do Acordo de Paris



Fonte: DIAS (2018).

O ano de 2015 teve ainda outras duas agendas para o ativismo ambiental, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (SDGs), dentro da Agenda de 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, e a Estrutura Sendai 2015-2030 para a Redução de Riscos de Desastres (DRR da sigla em inglês, de *Disaster Risk Reduction*), conforme representado na Figura 10 (UNFCCC, 2017).

**Figura 10 – Agendas integradas de 2015 – Paris, Sendai, SDGs**



Fonte: DIAS (2018), com base em UNFCC (2017).

O Acordo de Paris é o mais recente tratado internacional, que representa um compromisso mundial para que todos os países adotem políticas climáticas para a redução de emissão de GEEs a partir de 2020, substituindo assim o Protocolo de Kyoto. O grande problema do Protocolo de Kyoto é que muitos países não acreditavam na eficiência do Protocolo de Kyoto, visto que ele só previa metas aos países desenvolvidos. Os Estados Unidos, maior emissor na época, recusou a assinatura do documento pela dificuldade em mudar a matriz energética, que era muito dependente do petróleo, e por não concordar com a ausência de metas para os países em desenvolvimento. E posteriormente outros países abandonaram os compromissos firmados no Protocolo. Países como Japão, Austrália e Rússia passaram a reclamar da falta de compromissos de economias emergentes, como a China e Índia, que tiveram amplo crescimento econômico, mas não tinham metas fixas de redução de emissões (EL PAIS, 2016).

O Acordo de Paris foi um divisor de águas, passando de um modelo regulatório para um modelo catalítico e facilitador, de modo a gerar condições para a redução progressiva de emissões por meio de mudanças políticas coordenadas em um ambiente composto por constante impasse (HALE, 2016). Desse modo, consolidou a transição de uma forma de governança predominantemente monocêntrica, que foi a base da Convenção nos anos anteriores à COP-21, para uma forma com mais características policêntricas, pois é mais baseada nos esforços multiníveis de aprendizado e de ajustes mútuos nacionais (DIAS, 2018).

De acordo com Dias (2018), Paris é um acordo híbrido, que surgiu com metas vinculantes globais, em abordagem predominantemente top-down, para um modelo de

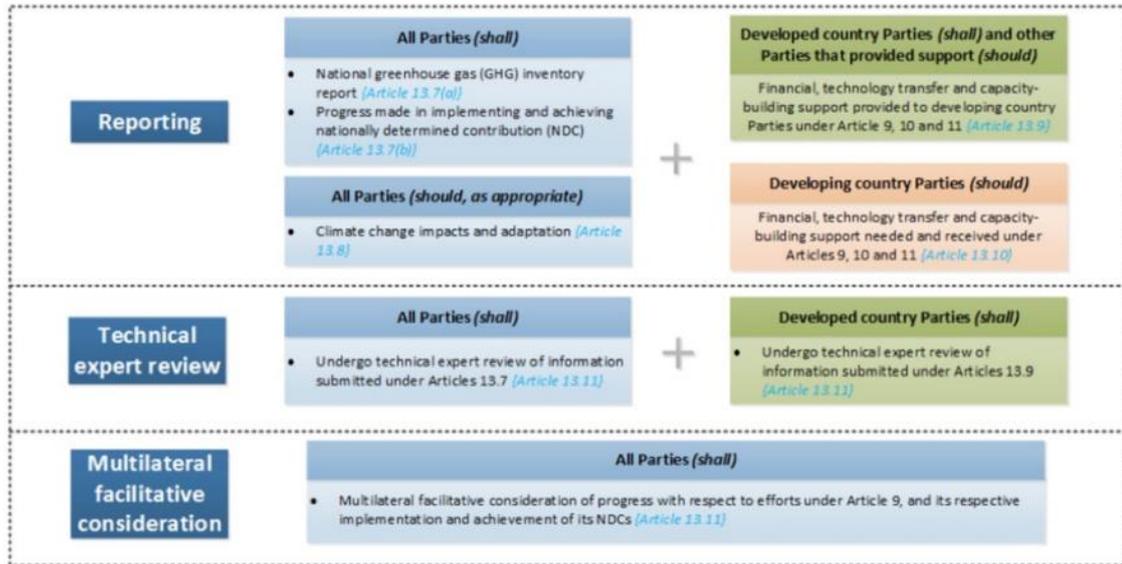
compromisso e de nacional baseado nos NDCs em abordagem predominantemente bottom-up. Esse foi um grande avanço, ao se considerar os retrocessos e a lentidão nas iniciativas dos atores desde a Rio-92. É uma abordagem bottom-up, pois deixa os contenciosos das políticas domésticas para os governos soberanos; refletindo, internacionalmente e de maneira flexível, suas políticas nacionais. Por outro lado, é uma abordagem top-down, ao instituir obrigações internacionais legais para todas as Partes no desenvolvimento, na implementação e nas ações das NDCs incrementais, as quais são complementadas por normas internacionais que asseguram a transparência e a responsabilização dos países (BODANSKY, 2016a).

Em relação às contribuições nacionalmente determinadas, o Acordo de Paris não determina obrigatoriedade no alcance das metas, mas reconhece seu caráter progressivo assim como a necessidade de suporte aos países em desenvolvimento para o alcance de suas políticas nacionais (UNFCCC, 2015). No entanto, as Partes devem preparar e comunicar seus planos de cinco em cinco anos, incrementando suas ambições, bem como os países devem ser responsáveis pelos seus próprios inventários das NDCs, que devem estar de acordo com métodos e diretrizes da Convenção (DIAS, 2018).

O Acordo de Paris possui 29 artigos, sendo que o artigo 4.4 sugere que os países desenvolvidos devem tomar a liderança e enviar metas de redução de emissões absoluta nos seus NDCs para toda a economia enquanto os países em desenvolvimento devem incrementar suas metas de mitigação até que chegam a metas para economia como um todo, de acordo com suas circunstâncias nacionais diferenciadas (BODANSKY, 2016b). O Artigo 6 é o mais importante, pois prevê mecanismos de cooperação para o alcance das metas de cada NDC, de maneira a facilitar seu alcance e incrementar suas ambições, pois é a estrutura legal que reconhece o uso de mecanismos de mercado e de não-mercado (DIAS, 2018).

O Artigo 13 concebeu a estrutura de transparência fortalecida para ação e apoio, criada com base em experiências coletivas pelas Partes, de acordo com as suas capacidades. É uma estrutura sem poder punitivo, que respeita as soberanias nacionais e facilita as ações, além de evitar fardo sobre as partes. Possui como propósitos os seguintes itens: dar um claro entendimento às ações climáticas com progresso nas NDCs, com inclusão de boas práticas, prioridades, necessidades e gargalos (Art. 13.5) e demonstrar o apoio recebido, incluindo fluxo financeiro (Art. 13.6). Além de ser também uma plataforma de inclusão dos inventários nacionais, assim como faz a declaração dos apoio financeiros, tecnológicos e de construção de capacidades prestados, e permite a revisão técnica de informações (Art. 13.7-8-9) (DIAS, 2018). A Figura 11 apresenta a transparência de ações e apoio do Acordo de Paris, conforme o Artigo 13.

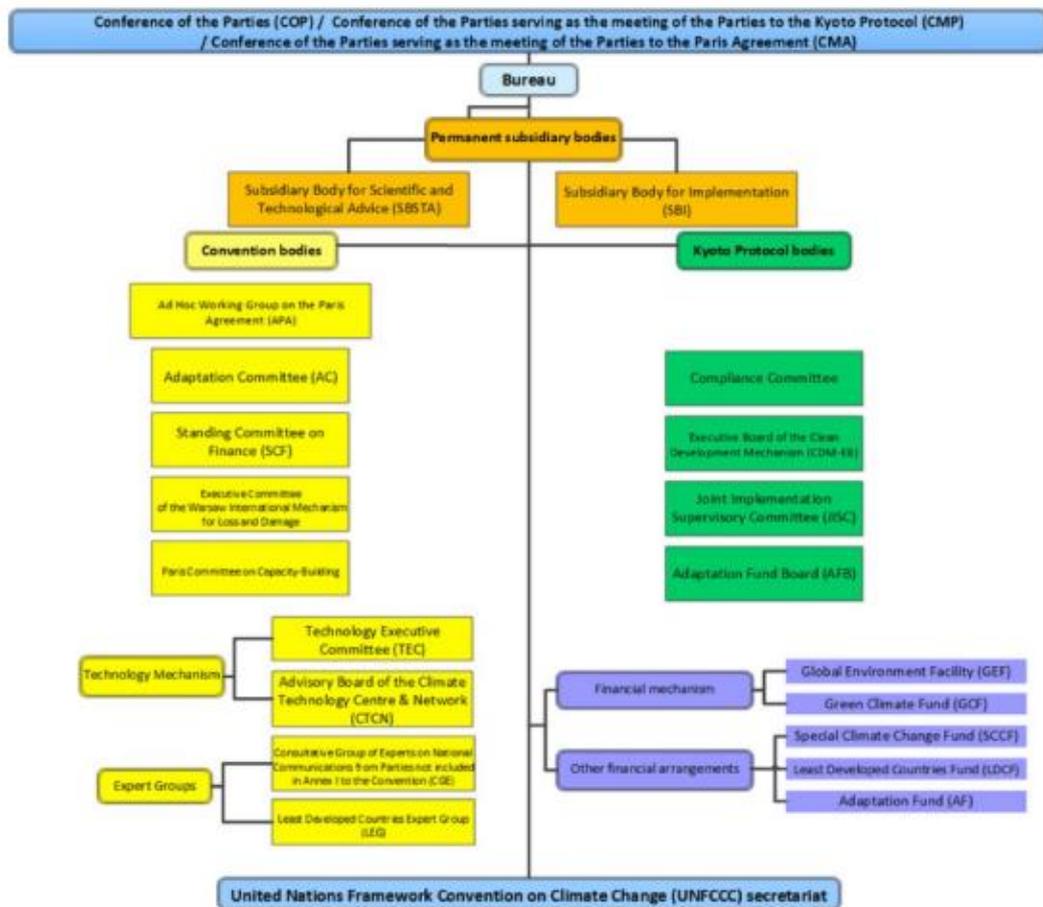
Figura 11 – Transparência de ações e apoio conforme Artigo 13



Fonte: UNFCCC (2015).

O Artigo 14 é do processo de inventariação da implementação do Acordo assim como dos objetivos de longo prazo de mitigação, adaptação, meios de implementação e apoio, de acordo com a equidade e a melhor ciência disponível a ser feito em 2023 e a cada cinco anos. Já o Artigo 15 criou um mecanismo de facilitação de implementação e de promoção de comprometimento das provisões do Acordo formado por um comitê de especialistas operando abaixo das COPs. Os Artigos 16 a 19 delinearão as funções administrativas, tendo o 16 instituído a *Meeting of the Parties to the [Paris] Agreement* (CMA) e os demais descreveram os papéis dos órgãos e arranjos setoriais (DIAS, 2018). A Figura 12 apresenta os órgãos e arranjos setoriais da Convenção após o Acordo de Paris.

Figura 12 – Órgãos subsidiários da UNFCCC pós- Paris

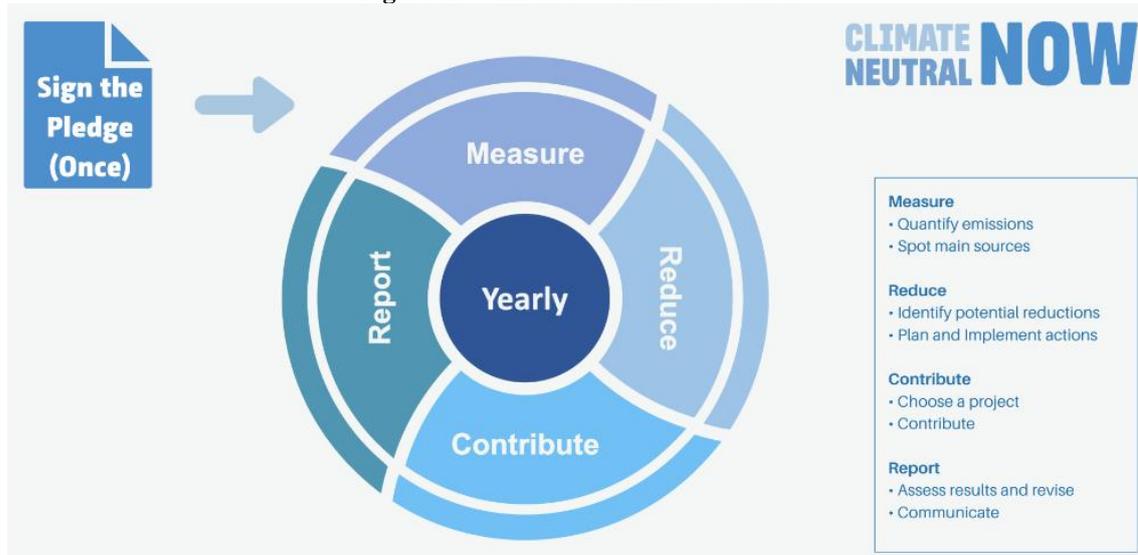


Fonte: UNFCCC (2015).

Os Artigos 20 a 29 definem os aspectos de ratificação, depósito e retirada do Acordo. A retirada é também chamada de denúncia, e pode ser realizada após três anos da entrada em vigor de Paris (que foi em 04 de novembro de 2016 com a ratificação de 55 Partes com 55% das emissões globais de GEE) acrescentando-se um ano depois da notificação de retirada pela Parte (DIAS, 2018). O segundo diferencial do Acordo de Paris foi englobar iniciativas de atores subnacionais e não-estatais dentro do novo regime climático, com mesmo nível de importância dos compromissos nacionais, pacote financeiro e acordo negociado (HALE, 2016).

A Convenção lançou a iniciativa Clima Neutro (*Climate Neutral*), no qual qualquer empresa, governo, organização ou indivíduo pode neutralizar suas emissões de GEEs, por meio dos créditos de carbono. Essa iniciativa foi lançada com o objetivo de que os créditos de carbono estejam livres para serem negociados diretamente, sem a necessidade de vinculação aos países considerados desenvolvidos, conforme Protocolo de Kyoto (DIAS, 2018). A Figura 13 apresenta a iniciativa, lançada ainda em 2015.

Figura 13 – Iniciativa Climate Neutral

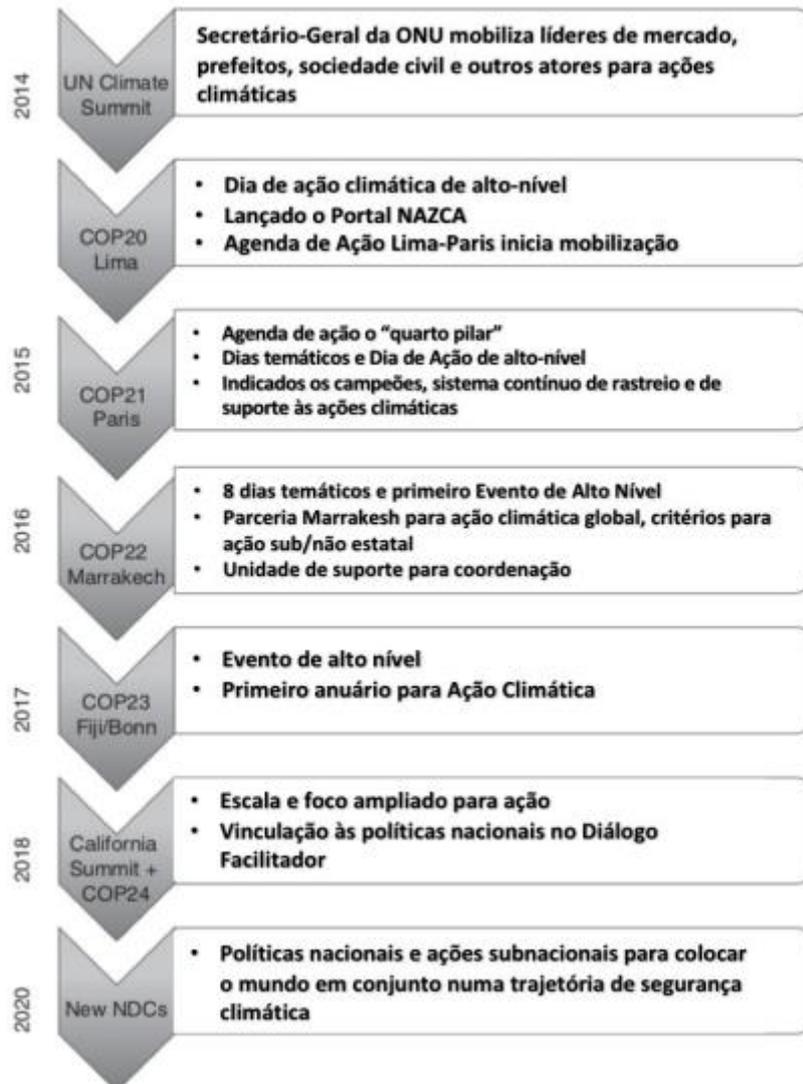


Fonte: UNFCCC (2015).

A COP-22 começou a definir as regras para implementação do Acordo de Paris e o Fundo Verde do Clima aprovou as primeiras propostas de formulação dos Planos Nacionais de Adaptação, que receberia 80 milhões de dólares em doações. Em 2017, foi lançada a Declaração de Paris sobre Precificação de Carbono nas Américas, por meio da qual Canadá, Chile, Colômbia, Costa Rica, México e alguns governadores norte-americanos reafirmaram compromisso com a implementação do Acordo de Paris e se comprometeram a precificar o carbono (LOUREIRO, 2019).

Além disso, Reino Unido e Canadá anunciaram a Powering Coal Alliance, que tem como objetivo eliminar a utilização do carvão como combustível fóssil até 2050 (NEOENERGIA, 2023). Além disso, foi consolidada a importância do papel dos atores não-estatais na solução ao problema do clima, o que demonstra o sucesso diplomático multilateral do Acordo. A Figura 14 apresenta o crescimento da importância dos atores não-estatais no regime climático.

**Figura 14 – Crescente importância de atores não-estatais no regime climático**

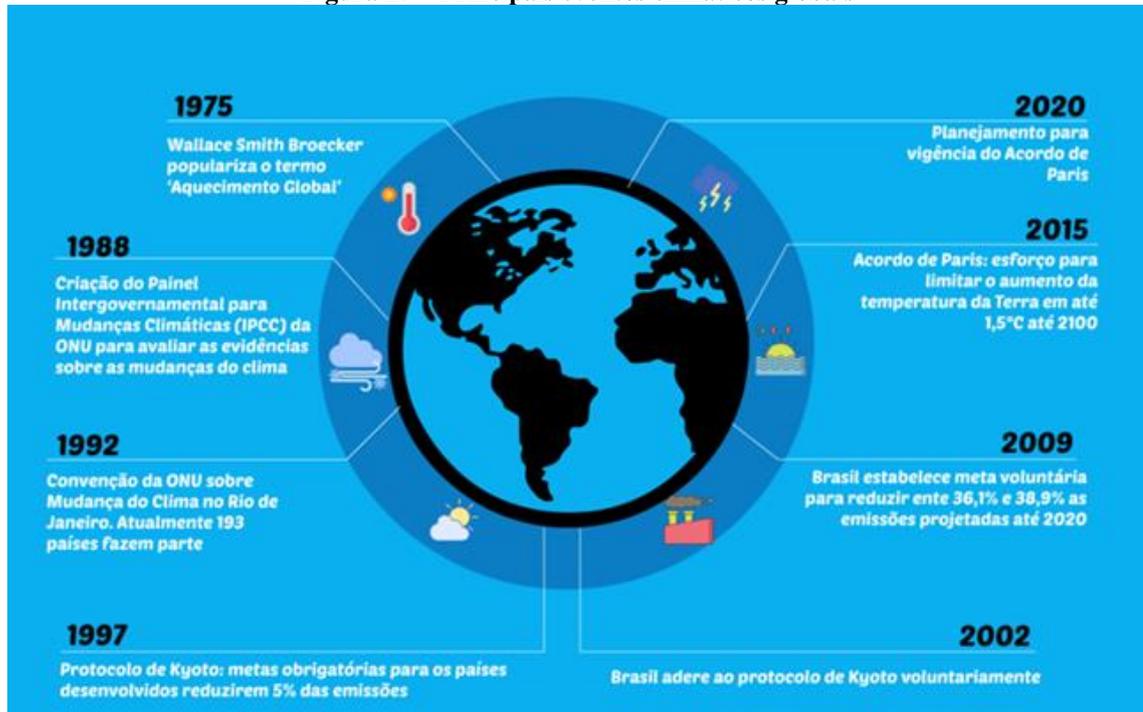


Fonte: BULKELEY *et al.* (2018), com tradução de DIAS (2018).

Em 2018, durante a COP-24 na Polônia, foram definidas e aprovadas regras para implementação do Acordo de Paris, dentre as quais um mecanismo de medição das emissões nacionais e um sistema de controle global e o Banco Mundial fez uma doação recorde de 200 bilhões de dólares (LOUREIRO, 2019). A COP-25 ocorreu em Madri, mas sob a presidência do Chile. O evento seria no país latino, mas teve que ser realizado na Espanha, devido às manifestações e instabilidade política no país latino. Foram apresentados como tópicos principais no evento o mercado de carbono, a compensação por perdas e danos sofridos por países afetados pelas alterações climáticas e a revisão dos objetivos nacionais de redução de emissão de gases de efeito estufa, mas estes não tiveram uma conclusão nas negociações. Foi firmado um acordo chamado "Chile-Madri, hora de agir" pelos quase 200 países presentes, que estabelece que os países teriam que apresentar em 2020 compromissos mais ambiciosos para

reduzir as emissões a fim de enfrentar a emergência climática e cumprir as metas estabelecidas junto ao Acordo de Paris sobre o clima, de 2015 (DW BRASIL, 2019). A Figura 15 apresenta o resumo dos principais eventos climáticos dos últimos anos.

**Figura 15 – Principais eventos climáticos globais**



Fonte: LOUREIRO (2019).

Em 2021, a COP-26 formalizou o Pacto de Glasgow, que definiu pontos do Acordo de Paris e tem como objetivo impulsionar ações que limitem o aquecimento global a 1,5°C até 2050, além de reduzir emissões de CO<sub>2</sub> em 45% até 2030 e neutralizar até 2050, e acelerar a transição energética para fontes limpas (NEOENERGIA, 2023). O evento foi adiado em um ano, por conta da pandemia da Covid-19. A COP-27 foi realizada em novembro de 2022 em Sharm El-Sheikh, no Egito. Esta foi o último encontro até o momento, e as Partes debateram sobre o cumprimento das regras estabelecidas no Acordo de Paris, o uso de fontes renováveis de energia e avanço da descarbonização, entre outros temas sustentáveis. O principal resultado da Conferência foi a criação do Fundo de Perdas e Danos, que tem o objetivo de ajudar financeiramente países mais vulneráveis a se recuperarem dos efeitos causados por desastres climáticos. No entanto, o evento não teve grandes avanços em outros temas, como ações diretas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e conter o avanço do uso de combustíveis fósseis, bem como a origem dos aportes do financiamento e quais países terão acesso ao benefício (NEOENERGIA, 2023).

A COP-28 será realizada em Dubai no ano de 2023, e o comitê temporário terá até lá prazo para definir regras e apresentar novas soluções no evento. A Figura 16 apresenta o resumo dos principais marcos históricos das Conferências das Nações Unidas sobre Mudança do Clima desde o Acordo de Paris.

Figura 16 – Principais marcos históricos da COP desde o Acordo de Paris



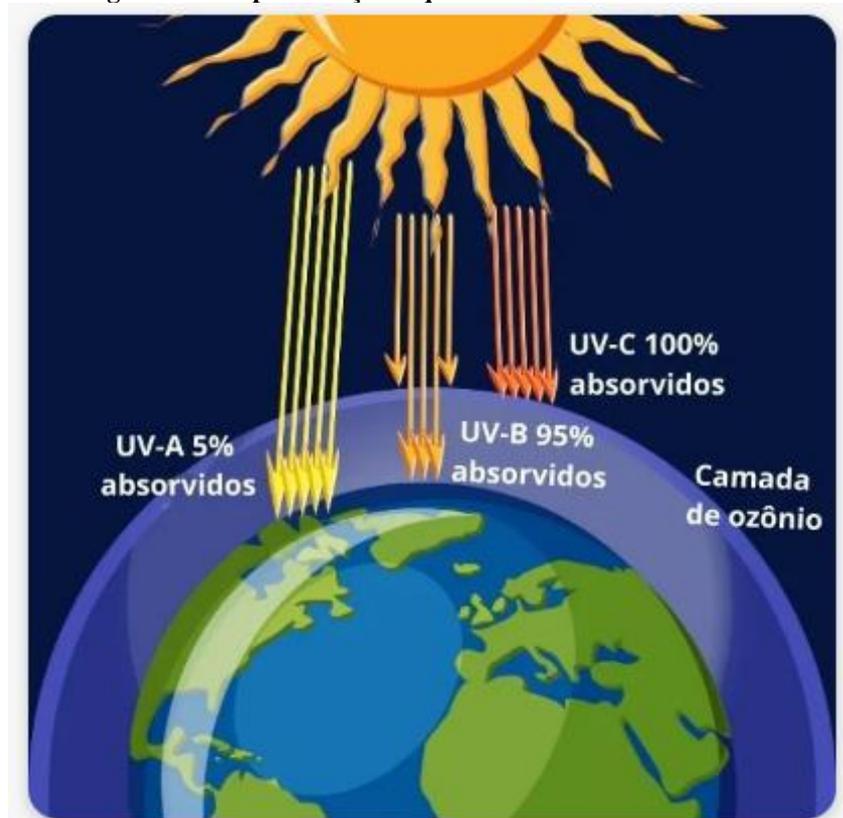
Fonte: NEOENERGIA (2023).

### 3.2 RELAÇÃO ENTRE POLÍTICAS PARA COMBATER O BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Em volta da terra há uma frágil camada de um gás chamado ozônio (O<sub>3</sub>), localizada na estratosfera (entre 25 e 30 km acima da superfície) que protege animais, plantas e seres humanos, já que ela consegue filtrar cerca de 95% dos raios ultravioleta (UV-A, UV-B e UV-C) oriundos do Sol, impedindo que a maior parte desses raios atinja a superfície terrestre. Desse modo, essa camada é fundamental para a manutenção da vida na Terra, visto que esses raios

poderiam aniquilar todas as formas de vida, além de provocar o aumento da temperatura do planeta (WWF BRASIL, 2023). A Figura 17 apresenta o esquema de funcionamento da camada de ozônio.

**Figura 17 – Representação esquemática da camada de ozônio**



Fonte: BRASIL ESCOLA (2023).

Em 1977, cientistas detectaram pela primeira vez a existência de um buraco na camada de ozônio, ocasionada por substâncias fabricadas pelo homem, que destroem essa fina camada do gás que protege o planeta. A lista de produtos danosos à camada de ozônio inclui substâncias que também causam o aquecimento do planeta, como os óxidos nítricos e nitrosos expelidos pelos exaustores dos veículos e o CO<sub>2</sub> produzido pela queima de combustíveis fósseis, como o carvão e o petróleo. No entanto, os principais destruidores do ozônio são o grupo de gases chamado clorofluorcarbonetos, os CFCs, utilizados em aerossóis e aparelhos de refrigeração (WWF, 2023). Em 1984, a camada de ozônio sobre a estação de pesquisas britânica da Baía de Halley, na Antártida, já havia perdido um terço da sua espessura em comparação com as décadas anteriores, o que assustou os pesquisadores da época, que acreditavam que seria necessário vários séculos para a destruição dessa proteção (BBC NEWS BRASIL, 2022).

Em 1985, houve uma reunião de um conjunto de nações na Áustria para manifestar preocupação quanto aos possíveis impactos causados pelo fenômeno da redução da camada de

ozônio, após a publicação do estudo sobre o caso do buraco de ozônio na Antártida. Com isso, surgiu a Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozônio, com uma série de princípios relacionados com a disposição da comunidade internacional em promover mecanismos de proteção ao ozônio estratosférico, com indicação de obrigações genéricas que incentivavam os governos a adotarem medidas jurídico- administrativas (PROTOCOLO DE MONTREAL, 2017).

A Convenção contribuiu para o surgimento, do Protocolo de Montreal sobre as Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio, em 1987. O Protocolo é um acordo internacional que entrou em vigor em 1º de janeiro de 1989, com adoção universal (HAAS, 1991). Atualmente são 197 Estados Partes, sendo o Brasil um dos signatários, e o principal objetivo é reduzir a emissão de CFCs, gases responsáveis pela destruição da camada de ozônio. Os principais objetivos do Protocolo de Montreal eram (BBC NEWS BRASIL, 2022):

- Reduzir a emissão de CFCs em 80% entre 1996 e 1994;
- Os países desenvolvidos devem reduzir o uso de CFCs em 75% até 2010 e em 99,5% até 2020;
- Reduzir os níveis em 50% entre 1986 e 1999;
- Eliminar a fabricação e o uso dos CFCs;
- Plena recuperação da camada de ozônio até 2065;
- Eliminar a fabricação e o uso dos tetracloroeto de carbono, tricloroetano, hidrofluorcarbonetos, hidroclorofluorcarbonetos, hidrobromofluorcarbonetos e o brometo de metila.

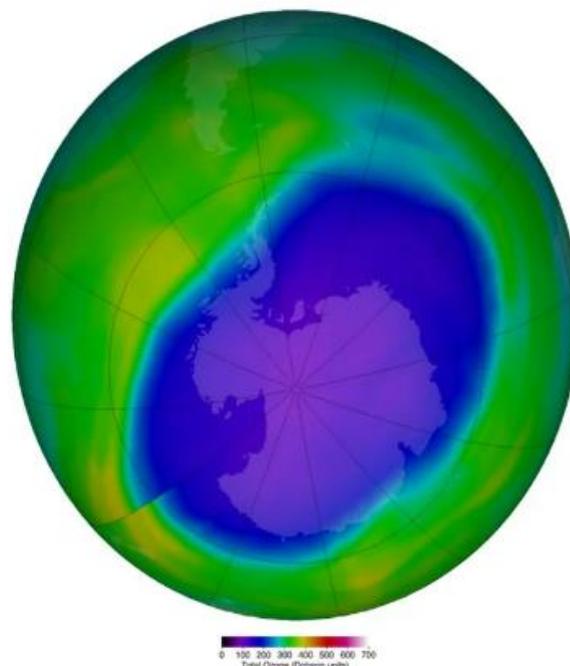
Em 1990, foi instituído o Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal (FML), com a ideia de que os países desenvolvidos pudessem financiar as medidas de redução dos gases CFC nos países em desenvolvimento. A ONU oficializou o dia 16 de setembro como sendo o Dia Internacional para a Preservação da Camada de Ozônio, em comemoração dos bons resultados do Protocolo de Montreal. No Brasil, foi instituído o Plano Nacional para Eliminação de CFCs em 2002, sendo um dos países que está cumprindo os objetivos do protocolo com excelência (TODA MATÉRIA, 2023).

Segundo a BBC NEWS BRASIL (2022), ao longo dos anos 1990 e no início dos anos 2000, a produção e o consumo de CFCs foram suspensos - e, até 2009, 98% das substâncias definidas no tratado haviam sido eliminadas. Seis emendas trouxeram restrições ainda maiores contra substâncias introduzidas para substituir os CFCs, como a realizada em 2016, que exigiu a eliminação progressiva da produção e consumo de alguns hidrofluorcarbonos (HFCs).

Segundo estudo da ONU, esses HFCs não atacam diretamente a camada de ozônio, mas são poderosos gases de efeito estufa e contribuem para acelerar a mudança climática e o aquecimento global. A Emenda de Kigali, que alertou sobre estas outras substâncias, evitará 0,3–0,5°C de aquecimento até 2100, segundo o relatório da ONU (ÉPOCA NEGOCIOS, 2023).

Atualmente, o buraco na camada de ozônio ainda existe, mas está diminuindo. A recuperação é lenta devido ao longo tempo de vida das moléculas prejudiciais à camada de ozônio, pois algumas delas persistem na atmosfera por 50 a 150 anos antes de se degradarem (BBC NEWS BRASIL, 2022). No entanto, de acordo com estudo ONU divulgado em janeiro de 2023, a camada de ozônio está se recuperando e a expectativa é de que ela retome os níveis de 1980 até 2066 na Antártida, até 2045 sobre o Ártico e até 2040 no resto do mundo, graças ao sucesso do Protocolo de Montreal (ESTADÃO, 2023). Considera-se que quase 99% das substâncias proibidas que destroem a camada de ozônio foram eliminadas da atmosfera da Terra e que a redução no buraco de ozônio evitou ainda uma alta de 1°C na temperatura do planeta (ÉPOCA NEGOCIOS, 2023). A Figura 18 apresenta o tamanho do buraco na camada de ozônio, em foto tirada por satélite da NASA em 5 de outubro de 2022.

**Figura 18 – Buraco na camada de ozônio tirada pela NASA em outubro de 2022**



Fonte: VALOR ECONÔMICO (2022a), com base em fotos da NASA.

Era muito esperado que o Protocolo de Kyoto tivesse o mesmo sucesso de Montreal, no entanto, segundo Cole (2014), existem algumas características que diferenciam um caso do outro. No caso dos gases depletores da camada de ozônio, havia dois polos de negociação

claros, sendo os Estados Unidos a favor e alguns países da União Europeia (França, Alemanha e Inglaterra) contra um acordo vinculante, enquanto as negociações sobre a mitigação de gases de efeito estufa apresentam uma heterogeneidade maior de interesses em risco e mais atores envolvidos. Isso leva a uma maior dificuldade de consenso para proposições pragmáticas e propicia medidas politicamente enviesadas (DIAS, 2018).

Outros pontos de dificuldade dos gases de efeito estufa é que estes permanecem por muito mais tempo na atmosfera do que os CFCs que afetam a camada de ozônio, além de serem mais difundidos na sociedade, pois estão presentes em quase todas as atividades da sociedade (ÉPOCA NEGOCIOS, 2023). Os GEEs são provenientes de setores chave da economia, como energia, agropecuária e resíduos, o que dificulta a imposição de metas de redução que não tenham impacto econômico negativo para os países, sobretudo aqueles que estejam em desenvolvimento, bem como o consenso no apoio dos países industrializados. Além disso, rapidamente foram encontrados substitutos aos gases que afetavam a camada de ozônio, que foram produzidos por um número de empresas (aerossóis e aparelhos de refrigeração), enquanto tecnologias alternativas à emissão de gases de efeito estufa são caras e difíceis de serem implantadas, sobretudo em locais onde a população é mais pobre (DIAS, 2018).

Outro fator é que havia uma grande empresa por trás das negociações da camada de ozônio, a DuPont, que trazia segurança aos negociadores assim como apoio financeiro e tecnológico. Por fim, existem países que sofrerão mais danos decorrentes das mudanças climáticas do que no caso da camada de ozônio, em que o efeito é distribuído igualmente para todos os países (DIAS, 2018).

### 3.3 RELAÇÃO ENTRE POLÍTICAS PARA COMBATER O BURACO NA CAMADA DE OZÔNIO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Atualmente, a ameaça sobre a habitabilidade do planeta é mais do que real, pois a pegada humana torna-se cada vez maior e mais pesada, gerando consequências catastróficas ao tratar a natureza como algo produzido para compra e venda (EVANS, 2009). Para assinalar as possíveis mudanças do clima no horizonte temporal do século XXI, são elaboradas projeções baseadas em diferentes trajetórias de desenvolvimento econômico e energético. Estes cenários indicam a ampliação da temperatura média na Terra, como também as alterações na umidade do solo e na frequência de eventos extremos, com aumento de inundações e secas em muitas localidades (MARIN; NASSIF, 2013). No entanto, é essencial observar que esses estudos

possuem elevado nível de incerteza e geram por vezes resultados muito distintos uns dos outros, de acordo com as variáveis que são analisadas.

Com a internacionalização e a unificação da economia mundial, a evolução das linhas energéticas ameaça o equilíbrio ecológico do planeta, ao destruir o capital biológico, em especial as florestas (DEBEIR; DELÉAGE; HÉMERY, 1993). Mézaros (2002) destaca uma característica intrínseca do sistema capitalista que é a criação intermitente de necessidades, com o valor de troca sobrepujando a utilidade dos bens. A ampla utilização das energias fósseis na matriz energética e a predominância do modal rodoviário nos transportes, torna-se ainda mais dramática por conta da forma expansionista e destrutiva do capital, que tornou as necessidades dos seres humanos ilimitadas, mesmo com recursos escassos.

Como citado anteriormente, o IPCC foi criado em 1988, com o objetivo de prover para diferentes instituições governamentais informações científicas que podem ser utilizadas para desenvolver políticas climáticas. Desse modo, os relatórios desenvolvidos pelo IPCC trazem informações cruciais para as negociações internacionais sobre mudanças climáticas (IPCC, 2018).

Os relatórios do IPCC são produzidos a partir do trabalho voluntário de cientistas que avaliam artigos publicados todos os anos, de forma a gerar um resumo do que é conhecido atualmente sobre os causadores das mudanças climáticas, seus impactos e riscos futuros, além de como a adaptação e a mitigação podem minimizar esses riscos (CARVALHO, 2019). Posteriormente, é feita uma revisão por especialistas e governos de diferentes países, de forma a garantir uma avaliação completa e com diversos pontos de vista. Ou seja, o IPCC em si não realiza a pesquisa em si, mas avalia nível de consenso científico em áreas distintas e indica quais pesquisas devem ser aprofundadas, e torna os estudos mais acessíveis a diferentes públicos -alvos (IPCC, 2018).

Segundo Carvalho (2019), os Relatórios de Avaliação, ou Assessment Reports (AR) foram fonte para elaboração de diversas políticas climáticas globais, sendo o primeiro estudo publicado em 1990, com objetivo de reforçar a importância de tratar as mudanças climáticas como um desafio com consequências globais e a necessidade de cooperação internacional. O Primeiro Relatório de Avaliação (FAR, First Assessment Report), teve papel fundamental para a criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, citada anteriormente, um tratado internacional para reduzir o aquecimento global e gerir as consequências das mudanças climáticas. O Segundo Relatório de Avaliação (SAR, Second Assessment Report), produzido em 1995, forneceu material importante para os governos elaborarem os termos do Protocolo de Quioto em 1997. Em 2001, o Terceiro Relatório de

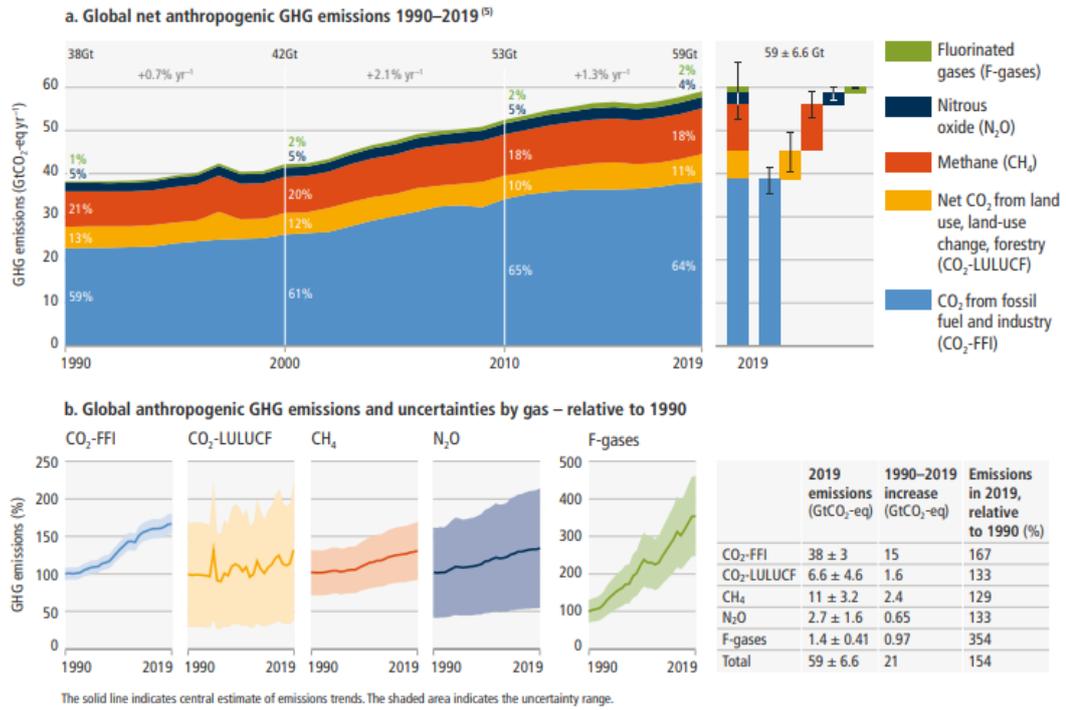
Avaliação (TAR, Third Assessment Report) focou nos impactos das mudanças climáticas e na urgente necessidade de adaptação. Enquanto isso, o Quarto Relatório de Avaliação (AR4, sigla em inglês), elaborado em 2007, estabeleceu as bases para a criação de um acordo pós-Quioto, focando em limitar o aquecimento pós-Revolução Industrial em até 2°C. O Quinto Relatório de Avaliação (AR5, sigla em inglês) foi finalizado entre 2013 e 2014 e forneceu as informações científicas para o Acordo de Paris, o qual foi assinado em 2015 (IPCC, 2018).

No âmbito do sexto ciclo de avaliação (AR6, sigla em inglês), o IPCC publicou dois relatórios com a liderança dos Grupos de Trabalho 1 (agosto de 2021) e 2 (abril de 2022), dedicados ao recente diagnóstico sobre o estado atual do clima e a necessidade de adaptação às mudanças climáticas, respectivamente. No dia 4 de abril de 2022, foi publicado o relatório do Grupo de Trabalho 3 sobre as perspectivas de mitigação do aquecimento global (PORTUGAL-PEREIRA; CUNHA; CASSERES, 2022). As três primeiras seções trouxeram informações importantes sobre a ciência física da crise climática (inclusão de observações e projeções de aquecimento para os próximos anos), os impactos da crise climática e como se adaptar a eles, e ainda formas de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (UM SÓ PLANETA, 2023).

O Synthesis Report, ou Relatório Síntese, que é o último documento desse ciclo de avaliação, foi publicado em 20 de março de 2023, e reuniu seis relatórios divulgados desde 2015: três Relatórios Especiais e três contribuições do Grupo de Trabalho do IPCC para o 6º Relatório de Avaliação (ONU BRASIL, 2023). Após nove anos de estudo, o Sexto Relatório possui 10 mil páginas e é o primeiro após a assinatura do Acordo de Paris em 2015.

Segundo o IPCC (2023), os aumentos observados em concentrações de gases de efeito estufa desde cerca de 1750 são causados por emissões de GEEs de atividades humanas durante o período. As emissões líquidas acumuladas de CO<sub>2</sub> de 1850 a 2019 foram de 2400 +- 240 GtCO<sub>2</sub>, das quais mais da metade (58%) ocorreu entre 1850 e 1989 (1400 +- 195 GtCO<sub>2</sub>), enquanto 42% foram num período de 29 anos, entre 1990 e 2019 (1000 +- 90 GtCO<sub>2</sub>) (IPCC, 2023). A Figura 19 apresenta as emissões antropogênicas líquidas de gases de efeito estufa entre 1990 e 2019.

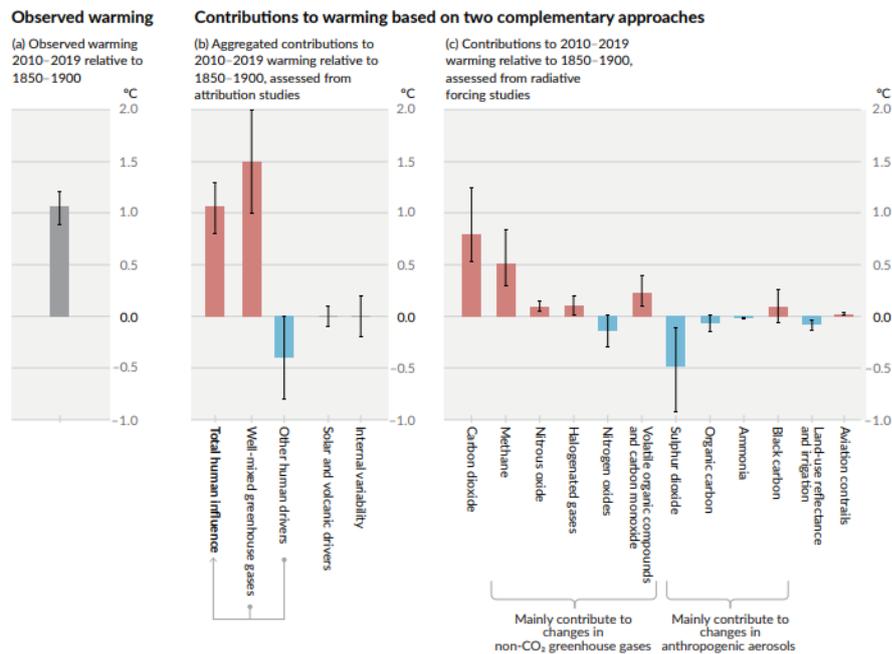
**Figura 19 – Emissões antropogênicas líquidas de GEEs entre 1990 e 2019**



Fonte: IPCC (2022).

O estudo do IPCC (2021) afirma que temperatura global entre 2011-2020 está 1,1°C acima do período entre 1850-1900, resultado de mais de um século de queima de combustíveis fósseis, e do uso desigual e insustentável da energia e da terra. A Figura 20 mostra a contribuição dos gases de efeito estufa para o aquecimento da Terra, parcialmente mascarado pelo resfriamento dos CFCs.

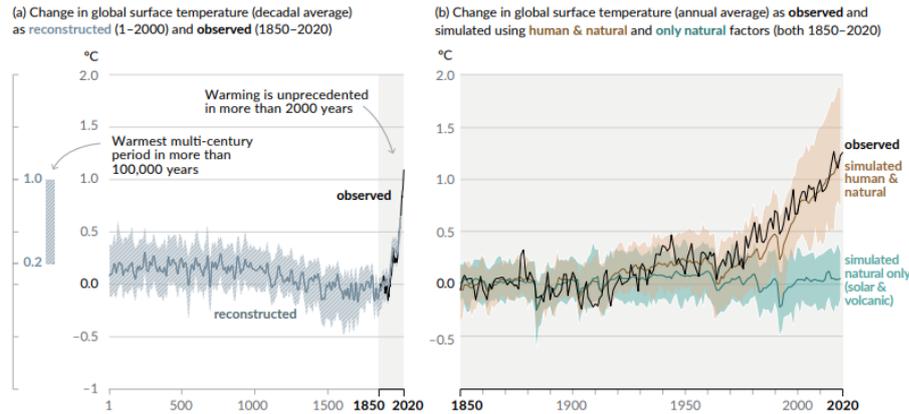
**Figura 20 – Contribuição dos GEEs para o aquecimento global**



Fonte: IPCC (2021).

De acordo com o IPCC (2021), a temperatura aumentou mais rapidamente desde 1970 do que em qualquer outro período de 50 anos nos últimos 2000 anos. A Figura 21 mostra as mudanças na temperatura da superfície da Terra em relação ao período entre 1850 e 1900.

**Figura 21 –Mudanças na temperatura global em relação ao período de 1850-1900)**

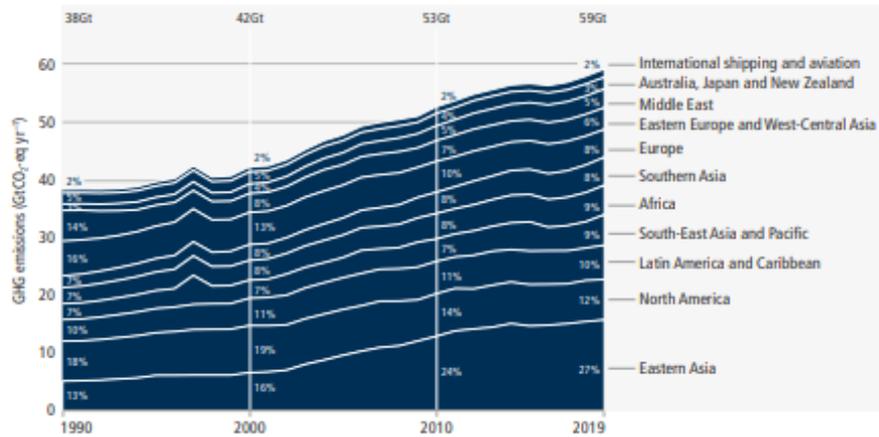


Fonte: IPCC (2021).

Em 2021, as concentrações de CO<sub>2</sub> bateram novo recorde, no total de 415,7 partes por milhão (ppm), enquanto as de metano e óxido nitroso foram de 1.908 e 334,5 ppm, respectivamente. Esses valores representam, nessa ordem, 149%, 262% e 124% dos níveis pré-industriais. Cerca de 79% das emissões globais desses gases são oriundas dos setores de energia, indústria e transporte, enquanto 21% vieram da agricultura, silvicultura e de outras formas do uso da terra (EXAME, 2022a).

Segundo o IPCC, as contribuições regionais para as emissões globais de GEE continuam a diferir amplamente. As variações nas emissões regionais e nacionais per capita refletem, em parte, diferentes estágios de desenvolvimento, mas também variam amplamente em níveis de renda semelhantes. Os 10% de domicílios com as maiores emissões per capita contribuem com uma parcela desproporcionalmente grande das emissões domésticas globais de GEE (IPCC, 2022). A Figura 22 apresenta as emissões regionais de GEEs entre 1990 e 2019, enquanto a Figura 23 ilustra a proporção regional do total cumulativo das emissões de 1850 a 2019 de CO<sub>2</sub>. Ao menos 18 países mantiveram reduções de emissões de gases de efeito estufa por mais de 10 anos.

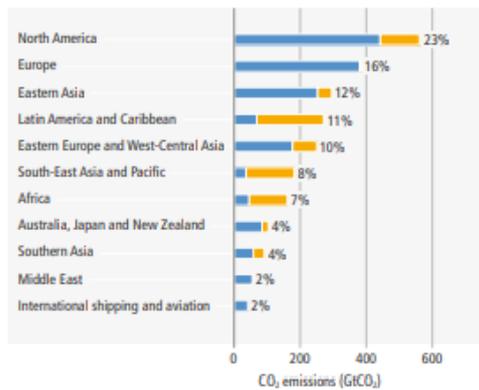
**Figura 22 – Emissões antropogênicas líquidas de GEEs por região entre 1990 e 2019**  
a. Global net anthropogenic GHG emissions by region (1990–2019)



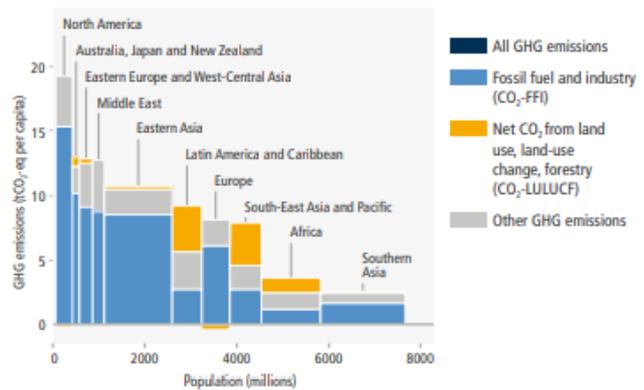
Fonte: IPCC (2022).

**Figura 23 – Proporção por região do total cumulativo das emissões de 1850 a 2019**

b. Historical cumulative net anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions per region (1850–2019)



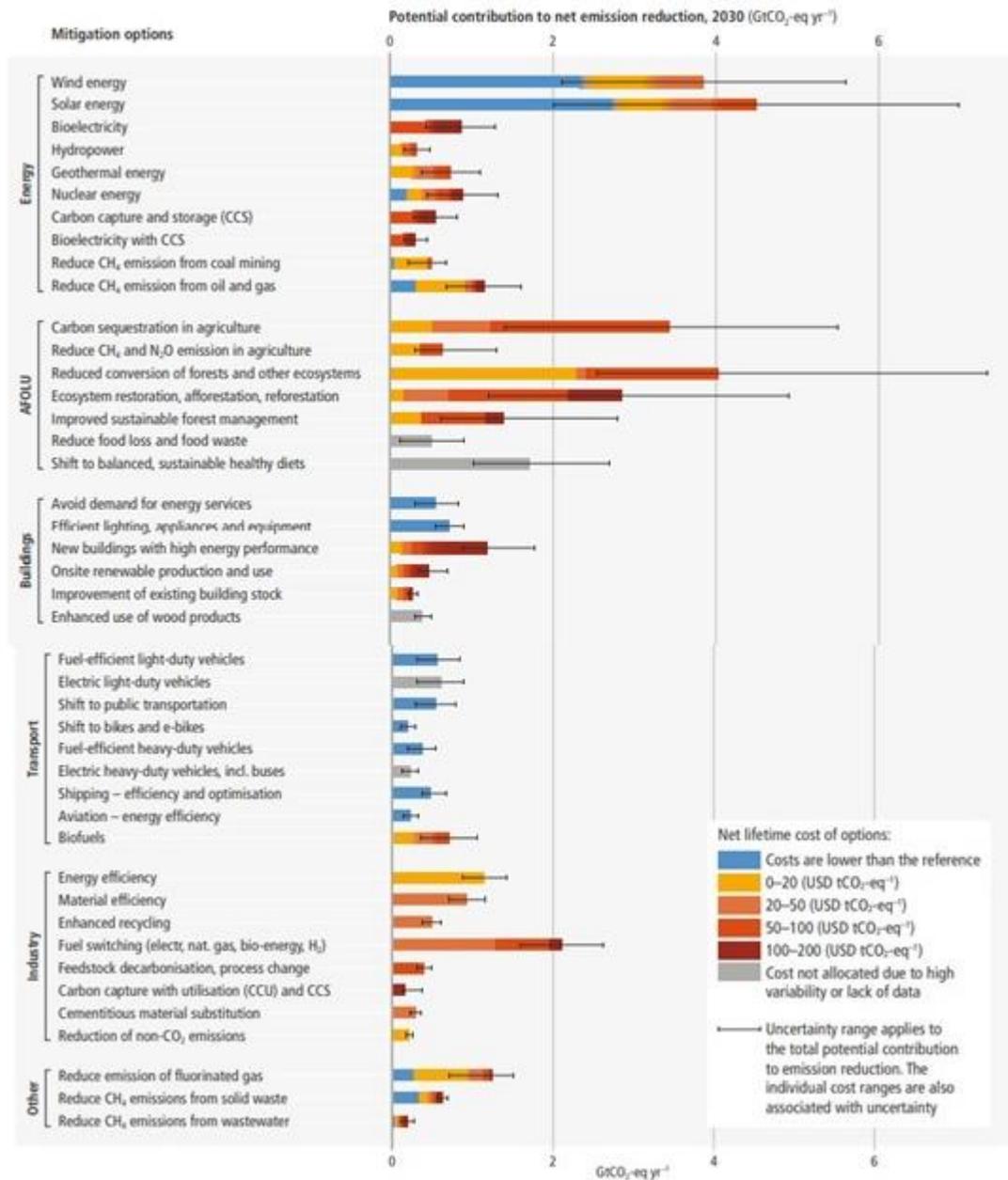
c. Net anthropogenic GHG emissions per capita and for total population, per region (2019)



Fonte: IPCC (2022).

Segundo o IPCC (2022), as opções de mitigação que custam US\$ 100 tCO<sub>2</sub>-eq<sup>-1</sup> ou menos podem reduzir as emissões globais de GEE em pelo menos metade do nível de 2019 até 2030, e o benefício econômico global de limitar o aquecimento a 2°C é maior do que o custo da mitigação, de acordo com a literatura. A Figura 24 apresenta a visão geral das opções de mitigação e suas faixas estimadas de custos e potenciais em 2030. O potencial de mitigação (mostrado no eixo horizontal) é a quantidade de reduções líquidas de emissões de GEE que pode ser alcançada por uma determinada opção de mitigação em relação a uma linha de base de emissão especificada. As reduções líquidas de emissões de GEE são a soma das emissões reduzidas e/ou sumidouros aprimorados. A linha de base usada consiste nos cenários de referência da política atual (por volta de 2019) do banco de dados de cenários AR6 (valores do percentil 25/75) (IPCC, 2022).

Figura 24 – Opções de mitigação de emissões e potenciais de contribuição para redução em 2030



Fonte: IPCC (2022).

A principal conclusão do estudo do IPCC é o aumento da temperatura média do planeta em aproximadamente 1,5°C na comparação com a era pré-industrial, que ocorrerá em algum momento entre os anos 2030 e 2035, devido à atividade humana (VALOR ECONÔMICO, 2023b). Nos próximos 12 anos, a frequência e gravidade de secas e temporais serão ainda maiores, segundo as projeções do Sexto Relatório de Avaliação (IPCC, 2023). Desse modo, as comunidades mais pobres irão sofrer ainda mais com as consequências das mudanças climáticas, e uma ação global rápida e efetiva é necessária para evitar mais desastres climáticos.

### 3.4 O CONTEXTO HISTÓRICO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO BRASIL

Em relação às origens da política ambiental brasileira, ela esteve ligada quase que diretamente ao contexto internacional, tendo maior expressão a partir da década de 1970. No entanto, as especificidades econômicas, políticas e culturais, além de fatores de pressões externas, fizeram com que as diferentes fases observadas, em nível internacional, se apresentassem por vezes ora defasadas ora sobrepostas, e tendo diferenças internamente entre as regiões do país e mesmo entre áreas rurais e urbanas dos estados.

A década de 70 também representou para o Brasil uma fase de estruturação no campo ambiental, principalmente do ponto de vista institucional. Nesse período houve a criação da Secretaria Nacional de Meio Ambiente (SEMA) e de órgãos estaduais, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente do Estado do Rio de Janeiro (FEEMA), hoje Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (LOUREIRO, 2019).

No entanto, uma política ambiental efetiva e orgânica só foi implantada no Brasil em 1981, com a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política e o Sistema Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Anteriormente, alguns estados brasileiros tinham implementado instrumentos de gestão ambiental e a própria federação possuía algumas normativas anteriores.

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) foi criado em 1992, com a competência de planejar, coordenar, supervisionar e controlar, formular e executar a Política Nacional de Meio Ambiente e de preservar, conservar e utilizar racionalmente os recursos naturais e implementar acordos internacionais de políticas ambientais (LOUREIRO, 2019).

O desenvolvimento sustentável realizou transformações na década de 90, como citado anteriormente, o que gerou a busca de novos instrumentos de gestão, sejam eles econômicos ou a implementação de instrumentos de comando e controle menos punitivos. Segundo Loureiro (2019), dentro do regimento da política ambiental brasileira, esses instrumentos convivem igualmente e estão inseridos nas modalidades mais tradicionais da gestão ambiental, do tipo comando e controle. Como exemplo, tem a Lei nº 9.605/1988, conhecida como Lei de Crimes Ambientais, de caráter fortemente punitivo, que evidenciou a responsabilidade sobre a poluição industrial, incluindo a penal, da pessoa jurídica.

Durante a Rio 92, como citado anteriormente, 2 foi adotada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC em inglês), para discutir ações para reduzir as emissões de gases de efeito estufa no planeta. O Brasil foi o primeiro país a assinar a UNFCCC em 4 de junho de 1992, ratificada pelo Congresso Nacional em 28 de fevereiro de

1994, vigorando no país a partir de maio do mesmo ano (LOUREIRO, 2019). Por não ser um dos países do chamado Anexo-1 (países desenvolvidos), o país não teve metas a cumprir no Protocolo de Kyoto.

Em 1996, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) instituiu o Programa Nacional de Mudanças Climáticas, cujo objetivo é prover apoio técnico e científico às ações governamentais relacionadas às mudanças climáticas (LOUREIRO, 2019). O Programa estabeleceu a realização de estudos e pesquisas necessários à elaboração dos inventários nacionais de emissões como condição à futura elaboração de políticas de mitigação, vulnerabilidade e adaptação (MCTI, 2004).

No início do século XXI, novas políticas começaram a ser elaboradas, como é o caso do Programa Nacional de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), do Ministério das Minas e Energia, que buscou incentivar fontes renováveis alternativas, como biomassa e eólica, bem como a redução de encargos no uso do sistema de transmissão e distribuição de eletricidade em pelo menos 50% (MME, 2004).

Em 2005, o Brasil entregou sua Primeira Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. A publicação resultou de exercício pioneiro de análise das emissões nacionais de GEE, bem como de abordagem das vulnerabilidades nacionais, levando-se em conta as conclusões do IPCC (BRASIL, 2004).

Em 2006, o Programa Mudanças Climáticas Globais foi extinto, sendo suas ações incorporada pelos programas Ciência, Tecnologia e Inovação para a Natureza e Clima e Gestão da Política de Ciência, Tecnologia e Inovação. Em 2007, esses programas foram incorporados ao Plano de Ação 2007-2010 Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional. No mesmo ano, foi criado o Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima (CIM), para elaboração do Plano Nacional de Mudanças Climáticas, sendo responsável por propor ações prioritárias de curto prazo, promover a articulação internacional para a troca de experiências e transferência de tecnologia e identificar fontes de recursos (LOUREIRO, 2019).

O Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas foi criado em 2009, com o objetivo de fornecer informações científicas sobre a mudança do clima no País aos tomadores de decisão e a outros interessados no tema (BRASIL, 2009c). No mesmo ano, foi aprovada a Lei nº 12.187, que instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), regulamentada pelo Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010, que estabeleceu padrões ambientais e metas para a redução de emissões e para as remoções por sumidouros de GEE (BRASIL, 2009b).

A PNMC fixou o compromisso brasileiro do Acordo de Bali de reduzir as emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% até 2020, reafirmando as NAMAs, que são as ações

de mitigação nacionalmente apropriadas, definidas após a COP-15, na Dinamarca (BRASIL, 2009a). O Quadro 2 apresenta as ações então estabelecidas para o cumprimento dessa meta.

**Quadro 2 – Ações estabelecidas para o cumprimento das metas de redução da PNMC**

<b>Ações</b>	<b>Metas</b>
desmatamento na Amazônia Legal em relação à média verificada entre os anos de 1996 a 2005	Redução de 80% dos índices anuais
desmatamento no bioma cerrado em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008	Redução de 40% dos índices anuais
Expansão da oferta hidroelétrica, da oferta de fontes alternativas renováveis, notadamente centrais eólicas, pequenas centrais hidroelétricas e bioeletricidade, da oferta de biocombustíveis, e incremento da eficiência energética	
Recuperação de pastagens degradadas	15 milhões de hectares
Ampliação do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta	4 milhões de hectares
Expansão da prática de plantio direto na palha	8 milhões de hectares
Expansão da fixação biológica de nitrogênio em substituição ao uso de fertilizantes nitrogenados	5,5 milhões de hectares de áreas de cultivo
Expansão do plantio de florestas	3 milhões de hectares
Ampliação do uso de tecnologias para tratamento de dejetos de animais	4,4 milhões de m <sup>3</sup>
Incremento da utilização na siderurgia do carvão vegetal originário de florestas plantadas e melhoria na eficiência do processo de carbonização	

Fonte: LOUREIRO (2019).

No mesmo ano saiu a Segunda Comunicação Nacional à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que mostra programas governamentais e iniciativas que estão permitindo reduções consistentes das emissões de gases de efeito estufa. Em 2011, foi aprovado como parte da PNMC o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) (MAPA, 2012). De acordo com Dias (2018), considerando os compromissos voluntários, as metas da PNMC e as previsões do Plano ABC, é possível alcançar o potencial de redução de emissões de GEE de 133,9 para mais de 160 milhões de Mg de CO<sub>2</sub>eq de 2010 a 2020, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 – Panorama dos compromissos voluntários internacionais e políticas públicas**

Processo Tecnológico	Área em 2010 (em milhões ha)	Compromisso + ABC + Decreto 7.390/2010	Potencial de Mitigação 2010 a 2020
Recuperação de pastagens	40	15 milhões de hectares	83 a 104 milhões (3,79 Mg CO <sub>2</sub> eq. ha por ano)
iLPF + Sistemas Agroflorestais (SAF)	2	Expansão de 4 milhões de hectares (iLPF) (2,76 de SAF para agricultura familiar).	18 a 22 milhões (3,79 Mg CO <sub>2</sub> eq. ha por ano)
Sistema de Plantio Direto (SPD)	25	Expansão de 8 milhões de hectares	16 a 20 milhões (1,83 Mg CO <sub>2</sub> eq. ha por ano)
Fixação Biológica de N <sub>2</sub>	11	Expansão de 5,5 milhões de hectares, substituindo fertilizante nitrogenado	10 milhões (1,83 Mg CO <sub>2</sub> eq. ha por ano)
Expansão de Florestas Plantadas	6	Expansão de 3 milhões de hectares	10 milhões como sumidouro
Uso de Tecnologias para Tratamento de Dejetos Animais	-	Tratamento de 4,4 milhões de m <sup>3</sup> de dejetos animais	6,9 (1,56 Mg CO <sub>2</sub> eq. m <sup>3</sup> por ano)
Potencial de Mitigação Total	-	-	133,9 a 162,9

Fonte: DIAS (2018), baseada na Comunicação do Brasil na COP-15 (UNFCCC, 2010); Decreto 7.390/2010 (BRASIL, 2010); Plano ABC (MAPA, 2012), SEEG (2016). \*em milhões de Mg de CO<sub>2</sub>eq GWP-AR2.

Em setembro de 2016, juntamente com a ratificação do Acordo de Paris pelo Brasil, o país enviou sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, em inglês) com novas metas globais de ação climática de mitigação de GEEs para o período pós- 2020, em valores absolutos, nos setores de energia, uso de terra e florestas, indústria, transporte e agropecuária em ciclos quinquenais juntamente com os esforços do Plano Nacional de Adaptação (NAP, na sigla em inglês) (DIAS, 2018). Segundo o MMA (2016), as metas da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima incluem a redução das emissões de GEEs em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, e subsequentemente, a diminuição de 43% em relação aos níveis de 2005, em 2030, correspondendo às emissões de 1,3 GtCO<sub>2</sub>e em 2025 e 1,2 GtCO<sub>2</sub>e em 2030, em relação às emissões em 2005 de 2,1 GtCO<sub>2</sub>e, considerando o GWP-100, conforme apresentado na Figura 25.

Figura 25 – Meta brasileira (INDC)



Fonte: SEEG (2016).

A NDC usa como linha de base para as metas a quantidade de emissões do Brasil de 2005, de acordo com o Segundo Inventário Nacional, produzido pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI). As formas descritas na NDC brasileira para reduzir as emissões de gases de efeito estufa são (MMA, 2016):

- Aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para 18%;
- Fortalecer o cumprimento do Código Florestal;
- Restaurar 12 milhões de hectares de florestas;
- Alcançar desmatamento ilegal zero na Amazônia brasileira;
- Chegar à participação de 45% de energias renováveis na matriz energética;
- Obter 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico;
- Promover o uso de tecnologias limpas no setor industrial;
- Estimular medidas de eficiência e infraestrutura no transporte público e áreas urbanas.

Especificamente para o setor agropecuário, o objetivo é fortalecer o Plano ABC como principal estratégia de desenvolvimento de uma agricultura sustentável), restaurando mais 15

milhões de hectares de pastos degradados além dos 15 milhões (de 2010 a 2020) já estabelecidos voluntariamente até 2030 e expandindo a iLPF em mais 5 milhões de hectares até 2030 (UNFCCC, 2016). O Quadro 3 apresenta a relação entre os compromissos da NDC e do Plano ABC.

**Quadro 3 – Relação entre os compromissos da NDC e do Plano ABC**

NDC (até 2030)	Plano ABC (de 2010 a 2020)	Subprogramas do Programa ABC	Compromisso Total
Restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, para múltiplos usos	Promover as ações de reflorestamento, expandindo a área com florestas plantadas em 3 milhões de hectares	ABC Ambiental ABC Florestas	Os compromissos não são passíveis de somatória, pois a NDC não estabelece, dentro dos 12 milhões de hectares, a parcela destinada à restauração de florestas e a parcela para florestas plantadas
Ampliar a escala de sistemas de manejo sustentável de florestas nativas	-	ABC Ambiental	-
Restauração adicional de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas	Recuperar uma área de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas	ABC Recuperação	Recuperação de 30 milhões de hectares de pastagens degradadas
Incremento de 5 milhões de hectares de sistemas iLPF	Adoção de sistemas iLPF em 4 milhões de hectares	ABC Integração	Adoção de iLPF em 9 milhões de hectares

Fonte: ABC (2017).

O governo Bolsonaro (2019-2022) começou um processo de desconstrução das medidas protetivas ambientais inerentes à preservação dos recursos naturais. Um dos casos mais emblemáticos foi o processo de esvaziamento da pasta do Ministério do Meio Ambiente, por meio da transferência do Serviço Florestal Brasileiro para o Ministério da Agricultura e da Agência Nacional de Águas para o Ministério do Desenvolvimento Regional, ambas realizadas pelo intermédio da Medida Provisória nº 870/19 convertida na Lei nº 13.844/19. Além disso, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) realizou a liberação da fiscalização de embarque de cargas de madeira retiradas do país, por meio do Despacho nº 7036900/2020, o que contraria laudos técnicos, e beneficia grupos privados empresariais, impedindo a geração de multas pelas distinções entre os produtos que constam na carga e aqueles discriminados na nota fiscal (ARAÚJO; SIMAS, 2020).

Outra ação dessa gestão que vai contra a opinião de especialistas do setor foi o Projeto de Lei 2.633/20, derivado da MP 910/2019, que trata da regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União, consistindo na legalização de terras

apropriadas ilegalmente por grileiros, funcionando como uma premiação ao desmatamento e a ocupação violenta das florestas e comunidades tradicionais em prol do agronegócio e manejo de gado (ARAÚJO; SIMAS, 2020). Ele não foi aprovado até o momento, mas entre 2019 e 2022 houve a liberação de 2.182 registros de agrotóxicos, recorde para um governo desde 2003 (O GLOBO, 2023a). A Figura 26 apresenta a série histórica, com início em 2000, durante o segundo mandato de Fernando Henrique Cardoso (FHC).

**Figura 26 – Série histórica de liberações de agrotóxicos desde 2000**

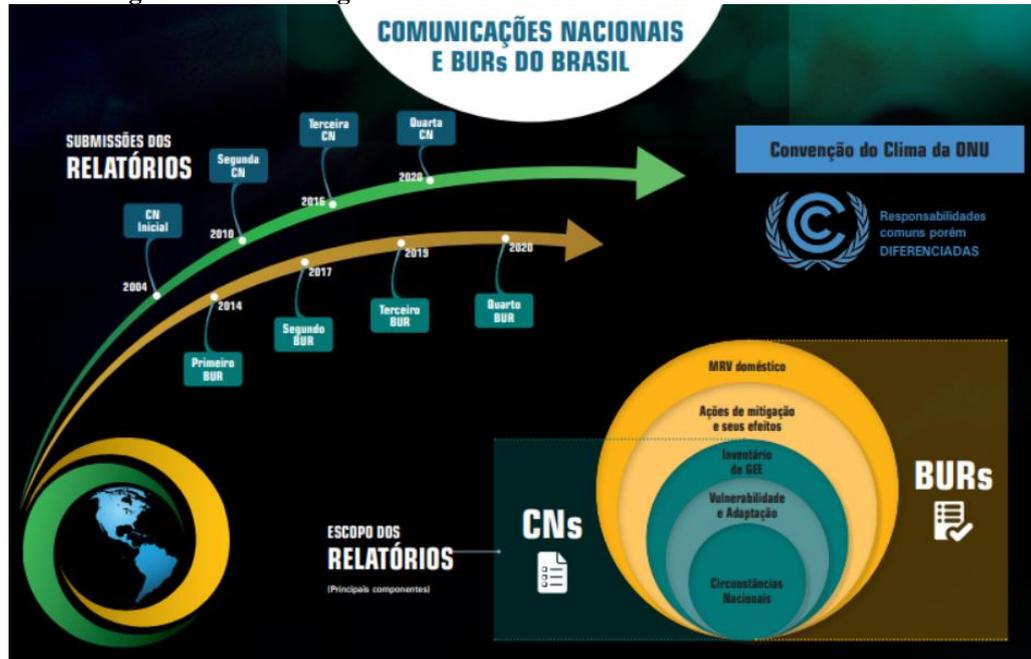


Fonte: GLOBO (2023a), com base em dados da Coordenação- Geral de Agrotóxicos e Afins (CGAA) do Ministério da Agricultura.

Além disso, houve o congelamento do Fundo da Amazônia e do Fundo do Clima desde 2019, após o então ministro do Meio Ambiente Ricardo Salles extinguir os colegiados de gestão do fundo e mudar a destinação dos recursos (EPBR, 2022). Em janeiro de 2023, a Noruega desbloqueou R\$ 3 bilhões que já haviam sido doados para o fundo referentes a anos anteriores, mas que estavam congelados. A decisão foi tomada após o presidente Lula ter assinado um decreto determinando a reativação do Fundo Amazônia (O GLOBO, 2023b).

Em dezembro de 2020, em um contexto de um governo Bolsonaro alinhado ao enfraquecimento das políticas ambientais, o Brasil submeteu a Quarta Comunicação Nacional a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima com menor ambição de redução de emissões para 2030 quando comparada à que já havia sido apresentada em 2015. A Figura 27 apresenta a cronologia de submissão dos relatórios do Brasil à UNFCCC.

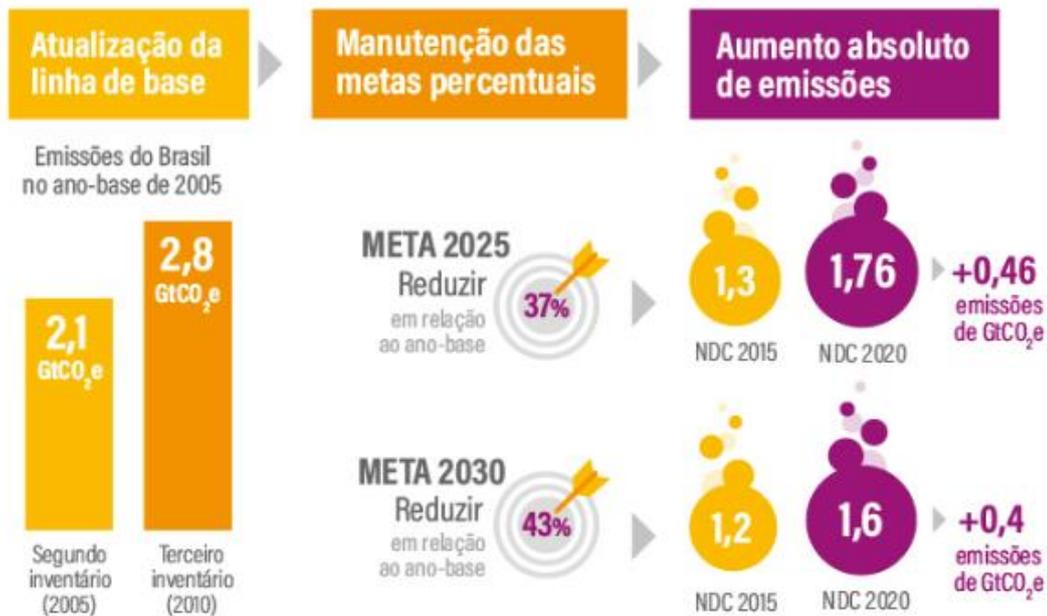
Figura 27 – Cronologia da submissão dos relatórios do Brasil à UNFCCC



Fonte: MCTI (2021).

A NDC apresentada em 2020 pelo Brasil tem como meta a redução das emissões em 43% até 2030 em relação aos níveis de 2005, a mesma que havia sido incluída como meta indicativa na NDC de 2015 (BRASIL, 2022a). No entanto, nova versão considera a publicação do Terceiro Inventário Nacional, cuja emissão em 2005 foi de 2,8 bilhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO<sub>2</sub>e), o que representou um aumento em relação ao Segundo Inventário Nacional, que contabilizou 2,1 GtCO<sub>2</sub>e (WRI BRASIL, 2021). Desse modo, a nova NDC permite que o país emita mais GEEs do que na Comunicação anterior, pois o percentual foi o mesmo, mas teve um aumento em valores absolutos. A Figura 28 explica a nova meta da NDC do Brasil.

**Figura 28 – Ilustração da nova meta da NDC do Brasil e comparação com NDC de 2015**  
 Por que a nova meta da NDC do Brasil é menos ambiciosa



Fonte: WRI BRASIL (2021).

Assim, o país caminhou em direção oposta ao de 40 países, entre eles os 27 da União Europeia e o Reino Unido, além de vizinhos como Argentina, Chile e Colômbia, com compromissos mais sólidos e a visão clara de que terão vantagens competitivas em um futuro inevitavelmente de economias descarbonizadas. Para refletir o mesmo nível de ambição de 2015, a nova meta de redução de emissões apresentada pelo Brasil para 2030 deveria ser de 57% e não de 43% (WRI BRASIL, 2021).

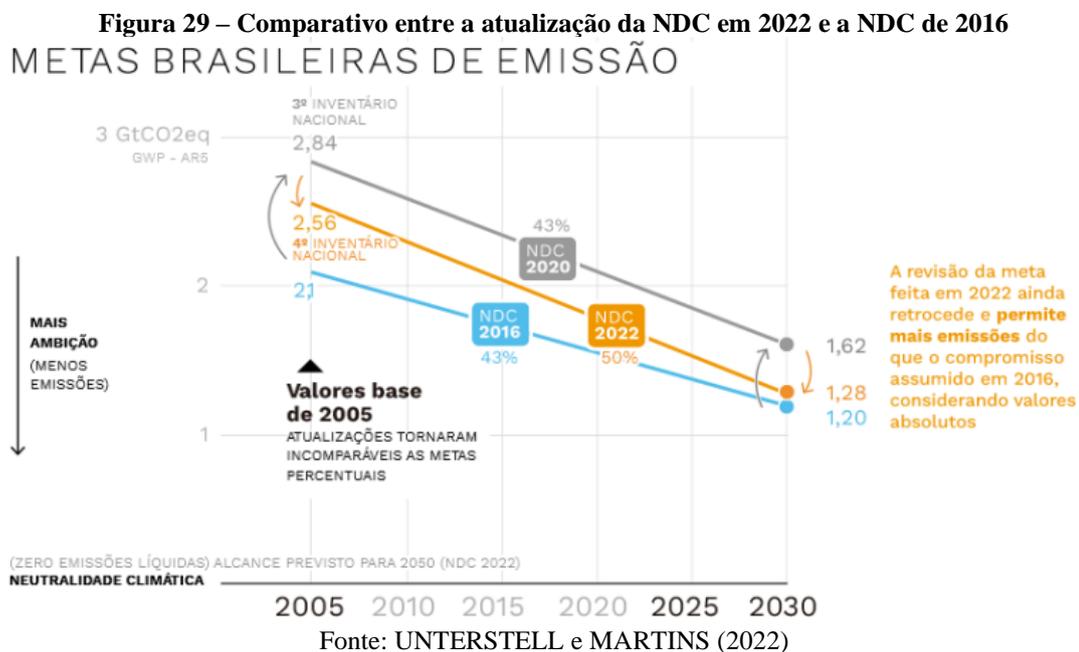
Além disso, exclui da versão encaminhada em 2016 os elementos de adaptação aos efeitos da mudança do clima que originalmente estavam apresentados como aspectos que devem compor o conjunto de estratégias nacionais adotadas para atingir o objetivo de reduções de emissões pretendido pelo Brasil e, em última análise, para contribuir com a estabilização da temperatura global (EMBRAPA, 2023).

O compromisso climático nacional também anuncia um objetivo indicativo de atingir a neutralidade climática até 2060, mas sugere que o aumento desses esforços de longo prazo dependeria de transferências financeiras de países desenvolvidos e que o Brasil requer US\$ 10 bilhões por ano para realizar esforços de descarbonização – começando em 2021 (WRI BRASIL, 2021).

Em abril de 2022, o Brasil apresentou a atualização da sua NDC, com metas percentuais fixadas de redução de 37% (em 2025) e de 50% (em 2030) em relação ao ano base

de 2005. O documento não corrigiu o retrocesso que havia sido anunciado em 2020 e pode configurar uma violação ao Acordo de Paris contra a crise do clima, visto que a perda de ambição é expressamente proibida em um dos termos do Acordo, o parágrafo 3 do artigo 4. (O GLOBO, 2022).

Além de permitir mais emissões em relação à NDC de 2016, visto que há um aumento de 314 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq para 2025; e 81 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq para 2030, a atualização não internaliza os compromissos assumidos pelo Brasil na COP 26 em relação a zerar o desmatamento em 2030 e reduzir as emissões de metano em 30% até 2030 (Unterstell e MARTINS, 2022). A Figura 29 ilustra o comparativo entre as NDCs.

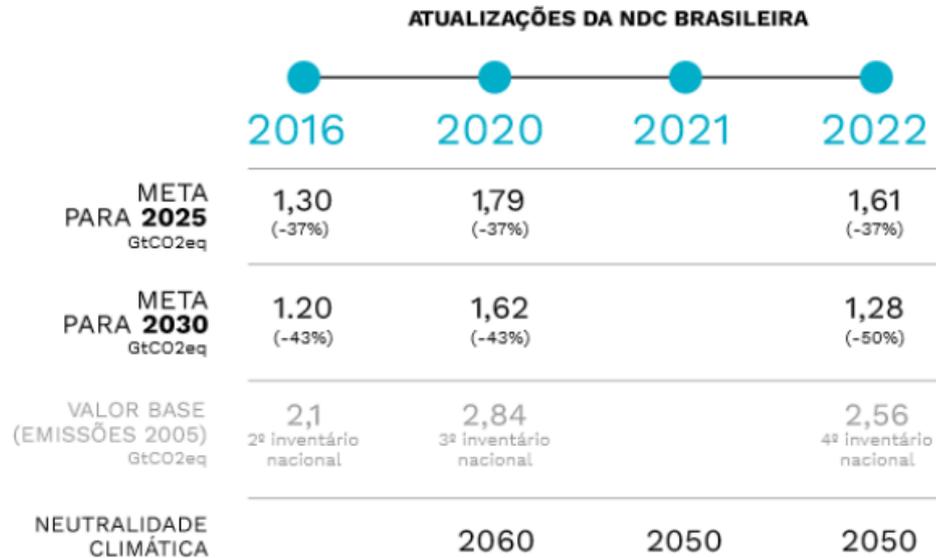


A meta original foi apresentada em 27 de setembro de 2015 na sede da ONU e foi submetida à UNFCCC no ano seguinte, contendo os seguintes compromissos (MMA, 2016):

- 1,30 GtCO<sub>2</sub>eq de emissões máximas em 2025, aos níveis de 2005 (37% de redução)
- 1,20 GtCO<sub>2</sub>eq de emissões máximas indicativas em 2030, aos níveis de 2005 (43% de redução)
- Implementação do plano nacional de adaptação
- Implementação de ações setoriais de mitigação, como fim do desmatamento ilegal em 2030, recuperação de 15 milhões de hectares de pastagens degradadas e outras.

A Figura 30 apresenta a evolução da contribuição brasileira ao Acordo de Paris.

Figura 30 – Atualizações da NDC brasileira entre 2016 e 2022



Fonte: UNTERSTELL e MARTINS (2022).

Desse modo, a solução deve envolver novas metas que representem patamares de emissão inferiores a 1,3 GtCO<sub>2</sub>eq em 2025 e 1,2 GtCO<sub>2</sub>eq em 2030, em um próximo ciclo, de forma que o Brasil possa seguir o compromisso de aumento das ambições, para não violar o Acordo de Paris. Segundo Unterstell e Martins (2022), o país deve alinhar as metas de curto prazo da NDC e as políticas nacionais ao objetivo de neutralidade climática até 2050, com redução de pelo menos 66% abaixo dos níveis de 2005 até 2030, com uma transição justa e medidas de recuperação econômica verde.

### 3.5 DADOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL

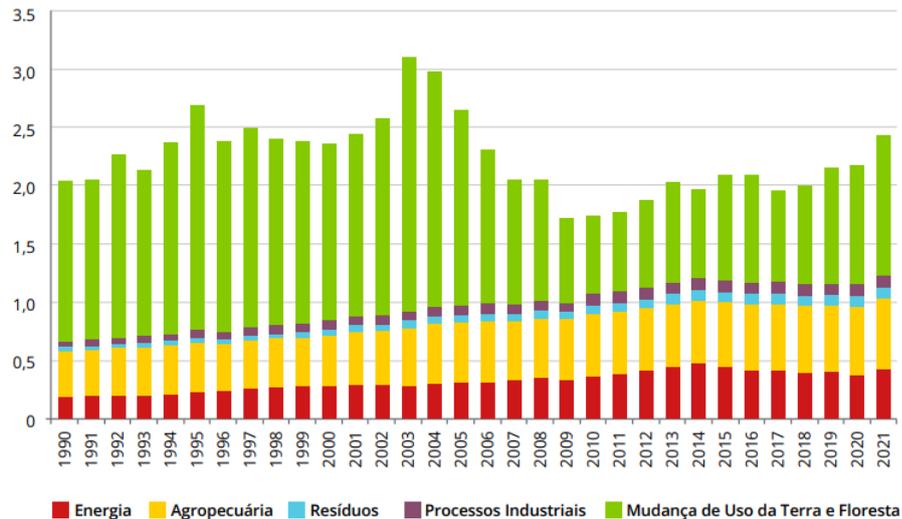
O Brasil, por ser de clima tropical, está sujeito a passar por impactos como maior intensidade e ocorrência de chuvas, enchentes, tempestades e aumento do nível do mar (KAQUIMOTO, 2017). As principais iniciativas do país para combater as alterações no clima são o Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), os trabalhos do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC), atividades de organizações não governamentais e informações sobre mudanças no clima na página do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Já em relação aos arranjos institucionais destacam-se a Política Nacional sobre Mudança no Clima (PNMC), o Plano Nacional sobre Mudança no Clima, além de diversos planos setoriais de mitigação e adaptação.

No âmbito energético, o Plano Decenal de Energia (PDE) visa à expansão das hidrelétricas e de fontes alternativas renováveis, como eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e bioeletricidade, além da expansão dos biocombustíveis, da energia solar e a melhoria da eficiência energética, para reduzir as emissões de GEEs (MCTI, 2016).

Há enorme potencial de abatimento de emissões de GEE no país, através da implantação de um amplo espectro de opções de medidas adicionais de mitigação: eficiência energética, uso de fontes renováveis de energia e de técnicas para uma agropecuária de baixo carbono, mudança de modais de transporte, captura de metano em projetos de saneamento básico (aterros sanitários e estações de tratamento de esgoto) e reflorestamento com espécies nativas e de crescimento rápido.

No entanto, segundo o relatório do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), o Brasil emitiu 2,4 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa em 2021, o que representa um aumento de 12,2% em relação a 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas. Esse valor é o maior aumento de emissões em quase duas décadas, superado apenas por 2003, quando as emissões cresceram 20% e atingiram seu pico histórico (SEEG, 2023). A Figura 31 representa a evolução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil de 1990 a 2021.

**Figura 31 – Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 e 2021**

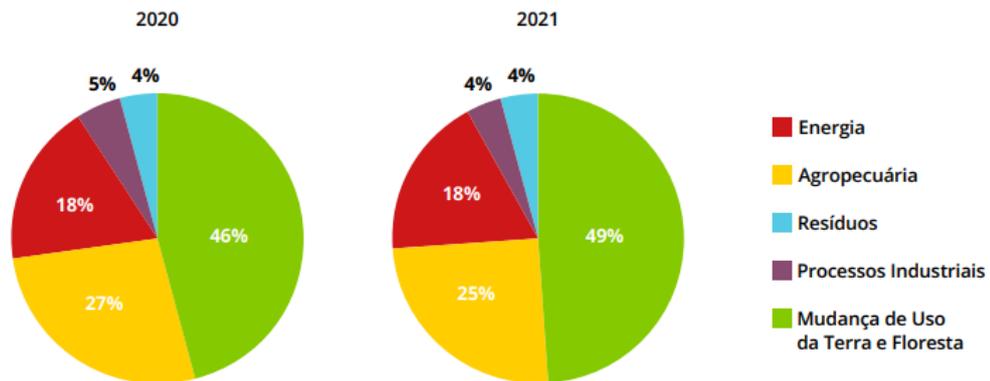


Fonte: SEEG (2023).

O relatório analisa os números de emissões do Brasil de 1970 a 2021 e suas implicações para as metas climáticas do país. A amplificação do desmatamento, sobretudo na Amazônia, é o principal motivo da alta das emissões, pois a poluição climática causada pelas mudanças de uso da terra subiu 18,5% (IPAM, 2023). Assim como em anos anteriores, as

mudanças do uso da terra responderam pela maior parte das emissões brutas brasileiras em 2021, no total 1,18 bilhão de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, representando 49% do total nacional naquele ano, contra 46% em 2020 (SEEG, 2023). A Figura 32 ilustra a participação dos setores no perfil das emissões brasileiras em 2020 e 2021.

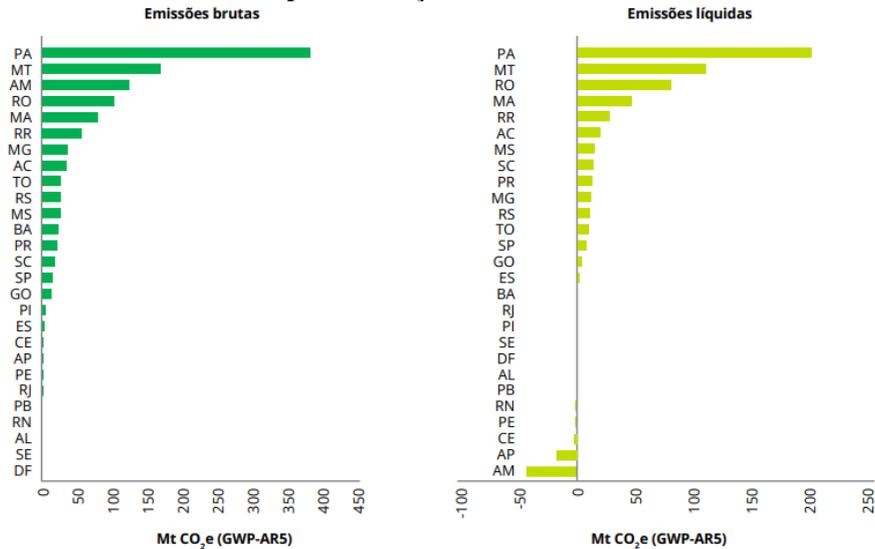
**Figura 32 – Evolução das emissões de GEE no Brasil entre 1990 e 2021**



Fonte: SEEG (2023).

Segundo o relatório do SEEG (2023) os estados do Pará (381 Mt CO<sub>2</sub>e), Mato Grosso (168 Mt CO<sub>2</sub>e) e Amazonas (124 Mt CO<sub>2</sub>e) aparecem como os principais emissores brutos por mudança de uso da terra nos estados brasileiros em 2021. Esses estados sozinhos representam 57% da emissão do setor. No entanto, se consideradas as emissões líquidas, como mais de metade do Amazonas está em áreas protegidas, os três estados campeões no ano passado foram Pará (203 Mt CO<sub>2</sub>e), Mato Grosso (111 Mt CO<sub>2</sub>e) e Rondônia (81 Mt CO<sub>2</sub>e). Segundo o relatório do MapBiomass Alerta (2022), uma das principais causas do desmatamento nesses estados é por conta da grilagem de florestas públicas não destinadas, sendo que 98% do desmatamento em 2021 apresentou algum indício de ilegalidade. A Figura 33 ilustra as emissões brutas e líquidas por mudança de uso da terra nos estados brasileiros em 2021.

**Figura 33 – Emissões de GEEs por mudança de uso da terra nos estados brasileiros em 2021**



Fonte: SEEG (2023).

O Brasil se mantém entre os principais emissores do planeta, na sétima posição, com 3% do total mundial, atrás de China (25,2%), EUA (12%), Índia (7%), União Europeia (6,6%), Rússia (4,1%) e Indonésia (4%) (SEEG, 2023). No entanto, segundo o IPAM (2023), como o desmatamento caiu na Indonésia nos últimos anos e a série de dados globais só vai até 2019, é provável que o Brasil seja na realidade o sexto maior emissor.

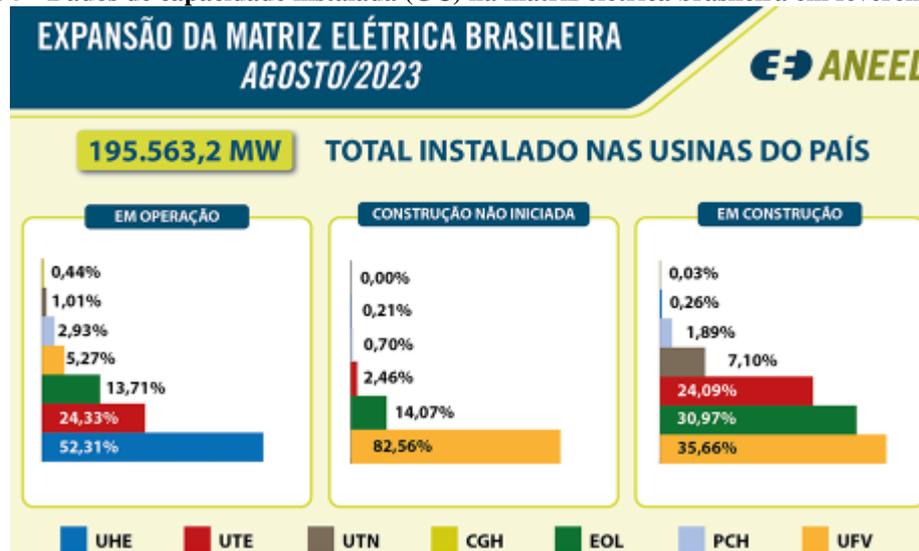
O relatório do SEEG marca os dez anos da iniciativa do Observatório do Clima e diz que, apesar de o Brasil ter cumprido a meta numérica de sua Política Nacional sobre Mudança do Clima, o país não alterou sua trajetória de emissões, nem o perfil de poluição, altamente contaminado por um tipo de emissão (o desmatamento) que não tem virtualmente nenhum impacto positivo no PIB (AGÊNCIA BRASIL. 2023a). Segundo o SEEG (2023) o Brasil falhou em usar a política nacional de clima como um instrumento para uma virada rumo a uma economia de baixo carbono.

O relatório do SEEG apresenta como sugestões a correção da “pedalada” de carbono da NDC (Contribuição Nacionalmente Determinada) brasileira, antes da SB58 (reunião intersessional da UNFCCC em Bonn, em junho de 2023); além da abertura de um processo participativo de construção de uma NDC para 2030 que substitua a primeira e que seja compatível com a meta de 1,5°C. Por fim, propõe a elaboração de um plano de implementação da NDC e o estabelecimento de uma trajetória para as emissões do Brasil, que preveja orçamentos de carbono com valores máximos a emitir a cada ano ou a cada cinco anos, incluindo uma proposta de trajetória de redução de desmatamento e de aumento da regeneração e recuperação florestal (IPAM, 2023).

### 3.6 A MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA

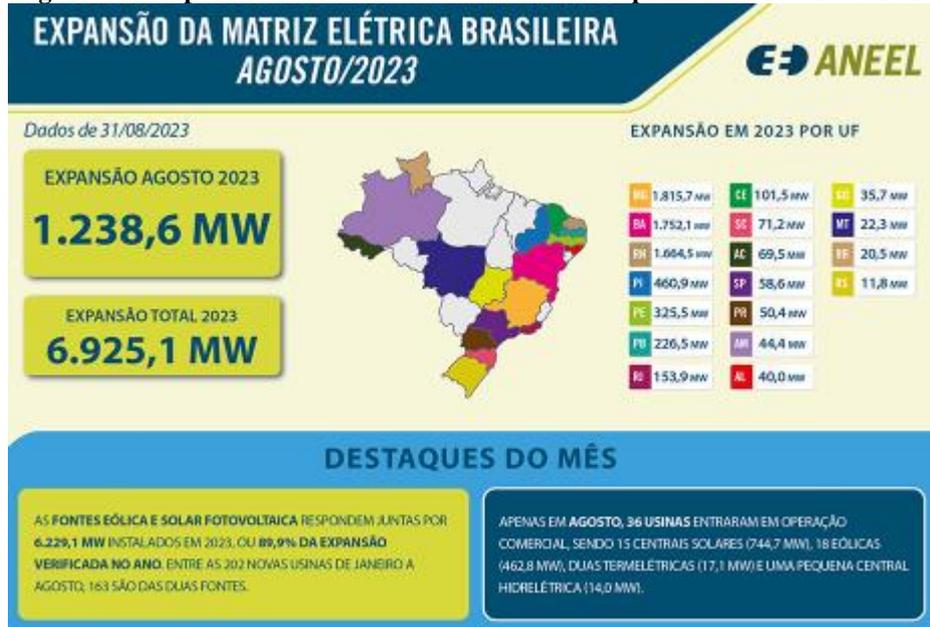
A ANEEL (2023) anunciou que o Brasil alcançou a marca de 195,6 GW de capacidade instalada centralizada na matriz elétrica conectada ao Sistema Interligado Nacional (SIN) em agosto de 2023, sendo 83,78% da geração considerada renovável. A Figura 34 apresenta os dados consolidados de agosto de 2023.

Figura 34 – Dados de capacidade instalada (GC) na matriz elétrica brasileira em fevereiro de 2023



Houve uma grande expansão da matriz centralizada, com a adição de 6,9 GW, sendo que 90% vieram de usinas eólicas e solares fotovoltaicas (ANEEL, 2023). Os destaques do ano, em ordem decrescente, são Minas Gerais, com 1.815,7 MW; Bahia, com 1.752,1 MW; o Rio Grande do Norte, com 1.664,5 MW; e o Piauí, com 460,9 MW. A Figura 35 ilustra esses números.

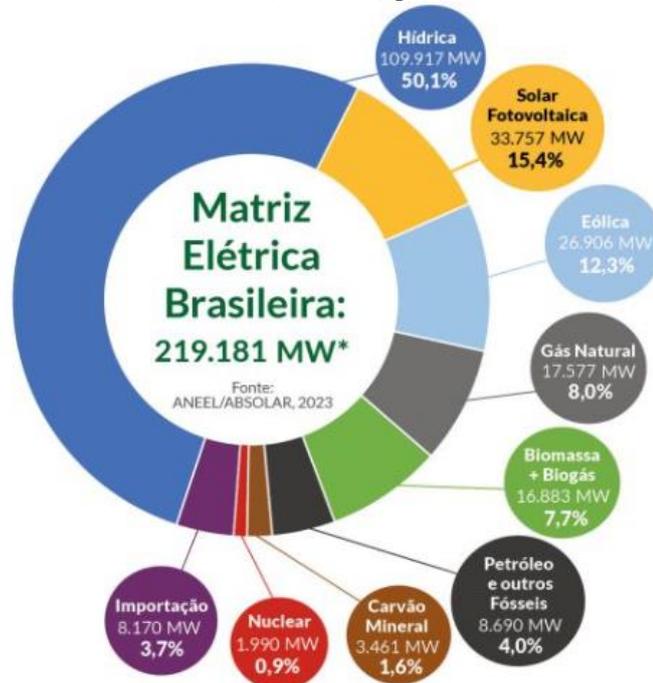
**Figura 35 – Expansão da matriz elétrica brasileira no primeiro bimestre de 2023**



Fonte: ANEEL (2023).

A matriz elétrica brasileira total, que inclui também a geração distribuída, possui capacidade instalada de 219,2 GW, segundo dados da ANEEL até agosto de 2023. A fonte hídrica possui 109,9 GW (50,1%), seguida pela solar fotovoltaica, com 33,8 GW (15,4%), e a fonte eólica, com 26,9 MW (12,3%), conforme apresentado na Figura 36 (ABSOLAR, 2023).

**Figura 36 – Matriz elétrica brasileira (GC e GD) por fonte até 13 de setembro de 2023**

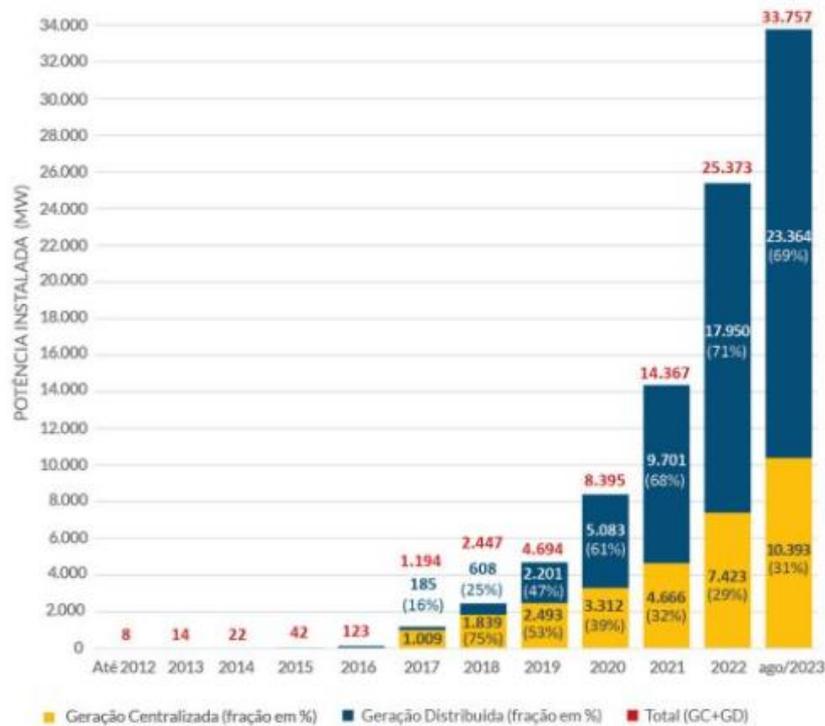


\*A potência total da matriz não inclui a importação e segue critério aplicado pelo MME, que adiciona, nos valores de capacidade instalada, as quantidades de mini e microgeração distribuída associadas a cada tipo de fonte.

Fonte: ABSOLAR (2023), com base nos dados da ANEEL (2023).

A fonte solar fotovoltaica alcançou o segundo lugar na matriz elétrica brasileira desde o final de 2022, sendo que 23,4 GW (69%) são oriundos da geração distribuída e apenas 10,4 GW (31%) da geração centralizada (ABSOLAR, 2023). A geração solar fotovoltaica aumentou 71% de 2021 para 2022, sendo uma ampliação de 78% na GD e 54% na GC. A Figura 37 apresenta a evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil nos últimos anos.

**Figura 37 – Matriz elétrica brasileira (GC e GD) por fonte até agosto de 2023**



Fonte: ABSOLAR (2023), com base nos dados da ANEEL (2023).

De acordo com estudo da Agência Internacional de Energia Renovável (Irena, na sigla em inglês) o Brasil encerrou 2022 na 8ª colocação no ranking mundial de geração de energia solar fotovoltaica, entrando pela primeira vez na história entre os dez primeiros colocados (CANAL SOLAR, 2023a). O Brasil subiu cinco posições no ranking mundial, saindo da 13ª colocação em 2021 para a 8ª em 2022, com 24 gigawatts de potência de energia solar. O ranking é liderado pela China (392 GW), seguida pelos Estados Unidos (111 GW), Japão (78,8 GW), Alemanha (66,5 GW) e Índia (62,8 GW). (CANAL ENERGIA, 2023b).

O próximo capítulo irá abordar o tema do sistema de micro e minigeração distribuída brasileiro, apresentando suas origens e evolução ao longo do tempo no país, bem como o avanço da regulação até os dias de hoje. Ao longo do capítulo o sistema de micro e mini GD, que surgiu como uma alternativa tecnológica importante nos últimos anos, majoritariamente composto por

pequenas usinas descentralizadas solares fotovoltaicas, será comparado com o sistema mainstream vigente, composto por grandes hidrelétricas centralizadas com reservatórios, que passaram por três crises hídricas no período e foram substituídas em grande parte por termelétricas de grande porte, que são muito mais custosas financeiramente para a população, além de ter mais impactos ambientais por conta da emissão de gases de efeito estufa das usinas movidas a combustíveis fósseis, pois a maioria das usinas termelétricas são a gás natural.

#### **4. O MARCO REGULATÓRIO DO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO PAÍS**

Historicamente, o crescimento econômico esteve sempre ligado a um aumento no uso de recursos naturais, sobretudo energéticos, tendo sido acentuado com a Revolução Industrial,

a partir do século XVIII. A maior parte da geração de energia mundial é oriunda de fontes não renováveis tradicionais, como petróleo, carvão mineral e gás natural. Ainda não se sabe por quantos anos a humanidade terá acesso às reservas de combustíveis fósseis, ou por quanto tempo a extração deles será viável economicamente, mas as energias renováveis são o caminho mais viável ambientalmente e economicamente para os próximos anos (LOUREIRO, 2019).

O Brasil tem uma matriz de energia elétrica considerada limpa e renovável, com 50,6% do suprimento de eletricidade total no Brasil originário de fonte hídrica (ABSOLAR, 2023). Considerando somente a geração centralizada no país, o percentual sobe para 56,8%, sendo 53,82% composto por UHEs (usinas hidrelétricas de grande porte- usinas acima de 30 MW) e 2,98% de PCHs (pequenas centrais hidrelétricas -usinas entre 5 e 30 MW) (ANEEL, 2023). Desse modo, a matriz brasileira poderia sugerir que não seria imperativa outra fonte alternativa renovável como nos países com predominância de fontes fósseis. No entanto, o modelo brasileiro de energia elétrica é composta majoritariamente por grandes usinas com transmissão por meio de linhas em alta tensão e posterior distribuição em baixa tensão para os consumidores (MME, 2015). Isso torna necessário grandes investimentos para implantação e transporte de energia, além de haver um grande percentual de perdas devido à grande distância para os grandes centros consumidores.

Em momentos de seca, as hidrelétricas diminuem sua contribuição ao sistema, sendo esta diferença suprida majoritariamente por termelétricas, que podem ser tanto de fonte não renovável (gás natural, carvão, nuclear), como renovável (biomassa). No entanto, no Brasil, a maioria das termelétricas é não renovável e movida a gás natural, tendo alto custo em relação à geração hídrica (D'AVIGNON; VILLELA; HERRERA, 2012). Com isso, para o Brasil se comprometer com as suas NDCs, deve reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, por meio de fontes renováveis alternativas de energia.

Uma política muito importante de incentivo para essas fontes em todo o mundo é através da micro e minigeração distribuída de energia. Em relação à geração de energia, existem dois tipos: centralizada e descentralizada. No Brasil, a geração de energia elétrica conceituada como centralizada ocorre por meio de geradores de grande porte de diversas fontes, renováveis ou não, que são programados e despachados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) no SIN. No entanto, apesar da nomenclatura, essas usinas estão distribuídas ao longo de todos os estados brasileiros, apesar de a maior parte delas estar localizada distante dos grandes centros consumidores.

Por outro lado, a geração descentralizada, também conhecida como geração distribuída (GD) ou dispersa, é uma nova configuração para o setor de eletricidade, que consiste na micro

e minigeração de energia junto ou próxima de onde a energia é utilizada. Os geradores, independente da fonte, são conectados diretamente à rede de distribuição, e a geração distribuída costuma ser utilizada principalmente para abastecer clientes residenciais e comerciais e exportar eventuais excedentes de energia de volta para a rede (FARIA JR; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017).

Os consumidores que estão na GD são chamados de prossumidores, que é uma neologia a partir de duas palavras, produtor e consumidor. A palavra significa que são consumidores que geram a sua própria energia através de fontes limpas e renováveis (MANÇO, 2017). Essa mudança no perfil dos consumidores somente ocorreu com a resolução 482/2012 (ANEEL, 2012), que mudou o paradigma da geração brasileira, gerando energia próxima dos consumidores. Nos últimos anos, houve um aumento expressivo desses prossumidores no mercado de energia, devido à queda no custo das fontes alternativas renováveis de pequeno porte, sobretudo da solar (ABDIB, 2019).

Para entender como foi normatizada a geração distribuída, é necessário a compreensão da transformação do setor elétrico brasileiro ao longo das últimas décadas, sobretudo na transição dos governos Fernando Henrique Cardoso e Luiz Inácio Lula da Silva, quando houve a criação do novo modelo do Setor elétrico brasileiro (SEB). O modelo foi criado em 2004 em resposta aos apagões ocorridos em diversas regiões do país em 2001, que resultaram no racionamento de eletricidade. A queda na produção de energia elétrica nesse período foi oriunda da pouca afluência dos rios no período, com reservatórios hidrelétricos em níveis muito baixos, e com falta de preocupação dos agentes do setor em garantia de suprimento em situações de crise (PINTO JÚNIOR *et al.*, 2007).

#### 4.1 AS RAÍZES DO NOVO MODELO DO SEB E A CRISE DO “APAGÃO” DE 2001

Até 1995, o setor elétrico brasileiro era caracterizado pela sua verticalização, com empresas predominantemente estatais, que detinham todas as atividades (geração, transmissão e distribuição) por meio de monopólio. Ou seja, não havia competição, já que o mercado era totalmente regulado, incluindo tarifas para todos os segmentos, e as melhorias do sistema eram financiadas por meio de recursos públicos (PAIXÃO, 2000).

O governo FHC (1995-2002) foi conhecido pelo liberalismo econômico e, após a implantação do Plano Real, que estabilizou a economia e combateu a inflação, resolveu acelerar o programa de privatizações e incluiu no pacote empresas de energia. Em 1995, o governo sancionou as leis 8.987, a Lei das Concessões, e a Lei 9.074, que criou o Mercado Livre de

Energia Elétrica no Brasil e trata das outorgas e prorrogações de concessões de serviços públicos (COSTA FILHO, 2012).

A mudança no modelo do setor elétrico vigente na época foi realizada em 1996, coordenada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e com a participação de técnicos brasileiros e da consultoria inglesa Coopers&Lybrand, que definiu o arcabouço conceitual e institucional do setor, e já tinha experiência de reforma do setor elétrico em países como Portugal, Colômbia, Grã-Bretanha etc. (PAIXÃO, 2000).

Os principais objetivos do Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico, conhecido como Re- SEB, eram: assegurar a oferta de energia; estimular o investimento no setor; reduzir os riscos para os investidores, garantindo a modicidade tarifária; maximizar a competição no setor; incentivar a eficiência; garantir o livre acesso aos produtores independentes; assegurar a expansão hidrelétrica; fortalecer o órgão regulador; manter a otimização operacional; definir novas funções da Eletrobras; e adequar a qualidade do fornecimento à necessidade do mercado e à modicidade tarifária (PAIXÃO, 2000).

Desse modo, o modelo em vigor passou a contemplar uma redução do papel do Estado como agente setorial para ter uma função de indutor de investimentos, com a introdução gradual do mercado livre de energia elétrica, a competição no segmento de geração, a privatização e cisão das empresas verticalizadas em geração, transmissão e distribuição (MEGAWHAT, 2023a).

O Re-SEB admitiu duas modalidades de consumidor, de acordo com a maneira que adquirem energia elétrica. Os consumidores regulados ou cativos são aqueles que só podem adquirir a energia elétrica exclusivamente da concessionária de distribuição da região em que estão localizados. Por outro lado, os consumidores livres podem comprar eletricidade de diversos fornecedores, sendo eles geradores, ou por intermédio de comercializadores, por meio de livre negociação de preço, prazo e quantidade (SCHOR, 2016).

O modelo estatuiu a criação da entidade reguladora do setor, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Lei nº 9.427/1996, com o objetivo de fiscalização, mediação e regulação econômica sobre os agentes e atividades desenvolvidas (geração, transmissão, distribuição e comercialização) de eletricidade no Brasil (LEITE, 2009). O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) foi instituído com a Lei nº 9.648/1998, com a responsabilidade de coordenar e controlar a operação e as instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional (SIN), administrando assim, a rede básica de transmissão de energia no Brasil. Fornece as informações que servirão de base para a definição dos Preços de Liquidação de Diferenças (PLD) (ONS, 2023a).

O SIN é o sistema multifontes de transmissão de grande porte, que interliga todas as regiões brasileiras e é responsável por transmitir cerca de 99%, constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/ Centro-Oeste, Nordeste e Norte. Esse sistema foi escolhido devido à grande extensão territorial do país, mas possui como desvantagem perdas consideráveis no transporte de energia, que podem ser corrigidas, em grande parte, pela geração distribuída. O sistema isolado é aquele que não está conectado ao SIN, representando menos de 1% da carga total (cerca de 235 localidades), predominantemente na região norte do Brasil (ONS, 2023b). Já o PLD é uma das variáveis que determinam a cor da bandeira tarifária a ser acionada em cada mês subsequente (CHAGAS, 2008).

A principal característica da modelagem da indústria de eletricidade com o Re-SEB foi a criação do Mercado Atacadista de Energia (MAE), também previsto na Lei nº 9.648/1998, que gerenciava os contratos celebrados entre os diversos agentes e a determinação do preço da energia comercializada (PAIXÃO, 2000). Este foi substituído pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), instituída pelo novo modelo do SEB em 2004, pela Lei nº 10.848 e estabelecida pelo Decreto nº 5.177.

Segundo Pinto Júnior *et al.* (2007), o grande problema do Re-SEB foi a falta de importância na coordenação interinstitucional, pois não criaram um mecanismo de segurança para o caso de situações críticas. Diante disso, o Brasil sofreu com a Crise do “Apagão” de 2001, que foi uma crise de fornecimento e distribuição de energia elétrica que levou a um racionamento de energia da população, ocasionada pela redução do nível das chuvas em 2000 e da ausência de infraestrutura e de planejamento energético no país (CHAGAS, 2008).

O racionamento foi produto de uma série de fatores, sendo um deles a expansão do parque gerador, pois a privatização levou a uma ineficácia dos mecanismos que incentivavam a iniciativa privada a investir no setor elétrico brasileiro, de tal maneira que não havia grandes projetos de expansão do parque gerador entre o final da década de 90 e o início dos anos 2000. Segundo Cuberos (2008), quando ocorreu a interseção entre oferta e demanda a única saída foi o racionamento, além de o planejamento de transmissão ter sido deixado de lado pelo governo, o que deixou a malha sobrecarregada, comprometendo o intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do país.

O governo até tentou resolver o problema da geração em fevereiro de 2000 por meio do Programa Prioritário de Termelétricas (PPT), que previa a construção de 49 usinas termelétricas, totalizando 15 GW de capacidade instalada ao sistema interligado, porém a iniciativa privada criou uma série de restrições. Com isso, o programa demorou 1 ano e meio a ser posto em prática, não tendo tempo hábil para evitar o racionamento, bem como somente

10% das da capacidade instalada foi posta em funcionamento (1,5 MW), devido à baixa adesão do setor privado (CUBEROS, 2008).

#### 4.2 O NOVO MODELO DO SEB E O PROINFA

Devido ao problema com a crise energética vivenciada entre os anos de 2001 e 2002, houve uma maior preocupação do setor elétrico em relação à segurança do abastecimento, sem deixar de lado a modicidade tarifária, o que levou às modificações na política estatal e na regulação do setor nacional, que ocorreram com a Lei nº 10.848, de março de 2004, e com o Decreto nº 5163/2004 durante o primeiro mandato do presidente Lula (PINTO JÚNIOR *et al.*, 2007).

A lei instituiu as bases do chamado Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro, que criou as instituições do Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e da Empresa Brasileira de Pesquisa Energética (EPE) (MME, 2023). Além disso, entidades existentes receberam novas atribuições ou tiveram redefinição de algumas de suas atividades. A Figura 38 apresenta a estrutura organizacional do novo modelo do SEB.

Figura 38 – Estrutura organizacional do novo modelo do SEB



Fonte: PRADO (2021).

O CMSE tem como função monitorar permanentemente a segurança de abastecimento contínuo no país, acompanhando as atividades de geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica (MME, 2023).

A CCEE substituiu o MAE e é responsável pela operação comercial do setor, que instituiu dois ambientes de negociação e contratação de energia elétrica: ambiente de contratação livre (ACL) e ambiente de contratação regulada (ACR). No ambiente livre, os agentes geradores, comercializadores, importadores e consumidores livres negociam livremente os preços, prazos e volumes a serem firmados nos contratos de compra e venda de energia.

Já no ACR, os únicos compradores de energia são os agentes de distribuição. Os vendedores, porém, podem ser os mesmos do ambiente livre, sugerindo assim a presença da competitividade entre tais agentes, já que estes concorrem pela obtenção de contratos independentemente do tipo de ambiente. Os agentes geradores (concessionários de serviço público de geração, produtores independentes de energia ou autoprodutores), assim como os

comercializadores, podem vender energia elétrica nos dois ambientes (ACL e ACL), desde que mantenham o caráter competitivo da geração. Os contratos são registrados na CCEE, sendo as diferenças contabilizadas e liquidadas no mercado de curto prazo (MCP) (CCEE, 2023).

A EPE tem o objetivo de prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) com pesquisas destinadas aos seguintes temas: planejamento energético (curto e longo prazo), energia elétrica, petróleo, gás natural, derivados e biocombustíveis. O Plano Decenal de Energia (PDE) criado pela EPE visa à expansão das hidrelétricas e de fontes alternativas renováveis, como eólicas, pequenas centrais hidrelétricas e bioeletricidade, além da expansão dos biocombustíveis, da energia solar e a melhoria da eficiência energética (MCTI, 2016).

O novo modelo também previu a realização de leilões de compra de energia para as distribuidoras atenderem o seu consumo, pelo menor preço da tarifa. Além disso, estabeleceu o conceito de lastro para os agentes de geração e comercialização, isto é, estes devem atrelar suas operações na energia gerada por uma usina de energia elétrica (SCHOR, 2016).

Essa melhora na coordenação interinstitucional da última reforma do setor elétrico em 2004 fez com que as crises hídricas de 2014 e 2021 não provocassem o racionamento de energia no país novamente, mesmo com baixa afluência, pois a maior diversidade de fontes do parque energético, a ampliação da capacidade instalada e a melhoria na malha de transmissão do Brasil asseguraram o abastecimento. Apesar disso, as altas tarifas de energia praticada nesses períodos indica que a modicidade tarifária não ocorreu durante a gestão dos períodos críticos, e deve ser aprimorada pela regulação e política setorial vigentes (PINTO JUNIOR *et al.*, 2007).

É importante citar que esse é o modelo vigente até hoje no Brasil, apesar de ter existido em 2017 a Consulta Pública 33, que previa uma nova reformulação do setor elétrico brasileiro no governo Temer. No entanto, a minuta de projeto de lei oriunda da Consulta não foi apresentada ao Congresso Nacional, embora parte das propostas tenham sido absorvidas no PL 1.917/2015, que prevê a modernização e abertura do setor elétrico brasileiro, e ainda se encontra em tramitação na Câmara (MEGAWHAT, 2023a).

Uma política muito importante no novo modelo do SEB é o Programa Brasileiro de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei 10.438/2002 e operacionalizado a partir de 2004 pelo MME (PLANALTO, 2004). O programa surgiu como instrumento para a diversificação da matriz energética nacional, garantindo assim maior confiabilidade e segurança ao abastecimento por meio do incentivo à energia de fontes alternativas renováveis de pequeno porte (eólica, PCH e biomassa) produzida por produtores independentes autônomos, que não teriam meios de se desenvolver somente com os

mecanismos de mercado. A fonte solar não entrou no programa por ser considerada de custo muito alto, na época (DUTRA, 2007).

Seguindo a tendência de vários países da Europa, o programa estipulou uma tarifa de compra de energia (*feed-in*) para projetos com contratos para 20 anos, que possuíam a garantia de contratação nesse período pela Eletrobrás, que se tornou a responsável pela comercialização (SALINO, 2011). Esse mecanismo inclui na tarifa paga pelo consumidor uma parcela para permitir o ingresso de energia de fontes alternativas renováveis na matriz energética do país, sem criar um tributo ou subsídio específico (D'AVIGNON; VILLELA; HERRERA, 2012). Dessa maneira, o produtor vende a energia gerada por uma tarifa diferenciada, ou seja, por um preço mínimo (estipulado pelo governo) para a concessionária, quando este conecta sua usina na rede (DUTRA, 2007).

O programa foi responsável por estímulo à indústria nacional (grau de nacionalização dos equipamentos igual ou acima de 90%), incentivo à participação de vários Estados no programa e exclusão dos consumidores de baixa renda do pagamento do rateio da compra da nova energia (D'AVIGNON; VILLELA; HERRERA, 2012). Além disso, obteve sucesso na geração de empregos diretos e indiretos e contribuiu para a redução dos impactos ambientais, ao ampliar a utilização de fontes alternativas renováveis de pequeno porte (DUTRA; SZKLO, 2006)

A primeira fase teve sucesso, ao abrir os caminhos e criar um mercado, o que possibilitou a realização de leilões específicos para essas fontes alternativas de pequeno porte, que tinham barreiras à entrada por conta do maior custo por MWh, sobretudo de eólica. Como exemplo disso, a capacidade de geração de energia eólica no Brasil aumentou de 27,1 MW, em 2005, para 10.740 MW, em 2016, ao mesmo tempo em que os preços diminuíram de R\$ 365,56, nas primeiras usinas, para R\$ 129,97, nos leilões realizados em 2014, e R\$ 178,00, em 2015 (DINIZ, 2018). Por isso, foram descartadas as outras fases, já que os leilões específicos tiveram continuidade e a queda do custo dessas fontes permitiu maior competitividade e ganho de escala no país.

Esse programa foi um dos precursores da geração distribuída no Brasil, que vem tentando consolidar incentivos à fonte solar no país. Em 2010, foi criada a Consulta Pública 15 da ANEEL, com objetivo de diminuir as barreiras de incentivo à geração distribuída no país, por meio de contribuição dos agentes do setor elétrico e da sociedade como um todo. Segundo Miranda (2013), os principais pontos apontados pela Consulta foram:

- Dificil operação de sistemas em operação paralela à rede, pelas distribuidoras. A geração pulverizada de uma série de microgeradores pode causar distúrbios,

ilhamento, injeção de energia de má qualidade e carregamento excessivo da rede;

- Difícil operação de sistemas em operação paralela à rede, pelas distribuidoras. A geração pulverizada de uma série de microgeradores pode causar distúrbios, ilhamento, injeção de energia de má qualidade e carregamento excessivo da rede;
- Limite de repasse à tarifa de energia em razão da contratação de uma geração distribuída, normalmente mais cara. O teto estipulado é o chamado valor de referência, bastante abaixo, por exemplo, do custo nivelado referente à geração fotovoltaica
- Indefinição acerca da efetivação de mecanismos de incentivo tais como *feed in tariffs* e *net metering*. Especificamente para o *net metering*, levanta-se a questão sobre de que forma a compensação de energia é feita
- Desconto de 100% na TUSD/TUST para fonte solar fotovoltaica
- Importância de garantia à conexão e injeção de eletricidade na rede pelo agente gerador, bem como a garantia de compra pela concessionária de toda a eletricidade produzida pelo agente gerador.

A política pública de GD teve seu início no país liderada pela Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD), departamento responsável pelos serviços de distribuição da ANEEL. A SRD publicou a Nota Técnica nº 43/2010 para abrir um processo de consulta pública para discutir possibilidades de regular o acesso à rede de distribuição por projetos de geração em pequena escala (ANEEL, 2010). A NT explicou que já existia uma colcha de retalhos de normas para geração em pequena escala no Brasil, mas que não eram suficientes para atender às necessidades de um processo simplificado que reduzisse os custos de transação e fosse tecnicamente apropriado para o caso da geração distribuída em pequena escala (PAL, 2010).

#### 4.3 NORMAS QUE REGULAM A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

No entanto, a geração distribuída para micro e minigeração só foi normatizada pela ANEEL em 12 de abril de 2012, através da Resolução Normativa nº 482 da ANEEL (2012), e usa principalmente a tecnologia fotovoltaica, apesar de utilizar outras fontes alternativas renováveis de pequeno porte (eólica, biogás e PCHs), e a cogeração qualificada. Essa política

destacou a falta de incentivos à geração em pequena escala no Brasil e à baixa penetração das fontes alternativas renováveis no sistema, diferentemente do que estava ocorrendo no início do século XXI na China, nos Estados Unidos e na Europa (GARCEZ, 2017).

O apelo por fontes alternativas renováveis no Brasil é menor que em outros países devido à sua matriz ser considerada renovável, majoritariamente composta por grandes hidrelétricas conectadas ao SIN. Como foi explicado anteriormente, essa opção foi a escolha tecnológica do país, devido às suas características continentais e ao custo reduzido desta fonte, embora as hidrelétricas de grande porte possam acarretar em impactos socioambientais relevantes e em grandes perdas no transporte de energia, pois estão longe dos centros consumidores, além da dependência de outras fontes no período de seca, como as termelétricas, majoritariamente movidas a combustíveis fósseis no Brasil. No entanto, nas últimas décadas e sobretudo desde o início do milênio, o endurecimento das leis ambientais dificultaram a construção de grandes hidrelétricas com reservatórios e até a fio d'água no país, que é a fonte mais utilizada no país e a mais barata.

A REN 482/2012 estabeleceu as condições gerais ao acesso de micro e minigeração distribuída ao SIN, sendo microgeração a eletricidade proveniente de central geradora com capacidade instalada de até 100 kW e minigeração plantas com capacidade instalada entre 100 kW até 1 MW (MIRANDA, 2013). A primeira regulação permitia somente a modalidade de geração junto à carga, que consiste na instalação de central geradora no mesmo local onde a energia será consumida, como é o caso da instalação de um painel fotovoltaico no telhado das residências, conectados ao circuito elétrico da casa por meio de um medidor.

A Resolução 517/2012 foi publicada pela ANEEL para esclarecer melhor a Resolução 482/2012 em relação ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), sendo o sistema enquadrado como um empréstimo gratuito, para diferenciar de compra e venda de energia, de modo a evitar questões tributárias incidentes sobre a contabilização de energia injetada (SOUZA, 2020).

Outro subsídio que foi utilizado pela geração distribuída em alguns países da Europa, como a Alemanha, foi a criação de tarifa *feed-in*. Esse mecanismo consiste em uma tarifa mínima para os produtores das fontes alternativas, de forma a permitir a redução de barreiras a entrada para esse tipo de geração, sendo esse mecanismo reduzido ao longo do tempo, para estimular a redução do custo (DALVI; OLIVEIRA FILHO; RODRIGUES, 2017). No Brasil, essa tarifa não foi utilizada em grande escala após o Proinfa, que foi uma política muito importante para a entrada das eólicas no mercado de energia brasileiro, como citado anteriormente. Desse modo, seria muito importante que o país adotasse tarifas *feed-in*,

sobretudo para as usinas de cogeração a partir da biomassa da cana de açúcar, que não tiveram o desenvolvimento esperado nos últimos anos e enfrentam muitas dificuldades para ganhar escala (MICROGERAÇÃO FV, 2016).

A Resolução Normativa 687/2015, que é a vigente, possui alguns aperfeiçoamentos em relação à REN n° 482/2012, como a compensação dos créditos por até 60 meses, bem como a definição da microgeração como a central geradora de energia elétrica com potência instalada de até 75 kW, enquanto a minigeração possui centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2015b). A resolução anterior (n° 482/2012) tinha o tamanho máximo dos projetos em 1 MW. Além disso, a nova regulamentação passou a permitir projetos em local diferente do consumo (geração remota), em empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (EMUC) e geração compartilhada, entre outros recursos que permitem aplicação e faturamento simplificados (CASTRO, 2016).

O autoconsumo remoto consiste na geração de energia em um local diferente de onde será consumida, desde que tenham a mesma titularidade (CPF ou CNPJ). Já a geração compartilhada permite a união de consumidores, por meio de consórcio ou cooperativa, para a instalação de uma central geradora remota, compartilhando a energia injetada entre eles.

Por fim, o EMUC representa a repartição de energia gerada entre as unidades consumidoras de um mesmo condomínio, podendo ser para compensar o consumo de energia das áreas comuns e de uso coletivo do condomínio, ou para suprir o consumo de cada consumidor, de acordo com cotas estabelecidas entre os integrantes (SOUZA, 2020). No entanto, essa modalidade foi a menos difundida, devido à inexistência de áreas comuns para atendimento de toda a carga, estacionamentos sombreados por edificações vizinhas, telhados ocupados por antenas e falta de terrenos contíguos a condomínios urbanos (BUIATTI, 2018).

Em 2015, o MME lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) por meio da Portaria n°538/2015, a fim de estimular os consumidores a gerar energia por meio de fontes renováveis de pequeno porte, em especial a solar fotovoltaica, além de reduzir gastos com a eletricidade (ALVES, 2019). Dessa forma, houve a institucionalização de uma política pública nacional, com o Estado como indutor dessa alternativa ao paradigma tecnológico tradicional. Além disso, o MME promoveu a implantação de GD em edificações públicas, comerciais, residenciais e industriais, por meio de incentivos como linhas especiais de financiamento e isenção de impostos (SOUZA, 2020).

Posteriormente foi lançada a REN 786, de 17 de outubro de 2017, que reduziu o limite máximo das centrais geradoras de fontes hídricas para 3MW, além de vetar o enquadramento como GD de usinas que já que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou

autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou, ainda, tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, cabendo à própria distribuidora identificar esses casos (ANEEL, 2017).

Em maio do ano seguinte, a ANEEL (2018) lançou a Consulta Pública nº 10/2018, por meio da Nota Técnica nº 0062/2018-SRD/SCG/SRM/SGT/SRG/SMA/ANEEL, com o objetivo de apresentar o processo de revisão da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 aos agentes interessados, bem como subsidiar o relatório de Análise de Impacto Regulatório – (AIR). A nota técnica ainda previa esse cronograma apresentado no Quadro 4.

**Quadro 4 – Resumo das atividades de revisão da REN nº 482/2012**

<b>Atividade</b>	<b>Previsão</b>
Consulta Pública (etapa discutida nesta presente Nota Técnica)	1º semestre de 2018
Audiência Pública para discussão do Relatório de AIR	2º semestre de 2018
Audiência Pública para discussão da minuta de texto (REN e PRODIST)	1º semestre de 2019
Publicação da Resolução aprimorada	2º semestre de 2019

Fonte: ANEEL (2018).

Quando o sistema de *net metering* ocorre no cliente de baixa tensão da GD, este deixa de pagar diversos componentes da tarifa de fornecimento sobre a parcela de energia consumida que é compensada pela energia injetada, como a remuneração pelo uso da rede de distribuição (TUSD), o que gera um subsídio cruzado e aumento das tarifas dos clientes das distribuidoras, como já foi mencionado. A proposta, segundo a ANEEL (2018), busca corrigir essas distorções, por meio da redução dos subsídios dos clientes de GD, através de correção na valoração da energia injetada na rede.

Segundo a proposta da ANEEL (2018), foram feitas análises de 6 alternativas de compensação da energia injetada, de acordo com os diferentes componentes da tarifa, sendo elas:

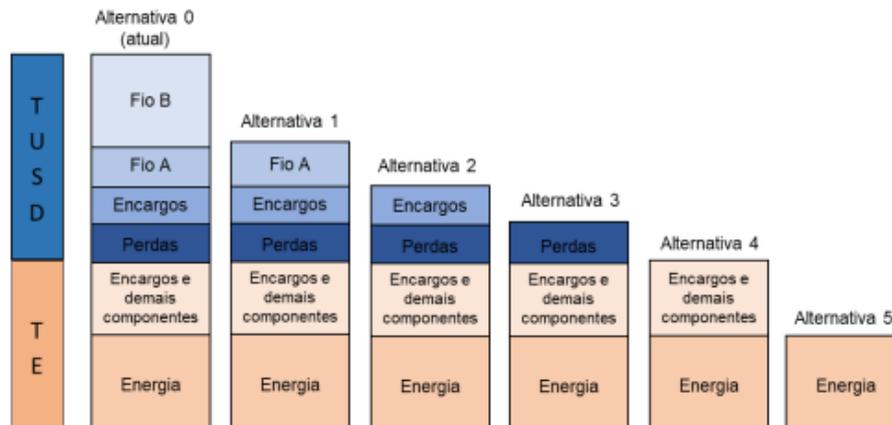
- Alternativa 0 – cenário atual, no qual a compensação da energia injetada se dá por todas as componentes da TE e da TUSD.
- Alternativa 1 – Incide Fio B: o componente Transporte Fio B incidiria sobre toda a energia consumida da rede. Os demais componentes tarifários continuariam incidindo sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede.
- Alternativa 2 – Incide Fio A e Fio B: os componentes referentes ao Transporte (Fio A e Fio B) incidiriam sobre toda a energia consumida da rede. As demais

parcelas da tarifa continuariam incidindo sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede.

- Alternativa 3 – Incide Fio A, Fio B e Encargos: equivalente à alternativa anterior, mas incluindo a parcela de Encargos da TUSD entre os componentes que seriam aplicáveis a todo o consumo de energia registrado na unidade.
- Alternativa 4 – Incide em toda a TUSD: com esta alternativa, os componentes da TE incidiriam sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede, de maneira que a TUSD continuaria incidindo sobre toda a energia consumida da rede.
- Alternativa 5 – Incide em toda a TUSD e nos Encargos e demais componentes da TE: nesse caso, apenas o componente de Energia da TE incidiria sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede. Os demais componentes tarifários incidiriam sobre toda a energia consumida da rede.

Souza (2020) apresentou de forma gráfica as 6 Alternativas propostas pela ANEEL, conforme ilustrado na Figura 39.

**Figura 39 – Alternativas de compensação da energia em função dos componentes tarifários**



Fonte: SOUZA (2020).

No caso da GD local, as análises da ANEEL (2018) apontam que a manutenção das regras atuais indefinidamente levam a custos mais elevados para os consumidores que não optarem pela geração descentralizada. Foi sugerido a manutenção das regras atuais até que a GD atinja o parâmetro de 3,365 GW no Brasil, alterando posteriormente o sistema de compensação, de modo que a TUSD Fio B deixe de ser compensada (Alternativa 1). No cenário proposto pela Agência, até 2035 serão atingidos 17 GW de micro e minigeração local, com

redução de aproximadamente 60 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e geração de quase 433 mil empregos (ANEEL, 2018).

Em relação à geração distribuída para compensação remota, os dados da análise da Aneel (2018) mostram que os custos seriam muito maiores, da ordem de R\$68 bilhões para os usuários, e não foram encontrados casos no mundo em que ela seja tão expressiva quanto no Brasil. Os custos seriam reduzidos em 98%, segundo o estudo, caso a Alternativa 3 seja adotada ainda em 2020, que engloba incidência da TUSD fios A e B, e de encargos. No entanto, caso houvesse um cenário de transição, mantendo as regras vigentes atualmente por mais alguns anos, alterando a forma de compensação para a Alternativa 1 quando o mercado estivesse mais consolidado (na marca da 1,25 GW de potência no país) e, em um segundo momento (quando a GD remota representasse 2,13 GW), passaria a ser aplicada a Alternativa 3. Dessa forma, na transição gradual, estima-se alcançar potência de quase 22 GW em 2035, com redução de emissão de CO<sub>2</sub> da ordem de 74 milhões de toneladas e com uma geração estimada de quase 550 mil empregos no período analisado (ANEEL, 2018). Além dessas alternativas, existem os seguintes cenários: a Alternativa 2, que engloba incidência da TUSD fios A e B; Alternativa 4, que incide toda a TUSD; e Alternativa 5, que incide toda a TUSD, e os encargos e demais componentes da TE (ANEEL, 2018).

A geração remota no Brasil teve um grande aumento em pouco tempo, com uma proporção muito maior na GD total do que em alguns estados americanos, como Nova York, pois o sistema de *net metering* do Brasil exclui o cliente de diversas taxas, como já foi informado (ANEEL, 2019).

Por conta dessas distorções, em outubro de 2019, a ANEEL resolveu estabelecer a Consulta Pública nº 25/2019, por meio de apresentação de minuta de nova regulação, para a revisão das normas da GD, com base na nota técnica apresentada na Consulta Pública nº 10/2018. A minuta (Nota Técnica nº 0078/2019) faz a seguinte proposição em relação ao sistema de compensação de energia elétrica (SCEE), para a geração junto à carga e autoconsumo remoto (ANEEL, 2019):

Geração junto à carga:

- Consumidores já existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso completa antes da publicação da norma: continuam com as regras atualmente vigentes para o sistema de compensação até o final de 2030 (31/12/2030). A partir desta data, passam para a Alternativa 5 (compensação somente da componente tarifária TE Energia);

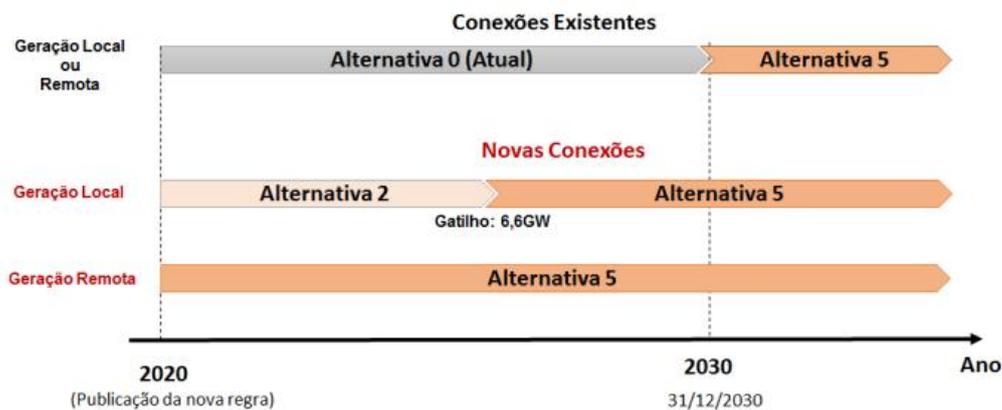
- Consumidores que protocolarem solicitação de acesso após a publicação da norma: será aplicada a Alternativa 2 (em que não são compensadas as componentes tarifárias TUSD Fio B e Fio A), alterando para a Alternativa 5 (compensação somente da componente tarifária TE Energia) quando atingida a potência instalada adicional de 4,7 GW.

Autoconsumo remoto:

- • Consumidores já existentes e aqueles que protocolarem solicitação de acesso completa antes da publicação da norma: continuam com as regras atualmente vigentes para o sistema de compensação até o final de 2030 (31/12/2030). A partir desta data, passam para a Alternativa 5 (compensação somente da componente tarifária TE Energia);
- • Consumidores que protocolarem solicitação de acesso após a publicação da norma: será aplicada a Alternativa 5 (compensação somente da componente tarifária TE Energia).

A Figura 40 ilustra as alterações apresentadas. Desse modo, a mudança da Alternativa 2 para a Alternativa 5 ocorre quando o país atingir o limite de 6,6 GW de capacidade instalada de micro e minigeração distribuída na geração junto à carga (geração local).

**Figura 40 – Nova proposta de Compensação da Energia, apresentada na Consulta Pública nº 25/2019**



Fonte: SOUZA (2020).

Além disso, a nova proposta propunha uma alteração na forma de contratação de demanda das usinas de minigeração distribuída de unidades consumidoras do grupo A. A nova proposta sugere dupla contratação de demanda para esse perfil de prossumidor. Para unidades de geração junto à carga, foi proposta uma demanda referente à unidade consumidora e outra para a central geradora (ANEEL, 2019). Segundo a ANEEL (2019), isso foi feito pois o minigerador continua enquadrado como consumidor regulado, mas a dupla contratação

remuneraria o uso da rede e procedimentos de conexão, de acordo com o uso que ele fez da rede de distribuição. Para a microgeração essa regra não deve ser aplicada, mantendo-se as regras anteriores.

#### 4.4 ESTRUTURA TARIFÁRIA DO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Para entender o porquê da grande adesão ao sistema de geração distribuída no Brasil, é fundamental compreender como funciona a estrutura tarifária da energia elétrica no país e sua evolução ao longo do tempo. Até o início da década de 1990, antes do processo de privatização do setor elétrico brasileiro, o país tinha um mesmo valor pelo uso de energia elétrica.

Segundo Miranda (2013), as Leis n° 8631/1993 e 8987/1995 estabeleceram o fim do regime de tarifa único, com a sinalização de que a partir daquele momento o valor a ser pago fosse estabelecido pelas concessionárias de energia, bem como os reajustes tarifários ao longo do tempo, de modo a manter o equilíbrio econômico-financeiro dessas companhias.

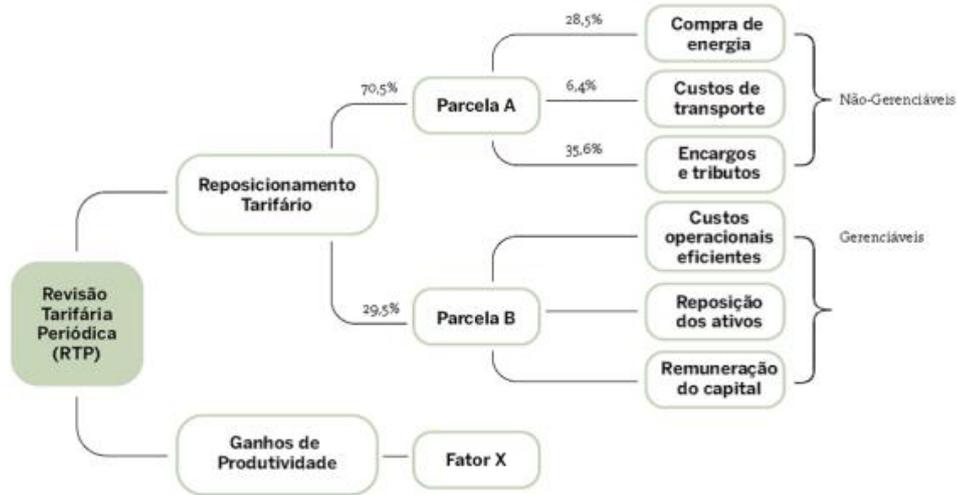
As distribuidoras de energia elétrica possuem contrato de concessão por determinado período com a União, que permite que elas atuem na área designada e possam promover em períodos estipulados um reajuste tarifário, a ser calculado de três maneiras distintas: reajuste tarifário anual, revisão tarifária periódica e revisão tarifária extraordinária (ANEEL, 2005). Esse reajuste é responsável por manter a tarifa vigente a um valor que cubra os custos do serviço de distribuição, que é um monopólio natural, ou seja, não se reduzem os custos através da concorrência nesse segmento. O modelo tarifário segue as práticas do modelo de regulação por incentivo, onde as distribuidoras são estimuladas a ter resultados eficientes (ASEVEDO, 2011).

A estrutura tarifária para as distribuidoras de energia elétrica do Brasil está no submódulo Procedimentos de Regulação Tarifária (PRORET) da ANEEL. O regulador tem a função de fiscalizar o serviço e a tarifa imposta pela concessionária aos consumidores finais, que deve ser justa e o serviço eficiente (PINDICK; RUBINFELD, 2000). A conta de energia elétrica engloba os custos de energia comprada dos grandes geradores de energia em leilões, transporte, distribuição, perdas e encargos setoriais, como PIS/CONFINS, ICMS e a contribuição para luz pública.

Os custos das distribuidoras são divididos em duas parcelas, sendo a Parcela A conhecida como custos não-gerenciáveis, e a Parcela B os custos gerenciáveis. A distribuidora não retém qualquer percentual sobre os valores não-gerenciáveis, recolhendo-os dos consumidores e repassando aos agentes competentes, pois se referem à geração e à transmissão de energia contratada pela distribuidora, para atendimento de seu mercado, bem como a

encargos e tributos. Os custos gerenciáveis, por outro lado, prestam-se a remunerar serviços executados diretamente pela distribuidora, além da cota de depreciação e a própria remuneração do investimento realizado (SCHOR, 2016). A Figura 41 apresenta as duas parcelas:

**Figura 41 – Composição da Tarifa de Energia Elétrica no Brasil**



Fonte: ASEVEDO (2011).

Um dos motivos da tarifa de energia elétrica estar entre as mais altas do mundo consiste no alto nível de perdas, embora a alta carga tributária seja a principal causa (CINTRA, 2007). A tarifa de energia elétrica no Brasil é dividida em duas categorias (ANEEL, 2017):

- a) Tarifa de Energia (TE);
- b) Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD).

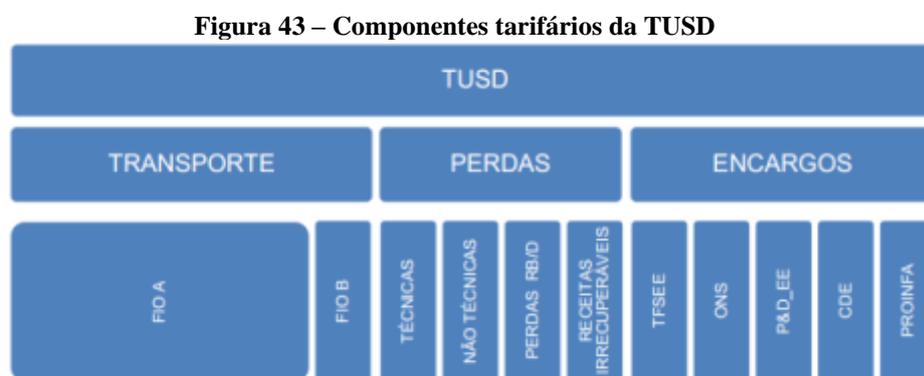
A TE representa o montante relativo aos custos da compra de energia elétrica que as distribuidoras fazem nos leilões realizados pela CCEE, ao custo do transporte da energia de Itaipu e sua rede básica, às perdas técnicas e aos encargos setoriais. A Figura 42 apresenta os componentes tarifários da TE (ANEEL, 2017).

**Figura 42 – Componentes tarifários da TE**



Fonte: ANEEL (2017).

Já a TUSD é a soma da remuneração das distribuidoras pelos investimentos e serviços prestados aos clientes, do transporte de energia pela rede de transmissão (fio A) e distribuição (fio B), dos encargos e das perdas técnicas do setor. Esses encargos (Serviços do Sistema -ESS, Energia de Reserva- EER, Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética - P&D, Compensação Financeira sobre Uso de Recursos Hídricos -CFURH e Conta de Desenvolvimento Energético -CDE, Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE, Contribuição para o Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS e Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA) financiam as políticas energéticas e o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro (SOUZA, 2020). A Figura 43 apresenta os componentes tarifários da TUSD (ANEEL, 2017).



Fonte: ANEEL (2017).

Desse modo, a estrutura tarifária apresenta a separação entre o custo da energia e dos custos do serviço de distribuição, sendo ambos remunerados de acordo com o consumo de energia (R\$/MWh), e são diferentes de acordo com a subclasse de tensão, as modalidades e o posto tarifário.

A REN 1000/21, que revogou a REN 414/2010, (ANEEL, 2021), define unidades consumidoras em dois grupos (A e B) de acordo com o fornecimento da tensão da rede. O Grupo A compreende aqueles atendidos com tensão igual ou superior a 2,3 kV, e é caracterizado pela tarifa binômia, que considera o consumo de energia elétrica (R\$/MWh) e a demanda de potência contratada (R\$/kW). Eles podem ser tarifados na modalidade horária azul ou verde. No Grupo B, estão as unidades consumidoras, com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia, que considera apenas o consumo de energia elétrica. As modalidades permitidas nesse grupo são a Convencional ou Branca (tarifas de consumo diferenciadas de acordo com o horário de utilização) (SOUZA, 2020).

Desse modo, o valor da tarifa de energia pode ser calculado como sendo a soma da TE e TUSD, multiplicado pela alíquota dos impostos (PIS, COFINS, ICMS). Nos consumidores

cativos acrescenta-se a bandeira tarifária vigente, que é um sistema que repassa ao consumidor final eventual acréscimo no valor de energia, em função das condições de geração de eletricidade no país (MORAES, 2018).

#### 4.5 O SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA GD NO BRASIL

A principal novidade da regulação da geração distribuída foi o *net metering*, que é o sistema de compensação de créditos de energia para os geradores, uma fonte de incentivo às energias alternativas renováveis de pequeno porte, por permitir que esses produtores estejam conectados ao sistema e isentá-los do pagamento pelo uso do fio, além da ausência da necessidade de registro como participante do mercado de energia com a CCEE (GARCEZ, 2017). Dessa forma, o consumidor que instala uma central geradora de energia elétrica distribuída, seja ela micro ou mini, utiliza a energia produzida por esses equipamentos para descontar o consumo energético da unidade do proprietário. Quando a energia gerada for maior do que a consumida, o excedente gerado pela central geradora é injetado na rede da distribuidora local produz créditos, que podem ser utilizados pelo consumidor por até 36 meses subsequentes, segundo a REN 482/2012 (ANEEL, 2012).

É importante observar que esses créditos devem ser utilizados apenas para compensar o consumo de energia do proprietário da geração distribuída, não havendo nenhum tipo possibilidade de comercialização da energia, bem como não há compensação alguma ao consumidor após o prazo (FARIA JR.; TRIGOSO; CAVALCANTI, 2017).

É importante mencionar que a energia injetada será utilizada para compensar o consumo mensal no mesmo posto tarifário (ponta, fora de ponta, intermediário), e caso haja mais algum saldo de crédito, esse saldo poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário, a partir da aplicação de um fator de ajuste, resultado da razão entre os componentes TE (Tarifas de Energia) de cada posto tarifário (ANEEL, 2016).

Além disso, mesmo que o prosumidor tenha injetado mais energia do que consumiu, será cobrado dele mensalmente um custo de disponibilidade, que é uma taxa mínima cobrada pelas distribuidoras de energia para levar o serviço de eletricidade até os consumidores. No caso dos clientes em baixa tensão (grupo B), existem três tipos de clientes, sendo o mínimo a ser faturado equivalente a 30 kWh para circuitos monofásicos, 50 kWh para os bifásicos e 100 kWh para os circuitos trifásicos. No caso dos clientes em alta tensão (grupo A), a parcela do consumo pode ser zerada, mas ele irá pagar a parcela correspondente à demanda contratada (SOUZA, 2020).

Conforme mencionado no item de normas, a REN 517/2012 foi a primeira a estabelecer o conceito de Sistema de Compensação de Energia Elétrica aplicado à micro e minigeração distribuída no Brasil, sendo enquadrado como um empréstimo gratuito para não haver incidência tributária.

O Conselho Nacional de Política Fazendária estabeleceu em abril de 2013, por meio do Convênio ICMS 6, que o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), que é um imposto estadual, deveria incidir sobre toda a energia consumida pela distribuidora, independente da compensação de energia. Minas Gerais foi o primeiro a promover a desoneração do tributo na energia compensada e injetada, por meio da Lei nº 20.824, estabelecendo a cobrança somente sobre o consumo líquido da unidade (CONFAZ, 2013).

O Convênio ICMS 06 foi revogado pelo Convênio ICMS 16 em 2015, de forma a autorizar os Estados brasileiros a isentar o ICMS, tributando somente sobre o consumo líquido (CONFAZ, 2015a). A mesma lógica passou a valer para PIS/COFINS, impostos federais, com a Lei nº 13.136/2015. Outra iniciativa foi a redução de 14% para 2% da alíquota do Imposto de Importação incidente na importação de módulos fotovoltaicos e nos bens ligados à produção de equipamentos de geração solar fotovoltaica (MME, 2019).

Em novembro de 2015 foi publicado o Convênio 130/2015, que deliberou a isenção de ICMS somente às usinas com capacidade de instalação de até 1MW nas modalidades de geração junto à carga e autoconsumo remoto (CONFAZ, 2015b). Somente o estado de Minas Gerais não seguiu o entendimento e promulgou a Lei nº 22.549, em 30 de junho de 2017, englobando todas as modalidades e potência da nova regulação (SOUZA, 2020).

No dia 27 de fevereiro de 2023, o governador de São Paulo assinou o Decreto nº 64.521/2023, que prevê a isenção do ICMS para MMGD, incluindo as modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada, bem como para as centrais geradoras fotovoltaicas com potência instalada de até 5 MW. Com isso, o estado vai perder uma arrecadação tributária anual de cerca de R\$ 850 milhões, mas o governador Tarcísio de Freitas acredita que esse valor será mais do que compensado com a ampliação do desenvolvimento do setor no estado, que terá mais atratividade a partir de agora, e poderá competir com outros estados, como Minas Gerais (SOUTO, 2023).

No entanto, a isenção não se aplica à TUSD, ou seja, a distribuidora poderá cobrar o ICMS de componentes como o custo de disponibilidade, a energia reativa, a demanda de potência, os encargos de conexão ou uso do sistema de distribuição (SILVA, 2019).

#### 4.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA GD

A MMGD possui diversas vantagens em relação ao sistema centralizado: aproxima o consumo da geração, promove modicidade tarifária, reduz emissão de GEEs, promove a geração de empregos verdes, reduz as perdas no transporte de energia e posterga investimentos de infraestrutura do setor elétrico. Essas vantagens serão detalhadas nos próximos parágrafos e mais bem estudadas ao longo da tese.

A micro e minigeração distribuída, por meio do desenvolvimento tecnológico, tem obtido grande redução dos custos nos últimos anos e promovendo uma economia crescente nas tarifas de luz de muitos brasileiros, a chamada modicidade tarifária, em um país que possui uma das maiores tarifas de energia elétrica do mundo. A tecnologia solar fotovoltaica tem sido muito importante para o país, pois ajuda a aumentar a segurança de suprimento, reduzir a pressão sobre os recursos hídricos e proteger a população contra mais aumentos na conta de luz.

A micro e minigeração distribuída é também uma medida de eficiência energética em relação à geração de grande porte conectada no SIN, pois proporciona mudanças nos padrões de consumo; substituição de equipamentos por outros mais eficientes (por exemplo: lâmpadas, eletrodomésticos, entre outros); evolução tecnológica; melhoria de infraestrutura interna, entre outras melhorias, que incorrem na redução de emissão de gases de efeito estufa, que irá variar de acordo com a geração e o tipo de fonte utilizada. Ademais, a proposta da ANEEL deixou de contabilizar diversas vantagens da GD, que incluem ainda a postergação de investimentos em novas usinas de geração, linhas de transmissão e infraestrutura de distribuição, redução de perdas com o transporte de energia, alívio na operação do sistema, diminuição do acionamento de termelétricas mais caras e poluentes nos horários de pico com o aumento da GD local, ganhos do efeito vizinhança, geração de emprego e renda, diversificação da matriz elétrica, redução de emissões de gases de efeito estufa, energia evitada (redução da compra de energia pela distribuidora), entre diversos outros benefícios que podem, inclusive superar os custos (ABSOLAR, 2020a).

Como citado acima, outro ponto fundamental é a questão das perdas elétricas. As perdas na distribuição representam a diferença entre a quantidade de energia fornecida à rede elétrica e o montante que é efetivamente entregue e vendida aos consumidores finais, sendo classificadas em técnicas e não técnicas (ANEEL, 2011). As perdas técnicas são aquelas ocasionadas pelo transporte de energia na rede através dos componentes do sistema, como transformadores, medidores, e outros equipamentos (KEBIR; MAAROUFI, 2017). Já as perdas não técnicas resultam na diferença entre as perdas totais e as perdas técnicas, e são originadas

principalmente pelo furto (ligação clandestina, desvio direto da rede) ou fraude de energia (adulterações no medidor) (ANEEL, 2015a). Elas costumam ocorrer com maior frequência em países com maior nível de violência e grande desigualdade renda, e os chamados “gatos” e erros de faturamento são realizados, respectivamente, por usuários e por funcionários de empresas que adotam práticas de corrupção (AHMAD, 2017).

As perdas técnicas são altas no paradigma tradicional brasileiro, que possui como base grandes hidrelétricas conectadas no SIN em grandes linhas de transmissão, servindo como compensação aos baixos custos dessa fonte e ao tamanho continental do país. A existência do Sistema Interligado, no entanto, não é um impeditivo para a geração distribuída, uma vez que, através do sistema de compensação (*net metering*), o prossumidor pode se conectar à rede e a energia excedente gerada torna-se por até 60 meses com a distribuidora a qual está conectado. Dessa maneira, a GD pode atuar reduzindo as perdas (transmissão e distribuição) do paradigma tecnológico vigente, concentrada em geração de grande porte conectada às linhas de transmissão continentais, o que seria benéfico para o sistema e para as concessionárias, pois estas reduziriam os custos com compra de energia e poderiam postergar investimentos em infraestrutura (TEIXEIRA, 2018). Segundo estudo de Mithulananthan (2004), de acordo com a alocação e a quantidade da energia gerada pela GD, é possível reduzir as perdas em até 80%, e o tamanho máximo do sistema deve ser o limite consumível dentro da subestação. Desse modo, é possível promover modicidade tarifária, devido à redução das perdas, promovendo eficiência energética e economia para o consumidor. Isso ocorre porque as linhas não foram projetadas para fluxo reverso de potência, o que traz um grande aumento do nível das perdas acima dessa quantidade de energia gerada, sendo que essas perdas podem ser até maiores que no sistema centralizado (ACHARYA; MAHAT; MITHULANANTHAN; 2006). Ademais, com tarifas mais baixas, pode ocorrer redução em furtos e fraudes no sistema, sobretudo se no longo prazo o custo para entrar na GD sofrá grande diminuição e torne-se acessível para as demais classes de renda, sendo que atualmente é um sistema ainda concentrado para a população de classes A e B, e para as pessoas jurídicas.

Em relação às demais vantagens, a geração distribuída possui o potencial de criar outros benefícios econômicos, como a criação de empregos verdes. Empregos verdes são aqueles que reduzem o impacto ambiental de empresas e de setores econômicos para níveis considerados sustentáveis, ao mesmo tempo que produzem crescimento e desenvolvimento econômico (BONELLI; LAZZARESCHI, 2015). Eles podem ser encontrados em diversos setores da economia, como os de fornecimento de energia, reciclagem, agrícola, construção civil e transportes (PNUMA, 2008). De acordo com a Organização Internacional do Trabalho

(OIT), esses trabalhos devem: aumentar a eficiência do consumo de energia e as matérias-primas; limitar as emissões de gases de efeito estufa; minimizar os resíduos e a poluição; proteger e restaurar os ecossistemas; contribuir para a adaptação às mudanças climáticas; ter condições decentes, como salários adequados, condições seguras de trabalho e direitos trabalhistas (OIT, 2009). Os empregos verdes são bem diversificados, isto é, podem ser criados em todos os setores e empresas, desde o trabalho manual até o mais qualificado, tanto nas áreas urbanas como rurais (SUGAHARA, 2010)

A criação de empregos verdes é um indicador social comum empregado para justificar os subsídios necessários para o desenvolvimento de fontes alternativas renováveis, bem como investimentos em eficiência energética (ABHYANKAR; PHADKE, 2012). Segundo o estudo de Blyth *et al.* (2014), as fontes fósseis geram, em média, 0,15 empregos/GWh, enquanto as fontes alternativas renováveis aproximadamente 0,65 empregos/GWh. Entre as fontes renováveis, a solar é a que gera mais empregos, tanto no curto como no longo prazo. No Brasil, estima-se que haja a geração de 25 a 30 empregos a cada MWp de energia solar fotovoltaica instalada, tanto centralizada como distribuída, segundo estudo do IRENA (MME, 2015; ABSOLAR, 2020b). Até 2018, houve uma estimativa de criação de 26 mil empregos no âmbito da micro e minigeração distribuída no Brasil (GREENER, 2018).

A penetração da GD no Brasil, tanto em termos de número de projetos quanto de capacidade instalada, é bem pequena, sobretudo quando comparada com China, Estados Unidos e Alemanha, por exemplo. Algumas das barreiras identificadas para isso são: falta de incentivos diretos, como as tarifas *feed-in*; diretrizes atuais em planejamento energético no Brasil, focadas na geração hidrelétrica de grande escala e baixo carbono; falta de financiamento viável, pois o cliente precisa arcar com todo o custo da infraestrutura; pagamento pelo custo de disponibilidade; contratação da demanda em sistemas de compensação remota; aplicação de ICMS na maioria dos estados; e regulação do *net metering* de 2015, que instituiu que a compensação de crédito só poderia ser feita para o mesmo CPF ou CNPJ cadastrado no projeto, embora o cliente pague ICMS como se estivesse comercializando o crédito de energia para outra pessoa (GARCEZ, 2017).

Segundo dados da ABSOLAR, foram movimentados mais de R\$ 88,2 bilhões em investimentos privados em sistemas fotovoltaicos instalados em empresas e residências de 2012 a janeiro de 2023. Além disso, a MMGD gerou mais de 517,2 mil empregos acumulados nesse período, espalhados em todas as regiões do Brasil, e uma arrecadação de R\$ 27,4 bilhões em impostos. A tecnologia solar é utilizada atualmente em 99,9 % de todas as conexões de geração própria no País, liderando com folga o segmento (CANAL ENERGIA, 2023c).

A Absolar estima ainda que, em 2023, o setor fotovoltaico vai gerar 300 mil novos empregos, com um investimento estimado em R\$ 50 bilhões, sendo que 2/3 desse montante deverão ser oriundos da MMGD no país (EXAME, 2022b).

No entanto, a questão da MMGD vem sendo muito debatida nos últimos tempos, porque as distribuidoras de energia elétrica perdem receitas com a redução do número de unidades consumidoras (elas recebem a tarifa de energia -TE- e a tarifa de uso do sistema de distribuição – TUSD), além de o subsídio para impulsionar a GD no país ser incluído na tarifa dos usuários da concessionária (SATCHWELL, 2015). Isso pode levar a um círculo vicioso, pois muitos clientes ficam divididos e acabam migrando para GD, aumentando ainda mais a tarifa dos que estão ligados à distribuidora, com a redução da base de usuários, devido ao subsídio cruzado. Na literatura, esse processo é conhecido como “espiral da morte”, pois a longo prazo esse círculo pode levar à falência das distribuidoras (CÂMARA, 2017). Atualmente, muitas distribuidoras estão criando empresas de MMGD dentro do grupo empresarial, como é o caso da Cemig Sim e da (re)energisa, de forma a minimizar a perda de receitas, com a migração dos seus antigos clientes para o novo modelo de negócio. Além disso, muitas concessionárias estão buscando reparações junto à ANEEL por conta do não pagamento do fio B desses clientes da MMGD, e o regulador ainda não enviou o parecer final sobre o encontro de contas, que irá valorar esse sistema após o período de transição, de forma a trazer com mais equidade os benefícios e desvantagens desse sistema para todos que compartilham a rede de distribuição. O entendimento das consequências da difusão de GD no setor elétrico brasileiro é fundamental para as partes interessadas, especialmente o consumidor final, que paga pela infraestrutura do setor (HEIDEIER *et al.*, 2020).

Além disso, há um problema de alocação, pois o subsídio dado ao consumidor por meio do *net metering* é direcionado aos usuários de maior poder aquisitivo e pago pelos demais, incluindo os de menor renda. Essa questão tributária, no entanto, é muito mais complexa. Antes de 1993, a tarifa de energia era única no Brasil, com as concessionárias tendo direito a uma remuneração garantida. No entanto, com a lei n° 8631/93, houve a extinção do regime da equalização das tarifas de energia elétrica nos estados, e a lei n° 8987/95 determinou que a tarifa fosse fixada por concessionária. Dessa forma, a tarifa começou a ser pelo preço e não mais pelo custo do serviço, incentivando à eficiência do sistema, e as revisões tarifárias passaram a considerar o número de consumidores, densidade do mercado, tamanho da rede de distribuição e o custo da energia comprada pelas distribuidoras (ASEVEDO, 2011).

Ademais, os impostos são diferentes por estados e municípios, englobando o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública. A causa principal da tarifa de

energia elétrica brasileira estar entre as mais altas do mundo consiste na alta carga tributária (CINTRA, 2007). Em geral, os tributos representam cerca de 30 a 40% da conta de luz, variando de acordo com o estado (ANEEL, 2016). Desse modo, o aumento da geração distribuída incorre em perda de arrecadação para estados e municípios, levando os governantes locais a criarem um movimento político contra a geração descentralizada, enquanto para os consumidores há grande redução na tarifa.

O marco legal da geração distribuída no Brasil, por meio da Lei nº 14.300/2022, surgiu para reduzir as distorções causadas pelos subsídios da MMGD no país, de modo a manter o equilíbrio entre os prossumidores e as distribuidoras de energia elétrica.

#### 4.7 O MARCO LEGAL DA GD NO BRASIL (LEI Nº 14.300/2022)

A proposta apresentada pela ANEEL (2019) na Consulta Pública nº 25/2019, citada anteriormente, desagradou aos profissionais de GD e alguns grupos políticos, como o presidente da República na época, Jair Bolsonaro, o presidente da Câmara, Rodrigo Maia, e do Senado, Davi Alcolumbre. Por isso, o Congresso começou a trabalhar pela criação de um projeto de lei (PL) para a criação de um marco legal, estável e sólido, para o desenvolvimento da GDFV. Isso ocorre porque a proposta da ANEEL, além de corrigir as distorções, foi considerada muito prejudicial e poderia inviabilizar o sistema no país, pois sugere uma cobrança de até 60% sobre a eletricidade produzida e injetada na rede pelos consumidores com GD (ABSOLAR, 2020a).

A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) é a maior entidade nacional sem fins lucrativos do país, e defende o interesse de toda a cadeia de valor do setor solar fotovoltaico (FV) com operações no Brasil. Segundo a instituição, a proposta da ANEEL era injusta, pois o sistema descentralizado para solar fotovoltaico no Brasil foi utilizado por apenas 0,4% dos mais de 84,4 milhões de consumidores cativos brasileiros atendidos pelas distribuidoras de energia elétrica (ABSOLAR, 2020b). Segundo o estudo, se for comparado com outros casos no mundo, o estado da Califórnia (EUA), referência mundial para o segmento, deu início ao processo de atualização de suas regras apenas quando atingiu a marca de 5% de participação da GDFV no atendimento de demanda elétrica de suas distribuidoras. Ao atingir este patamar, o regulador estabeleceu que, quando injetar energia na rede, os consumidores com GD devem pagar US\$ 0,02/kWh. Esse valor representa somente 10,5% da tarifa elétrica dos consumidores residenciais e comerciais na Califórnia, um valor muito inferior em relação aos propostos pela ANEEL, que variam entre 34% (Alternativa 2) e 60% (Alternativa 5) (ABSOLAR, 2019).

Além disso, foi um consenso entre o setor que era preciso garantir estabilidade e previsibilidade nas mudanças, uma vez que os investimentos são altos e o retorno é de longo prazo nesse tipo de negócio, o que demanda a necessidade de minimizar os riscos para as empresas de engenharia e instalação do segmento continuarem a investir e gerar empregos.

Por conta disso, em novembro de 2019 foi apresentado o Projeto de Lei 5829/19, de autoria do Deputado Silas Câmara (Republicanos-AM), propondo a criação do marco legal da micro e minigeração distribuída. Devido ao contexto de pandemia, a proposta da ANEEL e o Projeto de Lei não avançaram ao longo de 2020.

Em agosto de 2021, ocorreu a aprovação do PL 5829/19 no plenário da Câmara dos Deputados com placar de 476 votos a favor e 3 contra. Em dezembro do mesmo ano houve a aprovação do PL 5829/19 por meio de votação simbólica no plenário do Senado. O texto final no Senado teve acolhimento integral e parcial de 15 emendas sugeridas por senadores. Um dia depois, a Câmara rejeitou 14 emendas e aprovou novamente o texto, também em votação simbólica.

No dia 6 de janeiro de 2022, o presidente da República na época, Jair Bolsonaro, sancionou o PL 5829/19, convertendo o marco legal da GD na Lei 14.300 de 06/01/2022. Segundo Rubim (2022), os principais objetivos da Lei são:

- Incentivo ao uso de fontes renováveis e limpas;
- Criação de um período de transição para a cobrança de encargos e tarifas sobre o sistema;
- Compensação pelo uso das linhas de distribuição de energia elétrica.

O PL foi sancionado com os 2 vetos abaixo (RUBIM, 2022):

- a) A retirada da possibilidade de loteamento solar flutuante, pois o texto aprovado no Congresso Nacional permitia a construção ilimitada de usinas de micro e minigeração distribuída em lagos de reservatórios;
- b) A retirada do enquadramento de projetos de micro e miniGD em programas como o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI), Fundos de Investimento em Participação (FIP) e debêntures incentivadas (aqueles papéis que, quando comprados por pessoas físicas, têm seus rendimentos isentos de tributação por imposto de renda).

Em resumo, a lei permite às unidades consumidoras já existentes e àquelas que pedirem a solicitação de acesso até o dia 6/01/2023 a continuação dos benefícios concedidos pela ANEEL por meio do sistema de compensação existente na regulamentação anterior (REN

482/2012) até 31 de dezembro de 2045. Desse modo, há um período de vacância de 12 meses para início da regra de transição para a cobrança do Fio B para novos entrantes.

Os projetos com direito adquirido manterão a compensação de todas as componentes da Tarifa de Energia elétrica, isto é, se a usina produz 1 MW será compensado 1 MW (sem contabilizar impostos).

As usinas que tiverem protocolado a solicitação de acesso dentro do prazo de 12 meses só terão o benefício garantido se conectarem a usina à rede nos prazos definidos pela Lei 14.300/22 (BRASIL, 2022b):

- 120 dias para microgeração, qualquer fonte;
- 12 meses para minigeração de fonte solar; e
- 30 meses para minigeradores das demais fontes.

De acordo com a Lei, haverá perda de direito adquirido nos três casos abaixo (BRASIL, 2022b):

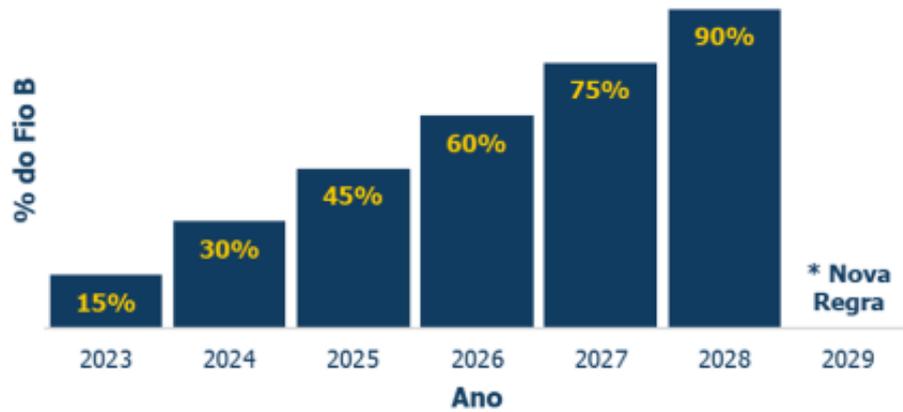
- Encerramento da relação contratual (exceto troca de titularidade, quando o direito é aplicado ao novo titular);
- irregularidade nos sistema de medição do consumidor (fraudes, conhecidas popularmente como “gatos”);
- parcela do aumento da potência requerido após 12 meses (uma parcela se mantém na regra antiga e outra na regra nova).

A limitação da potência instalada para microgeração continuou a mesma, enquanto a capacidade instalada de minigeração, de até 5 MW, alterou-se apenas para a fonte solar fotovoltaica. Desse modo, a Lei 14.300 definiu desse modo as modalidades (BRASIL, 2022b):

- Microgeração Distribuída: menor ou igual a 75Kw (todas as fontes);
- Minigeração Distribuída: maior igual 75 kW e menor ou igual a 5MW para as fontes despacháveis.
- Exceto Fonte Solar Fotovoltaica: limite máximo de 3MW

Quanto à regra de transição, o pagamento (% do Fio B, que equivale a cerca de 25% da tarifa) será gradual para os projetos que fizerem a solicitação de acesso após o prazo de vacância. Para os projetos de geração junto à carga, de geração compartilhada, de EMUC, autoconsumo remoto até 500 kW e fontes despacháveis (qualquer modalidade), o período de transição (2023-2028) fica conforme ilustrado na Figura 44.

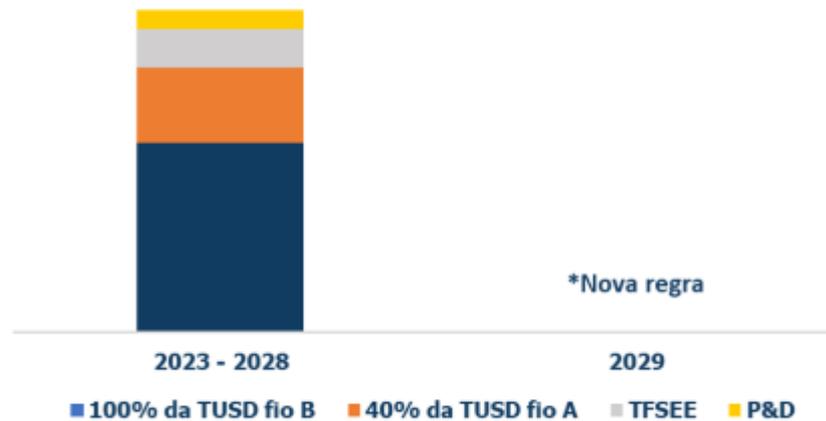
**Figura 44 – Regra principal de transição GD brasileira**



Fonte: ALDO (2022).

Já nos demais casos (autoconsumo remoto maior que 500 kW e geração compartilhada quando o consumidor tiver 25% ou mais de créditos), há cobrança integral da TUSD fio B no período de transição e ainda mais alguns componentes, conforme ilustração da Figura 45.

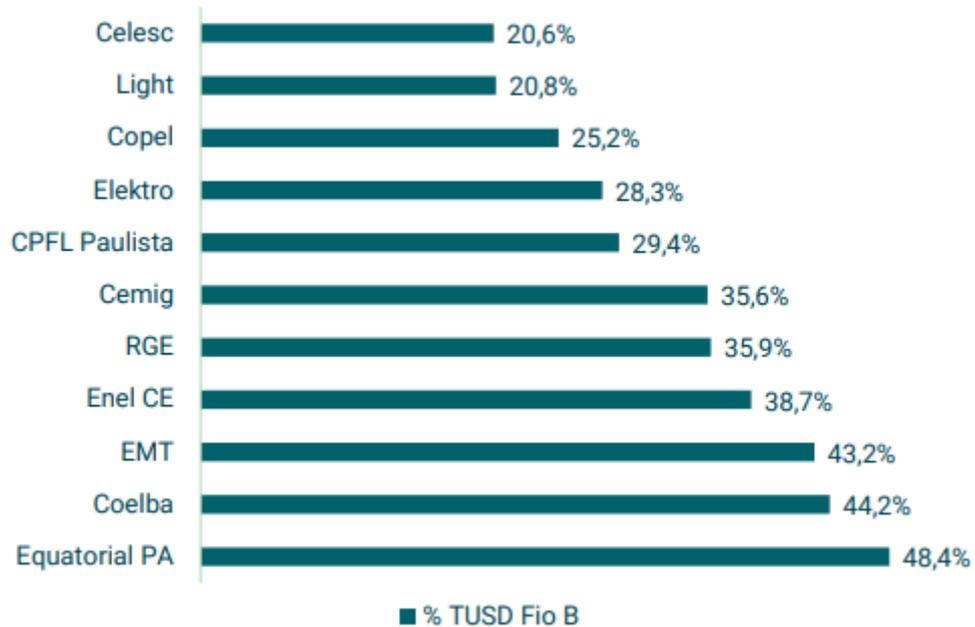
**Figura 45 – Regra de transição GD brasileira para demais casos**



Fonte: ALDO (2022).

A nova regra traz uma redução gradual média de 31% (TUSD fio B) e 36% (a TUSD Fio B, 40% da TUSD Fio A, e TUSD P&D e TE P&D) na compensação, dependendo das características da modalidade de compensação, segundo o estudo da Greener (2023a), que considerou as 58 principais distribuidoras e tarifas do grupo B – Convencional. A Figura 46 apresenta o peso da TUSD Fio B na tarifa de eletricidade do Grupo B Convencional, sem impostos, para o ano de 2022. A Greener (2023a) escolheu as distribuidoras com maior potência instalada de Mini e Micro GD da fonte solar fotovoltaica, cobrindo todas as regiões do país.

**Figura 46 – Percentual da TUSD fio B nas distribuidoras com maior potência instalada de GD no país**



Fonte: GREENER (2023a).

Após o período de transição, a partir de 2029 as novas regras tarifárias serão definidas conforme diretriz do CNPE e valoração dos benefícios da MMGD de acordo com a regulamentação da ANEEL. A Figura 47 apresenta a linha do tempo para os próximos anos dos projetos de micro e minigeração distribuída no Brasil.

**Figura 47 – Linha do tempo da MMGD no país após sanção do marco legal**



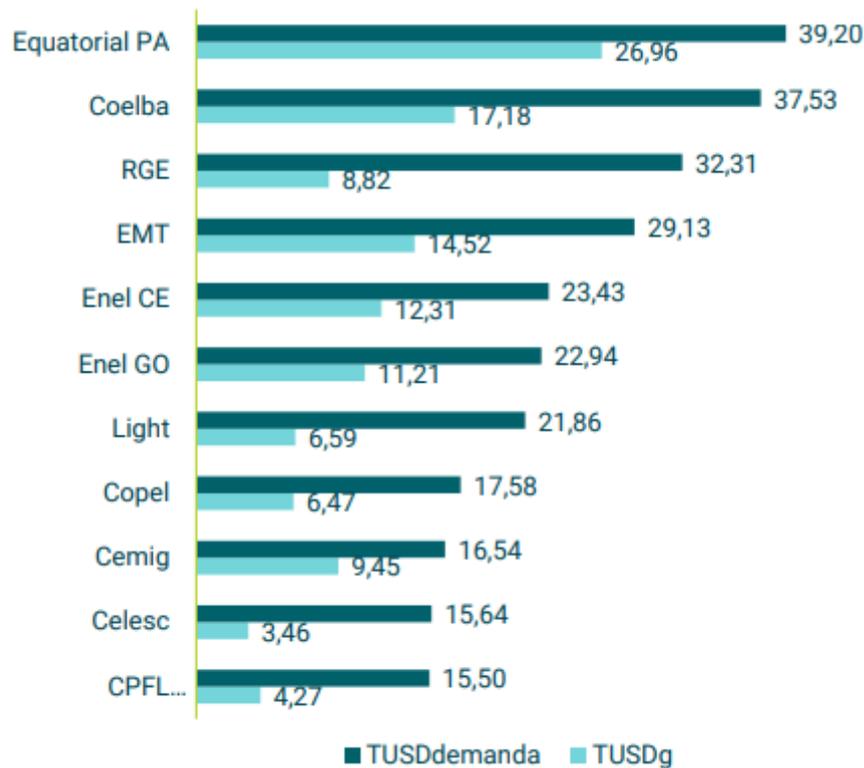
Fonte: GREENER (2023a).

Em relação ao custo de disponibilidade, que é o valor mínimo que a unidade consumidora paga para custear a utilização e a manutenção da rede, de acordo com o tipo de ligação do medidor (monofásico, bifásico e trifásico), a Lei 14.300 continua a determinar a cobrança, mas sem descontar da energia gerada. Assim, a energia injetada não deve ser mais

descontada da taxa do custo de disponibilidade para os projetos com direito adquirido. Para os projetos novos, que pagarão o Fio B, não haverá cobrança do custo de disponibilidade.

Em relação à demanda contratada, as usinas de minigeração remotas pagarão a TUSDg (geração), ao invés da TUSDc (consumo). A mudança irá ocorrer após a revisão tarifária de cada distribuidora para usinas com direito adquirido – antes de 07/01/23. Para usinas junto à carga só haverá cobrança sobre a diferença quando a potência da usina for maior que a demanda contratada da unidade consumidora (ALDO, 2022). E para os novos projetos, a TUSDg será aplicada desde o início. A Figura 48 apresenta a comparação feita pelo estudo da Greener (2023a) entre a TUSDc e a TUSDg para a modalidade tarifária horária verde, valor sem impostos em R\$/kW para o ano de 2022.

**Figura 48 – Comparativo entre a TUSDc e a TUSDg para a tarifa verde em 2022 por distribuidora**



Fonte: GREENER (2023a).

Segundo o estudo, a diferença entre a TUSDc e a TUSDg, dependendo da concessionária local, pode ter uma redução de até 78% (GREENER, 2023a). A Tabela 2 apresenta o percentual de redução das distribuidoras com maior potência instalada de MMGD da fonte solar fotovoltaica, cobrindo todas as regiões do país.

**Tabela 2 – Percentual de redução das distribuidoras com maior potência instalada de GD no país**

<b>Concessionária</b>	<b>Redução</b>
Equatorial PA	31%
Cemig (MG)	43%
Enel CE	47%
Energisa MT	50%
Coelba (BA)	54%
Copel (PR)	63%
Enel GO	51%
RGE (RS)	73%
CPFL Paulista (SP)	72%
Celesc (SC)	78%
Light (RJ)	70%

Fonte: GREENER (2023a).

Uma garantia financeira, chamada de garantia de fiel cumprimento, será cobrada para projetos com potência acima de 500 kW, mas o valor é devolvido ao investidor após a conexão da usina. Os projetos de geração compartilhada (micro e minigeração) estão isentos dessa garantia. O objetivo dessa nova regra é evitar a comercialização de parecer de acesso, que é vedada, e a cobrança da garantia será feita dessa forma (BRASIL, 2022b):

- 2,5% do investimento para centrais com potência instalada superior a 500 kW e inferior a 1.000 kW;
- 5% do investimento para centrais com potência instalada maior ou igual a 1.000 kW.

Em relação ao sistema de B optante, a nova Lei estabelece que o consumidor pode instalar sistemas de até 112,5 kVA (75\*1,5) e se manter como B Optante, desde que (ALDO, 2022):

- Possua transformador com potência máxima de 112,5 kVA
- O sistema seja instalado no mesmo local da carga.

A nova Lei também permitiu a transferência de créditos de uma permissionária de energia para a concessionária de energia, embora o inverso continue não sendo permitido. A Lei 14.300/2022 só permitirá a transferência de titularidade do parecer de acesso ou do controle societário da usina após a solicitação de vistoria do ponto de conexão (BRASIL, 2022b).

A Lei também permite a utilização dos créditos de energia por percentual ou ordem de utilização, de acordo com o que o prossumidor combinar com a concessionária local, sendo que ele poderá ainda realocar o excedente para outra UC do mesmo titular (consumidor-gerador).

Por fim, o marco legal permite outros modelos de geração compartilhada além daqueles originalmente estabelecidos (cooperativa e consórcio) na REN 482/2012, sendo estes o condomínio voluntário, o condomínio edifício e a associação civil (ALDO, 2022).

O Quadro 5, preparado pela vice-presidente da ABSOLAR e especialista em regulação Bárbara Rubim para a Genix apresenta o comparativo nos principais temas entre a regulação vigente e as alterações após a publicação da Lei 14.300/2022 para o sistema de micro e minigeração distribuída no Brasil.

**Quadro 5 – Comparativo entre os principais temas da REN 482/2012 e a Lei 14.300/2022**

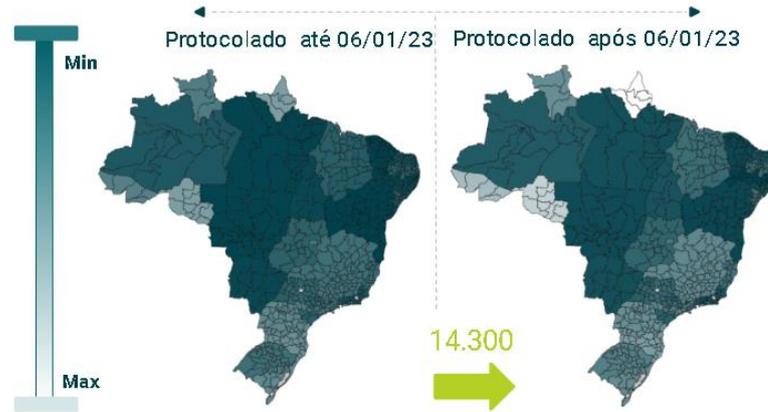
Tema	Como era a REN 482/2012	Lei 14.300/2022
Direito adquirido	Não existia garantia – competência da ANEEL para alterar a Resolução 482/12	Para projetos protocolados até 12 meses após a publicação da Lei fica mantido o regime atual até 31/12/2045
Valoração dos Créditos	Compensação de 100% das componentes tarifárias	Algumas componentes deixarão de ser compensadas de forma gradual e escalonada de acordo com a regra de transição prevista (6 anos – utilização da CDE). A partir de 2029 nova entrada com "regra nova"
Compensação das componentes tarifárias	A REN 482 poderia ser alterada a qualquer momento pela ANEEL – cenário "Alternativa 5" (compensação apenas TE – Energia)	Encontro de "contas" a ser feito em até 18 meses da publicação da Lei, a partir de diretrizes do CNPE (6 meses). A ANEEL será obrigada a considerar o cálculo do SCEE de todos os benefícios ao sistema da GD
Demanda das Usinas	TUSD C	TUSD G (até 70% menor que a TUSD C)
Custo de Disponibilidade	Cobrado em duplicidade na prática	Deixará de ser cobrado em duplicidade
Geração Compartilhada	Via Consórcio (PJ) ou Cooperativa (PF)	Flexibilização. Via Consórcio, Cooperativa, Associação e Condomínio civil (voluntário ou edilício)
Potência Máxima	Em regra até 5 MW para todas as fontes de energia	Até 3 MW para solar (não despacháveis) e até 5 MW para as demais fontes (despacháveis)
Titularidade	Unificar titularidade era uma prática de mercado sem respaldo legal/regulatório	Previsão legal expressa para unificação (pode ser solução para ICMS na geração compartilhada)
Distribuição de Créditos	Prazo de 60 dias para análise da Distribuidora	Prazo caiu para 30 dias
Troca de Titularidade	A qualquer momento, a partir da assinatura do CUSD e do CCER	(i) a transferência de titularidade dos projetos já conectados não implicará na perda dos benefícios já obtidos anteriormente; (ii) será permitida a transferência de titularidade ou transferência de controle, até a solicitação de vistoria do ponto de conexão para a distribuidora
Garantia de fiel cumprimento (caução)	Não há necessidade	2,5% do investimento potência entre 500kW e 1.000 kW e 5% para sistemas maiores que 1.000 kW. Projetos superiores a 500kW devem apresentar garantia em até 90 dias da publicação da lei. Não se aplica à geração compartilhada, EMUC e para os casos em que o CUSD seja firmado em 90 dias da lei
B (optante)	Entendimento atual é de que consumidor não poderia ser B optante com usina minigeração	Permitido B optante com usina junto à carga até 112,5 kW
Prazo para cadastro/porcentagem	60 dias a partir do envio dos dados	30 dias a partir do envio dos dados
Programa para GD em baixa renda	Não existia vedação, mas a ANEEL não recomendava a prática	Fica vedada expressamente comercialização de pareceres de acesso
Comercialização de Energia	Vedado	Possibilidade de comercialização dos excedentes com as distribuidoras por meio de chamada pública a ser regulamentada pela ANEEL
Atributos Ambientais	Atualmente não são valorados	Serão valorados e remunerados a partir de março de 2022
Prazo para cumprimento das disposições	Sem previsão	Distribuidoras deverão se adequar e operacionalizar as alterações em até 180 (cento e oitenta) dias da data de publicação desta Lei

Fonte: RUBIM (2022).

A consultoria Greener (2023a) montou estudos de impactos comparando projetos instalados antes e depois da Lei 14.300/2022. Segundo a empresa, os dados são fornecidos por meio de estudos estratégicos baseados nas informações diretas dos participantes do mercado e

condições tarifárias das concessionárias de distribuição de energia elétrica. A Figura 49 apresenta a visão geral da alteração de payback, que seria o tempo de retorno do investimento.

**Figura 49 – Visão geral da alteração de payback dos projetos protocolados após vacância da Lei 14.300**



Fonte: Greener (2023a).

A estimativa para o caso residencial de instalação de microssistema solar fotovoltaico após a Lei 14.300/2022 é de pequeno aumento do payback para com um cliente com sistema de 4 kWp e com o custo de instalação de 4,88 R\$/Wp, tendo em vista a diminuição da parcela compensável devido às regras de transição. A Tabela 3 mostra o tempo, em anos, do payback antes e após a Lei para os casos de clientes nas áreas de concessão da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), ELEKTRO no estado de São Paulo e Companhia de Eletricidade da BAHIA (COELBA).

**Tabela 3 – Comparativo do payback antes e depois da Lei para clientes da classe residencial**

Distribuidora	Payback Pré Lei nº 14.300	Payback Pós Lei nº 14.300
CEMIG	4,83	5,75
ELEKTRO	4,42	4,83
COELBA	3,67	4,33

Fonte: GREENER (2023a).

Observa-se um aumento médio de 15% no payback nas três distribuidoras, sendo que a CEMIG apresentou uma evolução de 19%, enquanto a ELEKTRO de apenas 9%.

Ao analisar um sistema comercial de 50 kWp, é um aumento menos significativo no payback do que no residencial, cujos sistemas possuem menor custo de instalação (R\$3,88/kWp) e um tempo de retorno do investimento mais reduzido também.

A Tabela 4 aponta um aumento médio de 13%, sendo que no caso da CEMIG o aumento é de 15%, e no caso da ELEKTRO de apenas 9%.

**Tabela 4 – Comparativo do payback antes e depois da Lei para clientes da classe comercial**

<b>Distribuidora</b>	<b>Payback Pré Lei nº 14.300</b>	<b>Payback Pós Lei nº 14.300</b>
<b>CEMIG</b>	3,83	4,42
<b>ELEKTRO</b>	3,58	3,92
<b>COELBA</b>	3,00	3,50

Fonte: GREENER (2023a).

Desse modo, apesar de um tempo maior de retorno, a nova lei não inviabiliza os projetos protocolados após a data de 6 de janeiro de 2023. A possibilidade de participar ativamente da transição energética que ocorre no Brasil e no mundo e de aumentar sua independência como consumidor gerador continuará sendo fortalecida e atrativa por meio do avanço da GD no país (GREENER, 2023a).

#### 4.8 NÚMEROS DA GD NO BRASIL

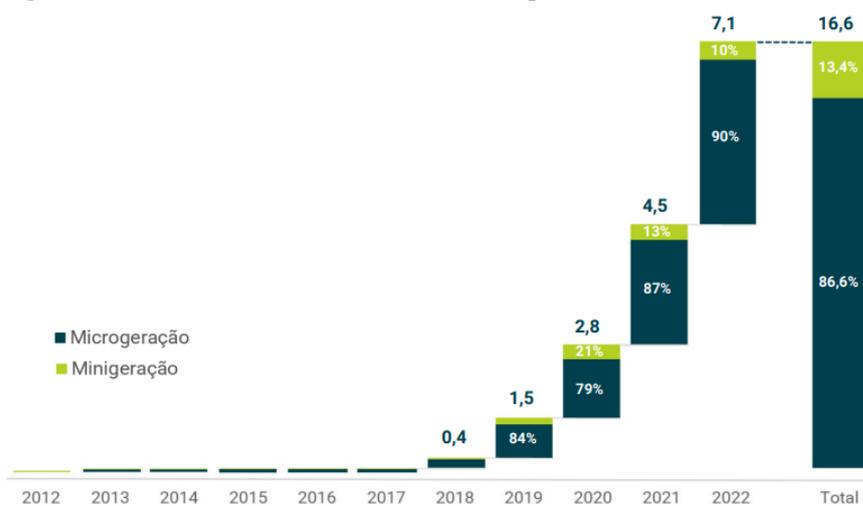
Segundo dados da ABGD (2023b), o Brasil alcançou o marco de 23,4 GW de potência instalada de geração distribuída até agosto de 2023. Segundo Guilherme Crispim, a GD é a modalidade de energia que mais cresce no Brasil e dobrou a capacidade instalada em janeiro de 2023 em relação a dezembro de 2021, pouco mais de um ano depois, tendo um crescimento de cerca de 1 GW ao mês estimado para 2023 (ABGD, 2023a). A Tabela 5 apresenta a evolução da potência instalada desde janeiro de 2012.

**Tabela 5 – Potência acumulada por ano de GD no Brasil de jan/12 a ago/23**

	Pot. (MW)	% var. anual	nº de Plantas GD
2012	0,6		7
2013	1,3	108%	50
2014	2,7	100%	283
2015	15,6	480%	1.325
2016	64,1	310%	6.486
2017	156,9	145%	13.561
2018	447,0	185%	36.316
2019	1.644,5	268%	123.668
2020	2.987,2	82%	226.637
2021	4.724,1	58%	457.774
2022	8.290,8	76%	791.943
2023	5.110,8	-38%	432.540
Total geral	23.445,7		2.090.590

Fonte: ABGD (2023b).

A potência instalada em 2022 representa cerca de 43% do total de potência acumulada desde 2012 em MMGD no país, além de ter aumentado 75% em relação a 2021 (GREENER, 2023a), conforme apresentado na Figura 50.

**Figura 50 – Evolução da MMGD no Brasil de 2012 a 2022 e representatividade da micro e minigeração**

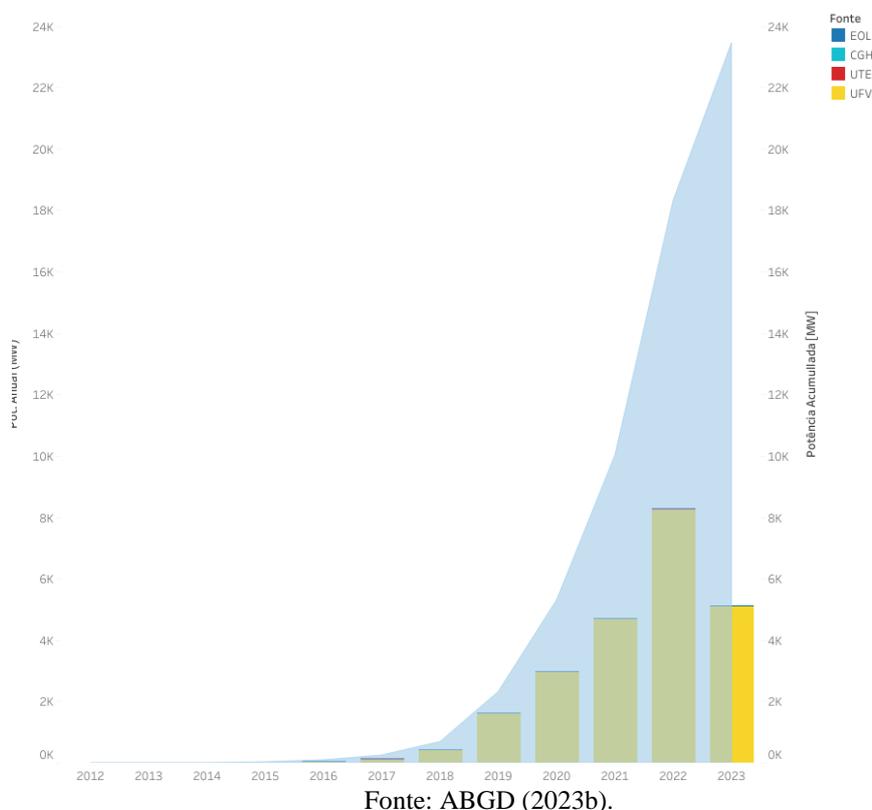
Fonte: GREENER (2023a).

É interessante observar a evolução da modalidade ao longo, pois nos primeiros anos da MMGD no Brasil, ainda sob a REN 482/2012, o número de instalações era considerado

baixo. A REN 687/2015, que permitiu o aumento da capacidade instalada e outras modalidades além da geração junto à carga, foi uma revolução para o setor. Além disso, o custo dos equipamentos reduziu-se ao longo do tempo, a tarifa de luz aumentou muito a partir de 2015 e muitas financeiras passaram a realizar financiamentos de projetos solares fotovoltaicos de pequeno porte, tanto para os clientes finais, como para empresas do setor.

No final de 2017, o país tinha cerca de 200 MW de potência instalada, sendo que em 2018 esse número aumentou para quase 600 MW. Em 2019, a modalidade chegou aos 2GW. Durante o período do Covid-19, apesar dos efeitos adversos da pandemia, a capacidade instalada de MMGD aumentou para 5 GW e 7,4 GW nos anos de 2020 e 2021, respectivamente, um aumento de 49% (ABGD, 2023b). A ePowerBay é a consultoria utilizada pelos associados da ABGD para informações do mercado de MMGD no Brasil, que utiliza os dados da ANEEL para realização de tabelas, gráficos e mapas. A Figura 51 elaborada pela consultoria apresenta a evolução anual da potência instalada de MMGD de 2012 a agosto de 2023, bem como a alta representatividade da fonte solar fotovoltaica (98,91%) (ABGD, 2023b).

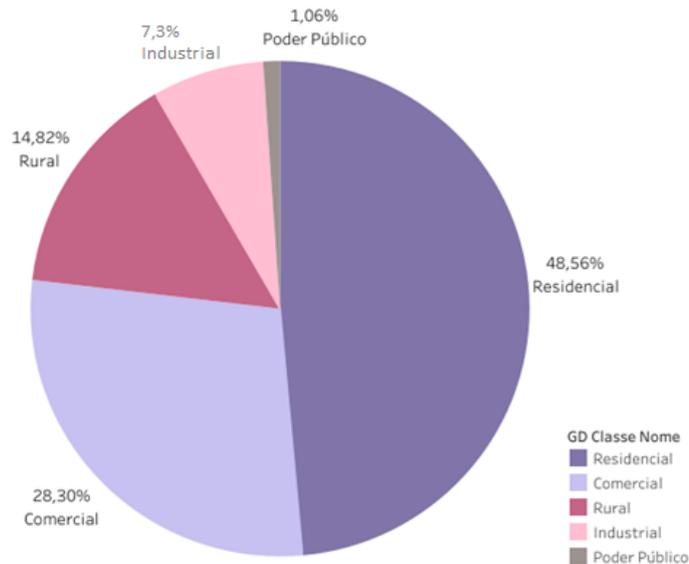
**Figura 51 – Evolução da MMGD no Brasil de 2012 a ago/2023 e representatividade da solar fotovoltaica**



Os atuais 23,4 GW de potência instalada da GD no país tem capacidade suficiente para abastecer aproximadamente 12 milhões de residências ou 48 milhões de pessoas. Entre os

consumidores beneficiados, a maioria (48,6%) dos projetos é da classe residencial, seguido pelo comercial (28,3%), rural (14,8%) e industrial (7,3%), conforme apresentado na Figura 52 (ABGD, 2023b).

**Figura 52 – Percentual de MMGD no Brasil por classe de consumo (agosto de 2023)**



Fonte: ABGD (2023b).

Desde a regulamentação da resolução 482/2012 pela ANEEL, já foram implantadas mais de 2,1 milhões de usinas de microgeração e minigeração distribuídas pelo país e temos um total de cerca de 3 milhões de unidades consumidoras (UCs) até agosto de 2023 (ABGD 2023b). O estudo da Greener apresenta a evolução do número de sistemas solares fotovoltaicos e de UCs receptoras de crédito entre janeiro de 2022 e junho de 2023, como pode ser visto na Figura 53 (GREENER, 2023b).

**Figura 53 – Evolução do número de usinas e UCs FTVs de MMGD no Brasil de 2012 a junho de 2023**



Fonte: GREENER (2023b).

Segundo dados de MMDG solar fotovoltaica da Absolar (2023) atualizado até 13 de setembro de 2023, o estado de São Paulo (13,5%) lidera o ranking, seguido por Minas Gerais (13,4%) e Rio Grande do Sul (10,3%), como pode ser visto na Figura 54.

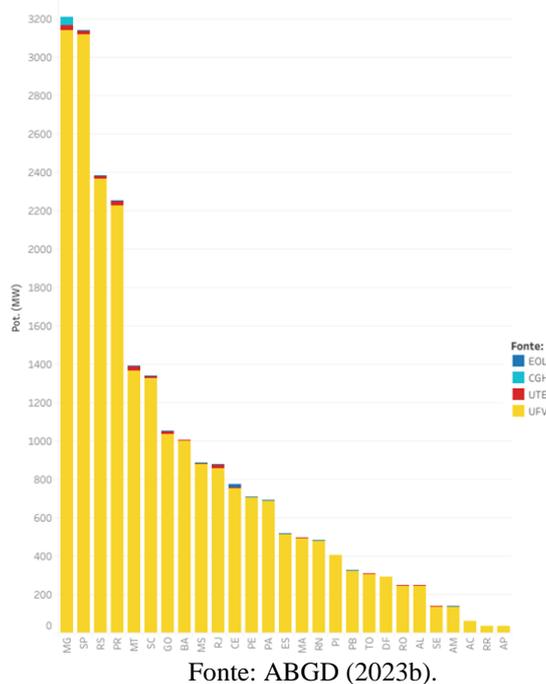
**Figura 54 – Ranking estadual da MMDG solar fotovoltaica no Brasil (até 13 de setembro de 2023)**



Fonte: ABGD (2023).

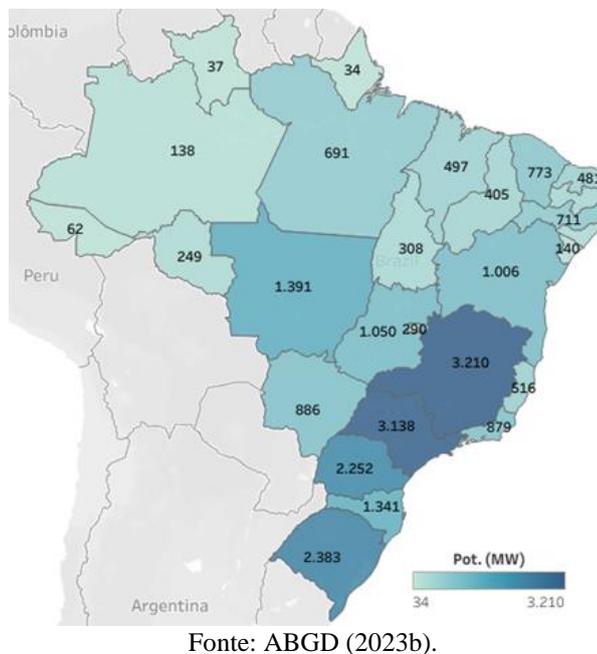
A ePowerBay preparou para a ABGD (2023b) a representação gráfica da potência instalada por estado e fonte de energia, com dados até agosto de 2023, conforme Figura 55.

**Figura 55 – Potência instalada da MMDG no Brasil por estado e fonte de energia (agosto de 2023)**



Além disso, a consultoria preparou para a ABGD (2023b) um mapa da potência instalada de MMGD dividido pelos estados do Brasil, como pode ser visto na Figura 56.

**Figura 56 – Mapa da potência instalada da MMGD no Brasil por estado (agosto de 2023)**



No ranking municipal, segundo a Absolar (2023), Florianópolis/SC (3,3%) aparece em primeiro lugar, seguida por Brasília/DF (1,2%) e Cuiabá/MT (0,9%), conforme a Figura 57, elaborada pela ABSOLAR, com dados até 13 de setembro de 2023.

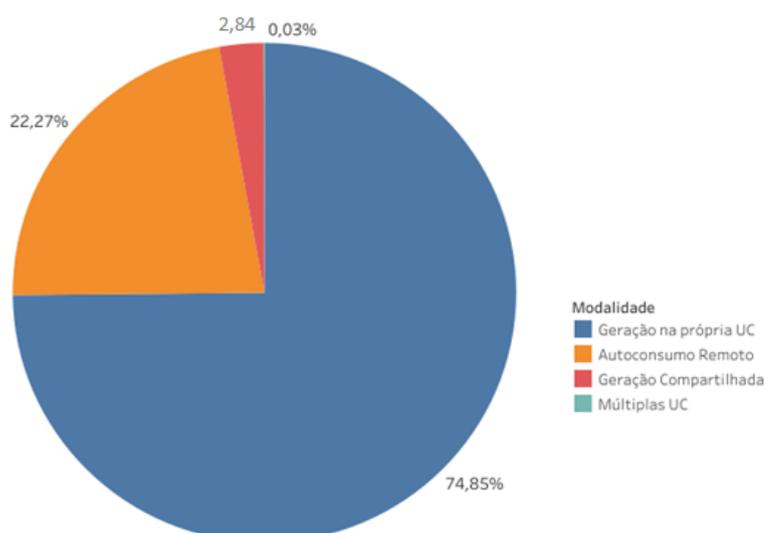
**Figura 57 – Ranking municipal top 10 de potência instalada da MMGD no Brasil (até 13 set. 2023)**



Fonte: ABSOLAR (2023).

Em relação à modalidade do sistema de geração distribuída, 74,9% são de geração na própria UC (junto à carga), seguido por autoconsumo remoto (22,3%), geração compartilhada (2,8%) e EMUC (0,03%) (ABGD, 2023b). A Figura 58 apresenta o gráfico do percentual de MMGD no Brasil por modalidade.

**Figura 58 – Percentual de MMGD no Brasil por modalidade (agosto de 2023)**

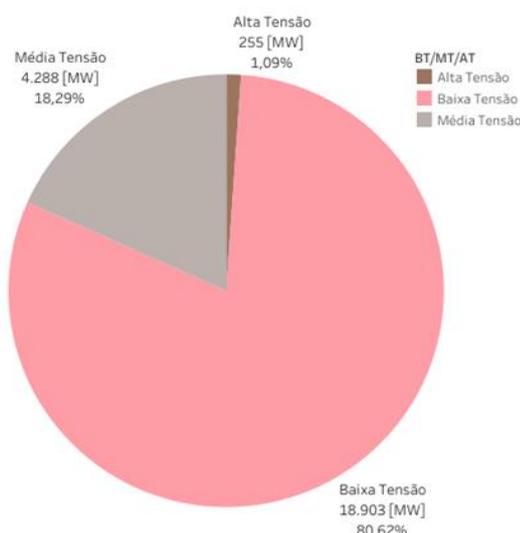


Fonte: ABGD (2023b).

Interessante afirmar que a geração compartilhada teve um aumento muito grande devido à redução no ICMS e a Lei 14.300, passando de 39,2 MW em 2020 para 665 MW em agosto de 2023 (ABGD, 2023b). Além disso, o número de unidades consumidoras que aderiram à modalidade passa de 15 mil e a quantidade de fazendas é cerca de 5.200 (ABSOLAR, 2023).

Em relação à tensão da rede, 80,62% (18,9 GW) da potência instalada está na baixa tensão, seguida pela média tensão, com 18,29% (4,3 GW), e alta tensão, com 1,09% (0,3 GW) (ABGD, 2023b). A Figura 59 apresenta o gráfico do percentual de MMGD no Brasil pelos níveis de tensão da rede, sendo que a baixa tensão é igual ou menor que 1 kV, média tensão é acima de 1 kV e abaixo de 69 kV, e a alta tensão acima de 69 kV e abaixo de 230 kV.

**Figura 59 – Percentual de MMGD no Brasil por nível de tensão da rede (agosto de 2023)**



Fonte: ABGD (2023b).

Por fim, cerca de 84% da capacidade instalada está nos projetos de microgeração distribuída (menor ou igual a 75 kV), enquanto os projetos de minigeração distribuída representam 16% (ABGD, 2023b). A Tabela 6 apresenta essa divisão, incluindo algumas subdivisões no grupo de minigeração distribuída.

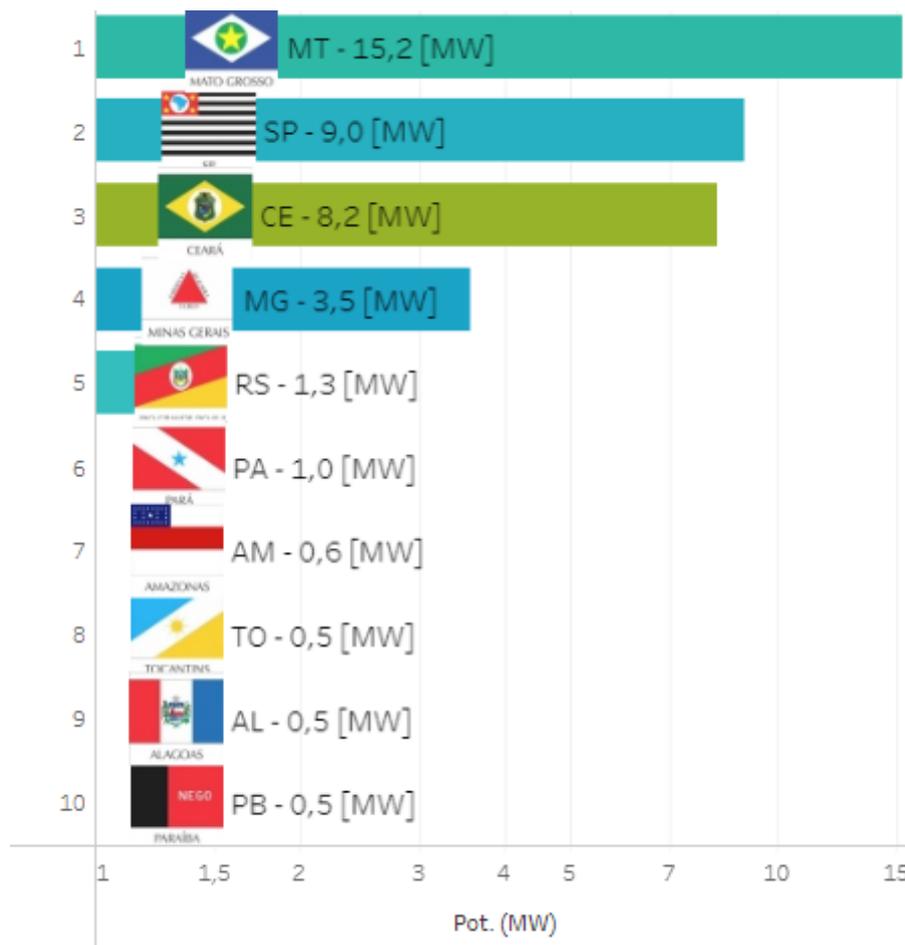
**Tabela 6 – Potência instalada e percentual de MMGD no Brasil por tamanho do projeto (agosto/2023)**

Classe de Potência	Pot. (MW)	% Pot
GD >= 1000 kW	1.638	7%
1000 kW > GD >= 500 kW	608	3%
500 kW > GD >= 250 kW	542	2%
250 kW > GD > 75 kW	1.056	5%
GD <= 75 kW	19.602	84%
Total geral	23.446	100%

Fonte: ABGD (2023b).

No mês de agosto de 2023, segundo a ABGD (2023b), os estados que mais instalaram sistemas de MMGD no Brasil foram Mato Grosso (15,2 MW), São Paulo (9,0 MW), e Ceará (8,2 MW), como mostra a Figura 60.

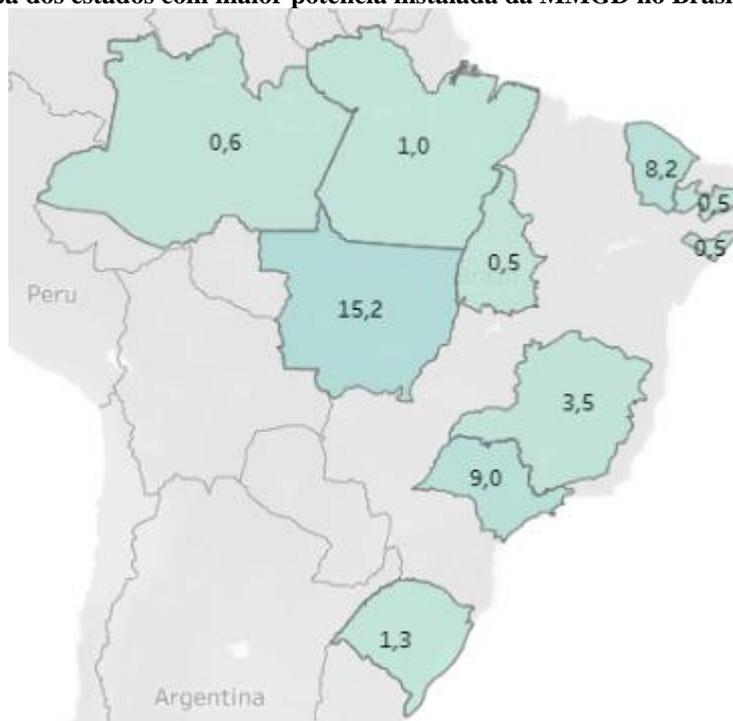
**Figura 60 – Ranking estadual por número de sistemas instalados de MMGD no Brasil em agosto de 2023**



Fonte: ABGD (2023b).

O mapa da Figura 61 mostra a localização dos estados com maior potência instalada em agosto de 2023.

**Figura 61 – Mapa dos estados com maior potência instalada da MMGD no Brasil em agosto de 2023**



Fonte: ABGD (2023b).

Como citado anteriormente, a maior parte da potência instalada de geração distribuída (98,9%) é oriunda de painéis solares fotovoltaicos, que representam 99,97% de todas as conexões de micro e minigeração distribuída no país, conforme a Figura 62, de acordo com dados da ABSOLAR (2023) de 13 de setembro de 2023.

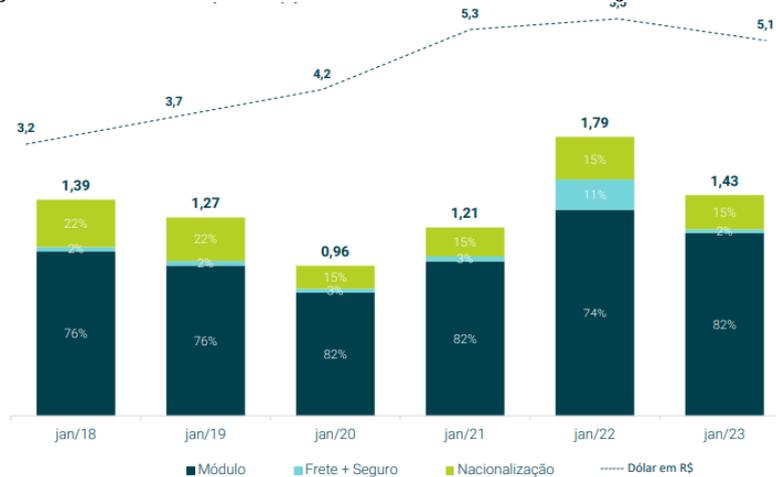
**Figura 62 – Representatividade da fonte solar fotovoltaica na MMGD no país**



Fonte: ABSOLAR (2023).

Segundo a Greener (2023a), o grande aumento da MMGD no Brasil em 2022, além da questão regulatória, tem a ver com os preços dos sistemas fotovoltaicos, que tiveram uma queda média de 12% em 2022. A queda nos preços foi ocasionada pela redução dos custos dos módulos e pelo elevado nível de estoque de equipamentos de atacado no mercado (GREENER, 2023a). A Figura 63 apresenta a evolução dos custos dos módulos fotovoltaicos no Brasil (R\$/Wp).

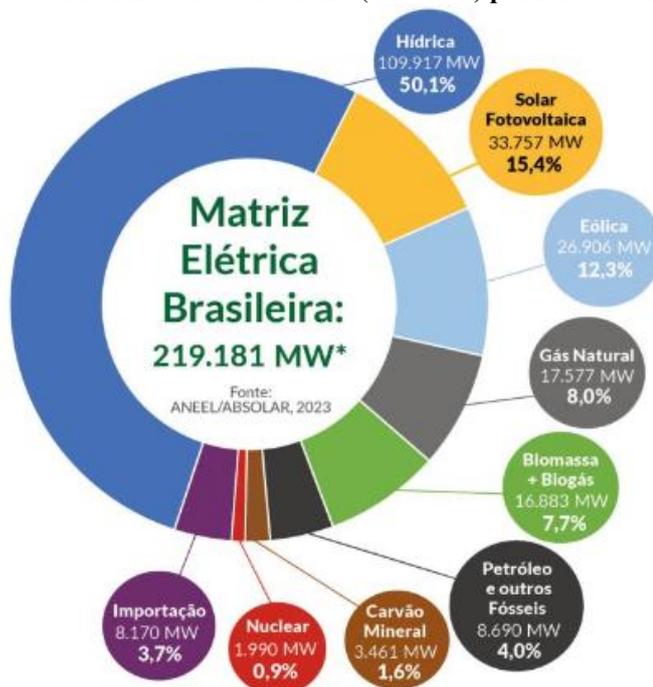
**Figura 63 – Evolução do custo dos módulos fotovoltaicos no Brasil entre janeiro de 2018 e janeiro de 2023**



Fonte: GREENER (2023a).

A GD ajudou a fonte solar a alcançar o segundo lugar na matriz elétrica brasileira no início de 2023, com a marca de 33,8 GW, representando 15,4% da matriz elétrica brasileira, superando a energia eólica, com 26,9 GW (ABSOLAR, 2023). Desse modo, a solar fica atrás apenas da fonte hídrica, com 50,1% da matriz elétrica brasileira, conforme apresentado na Figura 64.

**Figura 64 – Matriz elétrica brasileira (GD e GC) por fonte de energia**

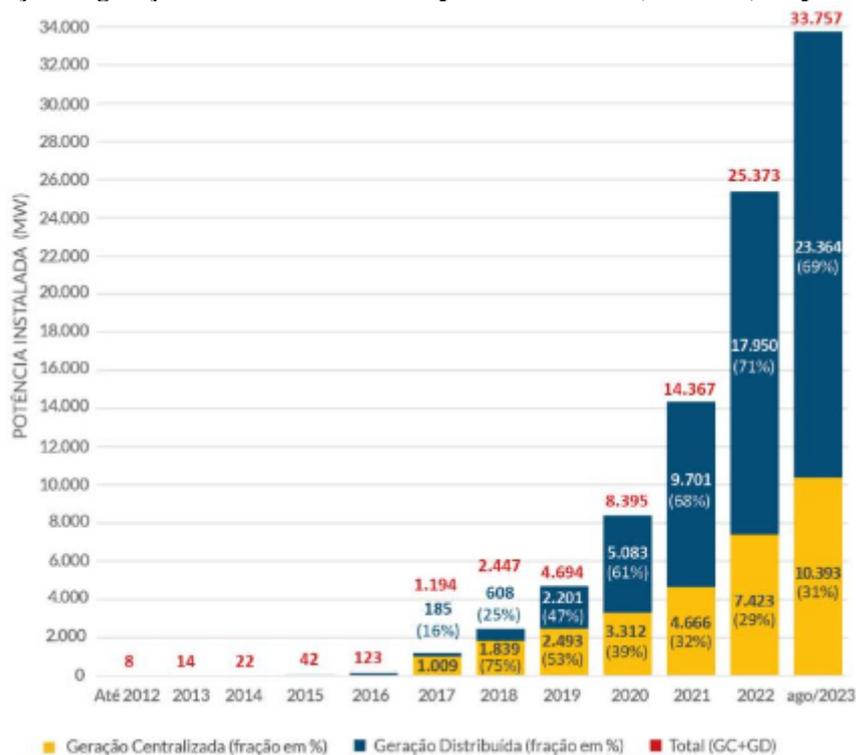


Fonte: ABSOLAR (2023).

Ainda de acordo com a Absolar (2023), o setor já movimentou cerca de R\$ 151 bilhões de investimentos, sendo R\$ 105 bilhões em geração própria (R\$ 56 bilhões no autoconsumo local) e R\$46 bilhões em grandes usinas centralizadas, além de mais de R\$ 44,5 bilhões em arrecadação de tributos (CANAL SOLAR, 2023b).

A geração própria representa cerca de 69% da potência da fonte solar, em telhados ou projetos de minigeração, contra 31% da geração centralizada (as fazendas solares de grande porte) (ABSOLAR, 2023). A redução da tecnologia de painéis fotovoltaicos, os subsídios e o aumento dos financiamentos para o setor explicam o crescimento ao longo dos últimos anos, como pode ser visto na Figura 65.

**Figura 65 – Evolução da geração solar fotovoltaica e representatividade (GD e GC) no país de 2012 a 2023**



Fonte: ABSOLAR (2023).

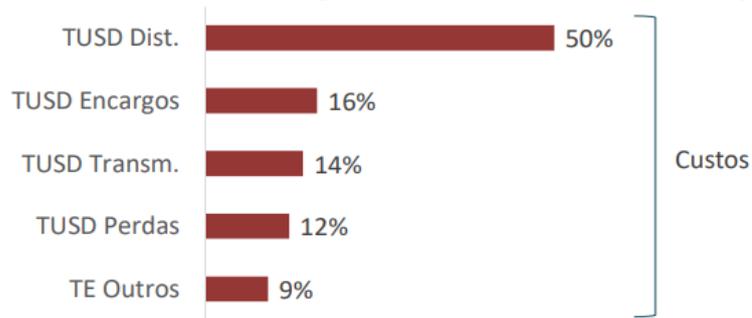
Com a Lei 14.300 é esperado que o crescimento da geração distribuída continue forte ao longo de 2023, visto que muitos projetos solicitaram parecer de acesso e tem alguns meses para serem instalados considerando o direito adquirido. E mesmo aqueles que entrarem na regra nova estão passando por um período de transição que ainda torna esses projetos rentáveis, apesar de um tempo maior do retorno financeiro.

Segundo previsões da ABGD, a energia solar a partir da MMGD deve chegar 26 GW até o final de 2023, com investimento de R\$38 bilhões, sendo mais de 90% baseados em solar fotovoltaica, mesmo com a regra de transição em vigor (ABSOLAR, 2023c). É interessante observar que houve uma corrida para a obtenção do desconto integral de conexão, sendo que de novembro a 7 de janeiro de 2023, 31 associadas da Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica (Abradee) receberam 32 GW de capacidade de pedidos de conexão de micro e minigeração distribuída solar, de 486,6 mil projetos, em razão do benefício. Segundo estimativas da Abradee, os consumidores vão bancar R\$ 270,7 bilhões em subsídios dessa leva final de projetos até 2045, período em que perdura a isenção completa pelo uso do fio (VALOR ECONÔMICO, 2023c).

Esse número é muito expressivo, pois a estimativa da EPE é de que a MMGD chegaria a 37 GW até 2032, considerando o cenário de referência. O cenário de referência é aquele no qual ocorre apenas a cobrança de 100% da TUSD distribuição a partir de 2029, o que implica

que 50% dos custos (Encargos, Transmissão, Perdas e Outros) serão descontados através dos benefícios. (EPE, 2022). Os outros cenários englobam desde TE Energia + 0% dos custos, que seria a menor remuneração, até TE Energia + 100% dos custos, que significaria a compensação original de 1 para 1. Os custos são apresentados na Figura 66.

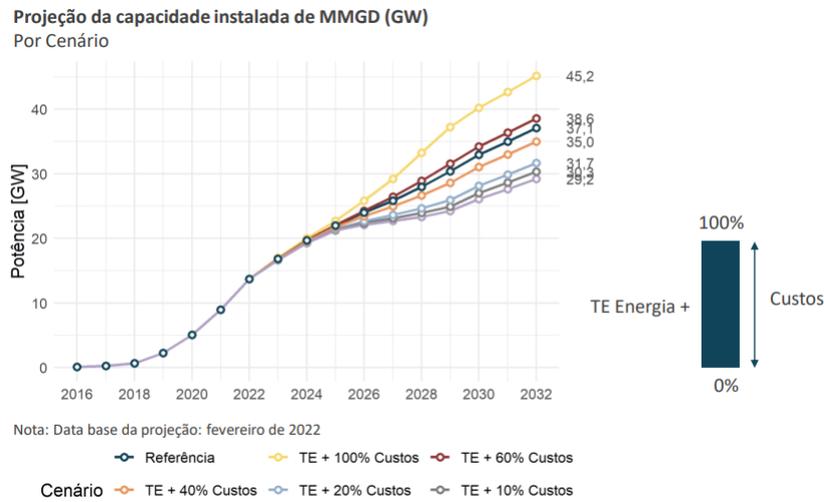
**Figura 66 – Percentual médio de cada componente na tarifa B1 em 2021, sem a parcela Energia**



Fonte: EPE (2022).

A Figura 67 apresenta a projeção da capacidade de MMGD para os próximos anos, considerando o cenário de referência e os outros cenários.

**Figura 67 – Projeção da capacidade instalada de MMGD em diferentes cenários até 2032**



Nota: Data base da projeção: fevereiro de 2022

Fonte: EPE (2022).

A Tabela 7 apresenta o resumo dos resultados, por cenário, incluindo o número de adotantes, a potência instalada e os investimentos.

**Tabela 7 – Resumo dos resultados de MMGD em diferentes cenários para 2032**

Cenário	Adotantes (2032) Milhões	Potência (2032) GW	Geração (2032) GWméd	Investimentos (2022 a 2032) R\$ bilhões
TE + 100% C	5,8	45,2	7,5	148,8
TE + 60% C	5,0	38,6	6,3	121,5
<b>Referência</b>	<b>4,8</b>	<b>37,1</b>	<b>6,0</b>	<b>115,4</b>
TE + 40% C	4,6	35,0	5,6	106,8
TE + 20% C	4,2	31,7	5,0	93,5
TE + 10% C	4,0	30,3	4,8	88,3
TE + 0% C	3,8	29,2	4,6	83,9

Fonte: EPE (2022).

A Figura 68 apresenta o mapa da projeção da capacidade instalada de MMGD em 2032 (GW) por unidade da federação (UF) brasileira.

**Figura 68 – Mapa da projeção da capacidade instalada de MMGD no Brasil em 2032 por estado**

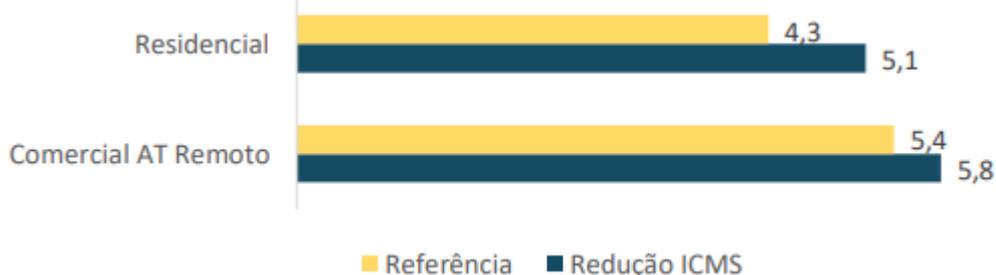


Fonte: EPE (2022).

Um fator que é interessante observar que pode afetar a instalação de novos projetos de MMGD no país foi a aprovação no Congresso Nacional da Lei Complementar n° 194, de junho de 2022, que limitou a cobrança de ICMS pelo piso de 17% ou 18% (a depender da UF) sobre combustíveis, energia elétrica, comunicações e transporte coletivo. Além disso, a Lei estabeleceu a não incidência de ICMS sobre serviços de transmissão (TUST), distribuição (TUSD) e encargos setoriais nas operações que envolvem energia elétrica (BRASIL, 2022b).

Desse modo, é estimada uma redução de cerca de 20% na tarifa final de energia elétrica do consumidor atendido em baixa tensão, o que implica em menor economia na migração para um sistema de micro e minigeração distribuída. No entanto, a não incidência de ICMS sobre a tarifa de demanda contratada beneficia a atratividade de sistemas remotos conectados em alta tensão (logo, esse segmento é menos afetado). Por isso, há uma diferença no tempo do retorno do investimento em MMGD em 2023, considerando a LC 194, conforme mostra a Figura 69.

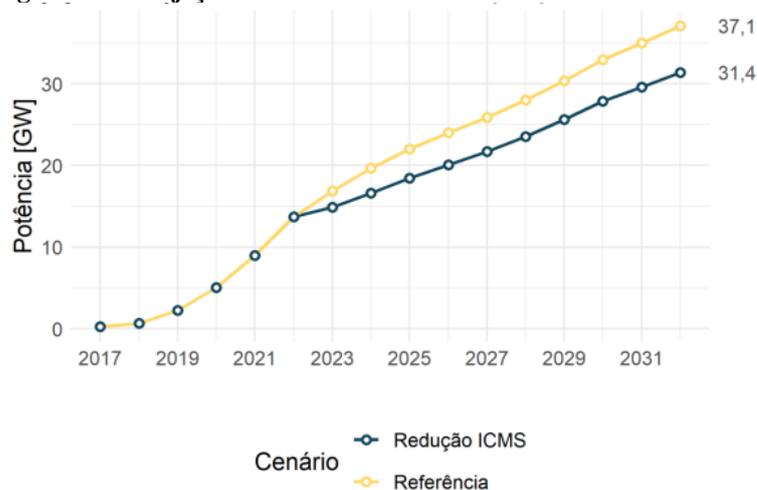
**Figura 69 – Estimativa do payback (em anos) da MMGD no Brasil em 2023 nos dois cenários**



Fonte: EPE (2022).

A EPE (2022) estima uma redução de 15% na capacidade de expansão da MMGD nos próximos anos, oriunda da redução do ICMS na tarifa, por meio da LC 194/22, conforme mostra a Figura 70.

**Figura 70 – Projeção da MMGD no Brasil até 2032 nos dois cenários**



Fonte: EPE (2022).

No entanto, no dia 9 de fevereiro de 2023, o ministro do Supremo Tribunal Federal (STF) Luiz Fux decidiu suspender mudanças na base de cálculo do ICMS sobre a energia elétrica. Com a decisão, fica mantida a cobrança do tributo sobre as tarifas de distribuição e transmissão e encargos setoriais vinculados às operações de energia, além da incidência sobre

a parcela efetivamente consumida. Segundo o ministro, com a aplicação da LC 194/2022, a estimativa é que a cada seis meses, os Estados deixem de arrecadar, aproximadamente, R\$ 16 bilhões, o que também poderia repercutir na arrecadação de municípios, já que a Constituição determina que 25% da receita arrecadada com ICMS deve ser repassada às prefeituras (VEJA, 2023).

A decisão é provisória e deveria ser votada entre os dias 24 de fevereiro e 3 de março de 2023, para confirmar se as tarifas correspondentes ao custo de transmissão (TUST) e de distribuição (TUSD) de energia elétrica compõem ou não a base de cálculo do ICMS. No dia 3 de março de 2023, o plenário do Superior Tribunal Federal decidiu manter a liminar do ministro Fux, que eleva o ICMS sobre energia, incluindo as duas tarifas no cálculo do imposto. Todos os ministros acompanharam a decisão de Fux, com exceção de André Mendonça. Desse modo, houve a reversão da medida que foi aprovada pelo Congresso Nacional em 2022 (EPBR, 2023c).

Segundo a Associação Nacional dos Consumidores de Energia (Anace), a mudança trazida na LC 194 poderia gerar uma redução média de 9% nas contas de luz. A Replace Consultoria fez um estudo a pedido da associação que mostrou que das 37 distribuidoras de energia estudadas, apenas 30% deixaram de cobrar o ICMS após a mudança da lei até o final de 2022. A decisão da Corte deve desagradar entidades que representam consumidores de energia, que já haviam se manifestado contra a liminar (DIARIO DO COMERCIO, 2023).

Teremos que aguardar agora os próximos passos da justiça para saber como ficará a questão da base de cálculo do ICMS sobre a energia elétrica no Brasil, mas os entes regionais questionam com razão o fato de a União ter invadido a competência de legislar sobre um tributo nacional. Além disso, a Lei Complementar nº 194 modificou a Lei Kandir (LC nº 87, de 1996). Portanto, se o trecho da LC nº 194 deixar de existir, a discussão sobre a base de cálculo do ICMS volta à tona (EPBR, 2023c).

#### 4.9 O PROJETO DE LEI Nº 2703/2022

O Projeto de Lei 2703/2022 nasceu em junho de 2022 na Comissão de Defesa do Consumidor da Câmara dos Deputados, junto de associações do setor e do deputado Celso Russomanno (Republicanos-SP). O documento foi elaborado com a contribuição de micro e minigeradores, que apresentaram queixas com relação a falta de atendimento das distribuidoras de energia com relação a instalação dos sistemas de energia solar. Como a ANEEL não resolveu

o problema, a proposta de extensão do prazo de entrada das novas regras de MMGD foi elaborada.

O PL 2703/2022, protocolado em 1º de novembro de 2022, altera a Lei 14.300, de 6 de janeiro de 2022, a fim de aumentar o prazo para o protocolo de solicitação de acesso na distribuidora sem aplicação de novas regras tarifárias menos vantajosas às unidades de microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica. Além disso, o substitutivo do deputado Beto Pereira altera a Lei nº 14.182, de 12 de julho de 2021, também estende os benefícios da GD a pequenas centrais hidrelétricas até 30 MW, e altera a lei da Eletrobras, para permitir que uma parcela da contratação obrigatória da potência de térmicas a gás no Centro-Oeste seja destinada a PCHs até 50 MW (AGÊNCIA SENADO, 2022).

A justificativa do projeto deve-se ao fato que a Lei 14.300 exigia que a ANEEL fizesse um novo regulamento em até 180 dias da publicação da lei, ou seja, até julho de 2022, o que não ocorreu, além de as distribuidoras não estarem respeitando a nova lei pela ausência da regulação. Com isso, muitos projetos de MMGD tiveram o seu andamento prejudicado, pois receberam negativa do protocolo de solicitação de acesso de forma vaga, sem uma justificativa.

Além disso, devido às dificuldades ambientais de se implantar novas usinas hidrelétricas no Brasil, o setor buscou por meio de uma emenda ao PL para viabilizar novos empreendimentos de pequeno porte de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) de até 30 MW como minigeração distribuída e alterar a lei da privatização da Eletrobras, obrigando a contratação de 1.500 MW de PCHs de até 50 MW por 20 anos no Centro-Oeste. Segundo a Associação Brasileira de PCHs e CGHs (Abrapch) e a Associação Brasileira de Geração de Energia Limpa (Abragel) é positiva a mudança, e dizem que a contratação de energia gerada por pequenas hidrelétricas, em 2023, trará economia de R\$ 13 bilhões ao consumidor. Por sua vez, a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee) rebate os dados e diz que o projeto pode trazer um custo extra de R\$ 138 bilhões na conta de luz dos consumidores (VALOR ECONÔMICO, 2022b). Essa emenda ao PL 2703 será mais difícil de ser aprovada, visto a contrariedade de muitos agentes do setor.

Após aprovação na Câmara dos Deputados em 6 de dezembro de 2022, com 260 votos a favor e 83 contra o projeto, o texto do PL foi encaminhado ao Senado Federal com a proposta de extensão do prazo em mais seis meses (até julho de 2023) para início da aplicação das regras de transição para todas as fontes, com exceção das PCHs com até 30 MW, que teriam um ano a mais de postergação. O projeto deve ser votado no Senado no primeiro semestre de 2023, após recesso parlamentar.

A regulamentação dada pela ANEEL às leis 14.300 e 14.120 na reunião de diretoria no dia 07 de fevereiro deixou os prosumidores insatisfeitos em relação a alguns pontos, sobretudo a cobrança de demanda na baixa tensão e optante B dos consumidores. A ABSOLAR vai representar as empresas e os clientes do setor na retomada das conversas sobre a votação do PL2703/22, que foi aprovado na Câmara, mas não foi votado no Senado até o momento. A ideia é que o projeto sirva para corrigir essas distorções na visão dos agentes do setor de GD no Brasil, pois ele já apresentava algumas objeções à primeira versão da nota técnica da ANEEL, além de estender o prazo para consumidores aderirem à modalidade com o desconto previsto na lei que instituiu o marco regulatório do segmento.

O projeto precisa de um novo relator em 2023, pois o anterior (Carlos Fávaro) foi nomeado como Ministro da Agricultura no atual governo. A perspectiva dos players do setor é que o projeto continue para ir ao Plenário, ao invés de passar para análise em comissões da casa, para que este possa avançar ainda no primeiro semestre de 2023, visto que ele ganhou maior importância após a aprovação da nova regulamentação da geração distribuída no Brasil. (CANAL ENERGIA, 2023c).

#### 4.10 A REGULAMENTAÇÃO DA GD PARA MMGD NO BRASIL APÓS A LEI 14.300

Quando o marco legal da micro e minigeração distribuída no Brasil foi sancionado, por meio da Lei 14.300, ficou estabelecido que a ANEEL teria até 180 dias para regulamentar os aspectos técnicos do marco e definir diretrizes que deveriam ser seguidas pelas distribuidoras e empresas de instalação. No entanto, o prazo até julho de 2022 não foi cumprido, o que levou a abertura de brechas na lei, com muitas distribuidoras sendo ineficientes na aplicação do marco legal, com a alegação da falta de regulamentação.

No dia 06 de setembro, a Aneel disponibilizou a Nota Técnica n.º 0041/2022-SRD/SGT/SEM/SRG/SCG/SMA/SPE/ANEEL, datada de 14 de junho de 2022, com a sua proposta de regulamentação da Lei 14.300/2022, para ser posteriormente colocada em Consulta Pública.

Por isso, a ANEEL abriu as Consultas Públicas n.º 50 e n.º 51/2022, que tratam especificamente das normas relacionadas ao sistema de compensação da energia injetada na rede e aos micro e minigeradores, promovendo alterações no texto das Resoluções Normativas 956 e 1.000/2021, e com a revogação da REN 482/2012. Desse modo, o objetivo principal é regulamentar as disposições da Lei n.º 14.300/2022.

A Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), criada pela Lei nº 10.483/2022, é um fundo setorial de energia elétrica, com objetivo de custear diversas políticas públicas do setor, possuindo como principal fonte de receita os encargos alocados às tarifas dos sistemas de distribuição e de transmissão de energia elétrica.

No entanto, o marco legal da GD permitiu que o custeio do direito de uso da rede de distribuição pelos micro e minigeradores seja compartilhado entre todos os consumidores por meio dos encargos da CDE na tarifa de energia elétrica. É uma condição temporária, para os projetos com direito adquirido, e os projetos protocolados entre 2023 e 2029 passarão a pagar uma parte do valor total da TUSD na regra de transição.

A Lei 14.300 dispôs de novas obrigações da CDE, mas não alterou a legislação de criação do fundo setorial – Lei nº 10.438/2002, o que levou a Aneel a providenciar uma regulamentação congruente e complementar dos aspectos econômicos de ambas as leis.

Por isso, no dia 25 de outubro de 2022 foi publicada a Consulta Pública nº 50/2022, com o objetivo de obter subsídios para o aprimoramento dos Submódulos 5.2, 7.1, 7.2 e 7.3 dos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET, que regulamentam os aspectos econômicos da Lei nº 14.300/2022, cujo período de contribuições foi entre 27 de outubro e 12 de dezembro de 2022 (ROLIM, 2022).

O art. 1º da Lei nº 14.120/2021, determina possibilidade de aplicação de recursos de eficiência energética para instalação de sistemas de geração distribuída, baseados em energia renovável, em edificações da administração pública.

Além disso, alguns temas trazidos pela Lei nº 14.300/2022 dependem da regulamentação da Aneel, que são: a) o art. 2º – Conexão de micro ou minigeração distribuída com sistemas de armazenamento; b) o art. 4º – Garantia de Fiel Cumprimento; c) o art. 15 – Compensação fora da área de permissão; e d) o art. 27 – Faturamento do Período de transição.

Nesse contexto, no dia 4 de novembro de 2022 foi publicada a Consulta Pública nº 51/2022, com o propósito de obter subsídios para o aprimoramento das minutas de Resoluções Normativas, com dispensa de Análise de Impacto Regulatório, com vistas à adequação dos regulamentos aplicáveis à micro e minigeração distribuída, em função das disposições estabelecidas na Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, e no art. 1º da Lei nº 14.120, de 1º de março de 2021 (ROLIM, 2022). O período de envio das contribuições foi entre 4 de novembro e 19 de dezembro de 2022.

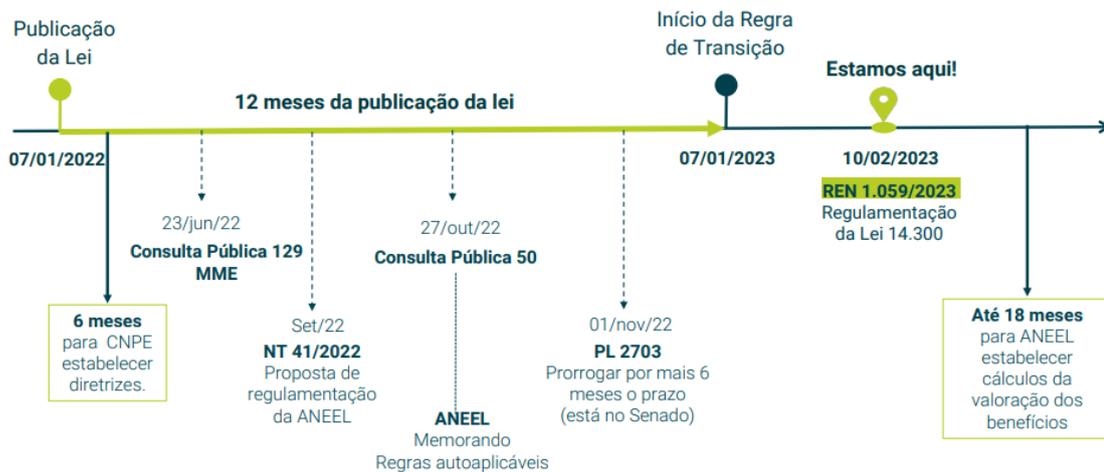
No dia 26 de janeiro de 2023, a ANEEL publicou a Nota Técnica 002/2023 com o resultado da análise das contribuições recebidas no âmbito da Consulta Pública 051/2022 que tratou da proposta de mudança das regras aplicáveis à microgeração e minigeração distribuída,

estabelecidas na Lei nº 14.300/2022. A agência divulgou também a minuta da regulamentação das regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como as regras do SCEE (Sistema de Compensação de Energia Elétrica) (CANAL SOLAR, 2023c).

No dia 31 de janeiro de 2023, os diretores da ANEEL fizeram uma reunião ordinária para ouvir e receber sugestões de 17 profissionais de associações e empresas do setor elétrico, a respeito da minuta da nova regulamentação de MMGD no Brasil, e decidiram aditar em uma semana a votação.

No dia 7 de fevereiro de 2023 foi aprovada a nova regulamentação do marco legal da micro e minigeração distribuída, a Resolução Normativa ANEEL nº 1059. A Figura 71 apresenta a linha do tempo das últimas atualizações regulatórias sobre MMGD no Brasil.

**Figura 71 – Linha do tempo regulatória da MMGD no Brasil após aprovação do Marco Legal**



Fonte: GREENER (2023a).

A proposta da ANEEL recebeu 829 contribuições, sendo que 483 não foram aceitas ou consideradas (CANAL ENERGIA, 2023a). Além dos pontos debatidos, a agência ainda negou provimento ao requerimento administrativo, com pedido de medida cautelar, protocolado pelo Instituto Nacional de Energia Limpa (INEL), para nova instrução processual relacionada aos regulamentos aplicáveis à micro e minigeração distribuída. Ainda ficou determinado à Subintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD) que estude a viabilidade técnica e econômica para gestão da qualidade e rastreabilidade dos módulos fotovoltaicos utilizados para micro e minigeração distribuída; adote as providências para dar publicidade aos entendimentos de vedação à divisão de centrais geradoras, e avaliar a necessidade de eventuais

comandos regulatórios específicos sobre a característica de consumo próprio da microgeração distribuída (MEGAWHAT, 2023b).

A tarifa de eletricidade é um empilhamento de encargos e custos para remunerar toda a cadeia de energia. E é justamente o rateio dessas parcelas entre quem gera a própria energia e os restantes dos consumidores que leva ao debate sobre os subsídios implícitos à GD — R\$ 26 bi já foram pagos em subsídios na energia (EPBR, 2023a). Estão estimados o pagamento de 5,4 bilhões de subsídios à MMGD somente em 2023, segundo a ANEEL (PODER 360, 2022).

Os principais pontos de objeção à proposta da ANEEL pelos agentes de MMGD foram a cobrança do custo de disponibilidade e do chamado fio B -o custo de transporte de energia no sistema de distribuição.

Como foi explicado anteriormente, o custo de disponibilidade é uma taxa mínima cobrada pelas distribuidoras pelo serviço prestado aos consumidores. Já o chamado fio B é uma taxa dentro da TUSD (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição) cobrada pelos serviços de manutenção da rede. No caso da geração distribuída, a taxa é cobrada quando há injeção do excedente da energia gerada pelo consumidor na rede de distribuição.

Segundo a ABSOLAR, a regra da ANEEL instituiu uma tripla cobrança pelas distribuidoras, por meio do custo de disponibilidade, fio B e TUSDg (demanda de geração da usina). Já a ANEEL não via como uma tripla cobrança, e sim como 3 serviços diferentes, pois o regulador vê que há o uso da rede de três formas. E o regulador se diz amparado Art 18 da Lei 14.300, transcrito abaixo.

“Art. 18. Fica assegurado o livre acesso ao sistema de distribuição para as unidades com microgeração ou minigeração distribuída, mediante o ressarcimento, pelas unidades consumidoras com minigeração distribuída, do custo de transporte envolvido.

Parágrafo único. No estabelecimento do custo de transporte, deve-se aplicar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia” (BRASIL, 2022b).

Por fim, a ANEEL chegou a um meio-termo, e o custo pela disponibilidade da rede funcionará como um teto, sendo que agora foi eliminada a dupla cobrança do custo de disponibilidade da rede da distribuidora e do fio B (EPBR, 2023a). As três parcelas não serão integralmente somadas no cálculo da compensação. Segundo a área técnica da Aneel, caso a soma do fio B e da TUSDg seja menor que a disponibilidade, o empreendimento deve pagar a soma das duas taxas e a diferença entre esse montante e o custo de disponibilidade. Ou seja, a disponibilidade seria o teto da cobrança (PODER 360, 2022).

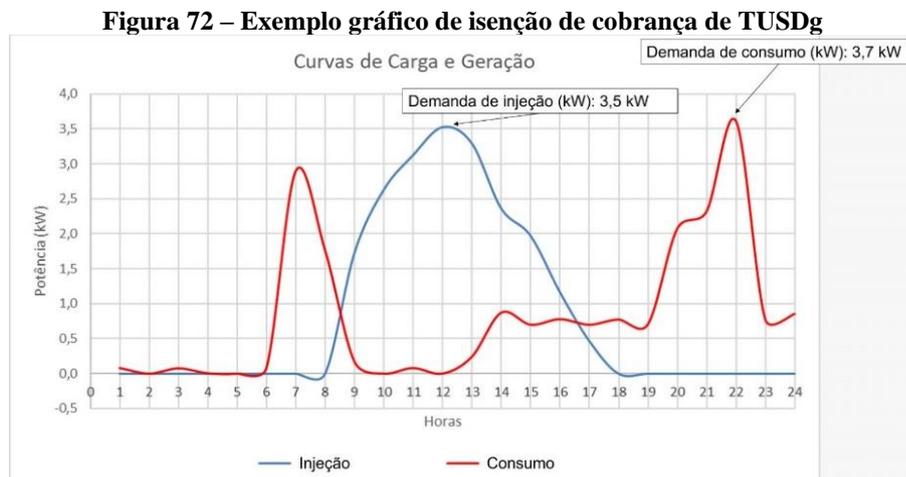
Desse modo, o consumidor vai pagar a taxa “Fio B” mais o valor necessário para alcançar a taxa mínima (caso a “Fio B” seja menor). Ou vai pagar apenas a “Fio B”, se o valor monetário for superior à taxa mínima. Por exemplo, se um consumidor tem uma taxa mínima de R\$100 e a taxa “Fio B” de sua residência der R\$ 50, ele pagará esse valor mais R\$ 50 para chegar na mínima, mas se der R\$ 102, ele paga apenas isso. Sem essa mudança, o cliente teria que pagar R\$ 150 no primeiro caso e R\$ 202 no segundo, somando as taxas — como era previsto anteriormente (INFOMONEY, 2023).

A regulamentação da Aneel prevê que o consumidor pessoa física também arque com o custo da TUSDg, que é uma taxa originalmente prevista para usinas de microgeração de energia, mas a ABSOLAR vai tentar reverter a cobrança via PL 2703, visto que a taxa não estava prevista na Lei 14.300/2022. O consumidor só irá pagar a TUSDg caso a atividade de injeção de energia da unidade seja superior ao consumo. Segundo a Resolução aprovada, a ANEEL determina que o faturamento da TUSD no grupo B com microgeração ou minigeração distribuída será realizado pela seguinte equação:

$$\text{Faturamento Uso Injeção} = (\text{Injeção} - \text{Consumo}) \times \text{TUSDg}$$

Nessa equação, a injeção é a demanda medida de injeção (em kW); o consumo é demanda medida requerida do sistema (em kW), limitado ao valor da Injeção; e a TUSDg é Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição aplicável a central geradora.

Em outras palavras, será paga a TUSDg somente quando, dentro do ciclo de faturamento, a demanda de injeção em kW (potência) for maior que a demanda de consumo, também em kW (potência). Na Figura 72, por exemplo, a demanda de injeção é menor do que a demanda de consumo, neste caso não haveria cobrança de TUSDg (CANAL SOLAR, 2023c).



Fonte: CANAL SOLAR (2023c).

Interessante observar que o texto aprovado menciona que a cobrança somente pode ser realizada nas unidades consumidoras em que o sistema de medição seja capaz de apurar as demandas requerida e de injeção. Ou seja, só poderá ser cobrada se o medidor instalado na unidade consumidora (UC) tiver a capacidade de medir as demandas em kW (potência) de consumo e injeção (CANAL SOLAR, 2023c). Dessa forma, resta saber como será feita essa cobrança e como será exigida a instalação de um medidor adequado, pois o texto só fala que o faturamento deve ser iniciado após aviso prévio à unidade consumidora, com pelo menos, dois ciclos de faturamento de antecedência.

A norma vai entrar em vigor na data de sua publicação, que não ocorreu até o momento, e as distribuidoras terão até 1º de julho de 2023 para implementarem mudanças previstas na regulação. É importante ressaltar que a REN nº 1.059/2023 revogou a REN nº 482/2012. Desse modo, a REN 1059 aprimorou as regras de GD e os dispositivos regulatórios estão na Resolução 1000/2021, que passa a incorporar o tema de GD, além dos outros tópicos do serviço de distribuição. Os dispositivos do antigo marco normativo da micro e minigeração distribuída foram compatibilizados com a Lei 14.300 e importados para a Resolução 1.000/2021. Desse modo, a REN 1000, que já tinha o objetivo de unificar as normas ligadas à prestação do serviço público de distribuição, passa a ser o principal instrumento de consulta para parametrizar as solicitações de acesso, além dos demais direitos e obrigações, sobre a GD (CANAL SOLAR, 2023c).

Apesar de as mudanças gerarem um aumento do tempo de retorno dos investimentos, o setor enxerga que ainda há razões para o crescimento acelerado da MMGD no Brasil. Até o final de 2022, apenas 1 milhão das 62 milhões de casas do país possuíam placas solares no telhado, o que demonstra que mesmo com a redução nos subsídios há um grande mercado potencial a ser atingido, considerando a irradiação solar alta na maior parte do território, as altas tarifas de energia elétrica e a redução dos equipamentos e custos de instalação no Brasil (CANAL ENERGIA, 2023c).

#### 4.11 INCENTIVO À GD PARA FAMÍLIAS MAIS POBRES

O atual ministro de Minas e Energia, Alexandre Silveira, anunciou no início de janeiro de 2023 a criação de uma Secretaria de Transição Energética, que desenvolverá políticas de desenvolvimento e fomento de energia limpa, de forma a estruturar as políticas públicas para

colocar o Brasil como líder mundial em energia limpa. Além disso, irá trabalhar para alcançar a modicidade tarifária e a universalização do acesso à energia elétrica, de forma a “exterminar a miséria elétrica”, trabalhando para concluir o programa Luz para Todos e reduzir tarifas (AGÊNCIA BRASIL, 2023b).

A equipe de transição que atuou na área de energia no final de 2022 recomendou ao ministro a criação de um programa que possibilite o acesso de consumidores vulneráveis aos sistemas de geração distribuída, especialmente a energia solar fotovoltaica. A política pública deverá contemplar escolas públicas e postos de saúde, consumidores de baixa renda, imóveis populares do Programa Minha Casa Minha Vida, favelas e cortiços, populações tradicionais, agricultura familiar, população atingida por barragens e assentamentos de reforma agrária (EPBR, 2023b). A proposta prevê aplicação de recursos próprios do MME no processo, sem criação de novos custos para a Conta de Desenvolvimento Energético.

No dia 6 de fevereiro de 2023, foi noticiado que o governo federal está estudando junto ao Ministério das Cidades e ao Ministério de Minas e Energia a proposta de instalar projetos solares nas novas construções do Minha Casa Minha Vida. Desse modo, a isenção da conta de luz iria tanto para as novas construções do programa quanto para os conjuntos já finalizados. A expectativa do novo governo é entregar 2 milhões de habitações até 2026 (EXAME, 2023).

Além disso, a Lei nº 14.300/2022 instituiu o Programa de Energia Renovável Social (PERS), destinado a financiar a instalação de geração fotovoltaica e outras fontes renováveis, na modalidade local ou geração compartilhada, para consumidores da subclasse residencial de baixa renda, que trata a Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010. Os recursos seriam oriundos do Programa de Eficiência Energética (PEE) e de fontes complementares (AGÊNCIA SENADO, 2022).

A proposta do governo está prevista para ser implementada nos primeiros 100 dias de mandato e atinge um público além desse subgrupo de baixa renda, sendo mais completo. O entendimento da equipe de transição foi que tanto a lei quanto as resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica que tratam do ordenamento regulatório e dos modelos de negócio da geração distribuída “não possibilitam a participação de uma grande parcela de consumidores desprovida de recursos técnicos e financeiros.” Já o programa vai proporcionar redução do custo da energia elétrica para os consumidores beneficiados (CANAL ENERGIA, 2023c).

Além da proposta do governo e da PERS, Bárbara Rubim, especialista em regulação e vice-presidente do conselho da ABSOLAR pretende apresentar ao governo atual um plano para que o país alcance 5 milhões de instalações fotovoltaicas em quatro anos, o triplo do

montante atual, e levar a energia solar a milhares de residências de baixa renda, em um programa batizado de “Sol para Todos” (VALOR ECONÔMICO, 2023a).

No dia 13 de junho de 2023 foi aprovada a Medida Provisória 1162/2023, que recria o programa habitacional Minha Casa Minha Vida e prevê que os custos da instalação de equipamentos fotovoltaicos sejam vinculados às linhas de atendimento do programa habitacional. Além disso, determina que todos proprietário de uma unidade tenha um desconto de 50% no valor mínimo que precisa pagar para manter um painel solar conectado à rede, e obriga as distribuidoras a comprarem o excedente de energia gerado nessas residências. No entanto, esses dois pontos foram considerados polêmicos, uma vez que a ANEEL estima que as duas medidas tenham um custo anual de R\$ 1 bilhão aos consumidores que são conectados à rede de distribuição de energia (PORTAL SOLAR, 2023).

O próximo capítulo irá analisar se a política pública relacionada ao sistema de micro e minigeração distribuída no Brasil, formado pela geração descentralizada de usinas de pequeno porte, majoritariamente solares fotovoltaicas, é a alternativa ao paradigma tecnológico tradicional, compostas por hidrelétricas com reservatórios, e complementadas por usinas termelétricas a gás, sendo usinas centralizadas de grande porte e conectadas no Sistema Interligado Nacional..Além disso, se a MMGD é capaz de reduzir as questões ambientais e as emissões de GEEs na atmosfera, em comparação com o paradigma tecnológico tradicional. Para isso, o capítulo irá apresentar a relação entre a inovação neo-schumpeteriana e as energias alternativas renováveis, que são fundamentais para reduzir a dependência de carbono presente na indústria de energia em todo o mundo, e que dificulta o emparelhamento tecnológico das nações em desenvolvimento, devido ao interesse financeiro de importantes players do setor de combustíveis fósseis em todo o mundo.

## **5. ANÁLISE DA POLÍTICA DE MMGD NO PAÍS SOB A ABORDAGEM TEÓRICA NEO-SCHUMPETERIANA**

Como foi apresentado no capítulo 3, desde a Revolução Industrial houve a intensificação do uso de combustíveis fósseis, que geraram um grande aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) no planeta. Atualmente, a maior parte dos países ainda utiliza combustíveis fósseis como principal fonte de energia, o que é um grande problema atualmente. O Brasil possui uma matriz elétrica considerada limpa, sendo majoritariamente composta por fontes renováveis. No entanto, grande parte dessa matriz é composta por grandes hidrelétricas, com considerável impacto socioambiental, e termelétricas a gás, que ampliaram sua participação na matriz após últimas crises hídricas. Além disso, há consideráveis perdas de energia no transporte, devido às grandes distâncias entre o local da geração e do consumo, além de a qualidade no suprimento de energia ser ruim em muitos locais, devido ao sistema de geração centralizada, com as usinas localizadas longe dos centros consumidores.

Com o avanço tecnológico e a queda dos preços nos últimos anos, a fonte solar tem ampliado sua participação na matriz elétrica brasileira, sobretudo por meio da micro e minigeração distribuída de energia elétrica. A geração distribuída gera empregos verdes, posterga investimentos na rede, gera maior segurança energética, além da redução dos impactos ambientais, por serem usinas de pequeno porte, próximas aos centros consumidores, e oriundas de uma fonte alternativa renovável.

Nesse contexto, o capítulo irá abordar a relação entre a inovação neo-schumpeteriana e as energias alternativas renováveis e o resultado da análise da política pública de micro e minigeração distribuída de energia elétrica no Brasil. Considerando a abordagem teórica neo-schumpeteriana de inovação, iremos analisar se a política de micro e mini GD deve ser seguida como paradigma tecnológico, em detrimento do modelo de grandes usinas centralizadas no SIN, sobretudo grandes hidrelétricas e termelétricas a gás.

### **5.1 INOVAÇÃO NEO-SCHUMPETERIANA E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Segundo Perez (2013), a economia e o meio ambiente necessitam de inovações verdes, o que pode ser feito por meio das energias renováveis, pois há potencial tecnológico e inúmeras oportunidades para melhorar a qualidade de vida da camada mais pobre da sociedade sem destruir o plano. Para Busch, Foxon e Taylor (2018), as tecnologias relacionadas às energias

renováveis, enquanto investimento em infraestrutura, são oportunidades para o crescimento e possuem alto potencial gerador de benefícios econômicos e sociais.

Desse modo, foi escolhida a estrutura analítica das revoluções tecnológicas, dos paradigmas tecno-econômicos e dos grandes surtos de desenvolvimento para esse estudo. As revoluções tecnológicas, segundo a concepção teórica analítica neo-schumpeteriana, alteram os sistemas tecnológicos, multiplicando inovações não só nos sistemas centrais, como também outras que relacionadas direta e indiretamente a eles. Assim, são geradas diversas oportunidades produtivas, com a reorganização produtiva em segmentos econômicos existentes, bem como o surgimento de novas outras atividades econômicas que promovem o desenvolvimento econômico do país (CORREA; CARIO, 2021).

Cada revolução é constituída de um importante insumo-chave, como por exemplo o surgimento de uma nova fonte de energia (por exemplo, petróleo ou carvão) ou um novo material (por exemplo, plásticos ou aço), que emergem como novas tecnologias, redefinem as indústrias e infraestruturas, constituindo fatores que exercem seu poder transformador através da sua combinação com um paradigma tecno-econômico adequado (PEREZ, 2010). Cada paradigma é baseado em conjuntos interrelacionados de inovações tecnológicas, organizacionais e institucionais, que guiam surtos de desenvolvimento, uma combinação de aumentos de produtividade, mudanças estruturais na produção e consumo, crescimento econômico de longo-prazo, bem como importantes impactos políticos e culturais (PEREZ, 2002).

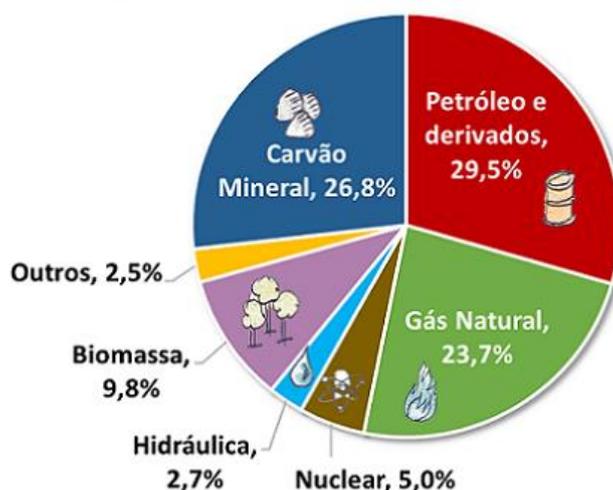
Um novo paradigma exerce grande capacidade de transformação na economia, surgindo em competição com o paradigma existente, em um processo de destruição criadora schumpeteriana, com vantagens comparativas suficientes para se tornar dominante ao longo do seu desenvolvimento. No período de transição entre os paradigmas, há possibilidade de mudanças na posição de domínio ou de emparelhamento tecnológico dos países, sendo que alguns países podem permanecer na liderança, o chamado *forging ahead*, bem como outros países podem avançar e ficar parelhos em relação à fronteira do desenvolvimento tecnológico, que é o conceito de *catching up* (CORREA; CARIO, 2021).

Importante citar que dos cinco paradigmas tecno-econômico existentes, segundo Freeman e Perez (1988), quatro deles foram marcados pela exploração de novas fontes de energia, sendo a força hidráulica no primeiro; energia à vapor baseado em carvão, no segundo; eletricidade, no terceiro; e petróleo e derivados, no quarto (PEREZ, 2002). Somente no paradigma atual, das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), que isso ainda não ocorreu, ao menos não em sua fase de instalação. Uma possibilidade é que o desenvolvimento

recente das energias renováveis foi oriundo da implementação das TIC, e que a implementação de uma matriz energética baseada em fontes renováveis seria vista como um surto secundário do quinto paradigma (CORREA; CARIO, 2021).

Como citado no capítulo 3, as mudanças climáticas são ocasionadas pelo homem, sobretudo após a Revolução Industrial, com o aumento das emissões de GEEs por meio da queima de combustíveis fósseis. Ainda hoje, a matriz energética mundial, que é o conjunto de fontes de energia utilizadas para movimentar os carros, preparar a comida no fogão e gerar eletricidade, é majoritariamente composta por fontes não-renováveis, que representam cerca de 85% do total (EPE, 2023). A Figura 73 apresenta a matriz energética mundial de 2020, sendo que outros é a soma de fontes renováveis, como solar, eólica e geotérmica.

**Figura 73 – Matriz energética mundial (2020)**



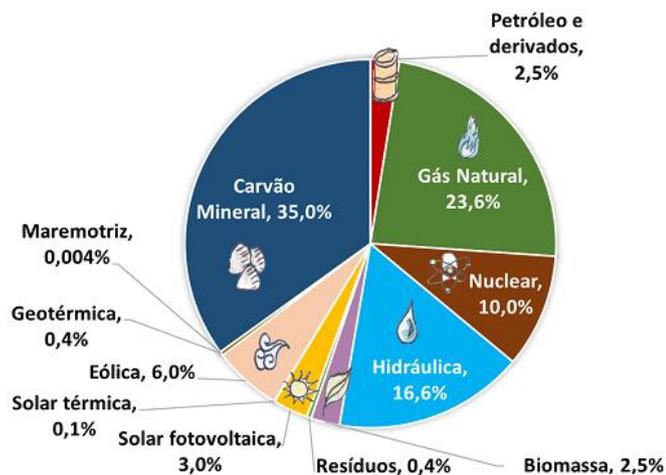
Fonte: IEA (2022), traduzido pela EPE (2023).

É interessante observar que, mesmo mais de dois séculos depois da Revolução Industrial, a elevada intensidade em carbono (cerca de 80%) ainda é o modelo estabelecido majoritariamente para geração de energia no mundo, num fenômeno conhecido como *carbon lock-in* (UNRUH, 2000, 2002). Esse é resultado de um processo de mudança tecnológica *path dependent* em tecnologias intensivas em carbono e consequentemente prejudiciais ao meio ambiente, reforçado pela resistência e poder político-institucional de importantes players globais do setor de energia (DOSI, 1982, 1988).

Com isso, apesar dos avanços tecnológicos do mundo, podemos observar que as energias renováveis ainda ocupam um espaço muito pequeno na matriz energética mundial, mesmo somando todas as fontes. Já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica em um país, estado ou no mundo, sendo

esta responsável pela energia para assistir televisão, ouvir músicas no rádio, acender a luz, ligar nossa geladeira, carregar nosso celular, entre tantas outras coisas (EPE, 2023). Assim como a matriz energética, a matriz elétrica mundial é composta majoritariamente por combustíveis fósseis, como carvão, óleo e gás natural, em termelétricas. A Figura 74 ilustra a matriz elétrica global para o ano de 2020.

**Figura 74 – Matriz elétrica mundial (2020)**



Fonte: IEA (2022), traduzido pela EPE (2023).

Além da questão do poder dos principais players de energia mais consolidados, muitas dessas fontes renováveis possuem custos relativos não-competitivos, visto que não possuem a mesma escala das tecnologias mais consolidadas, e também possuem um sistema de preço enviesado, isto é, que não inclui as externalidades ambientais das tecnologias intensivas em carbono e que concede elevados subsídios aos combustíveis fósseis (COADY *et al.*, 2019).

Desse modo, o *carbon lock-in* é uma característica central do paradigma tecnocômico Fordista, estendendo-se ao paradigma das Tecnologias da Informação de Informação e Comunicação (TIC) (FOXON, 2002). É necessária a quebra do *carbon lock-in* via destruição criadora para o surgimento de um paradigma tecno-econômico baseado em energias renováveis (MATHEWS, 2013a). Para que isso ocorra, é fundamental promover o desenvolvimento e a introdução de novas soluções tecnológicas carbono-neutras, ao mesmo tempo que se lida com as transformações políticas e institucionais necessárias para quebrar a resistência tecnológica, social e institucional das indústrias existentes e estabelecidas (CORREA; CARIO, 2021).

Nesse contexto climático atual, existe uma grande janela de oportunidades para soluções que possam combater os problemas ambientais vigentes, o que requer uma grande mudança na base tecnológica e na infraestrutura da economia, para que o *carbon lock-in* possa

ser superado, tornando a inovação tecnológica como central nesse desafio (BOWEN; HEPBURN, 2014). Segundo Stern (2015), a transição para uma economia de baixo carbono pode representar uma nova e promissora onda de investimento, inovação e prosperidade global.

Para seguir o paradigma tecnológico criado pela revolução tecnológica das energias renováveis devem ocorrer inovações, radicais e em grande quantidade, em setores diversos, para possibilitar o alinhamento de objetivos ambientais com objetivos econômicos e sociais (BUSCH; FOXON; TAYLOR, 2018). Nesse ponto, é fundamental alinhar a proteção ambiental a fatores-chave como geração de emprego e competitividade, que são os objetivos mais tradicionais das políticas industriais e de inovação e atraem grande apoio da sociedade, para que possamos resolver os problemas ambientais sem parar o crescimento econômico, mas sim reorientando-o (PEGELS; LÜTKENHORST, 2014).

Essa discussão é fundamental sobretudo para os países em desenvolvimento, que precisam do crescimento econômico para a criação de empregos e redução da pobreza (LEE; MATHEWS, 2015). O crescimento seguindo diretrizes ambientais pode permitir também aos consumidores desses países a adoção de melhores padrões de vida, embora que não tenham um consumo tão voraz como a noção capitalista do século XX, que envolve a destruição do planeta (PEREZ, 2016).

Assim, torna-se necessário criar um sistema energético para alimentar o crescimento da manufatura, o que é feito inicialmente por combustíveis fósseis, como ocorreu nos países desenvolvidos, mas isso esbarra em conflitos geopolíticos e questões de oferta (CORREA; CARIO, 2021). Desse modo, há oportunidade para o modelo de desenvolvimento baseado em indústria verde em larga escala, no qual as inovações nas indústrias energéticas são essenciais, contrapondo-se ao modelo baseado em combustíveis fósseis. (MATHEWS, 2018).

Segundo Mathews e Reinert (2014), o *carbon lock-in* é menos restritivo nas economias em desenvolvimento, sendo assim pode-se esperar que esses países obtenham maior sucesso na revolução tecnológica das energias renováveis. Além disso, no arcabouço teórico-analítico dos paradigmas tecno-econômicos de Freeman e Perez (1988), é abordado que cada revolução tecnológica abre uma janela de oportunidade para que diferentes países realizem iniciativas que alcancem o mesmo padrão ou até mesmo tomem a liderança na trajetória de desenvolvimento.

Segundo Perez (2019), nós estamos atualmente no turning point do quinto grande surto de desenvolvimento, e que sua implementação completa só será obtida quando o potencial das TIC for combinado com o crescimento verde como direção para profundas inovações, transformando a produção e os estilos de vida e dando início a um novo modo de vida sustentável global. Já Mathews (2013b) acredita que o sexto paradigma tecno-econômico está

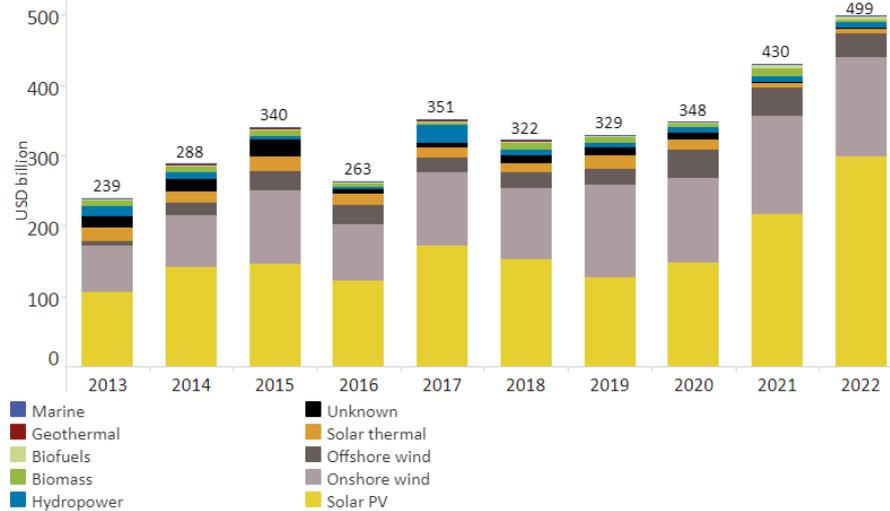
sendo gerado ou nos estágios iniciais de instalação, no qual as energias renováveis constituem um conjunto de insumos-chave.

No capítulo de referencial teórico, vimos que na teoria evolucionária o Estado possui grande importância, e temas como a sustentabilidade devem ser levados em conta nas diretrizes econômicas das políticas públicas. Os casos da Ford e Toyota usados por Nelson e Sampat (2001) foram de desenvolvimentos coevolutivos em economias na fronteira tecnológica, cuja perspectiva coevolutiva também é útil para a análise do processo de desenvolvimento de países distantes da fronteira. Deste ponto de vista, o principal problema do desenvolvimento é reformar as instituições – tecnologias sociais operativas – de modo a encorajar e apoiar a adoção de tecnologias físicas superiores que estão em uso em outros lugares, e a facilitar a subida na escala tecnológica (NELSON e PACK, 1999).

Desse modo, a atuação do Estado e as políticas públicas são cruciais para a emergência das energias renováveis como um paradigma tecno-econômico ou integrando o quinto paradigma das TICs, fazendo-se necessária uma reestruturação institucional, através do estabelecimento de um marco regulatório estritamente ambiental, nos níveis nacional e internacional, e incentivos na direção verde, bem como investimento em pesquisa pública e atuação direta do Estado, criando mercados e sinergias no âmbito das tecnologias verdes que devem ser implementadas nas próximas décadas, especialmente nas inovações de risco mais elevado, no qual os empresários não possuem interesse em investir (PEREZ, 2016).

Uma evidência da emergência das fontes alternativas como um novo paradigma tecno-econômico é o aumento de investimentos em energias renováveis em todo o mundo. Segundo o IRENA (2023a), em 2022 os investimentos foram de US\$ 499 bilhões, mais do que dobro em 2013 (239 bilhões, em dólares de 2019), puxado sobretudo pelas fontes eólica e solar, responsáveis pela quase totalidade dos investimentos. A Figura 75 apresenta as tendências globais de investimento em energias renováveis por tecnologia (em bilhões de dólares).

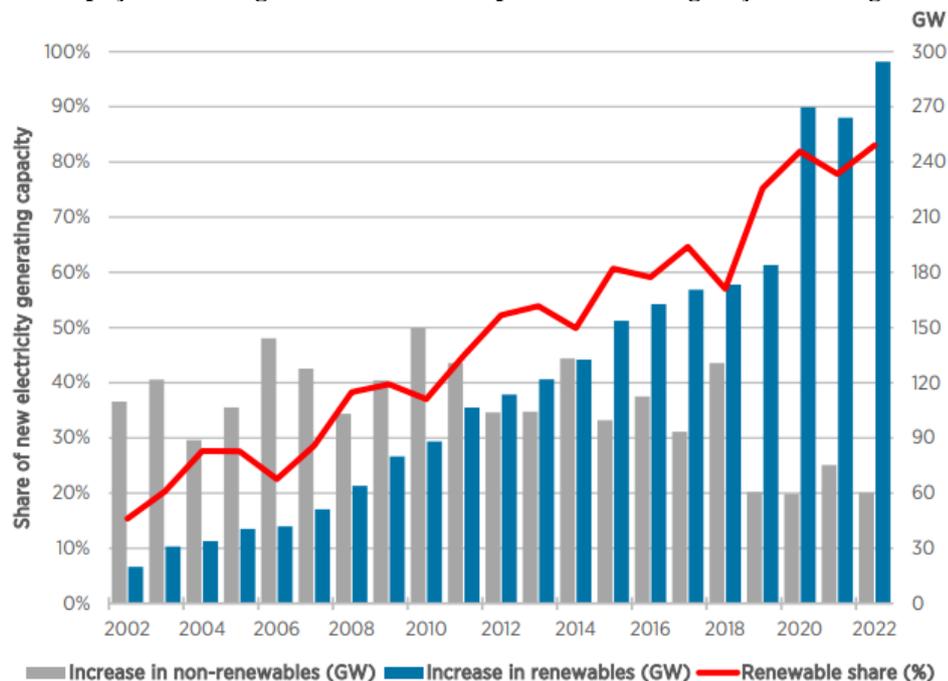
**Figura 75 – Tendências globais de investimento em energias renováveis por tecnologia (em R\$ bi)**



Fonte: IRENA (2023a).

Outro fator é o crescimento da geração de energia renovável, principalmente quando comparadas com as novas instalações de fontes fósseis. É possível perceber uma clara tendência de aumento da participação das fontes renováveis nas novas instalações de capacidade de geração elétrica nas últimas duas décadas (linha vermelha do gráfico), superando as não-renováveis pela primeira vez em 2012. A participação das renováveis na expansão total de capacidade representou 83% em 2022, o que indica um processo de transição energética (IRENA, 2023a). A Figura 76 ilustra a participação das fontes renováveis na expansão anual da capacidade de geração de energia elétrica.

**Figura 76 – Participação das energias renováveis na expansão anual da geração de energia elétrica global**

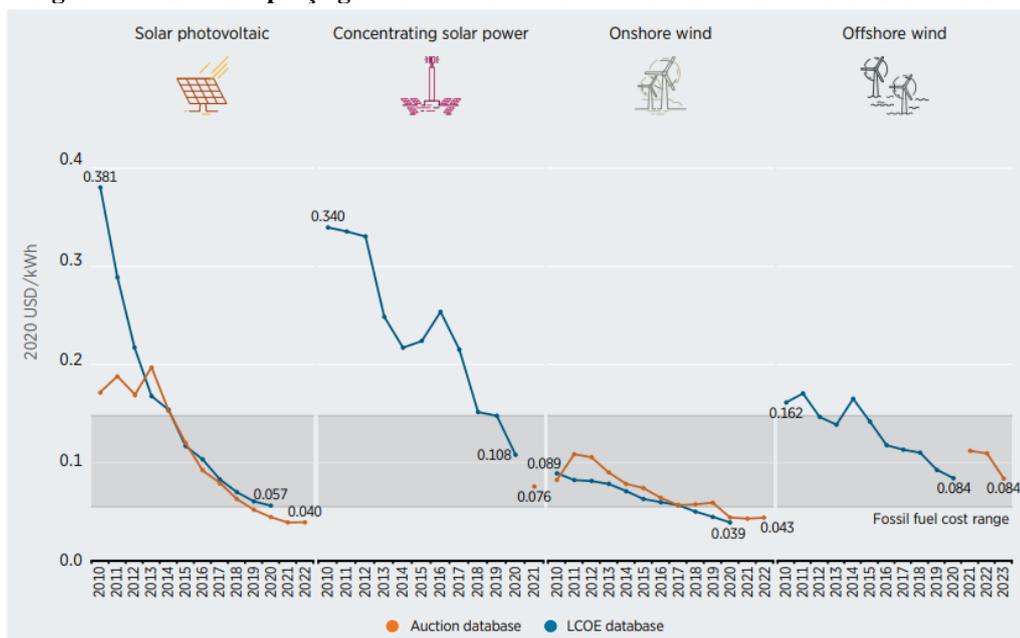


Fonte: IRENA (2023a).

É interessante observar que o quinto e atual paradigma está em processo de declínio, uma vez que os investimentos em TIC e indústrias de conhecimento ainda estão crescendo, porém sem objetivo que estes levem a um avanço econômico global, como foi anteriormente. Desse modo, segundo Mathews (2018), são necessários novos insumos-chave para que tenhamos um aumento na geração de riqueza mundial, que seriam oriundos das tecnologias ligadas às energias renováveis, capacitadas pelas TIC, constituindo assim o sexto paradigma tecno-econômico.

Assim, as fontes renováveis podem se tornar o componente central de geração de riqueza em um novo surto de desenvolvimento econômico, visto que elas satisfazem os três critérios descritos por Freeman e Perez (1988). As energias renováveis possuem oferta ilimitada de recursos, sobretudo a eólica e a solar, além de possuírem custos relativos que nem sempre são os menores, mas estão em declínio, por conta da curva de aprendizado (MATHEWS, 2018). Por fim, os custos relacionados aos combustíveis fósseis e à energia nuclear estão aumentando, tendência que se espera que se mantenha, à medida que os desafios de garantir a oferta aumentam, devido ao estoque limitado dessas fontes, e à demanda por energia que se intensifica (MATHEWS, 2013a, 2013b).

Os preços são um componente fundamental na escolha da fonte de energia, o que denota a importância dos custos relativos. Como citado anteriormente, as fontes renováveis muitas vezes não possuem preços competitivos, visto que não obtiveram ainda os mesmos retornos crescentes de escala das fontes mais consolidadas, sobretudo oriundas de combustíveis fósseis, que atingiram a maturidade comercial (FOXON, 2002). No entanto, nos últimos anos houve uma queda no custo relativo de geração de energia elétrica das fontes renováveis, sobretudo eólica e solar. A Figura 77 ilustra o custo nivelado de energia elétrica (LCOE) e o preço de leilões por tecnologia de energia renovável solar e eólica (US\$/kWh de 2019) no mundo entre 2010 e 2023.

**Figura 77 – LCOE e preço global das fontes solar e eólica nos leilões entre 2010 e 2023**

Fonte: IRENA (2023b).

A Tabela 8 apresenta o custo total médio ponderado global, fator de capacidade e custo nivelado das tendências de energia elétrica por tecnologia, de 2020 e 2021.

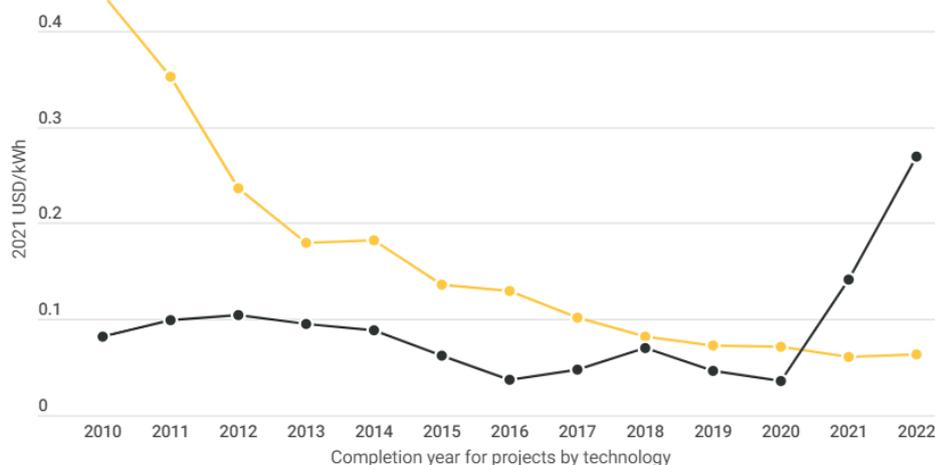
**Tabela 8 – Custo total, fator de capacidade e LCOE por tecnologia de energia renovável (2020 e 2021)**

	Total installed costs			Capacity factor			Levelised cost of electricity		
	(2021 USD/kW)			(%)			(2021 USD/kWh)		
	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change
Bioenergy	2 714	2 353	-13%	72	68	-6%	0.078	0.067	-14%
Geothermal	2 714	3 991	47%	87	77	-11%	0.050	0.068	34%
Hydropower	1 315	2 135	62%	44	45	2%	0.039	0.048	24%
Solar PV	4 808	857	-82%	14	17	25%	0.417	0.048	-88%
CSP	9 422	9 091	-4%	30	80	167%	0.358	0.114	-68%
Onshore wind	2 042	1 325	-35%	27	39	44%	0.102	0.033	-68%
Offshore wind	4 876	2 858	-41%	38	39	3%	0.188	0.075	-60%

Fonte: IRENA (2023c).

É interessante observar que em apenas um ano houve uma queda substantiva no custo nivelado das fontes renováveis, sobretudo eólica e solar, enquanto houve aumento dos combustíveis fósseis. Em 2022 ainda tivemos o grande aumento dos custos dos fósseis, por conta da guerra da Rússia com a Ucrânia. A Figura 78 apresenta o custo nivelado de eletricidade (LCOE, em inglês) da fonte solar fotovoltaica em relação ao gás natural na Europa entre 2010 e 2022.

**Figura 78 – LCOE da fonte solar fotovoltaica em relação ao gás natural na Europa entre 2010 e 2022**



Fonte: IRENA (2023c).

Conforme observado nas figuras anteriores, recentemente as energias geradas a partir de fontes solar fotovoltaica e eólica onshore (turbinas instaladas em terra) reduziram seus custos e atingiram o *grid parity*, que é ponto em que seu custo nivelado de energia elétrica (LCOE) é igual ou menor que o custo dos combustíveis fósseis (CORREA; CARIO, 2021). Segundo Mathews (2013a), esse ponto pode representar o fim da fase de gestação e início da fase de instalação, no qual é esperado um período de investimento industrial sustentado em energia renovável. Desse modo, há uma queda sucessiva dos preços dessas fontes no curto prazo e posteriormente, incentivadas por melhorias contínuas na tecnologia, custos de fabricação reduzidos, maiores economias de escala, concorrência nas cadeias de suprimentos e pressões competitivas (IRENA, 2020).

Além disso, há grande potencial de negócios das energias renováveis, tanto em tecnologias para a produção de energia de fontes renováveis (por exemplo, turbinas eólicas e módulos solares fotovoltaicos) e toda a cadeia de fornecedores envolvidos, quanto em novas áreas como transmissão de energia, transporte e infraestrutura associada (por exemplo, veículos elétricos e sistemas de recarga), edifícios e cidades verdes, a chamada economia verde (MATHEWS, 2013a, 2013b). Por fim, a queda dos custos relativos pode levar a maior segurança energética e ampliando o acesso à energia elétrica no mundo (MATHEWS, 2018).

Segundo Mathews (2018), já é possível perceber os efeitos da destruição criadora com o avanço das tecnologias renováveis, por meio da transição energética global, com a mudança gradativa de um sistema baseado em combustíveis fósseis por outro baseado em energia renovável, sendo que, como uma transição entre paradigmas tecno-econômicos, deve-se levar

em conta não apenas os preços, mas também as tecnologias, a infraestrutura, o financiamento, as instituições, os modelos organizacionais e as políticas públicas.

A contínua queda no custo, sobretudo da energia solar fotovoltaica e da eólica onshore, complementada por declínios no custo de tecnologias de armazenamento de bateria, melhorias nas operações de distribuição e um conjunto emergente de tecnologias de eletrificação nos usos finais, pode fazer com que a geração de eletricidade renovável de baixo custo sustente uma transformação do setor de energia até 2050, descarbonizando o setor elétrico ao mesmo tempo em que aumenta a eletrificação (IRENA, 2019).

Segundo Mathews (2013a) os princípios de um sexto paradigma tecno-econômico envolvem as seguintes características: paradigma energético dominante baseado em energias renováveis, a partir de múltiplas fontes; intensidade energética reduzida e eficiência aprimorada (energética e de recursos); aplicação de TI em tecnologia de distribuição de energia elétrica – por exemplo, smart-grids –, que são desenhados para acomodar a maior proporção de fontes renováveis na geração de energia e dar maior resiliência às redes; modelo de geração de energia descentralizada, possibilitado por aplicações como *smartgrids*, que podem diminuir o poder dos grandes oligopólios; comércio internacional competitivo de energia elétrica renovável; e financiamento ecologicamente direcionado.

Portanto, o sexto paradigma seria uma continuação do quinto paradigma das TICs, sendo conflituoso somente com o quarto paradigma, baseado em combustíveis fósseis e na geração e distribuição centralizada de energia (MATHEWS, 2013a). Segundo Perez (2014), em relação às janelas de oportunidades, os países desenvolvidos precisam renovar e abandonar velhos hábitos, enquanto os países em desenvolvimento se defrontam com a opção de copiar o século XX ou moverem-se diretamente para o século XXI.

Schot e Steinmueller (2018) argumentam que tanto o Sul Global quanto o Norte Global estão em posição para experimentar e contribuir para a transição sustentável, o que não denota que as inovações transformadoras surgirão, necessariamente, dos países desenvolvidos, como é tradicional se fazer, nem que o papel dos países em desenvolvimento será o de absorver, passivamente, as tecnologias oriundas dos países avançados. A China pode ser o primeiro país a estar quebrando o *carbon lock-in*, através da construção de uma indústria de energia renovável doméstica, promovida pela atuação empreendedora do Estado (MATHEWS, 2018).

No entanto, existem alguns obstáculos que dificultam o processo de evitar o *carbon lock-in* através do *leapfrogging* tecnológico, pois os países em desenvolvimento dependem, fortemente, de empresas multinacionais e da transferência tecnológica, para construir sua infraestrutura energética e de transporte, isto é, não possuem capacidades para desenvolvimento

tecnológico autônomo e permanecem tecnologicamente dependentes (UNRUH; CARRILLO-HERMOSILLA, 2006).

Os países em desenvolvimento estão sujeitos à continuação do *carbon lock-in* de três maneiras, sendo elas: as tecnologias das multinacionais, centradas no fornecimento de tecnologias padronizadas baseadas em carbono; as preferências das organizações financiadoras privadas, geralmente orientadas em uma maior taxa de retorno dos projetos, majoritariamente oriundos de combustíveis fósseis; e as políticas de desenvolvimento desses países, normalmente baseadas em sistemas energéticos mais consolidados para uma industrialização rápida, sem levar em conta os impactos ambientais dos combustíveis fósseis. Desse modo, o sistema pode se perpetuar e se tornar globalizado, com a repetição do modelo de desenvolvimento baseado em carbono dos países desenvolvidos (UNRUH; CARRILLO-HERMOSILLA, 2006).

Desse modo, o *carbon lock-in* impõe um grande desafio ao Estado, que deve formular políticas de inovação que promovam transformações na sociedade. Como citado no capítulo 3, o impacto das mudanças climáticas levou os países a investir mais em soluções renováveis nos últimos anos, que ainda convivem com os combustíveis fósseis, ainda que a transição energética já esteja ocorrendo no mundo. Desse modo, as políticas de inovação devem levar à superação do *carbon lock-in* e à implementação de uma nova matriz energética, ambientalmente amigável e socialmente desejável (CORREA; CARIO, 2021). Não existe na teoria neo-schumpeteriana uma trajetória de desenvolvimento ótima, em um mercado perfeito, mas sim uma escolha normativa entre trajetórias, e o resultado econômico e social que se deseja pode ser atingido por meio da criação e formação de mercados (BUSCH; FOXON; TAYLOR, 2018).

A indústria verde, que inclui as energias renováveis, está ainda em estágio inicial e possui elevada incerteza tecnológica e de mercado, a qual afasta o capital privado e dificulta o desenvolvimento desta indústria, unicamente, através de forças de mercado (MAZZUCATO, 2014). Desse modo, é necessário um Estado empreendedor na identificação de setores-chave que permitam realizar a transição para um emergente paradigma tecno-econômico de caráter verde, isto é, baseado em energias renováveis, bem como na condução de políticas de inovação mission-oriented nesta direção (CORREA; CARIO, 2021).

## 5.2 ANÁLISE DA POLÍTICA PÚBLICA DE MMGD NO BRASIL À LUZ DA INOVAÇÃO NEO-SCHUMPETERIANA E SUA CONTRIBUIÇÃO NA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE GEES NO PAÍS

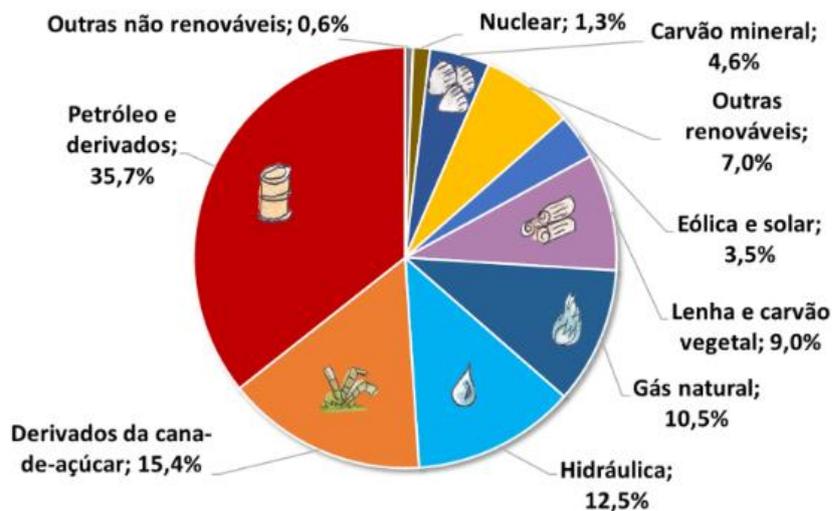
Como citado no item anterior desse capítulo, as energias renováveis, aliadas às TICs, podem ser entendidas como um conjunto de insumos-chave de um emergente paradigma tecno-econômico, que conta com custos relativos rapidamente declinantes, oferta virtualmente ilimitada e aplicabilidade econômica abrangente. Desse modo, os países em desenvolvimento devem aproveitar o surto de desenvolvimento que essas fontes possuem potencial de gerar, visto que os países avançados ainda estão em fase de aprendizagem dessas tecnologias.

Além disso, existem outros fatores que favorecem o emparelhamento tecnológico dos países, como a apropriabilidade tecnológica baixa, ausência de propriedade intelectual, inexistência de líderes do mercado e o fato de que o *carbon lock-in* pode ser menos restritivo em países em desenvolvimento (CORREA; CARIO, 2021). No entanto, não é simples tirar proveito dessa janela de oportunidade, contudo, visto a existência de barreiras nesse processo, como a dependência tecnológica que os países em desenvolvimento possuem em relação aos países avançados, fazendo com que *carbon lock-in* tenha tendência de se tornar globalizado (UNRUH; CARRILLO-HERMOSILLA, 2006).

Assim, os países em desenvolvimento precisam aproveitar as janelas de oportunidade por meio de iniciativas e ações direcionadas pelo Estado, desde o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas com as fontes renováveis de energia, até a superação do *lock-in* das indústrias intensivas em carbono. O papel estatal é fundamental para identificar os setores-chave, de modo a realizar a transição para um emergente paradigma tecno-econômico de caráter verde, bem como na condução de políticas de inovação nessa direção. Existe a incerteza, tecnológica e de mercado, em relação a avanços tecnológicos em direção de um paradigma baseado em energias renováveis, mas ao mesmo tempo há uma grande oportunidade de permitir o catch-up e, até mesmo, o *forge ahead* nesses países em desenvolvimento (CORREA; CARIO, 2021).

Entre esses países em desenvolvimento, podemos citar o caso brasileiro, que foi estudado nessa tese. Ao analisar a matriz energética brasileira, é possível perceber que esta é mais renovável em relação restante do mundo, representando um total de cerca de 47,4% do total (EPE, 2023). A Figura 79 apresenta a matriz energética brasileira para o ano de 2022.

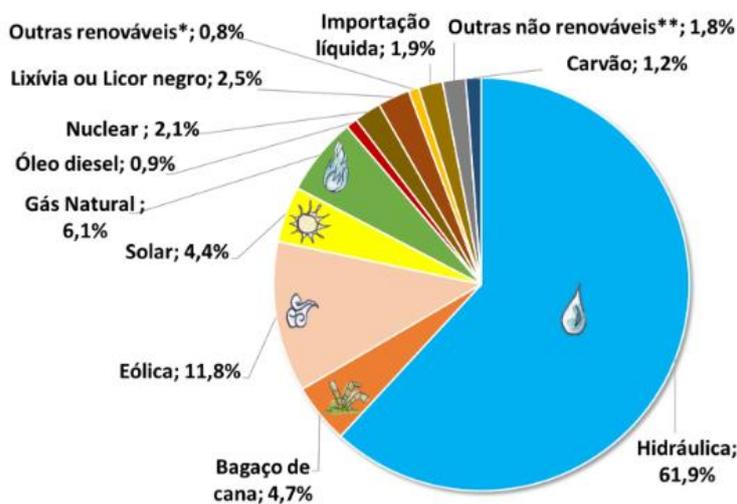
**Figura 79 – Matriz energética brasileira (2022)**



Fonte: EPE (2023).

A matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável do que a energética, correspondendo a cerca de 87% (EPE, 2023). A Figura 80 apresenta a matriz elétrica brasileira para o ano de 2022.

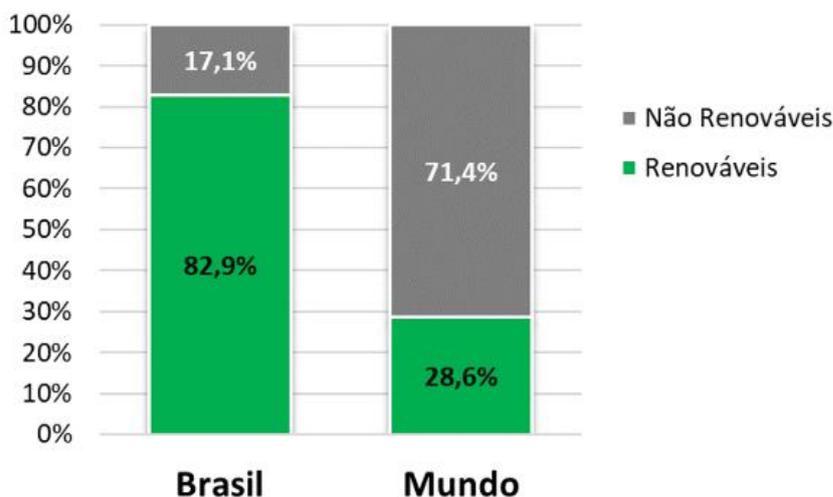
**Figura 80 – Matriz elétrica brasileira (2022)**



Fonte: EPE (2023).

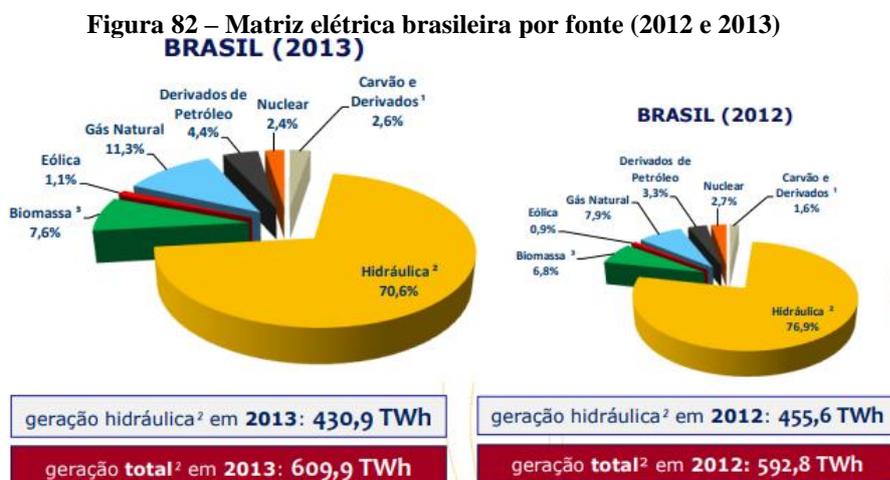
A Figura 81 compara a utilização de fontes renováveis e não renováveis para a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo para o ano de 2020.

**Figura 81 – Representatividade das fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no mundo em 2020**



Fonte: EPE (2023).

Em relação à composição das fontes da matriz elétrica brasileira, é interessante observar que nos anos de 2012 e 2013 a fonte hidráulica representava mais de 70% do total, como pode ser visto na Figura 82.



Fonte: EPE (2014).

A Figura 83 apresenta a representatividade das UHEs (usinas hidrelétricas de grande porte, acima de 30 MW) em relação ao total da geração centralizada entre 2015 e 2022.

**Figura 83 – Representatividade das UHEs na matriz elétrica centralizada brasileira (2015 a 2022)**

Fonte: ANEEL (2022).

A figura ilustra a queda na representatividade das UHEs na geração centralizada de 62,91% em 2015 para 55,2% em 2022. As crises hídricas de 2014 e 2021, bem como a dificuldade de licenças ambientais para usinas com reservatórios e o tempo de funcionamento de muitas usinas levaram à redução da fonte na matriz elétrica brasileira nos últimos anos. Desse modo, apesar de o Brasil possuir uma geração de energia elétrica limpa, nos últimos anos a base dessa geração vem passando por alguns desafios. Nesse contexto, o país precisou reinventar o seu modelo do setor brasileiro em 2004 após o apagão de 2001 e pensar em outras tecnologias para não depender somente das grandes usinas hidráulicas. Segundo Dosi (1982), a tecnologia inclui a percepção de um conjunto limitado de alternativas tecnológicas possíveis e de desenvolvimentos nocionais futuros.

Nesse contexto de crises hídricas, houve um aumento do uso das termelétricas a gás natural para garantir a segurança energética do sistema. Esse modelo é conhecido como *carbon lock-in*, sendo oriundo do paradigma Fordista e que persiste ainda hoje no paradigma tecnológico das TICs. Conforme citado no início do capítulo, o *carbon lock-in* é baseado em tecnologias intensivas em carbono, que são as principais emissoras de GEEs no mundo, e possuem apoio político e econômico de players importantes, tanto nacionais como internacionais. Ou seja, as tecnologias sociais foram fundamentais para que o Brasil tenha substituído as grandes hidrelétricas com reservatórios por termelétricas a gás natural, de forma a solucionar o problema da base de geração elétrica do Brasil durante o século XXI.

No entanto, apesar do *carbon lock-in*, o conhecimento tecnológico mundial nos últimos anos foi se aperfeiçoando em relação às energias renováveis, sobretudo a energia solar, o que dependeu do conhecimento acumulado anteriormente, a chamada característica *path dependence* da construção desse conhecimento e das próprias trajetórias tecnológicas (ROSENBERG, 1982). Esse conhecimento permitiu a melhora na qualidade dos painéis

fotovoltaicos, bem como a redução nos custos, o que tornou essa fonte de energia acessível a um maior número de pessoas nos últimos anos.

Nessa busca por mudança, podemos perceber alterações abruptas, as chamadas revoluções, que levam a mudanças de paradigmas (CORAZZA; FRACALANZA, 2004). Essas revoluções vão depender tanto da competição entre as firmas, como de outros elementos fora do mercado que exercem diversas forças seletivas (POSSAS, 1999).

Segundo Dosi (1982), a noção de paradigma tecnológico é a de um modelo ou um padrão de solução de problemas tecnológicos, formulados com base em princípios derivados das ciências naturais, por meio do emprego de tecnologias materiais selecionadas. No contexto de avanço do conhecimento tecnológico em relação às energias renováveis, surgiu nos últimos anos uma alternativa ao paradigma tecnológico tradicional, formado pela geração centralizada por meio de grande hidrelétricas com reservatórios e termelétricas a gás natural. Essa solução veio por meio do sistema de micro e minigeração distribuída de energia elétrica, oriundo de fontes renováveis, sendo a grande maioria composta por usinas solares fotovoltaicas de pequeno porte. Esse novo paradigma veio como um movimento com base no aperfeiçoamento de *trade-offs* técnico-econômicos, de forma a garantir inovação e solução do processo de geração de energia, levando em conta também o contexto de mudanças climáticas e o futuro do planeta.

Nesse período inicial, é muito importante a participação do Estado através de políticas de inovação como as citadas anteriormente, visando capturar as oportunidades que se encontram em aberto, bem como superar a inércia institucional e se opor aos interesses previamente estabelecidos (CORREA; CARIO, 2021). Além disso, é fundamental estudar experiências bem-sucedidas em termos de desenho, condução e resultados de políticas de inovação, para abrir caminho para discutir as questões relacionadas à janela de oportunidade aberta pela revolução tecnológica das energias renováveis e seu aproveitamento, de modo que o Brasil possa ampliar ainda mais seus investimentos em renováveis e emparelhar com países como os Estados Unidos. A grande dificuldade de transição para o novo paradigma tecnológico do setor elétrico é ocasionada pela força político-institucional dos atores do paradigma tradicional, visto que há muitos players consolidados de empresas baseadas em carbono.

A solução de micro e minigeração distribuída foi regulamentada no Brasil pela REN 482, de 17 de abril de 2012, que surgiu após um contexto institucional favorável, com a instituição do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) em 2002. Esse programa foi constituído com o objetivo de aumentar a participação de fontes renováveis, como Pequenas Centrais Hidrelétricas, eólicas e térmicas a biomassa na produção de energia elétrica. Além disso, em 2004 houve a criação do novo modelo do setor elétrico

brasileiro e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que ampliaram os esforços do país em planejamento energético e busca de novas soluções para o problema da crise hídrica.

Após a regulamentação da micro e minigeração distribuída no Brasil, foram desenhadas e instituídas políticas públicas específicas, como o ProGD e a Lei 14.300/2022, que trouxeram segurança jurídica e maior incentivo para esse paradigma tecnológico alternativo, que seguiu os passos do avanço da solução global, sobretudo em países como China e Estados Unidos. O sistema de micro e mini GD brasileira possui diversas vantagens em relação ao paradigma tecnológico tradicional, entre elas: aproxima o consumo da geração, promove modicidade tarifária, reduz emissão de GEEs, promove a geração de empregos verdes, reduz as perdas no transporte de energia e posterga investimentos de infraestrutura do setor elétrico.

Diferentemente dos sistemas de telefonias, onde houve uma quebra de paradigma tecnológico no final do século XX, nos sistemas elétricos isso ainda não é possível, pois as formas organizacionais amplas, como os grandes players internacionais, induziram a implantação da tecnologia física da corrente alternada, utilizada desde o final do século XIX. Essa tecnologia é praticamente a mesma até hoje, uma vez que ainda não é possível transmitir energia elétrica pelo ar em grandes potências, de forma economicamente viável e com segurança.

Desse modo, para a produção e transporte de grandes volumes de energia, não houve ainda a quebra de paradigma em relação à tecnologia física da geração centralizada, por meio de usinas de grande porte e longe dos centros consumidores, de modo a garantir a segurança energética por meio de fontes despacháveis, como as hidrelétricas e as termelétricas a gás. O paradigma tecnológico tradicional está mais consolidado, bem como o fato de a tecnologia física da fonte hidráulica e dos combustíveis fósseis estar mais desenvolvida do que das energias renováveis alternativas.

É possível observar então que o sistema de MMGD no Brasil ainda não conseguiu superar a força político-institucional do paradigma tecnológico tradicional, mas vem ampliando seu espaço na matriz elétrica brasileira nos últimos anos, reduzindo os impactos ambientais dos grandes reservatórios das hidrelétricas e a emissão de gases de efeito estufa das usinas movidas a combustíveis fósseis, como as termelétricas a gás. Logo, o sistema de geração descentralizado convive com o sistema centralizado no país, trazendo inúmeros benefícios à rede, como citados acima, e também ao meio ambiente, e por isso a previsão é de aumentar a sua participação no setor elétrico brasileiro, e pode ser que nas próximas décadas venha a se tornar o paradigma tecnológico vigente, caso consiga superar o atual.

A geração distribuída representa uma inovação tecnológica e sustentabilidade para o setor de energia elétrica do Brasil, e o país tem oportunidade de alcançar um papel de destaque no desenvolvimento econômico mundial, por meio do seu potencial no setor de energias renováveis, podendo se emparelhar com os países mais avançados tecnologicamente, como os Estados Unidos. Para que consiga superar o paradigma tecnológico tradicional, é fundamental que sejam implementadas novas políticas públicas de modo a incentivar não só a implantação de novas usinas de MMGD no país, de modo a ampliar a geração por meio desse novo sistema alternativo, mas principalmente o apoio à instalação de baterias, que são fundamentais para ampliar a segurança energética das fontes não-despacháveis ou intermitentes, isto é, são aquelas que não é possível ligar e desligar quando necessário, visto que o modo de geração não pode ser controlado e depende de fatores externos, como a incidência do sol (solar fotovoltaica) ou do vento (eólica).

Atualmente a maioria das usinas de MMGD no país é on-grid, ou seja, depende da rede de distribuição, que fornece créditos pelo excedente, enquanto o ideal seria o sistema off-grid, que utiliza as baterias para manter o uso dos equipamentos elétricos mesmo em períodos de menor geração. Desse modo, além de ter maior segurança energética, esse sistema também é ideal para locais mais isolados do interior do Brasil, pois é possível utilizar a energia gerada mesmo em momentos de problemas na rede de distribuição. No entanto, atualmente as baterias de corrente contínua ainda possuem um custo muito elevado e que não é viável economicamente para a implantação da maioria dos sistemas de MMGD.

Por isso, o papel institucional é fundamental nessas situações, de modo a induzir um mercado para esse produto, subsidiando componentes e também isentando impostos na fase inicial, para que o produto consiga ganhar escala para se tornar viável economicamente em um período menor de tempo. Assim, com o desenvolvimento coevolutivo nessa fronteira tecnológica, em que a tecnologia social induza o investimento em uma tecnologia física inovadora, é possível facilitar a subida na escala tecnológica e quebrar esse paradigma tecnológico vigente, visto que estamos em um momento de revolução tecnológica das energias renováveis alternativas dentro do paradigma tecno-econômico das TICs.

O próximo capítulo irá apresentar a conclusão do estudo, com as limitações e possibilidade futura de pesquisas relacionadas ao tema.

## 6. CONCLUSÃO

O mundo teve grandes avanços na indústria e tecnologia após a Revolução Industrial nos últimos duzentos anos, que levaram a um patamar de desenvolvimento muito acima do que ocorreu anteriormente. No entanto, esse crescimento econômico pode ter consequências devastadoras para o meio ambiente, por meio do aquecimento global, que é causado pela emissão de gases de efeito estufa. A queima de combustíveis fósseis pelo ser humano liberta dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e outros gases de efeito estufa, que retêm o calor na atmosfera, sendo a principal causa das mudanças climáticas no planeta.

Nesse sentido, o setor de energia tem um papel fundamental, pois pode conduzir a mitigação de GEEs no planeta, por meio das fontes renováveis. O caminho para a transição energética será por meio da energia 4D: descentralizada, por meio da geração distribuída e centralizada mais próximas do consumo; diversificada, com mais de uma fonte de energia trabalhando em conjunto; descarbonizada, com o uso de energias limpas em larga escala; e digitalizada, com o monitoramento dos dados visando o aumento de eficiência dos sistemas.

Lima (2018) corrobora essa visão, pois o autor aponta que o setor elétrico em diversos países está caminhando em direção a sistemas inteligentes de energia, saindo de uma geração centralizada, a partir de combustíveis fósseis, para uma para uma geração cada vez mais descentralizada e distribuída, a partir de fontes renováveis de energia, que são mais voláteis e intermitentes. Além disso, Lima (2018) argumenta que os consumidores viraram prosumidores, ou seja, passaram a produzir sua própria energia e podem vender o excedente à rede, tendo um papel muito mais ativo dentro do setor. Por fim, é importante destacar o papel da inovação no setor elétrico, visto que o sistema que é tradicionalmente voltado para a demanda será substituído por outro orientado para a oferta, apoiado na introdução de programas de *demand response* e no armazenamento de energia, a partir de instalações de armazenamento conectadas à rede de distribuição (IEA, 2017; LAVRIJSSEN; PARRA, 2017).

A tese teve como arcabouço teórico o trabalho dos neo-schumpeterianos, que surgiu na década de 1970 por autores que continuaram a obra de Schumpeter, que tinha como principal premissa o fato de a mudança tecnológica ser o motor do desenvolvimento capitalista, sendo a empresa o *locus* de atuação do empresário inovador e de desenvolvimento das inovações (LOPES, 2016). Os neo-schumpeterianos foram além da obra do autor, ao acrescentar o emprego de analogias biológicas para explicar o caráter evolutivo do desenvolvimento capitalista e, sobretudo do processo de mudança tecnológica, e por isso, eles também são conhecidos como evolucionários (TIGRE, 2005). A teoria evolucionária trouxe a importância

das inovações incrementais, em detrimento das radicais defendidas por Schumpeter, e assim a inovação passou a não ser vista como algo linear e isolado feito por parte de uma empresa, mas sim como um processo sistêmico e interativo, os chamados sistemas de inovação (NELSON; WINTER, 1977).

Segundo a abordagem neo-schumpeteriana, a trajetória tecnológica é a direção seguida pelo desenvolvimento econômico diante da decisão das firmas. O paradigma tecnológico envolve escolhas (ou, em termos econômicos, *trade-offs*) e direções de mudança tecnológicas que devem ser seguidas ou negligenciadas (DOSI, 1982). Já o paradigma tecno-econômico engloba as trajetórias tecnológicas, que envolvem empresas, instituições, mercados e tecnologias (LIMA, 2018). O paradigma tecno-econômico é o resultado da seleção de uma série de combinações de inovação que provocam transformações que são difundidas em toda a economia, e possuem como fatores-chave as mudanças nos custos relativos, oferta ilimitada de recursos e o uso dos insumos em inovações de produto e processo em todas as atividades econômicas (FREEMAN; PEREZ, 1988). Estamos desde a década de 1980 no quinto paradigma, o das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), que é intensivo em carbono.

A tese teve como foco o estudo do setor elétrico brasileiro, que possui características muito peculiares em relação ao restante do mundo. O Brasil possui mais de 80% da sua matriz elétrica composta por fontes renováveis, embora a maior parte dela seja oriunda de grandes hidrelétricas. Atualmente, as leis ambientais dificultam a criação de novas usinas com reservatório, que possuem grandes impactos socioambientais para as populações que residem no entorno dessas usinas, como o alagamento de grandes áreas, deslocamento das populações que habitam no local, desmatamento de áreas florestais, diminuição de peixes no rio a jusante, entre outros. Essas usinas também possuem grande nível de perdas no transporte de energia, por estarem localizadas em sua maioria muito distantes dos centros consumidores. Além disso, desde o início do século XXI o país sofreu com três grandes crises hídricas (o apagão de 2001 e as crises hídricas de 2014 e 2021) que levaram a um aumento do uso das termelétricas a gás natural. Logo, o paradigma tecnológico vigente é o da geração centralizada, por meio de grandes usinas localizadas geralmente longe dos centros consumidores, sendo majoritariamente hidrelétricas, complementadas por termelétricas a gás natural, de modo a garantir a segurança energética do Sistema Interligado Nacional.

Essa substituição das hidrelétricas pelas termelétricas a gás natural representa o fenômeno chamado *carbon lock in*. O chamado aprisionamento tecnológico do carbono ocorre quando os sistemas intensivos em combustíveis fósseis perpetuam, atrasam ou impedem a

transição para alternativas de baixo carbono, uma situação que pode prejudicar o meio ambiente (WRI BRASIL, 2022). Essa situação é gerada pela resistência e poder político-institucional de importantes *players* globais do setor de energia, além de maior tempo de consolidação das tecnologias convencionais intensivas em carbono e de menor custo relativo delas em relação às fontes alternativas. A tecnologia intensiva em carbono é uma característica central do quarto paradigma tecno-econômico, o Fordista, e perpetuou-se no paradigma atual das TICs (FOXON, 2002).

No entanto, nos últimos anos, surgiu uma alternativa ao paradigma tecnológico vigente, por meio do sistema de micro e minigeração distribuída. Esse sistema foi regulamentado no Brasil por meio da de 17 de abril de 2012, sendo posteriormente aprimorado pela REN 687, de 24 de novembro de 2015. O Ministério de Minas e Energia (MME) criou, por meio da Portaria n° 538, de 15 de dezembro de 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica). E no dia 6 de janeiro de 2022 foi sancionada a Lei n° 14.300/2022, que é o marco legal da GD, e trouxe maior segurança jurídica para o tema no país. Por fim, no dia 7 de fevereiro de 2023 foi regulamentada a REN n° 1059, que aprimora as regras da micro e mini GD no Brasil, de acordo com o que está previsto na lei.

O desenvolvimento da micro e mini GD no país só foi possível por meio de uma reestruturação do modelo do setor elétrico brasileiro em 2004, junto com a criação da EPE e de políticas como o Proinfa, que fortaleceram o aumento da participação de energias renováveis na matriz elétrica brasileira. Conforme visto no referencial teórico, a teoria evolucionária propõe que o Estado possui grande importância na inovação de um país, sobretudo quando as tecnologias ainda estão em estágio inicial, pois a elevada incerteza de mercado afasta o capital privado dos investimentos e atrasa o desenvolvimento dessas fontes (MAZZUCATO, 2014).

Essa alternativa ao paradigma vigente por meio da micro e minigeração distribuída no Brasil aproveitou a janela de oportunidade da queda dos custos relativos da fonte solar fotovoltaica, dos incentivos institucionais e do investimento de empresas privadas de diversos segmentos para ampliar o seu espaço nos últimos anos dentro da matriz elétrica brasileira, consolidando a fonte solar fotovoltaica como a segunda fonte mais importante do país desde o final de 2022, quando consolidamos a matriz elétrica total, englobando MMGD.

No entanto, não é possível dizer que o sistema de MMGD superou o paradigma vigente da geração centralizada no Brasil, visto que o país ainda depende muito das fontes despacháveis como as hidrelétricas de grande porte e as termelétricas a gás natural para garantir a segurança

energética do país, além delas representarem um volume muito grande de energia gerado, que ainda não é possível substituir pela geração descentralizada. Além disso, ainda não é possível transmitir grandes volumes de energia de outro modo que não seja pela corrente alternada, que é a trajetória tecnológica vigente desde o final do século XIX até os dias de hoje. Ou seja, não houve uma coevolução que permitisse a superação do paradigma tecnológico vigente, pois há uma dificuldade não só no Brasil, mas em todo o mundo, para superar a força político-institucional dos atores do paradigma baseado no carbono, na geração de grande porte e também da corrente alternada, que estão interrelacionados.

Como citado no capítulo anterior, é fundamental que mais políticas públicas sejam indutoras da geração descentralizada e principalmente do apoio à implementação das baterias de corrente contínua, que foi a tecnologia preterida em relação à trajetória tecnológica vigente, mas que é primordial no caso de fontes intermitentes ou não-despacháveis, como eólica e solar fotovoltaica, para garantir a segurança energética, utilização da energia em locais com problemas na rede de distribuição, além de também possibilitar venda de créditos para a rede em momentos de tarifa de ponta, caso haja mudanças regulatórias que permitam ao prosumidor ter um papel mais ativo dentro do setor elétrico, como ocorre em outros países.

Logo, é possível dizer que apesar de não ter superado o paradigma tecnológico vigente, o sistema descentralizado no Brasil convive na matriz elétrica com a geração centralizada e vem ampliando seu espaço nos últimos anos, trazendo diversas vantagens para o país, como a redução de emissão de GEEs no país, a criação de empregos verdes, a redução nas tarifas, a redução de perdas no transporte de energia, melhoria na qualidade de energia e postergação de investimentos de infraestrutura.

Assim, por meio dessa inovação tecnológica, o país está se emparelhando às principais economias do mundo, como os Estados Unidos, e fortalecendo um movimento global de emergência das fontes renováveis como uma revolução tecnológica dentro do quinto paradigma techno-econômico das TICs, ou até mesmo como a constituição de um conjunto de insumos-chave de um sexto paradigma.

O setor elétrico brasileiro está em um momento de ampla expansão e com muitas modificações, sobretudo o sistema de micro e minigeração distribuída, que passou por algumas atualizações regulatórias e pela sanção do marco legal, por meio da Lei nº 14.300/2022 e da REN Nº 1.059/2023. Desse modo, são esperados desdobramentos nos próximos anos, especialmente a respeito da regra de transição da MMGD após aprovação do marco legal e também sobre às conexões à rede das distribuidoras, uma vez que muitos projetos que solicitaram acesso relataram dificuldade junto às distribuidoras. As distribuidoras, por sua vez,

relatam questões de sobrecarga na rede, sobretudo a CEMIG, que é a área com maior número de projetos de MMGD no Brasil. Além disso, é esperada a abertura do mercado livre a todos os consumidores, incluindo o grupo B, nos próximos anos, o que deve ocasionar mudanças no número de projetos de GD ou até mesmo nos cálculos de compensação. Desse modo, além da MMGD, outras rotas alternativas estão surgindo e podem contribuir para a superação do *carbon lock-in* no Brasil, de forma a gerar o desenvolvimento econômico, mas de forma sustentável.

É interessante observar que o Proinfa, operacionalizado a partir de 2004, ampliou a participação da fonte eólica no Brasil, sendo uma política precursora da MMGD no país. Apesar de ser uma fonte renovável alternativa, é interessante citar que somente as usinas eólicas de grande porte sobressaíram no país, devido aos ganhos de escala e ao custo dos componentes, o que fez com que somente os grandes *players*, em geral internacionais, atuem nessa fonte no país. Muitos desses *players* também atuam no setor de óleo e gás, o que fez com que essa política não promovesse a superação do *carbon lock-in* no país e não fosse considerada no estudo como uma rota tecnológica alternativa, embora seja importante na redução dos GEEs no país. Além disso, não promoveu a modicidade tarifária nem gerou maior empoderamento e mudança no comportamento do consumidor, como ocorre na MMGD atualmente.

É importante citar que o presente estudo apresentou uma série de limitações. Optou-se por estudar apenas o caso brasileiro, visto a urgência do tema no país e os avanços regulatórios, sobretudo após a promulgação do marco legal em 2022. Um aprimoramento do estudo englobaria o panorama internacional da geração distribuída no mundo, apresentando os casos de outros países, como Estados Unidos, Alemanha, China e Portugal, entre outros, e comparando com o grau de desenvolvimento e os aspectos regulatórios do Brasil. Além disso, poderia incluir na pesquisa maior detalhamento das trajetórias tecnológicas, explorando os episódios de crise hídrica e sobre o avanço do gás natural nos últimos anos.

Outra limitação do estudo foi que se optou pela realização de uma discussão teórica e histórica sobre o tema, além de uma análise documental. Futuramente, é esperada a inclusão de entrevistas com agentes do setor, para maior aprofundamento e melhor análise do tema. Além disso, outra possibilidade de melhoria da pesquisa seria a inclusão do cálculo das emissões do SIN e da micro e miniGD brasileira, por meio da metodologia quantitativa do IPCC, de forma a corroborar a comparação entre a emissão de GEEs na trajetória convencional e na trajetória alternativa. Por fim, um outro viés de análise poderia ser por meio da avaliação da política pública brasileira do setor elétrico, por meio da análise dos atores envolvidos e da evolução política brasileira que nos levou ao sistema de coalização.

Outra limitação foi a ausência no desenvolvimento de outros temas relacionados, como o avanço da geração centralizada no país nos últimos três anos, por meio das fontes solar fotovoltaica e eólica, que também está dentro da emergência das fontes renováveis, mas que coloca o consumidor em um papel mais passivo, além de envolver gastos em infraestrutura do setor elétrico e maiores perdas técnicas do sistema. Outro tema interessante é a abertura do mercado de energia elétrica no país, uma agenda que teve grandes avanços recentemente, por meio da Portaria nº 50, de 27 de setembro de 2022, que permite a migração de consumidores de todo o grupo A para o mercado livre de energia a partir de janeiro de 2024. Além disso, a Consulta Pública 137, por meio da Portaria nº 690, de 29 de setembro de 2022, prevê a abertura total do mercado livre em 2026, para as classes B comercial e industrial, e 2028 para as classes rural e residencial. Mais de 94% dos agentes foram favoráveis à proposta de abertura do mercado para os consumidores conectados em baixa tensão, mas até o momento não houve avanços no tema. A discussão também está parada no Congresso, por meio da Lei nº 414/2021, que tem o objetivo de aprimorar o modelo regulatório e comercial do setor elétrico com vistas à expansão do mercado livre.

O Brasil e o mundo estão passando por grandes transformações no setor de energia elétrica, e serão necessários cada vez mais estudos sobre esses micro temas que serão tendências nos próximos anos. As principais tendências do setor elétrico para os próximos anos, sobretudo para o caso brasileiro, são: recursos de energia distribuída; aumento da eficiência operacional com a digitalização até a automação significativa do *grid*; uso da tecnologia para aumento da segurança de rede; integração intensiva da rede a partir de um sistema central avançado de gestão; aumento do uso do biogás para a geração energética e do uso do gás natural como fonte de transição energética em um contexto de segurança energética; aumento na busca por soluções de armazenamento; aumento da participação dos consumidores no mercado livre de energia; entrada de novos *players*, inclusive fora do setor de energia; crescimento de soluções adjacentes, em um conceito de *one-stop-shop* e de *energy as a service* (EaaS); crescimento de aplicação de inteligência artificial nas soluções aos clientes; mobilidade elétrica e cidades inteligentes.

## REFERÊNCIAS

ABC. **Análise dos Recursos do Programa ABC-Safra 2016/17 (Contribuição para a NDC e Capacita ABC)**. Brasil, Observatório ABC, 2017.

ABDIB. **O ‘prossumidor’ e a tarifa de energia**. 2019. Disponível em: <https://www.abdib.org.br/2019/07/26/artigo-o-prossumidor-e-a-tarifa-de-energia/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

ABGD. **Geração própria de energia elétrica alcança 17 GW de capacidade**. 2023a. Disponível em: <https://www.abgd.com.br/portal/geracao-propria-de-energia-eletrica-alcanca-17-gw-de-capacidade/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Mercado GD**. 2023b. Disponível em: <https://www.abgd.com.br/portal/mercado-gd/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

ABHYANKAR, N.; PHADKE, A. Impact of large-scale energy efficiency programs on utility finances and consumer tariffs in India. **Energy Policy**, [s.l.], v. 43, p. 308-326, abr. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.01.008>.

ABRADEE. **Entenda a indústria de energia elétrica**. Brasília: Instituto Abradee da Energia, 2019. 17 p.

ABRAMOVAY, R. **Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil? Novos Estudos CEBRAP**, 87, julho 2010.

ABRAMOVITZ, M. Catching up, forging ahead and falling behind. **Journal of Economic History**, New York, v. 46, n. 2, p. 385-406, 1986.

ABSOLAR. **A quem interessa inviabilizar a geração distribuída?** questiona ABSOLAR. 2019. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/a-quem-interessa-inviabilizar-a-geracao-distribuida-questiona-absolar.html>. Acesso em: 07 jun. 2020.

\_\_\_\_\_. **Infográfico**. Atualizado em 13/09/2023. 2023. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 27 set. 2023.

\_\_\_\_\_. **Solar é a fonte de energia renovável que mais gera emprego**. 2020a. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/solar-e-a-fonte-de-energia-renovavel-que-mais-gera-emprego.html>. Acesso em: 07 jun. 2020.

\_\_\_\_\_. **Um novo patamar para a GD solar**. 2020b. Disponível em: <http://www.absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/um-novo-patamar-para-a-gd-solar.html>. Acesso em: 07 jun. 2020

ACHARYA, N.; MAHAT, P.; MITHULANANTHAN, N. An analytical approach for DG allocation in primary distribution network; **Electric Power&Energy Systems** 28, Elsevier, p. 669-678, fev., 2006.

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil registra alta na emissão de gases de efeito estufa**. Segundo Observatório do Clima, volume cresceu 12,5% em 2021. 2023a. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-03/brasil-registra-alta-na-emissao-de-gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 30 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **Ministro de Minas e Energia cria secretaria de fomento a energia limpa.** 2023b. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2023-01/ministro-de-minas-e-energia-cria-secretaria-de-fomento-energia-limpa>. Acesso em: 01 jul. 2023.

AGÊNCIA SENADO. **Sancionado marco legal para quem gera a própria energia.** 2022.

AHMAD, T. Non-technical loss analysis and prevention using smart meters. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 72, p.573-589, maio 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.100>.

ALDO. **O que é o marco legal da geração distribuída?** 2022. Disponível em: [https://www.aldo.com.br/blog/10-alteracoes-do-marco-legal/?desktop\\_view=show](https://www.aldo.com.br/blog/10-alteracoes-do-marco-legal/?desktop_view=show). Acesso em: 30 jun. 2023.

ALVES, M. O. L. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid.** 2019. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, Marliana de Oliveira Lage Alves, 2019.

ALVES, N.O.; BRITO, J.; CAUMO, S.; ARANA, A.; HACON, S.S.; ARTAXO, P.; HILLAMO, R.; TEINIF, K.; MEDEIROS, S.R.B.; VASCONCELLOS, P.C. Biomass burning in the Amazon region: Aerosol source apportionment and associated health risk assessment. **Atmospheric Environment** 120: 277-285, 2015.

ALVES-MAZZOTTI, A. J. Uso e abusos dos estudos de caso. **Cadernos de Pesquisa**, v.36, n.129, p.637-651, set./dez., 2006.

AMADOR, E. S. **Baía de Guanabara e ecossistemas periféricos: homem e natureza.** Rio de Janeiro: E. S. Amador, 1997. 539 p.

AMARAL, G. S. G. **A pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico brasileiro: uma investigação da política tecnológica para o setor com base na teoria evolucionária da mudança técnica.** Dissertação: USP, 2012.

ANEEL. **Brasil ultrapassa os 190 GW em capacidade de geração de energia elétrica.** 2023.

\_\_\_\_\_. **Metodologia de Tratamento Regulatório para Perdas Não Técnicas de Energia Elétrica.** Brasília, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica N°0025/2011,** 2011.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica 0062/2018 - SRD/ANEEL,** 2018.

\_\_\_\_\_. **Nota Técnica n° 0078/2019- SRD/ANEEL,** 2019.

\_\_\_\_\_. **PRODIST. Módulo 7: Estrutura Tarifária das Concessionárias de Distribuição. Submódulo 7.1 - Procedimentos Gerais.** Brasília, 2017.

\_\_\_\_\_. **PRORET. Procedimentos de Regulação Tarifária.** Brasília: 2016.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa n° 235/2006.** 2006.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa n° 414,** 2010.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa N°482**, 2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa n° 687/2015**, 2015b.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa n° 1000/2021**, 2021.

\_\_\_\_\_. **Sistema de Informações de Geração (SIGA)**. 2022.

\_\_\_\_\_. **Tarifas de Fornecimento de Energia Elétrica: Cadernos Temáticos ANEEL**. Distrito Federal: ANEEL, 2005.

ARAÚJO, Y. V. B.; SIMAS, C. M. Os retrocessos da política ambiental nacional: uma análise a partir do Direito Internacional. **Cadernos Eletrônicos Direito Internacional sem Fronteiras**, v. 2, n. 2, p. 1-23, 20 dez. 2020.

ASEVEDO, F. **Abordagem Linear Generalizada para estimar perdas não técnicas de energia elétrica**. 2011. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BBC NEWS BRASIL. **O que aconteceu com o buraco na camada de ozônio?** 2022. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-61426602>. Acesso em: 24 jun. 2023.

BERRY, F.S., BERRY, W.D. **Innovation and diffusion models in policy research**. In: Sabatier, P.A. (Ed.), *Theories of the Policy Process*. Westview Press, Boulder, 2014.

BIRKINSHAW, J.; MOL, M. How management innovation happens. **MIT Sloan Management Review**. Summer, 2006.

BLYTH, W.; GROSS, R.; SPEIRS, J.; SORRELL, S.; NICHOLLS, J.; DORGAN, A.; HUGHES, N. **Low Carbon Jobs: the Evidence for Net Job Creation from Policy Support for Energy Efficiency and Renewable Energy**. London, UKERC 2014.

BODANSKY, D. The Legal Character of the Paris Agreement, **RECIEL**, v. 25, n. 2, 2016b.

\_\_\_\_\_. The Paris Climate Change Agreement: A New Hope? **American Journal of International Law**, v.110, issue 2, pp. 288-319, April 2016a.

\_\_\_\_\_. The United Nations Framework Convention on Climate Change: A Commentary, **Yale Journal of International Law**, v. 18, issue 2, pp. 451-558, 1993.

BONELLI, V. V.; LAZZARESCHI, N. Empregos verdes e sustentabilidade. **Revista de Ciências Sociais**, Fortaleza, v.46, n. 1, p.221-242, jan/jun, 2015.

BOSCHI, R.R.; GAITAN, F. **A Recuperação do Papel do Estado no Capitalismo Globalizado**. In: GOMIDE, A.A.; BOSCHI, R.R. (org.) *Capacidades Estatais em Países Emergentes: o Brasil em Perspectiva Comparada*, 2016.

BOULDING, K. **Evolutionary economics**. Beverly Hills-London: Sage Publ., 1981.

BOWEN, A.; HEPBURN, C. Green growth: an assessment. **Oxford Review of Economic Policy**, Oxford University Press UK, v. 30, n. 3, p. 407-422, 2014.

BRANDO, P.M.; Paolucci, L.; Ummenhofer, C.C.; Ordway, E.M.; Hartmann, H.; Cattau, M.E., Rattis, L.; Medjibe, V.; Coe, M.C.; Balch, J. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences** 47:1, 555-581, 2019.

BRASIL. **Contribuição Nacionalmente Determinada – NDC**. Acordo de Paris. Brasília, DF, 8 fev. 2022a.

\_\_\_\_\_. **Convenção sobre mudança do clima**: o Brasil e a convenção- quadro das Nações Unidas. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1993. 27 p.

\_\_\_\_\_. **Decreto 7.390, de 9 de dezembro de 2010**. Regulamenta a PNMC. Brasília, Planalto, 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. **Diário da União**. Brasília, jan. 2022b.

\_\_\_\_\_. **Lei Nº 10.848, de 15 de março de 2004**. Brasília, 2004.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 10 dez. 2009a.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 30 dez. 2009b.

\_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 2 set. 1981.

\_\_\_\_\_. Portaria Interministerial MCTI/MMA nº 356, de 25 de setembro de 2009. Institui o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas - PBMC. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 28 set. 2009c. Seção I, p. 133.

BRASIL ESCOLA. **Camada de ozônio**. 2023. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/camada-de-ozonio.htm>. Acesso em: 24 jun. 2023

BUIATTI, G. M. Modelos de negócios na REN 482: Condomínios. **Seminário Internacional Micro e Minigeração Distribuída – Aneel**. Brasília, 21 de junho de 2018. Disponível em: Acesso em: agosto de 2019.

BULKELEY, H et al. Transnational Governance: Charting New Directions Post-Paris. In: JORDAN, A.; et al. **Governing Climate Change Polycentricity In Action?** UK, Cambridge University Press, 2018.

BUSCH, J.; FOXON, T. J.; TAYLOR, P. G. Designing industrial strategy for a low carbon transformation. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, Elsevier, v. 29, p. 114–125, 2018.

CÂMARA, L. S. C. **O impacto da difusão da geração distribuída sobre o equilíbrio econômico-financeiro das distribuidoras de energia elétrica nos casos da Califórnia e da Itália**. 2017. 115 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia, Ufrj, Rio de Janeiro, 2017.

CAMILO, H. F.; UDAETA, M. E. M.; GIMENES, A. L. V.; GRIMONI, J. A. B.. Assessment of photovoltaic distributed generation – Issues of grid connected systems through the consumer side applied to a case study of Brazil. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 71, p. 712-719, maio 2017. Elsevier BV.

CANAL ENERGIA. **Aneel define regulamentação do marco da GD**. 2023a. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53237692/aneel-define-regulamentacao-do-marco-da-gd>. Acesso em: 01 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **Brasil ocupa oitavo lugar no ranking mundial de fonte solar**. 2023b. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53241397/brasil-ocupa-oitavo-lugar-no-ranking-mundial-da-fonte-solar>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Geração própria de energia alcança 17 GW de capacidade**. 2023c. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53236126/geracao-propria-de-energia-alcanca-17-gw-de-capacidade>. Acesso em: 30 jun. 2023.

CANAL SOLAR. **Brasil sobe seis posições em ranking mundial de energia solar**. 2023a. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/brasil-sobe-seis-posicoes-em-ranking-mundial-de-energia-solar/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Investimentos em energia solar ultrapassam R\$30 bi em 2023**. 2023b. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/investimentos-em-energia-solar-ultrapassam-r-30-bi-em-2023/>. Acesso em: 27 set. 2023.

\_\_\_\_\_. **Regulamentação da Lei 14.300: o que é a TUSDg para o grupo B?** 2023c. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/regulamentacao-da-lei-14-300-o-que-e-a-tusdg-para-o-grupo-b/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

CARVALHO, D. M. **Geração Elétrica e Mudanças Climáticas: avaliação econômico-financeira de usinas hidrelétricas a fio d'água no rio tapajós**. 2019. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, UFRJ, Rio de Janeiro, 2019.

CASSIOLATO, J. E.; LASTRES, H. M. M. Sistemas de inovação e desenvolvimento: as implicações de política. **São Paulo Perspectiva**, v. 19, n.1, p.34-45, jan./mar, 2005.

CASTILLO, E., VÁSQUEZ, M. L. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. **Colombia Médica**, 34(3): 164-167, 2003.

CASTRO, M.A.L. Inovações na regulação sobre micro e minigeração distribuída. **Revista O Setor Elétrico**, 124, maio de 2016.

CCEE. **CCEE - Quem somos**. 2023. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/sobrenos>. Acesso em: 05 jun. 2023.

CHAGAS, M. E. **Setor elétrico brasileiro: o modelo após a reforma de 2004**. 2008. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CICIN-SAIN, B. Earth summit implementation: progress since Rio, **Marine Policy**, v. 20, n. 2, pp. 123-143, 1996.

CINTRA, M. Energia e telefonia: tributos e chiados. **Conjuntura Econômica**, v. 61, n. 4, abr. 2007.

CIRILO, J. A. Crise hídrica: desafios e superação. **Revista Usp**, [s.l.], n. 106, p. 45, 2 set. 2015. USP, Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica (AGUIA).

COADY, D.; PARRY, I.; LE, N.-P.; SHANG, B. Global fossil fuel subsidies remain large: an update based on country-level estimates. **IMF Working Papers**, International Monetary Fund, v. 19, n. 89, p. 39, 2019.

COLE, D. Climate Change and Collective Action, **SSRN**, March 2014. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1069906](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1069906)>. Acesso em: 10 de abril de 2018.

CONFAZ, Conselho Nacional de Política Fazendária. **Convênio ICMS 6**, de 5 de abril de 2013.

\_\_\_\_\_. **Convênio ICMS 16**, 2015a.

\_\_\_\_\_. **Convênio ICMS 130**, 2015b.

CORAZZA, R. I. e FRACALANZA, P. S. Caminhos do pensamento neo-schumpeteriano: para além das analogias biológicas. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 127-155, mai/ago. 2004.

CORRÊA, L.; CARIO, S. A. F. As transições entre paradigmas tecno-econômicos e as janelas de oportunidade: o emergente caso das energias renováveis. **Revista Pesquisa e Debate**, v.33, n. 1(59), p.1-31, 2021.

COSTA FILHO, P. G. **Prorrogação de concessões no setor elétrico brasileiro**: estudo de seus requisitos e de sua utilização após a Constituição Federal de 1988. 2012. 121 páginas (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências Políticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

CRESWELL, J.W. Revisão de literatura. In: \_\_\_\_\_. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2007, p. 43-63.

CUBEROS, Fábio Luiz. **Novo modelo institucional do setor elétrico brasileiro**: análise dos mecanismos de mitigação de riscos de mercado das distribuidoras. 2008. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, USP, São Paulo, 2008.

DALVI, G. G.; OLIVEIRA FILHO, D.; RODRIGUES, É. M. B. Feed-in tariff como alternativa de incentivo ao desenvolvimento da geração de energia elétrica por fontes renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, Itajubá, v. 23, p. 20-32, fev. 2017.

D'AVIGNON, A. L. A. **A Inovação e os Sistemas de Gestão Ambiental da Produção: O Caso da Maricultura na Enseada de Jurujuba**. 2001. 278 f. Tese (Doutorado) - Curso do Programa de Planejamento Energético, Coppe, UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

D'AVIGNON, A. L.; VILLELA, A.; HERRENA, S. Estudo prospectivo sobre fontes de energias alternativas renováveis e a demanda futura de qualificação. SENAI. **Série Estudos Setoriais**, nº13, 159 p., Brasília, 2012.

DEBEIR, J.C.; DELÉAGE, J.-P.; HÉMERY, D. **Uma história da energia**. Brasília: Universidade de Brasília, 448 p., 1993.

DI SERIO, L. C.; SILVA, G. The sixth wave of innovation: are we ready?. **RAI Revista de Administração e Inovação**, 13(2), 128-134, 2016.

DIÁRIO DO COMÉRCIO. **STF mantém decisão reincluir tarifas no cálculo de ICMS sobre energia elétrica**. 2023. Disponível em: <https://diariodocomercio.com.br/economia/stf-mantem-decisao-reincluir-tarifas-no-calculo-de-icms-sobre-energia-eletrica/#gref>. Acesso em: 01 jul. 2023.

DIAS, Cintia Mara Miranda. **Abordagem Policêntrica para Lidar com as Mudanças Climáticas: o caso do plano nacional de agricultura de baixa emissão de carbono (plano abc)**. 2018. 307 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

DINIZ, T. B. Expansão da indústria de geração eólica no Brasil: uma análise à luz da nova economia das instituições. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 50, p. 233-255, jan. 2018.

DOSI, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. **Research Policy**, v. 11, p. 147-162, 1982.

\_\_\_\_\_. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.

DUTRA, R. M. **Propostas de Políticas Específicas para Energia Eólica no Brasil após a Primeira Fase do PROINFA**. 2007. 415 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Ufrj, Rio de Janeiro, 2007.

DUTRA, J.C.; PINHEIRO, M.C.; LEITE, N.F.; JATOBÁ, P.; MEDEIROS, L.I.; SCHMIDT, M.; PACHECO, L.; MAIA, F.; GUIMARÃES, D.S.; BARRETO NETO, A.; **Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: Subsídios para um Plano Nacional de Implantação**. P&D ANEEL. Synergia Editora, Rio de Janeiro, 2013.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A energia eólica no Brasil: proinfa e o novo modelo do setor elétrico. **Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia- CBE**. Rio de Janeiro: Cbe, 2006. v. 2, p. 855-868.

DW BRASIL. **COP25 chega a acordo final com poucos avanços**. 2019. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/cop25-chega-a-acordo-final-com-poucos-avan%C3%A7os/a-51680023>. Acesso em: 24 jun. 2023.

EDQUIST, C. Systems of Innovation: perspectives and challenges. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. (Eds.). **The Oxford Handbook of Innovation**. New York: Oxford University Press, 2005.

EL PAÍS. **Acordo de Paris sobre mudança climática entra em vigor em tempo recorde**. 2016. Disponível em: <https://www.elpais.com.br/brasil/2016/12/12/acordo-de-paris-sobre-mudanca-climatica-entra-em-vigor-em-tempo-recorde/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

EMBRAPA. **Desdobramentos da recente Contribuição Nacionalmente Determinada - NDC**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-de-futuro/adaptacao-a-mudanca-do-clima/sinal-e-tendencia/desdobramentos-da-recente-contribuicao-nacionalmente-determinada-ndc>. Acesso em: 25 jun. 2023.

EPBR. **R\$ 26 bi já foram pagos em subsídios na energia.** 2023a. Disponível em: <https://epbr.com.br/r-26-bi-ja-foram-pagos-em-subsidios-na-energia/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Programa quer priorizar GD renovável para baixa renda.** 2023b. Disponível em: <https://epbr.com.br/programa-quer-priorizar-gd-renovavel-para-baixa-renda/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **STF condena gestão bolsonarista por congelamento do Fundo Amazônia.** 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/stf-condena-gestao-bolsonarista-por-congelamento-do-fundo-amazonia/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **STF forma maioria para reincluir ICMS nas tarifas de distribuição e transmissão de energia.** 2023c. Disponível em: <https://epbr.com.br/stf-forma-maioria-para-reincluir-icms-nas-tarifas-de-distribuicao-e-transmissao-de-energia/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

EPE. **Balço Energético Nacional (BEN) 2014:** relatório síntese (ano base 2013). Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2014. 54 p.

\_\_\_\_\_. **Matriz Energética e Elétrica.** 2023.

\_\_\_\_\_. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2032.** Brasília: MME 2022.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Camada de ozônio deve se recuperar totalmente até 2066, diz ONU.** 2023. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/um-so-planeta/noticia/2023/01/camada-de-ozonio-deve-se-recuperar-totalmente-ate-2066-diz-onu.ghtml>. Acesso em: 24 jun. 2023.

ESTADÃO. **Estudo revela redução do buraco na camada de ozônio: o que isso diz sobre o futuro do planeta?**, 2023b. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/sustentabilidade/estudo-revela-reducao-do-buraco-na-camada-de-ozonio-o-que-isso-diz-sobre-o-futuro-do-planeta/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

EVANS, M. K. **Macroeconomic activity: theory, forecasting, and control.** New York: Harper & Row, 1969.

EVANS, P. **Será Possível uma Globalização Alternativa?** Revista Periferia, Volume 1, número 1, 2009.

EXAME. **Concentração de metano na atmosfera bate recorde em 2021.** 2022a. Disponível em: <https://exame.com/mundo/concentracao-de-metano-na-atmosfera-bate-recorde-em-2021/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Energia solar criará mais de 300 mil empregos em 2023, diz ABSOLAR.** 2022b. Disponível em: <https://exame.com/esg/energia-solar-criara-mais-de-300-mil-novos-empregos-em-2023-diz-absolar/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Minha Casa, Minha Vida vai financiar 2 milhões de moradias até 2026.** 2023. Disponível em: <https://exame.com/brasil/minha-casa-minha-vida-vai-financiar-2-milhoes-de-moradias-ate-2026/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

FAGERBERG, J. **The Oxford Handbook of Innovation.** Oxford Handbooks, first edition. 2004.

FALCÃO, D. S. **Inovação na indústria farmacêutica indiana: uma análise das políticas adotadas pós harmonização ao Acordo TRIPS**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) - Instituto de Economia, Rio de Janeiro, 2020.

FARIA JR, H.; TRIGOSO, F. B.M.; CAVALCANTI, J. A.M. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: challenges and prospects. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 75, p. 469-475, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.076>.

FELIPE, E. Instituições e mudanças institucionais: uma visão a partir dos principais conceitos neo-schumpeterianos. **Revista Economia**, v. 9, n. 2, p. 245- 263, 2008.

FOXON, T. J. Technological and institutional ‘lock-in’ as a barrier to sustainable innovation. **Imperial College Centre for Policy and Technology Working Paper**, 2002.

FRAGA, L. T. F. **Inovação, fluxos de conhecimento e externalidades de aglomeração: proposta de políticas públicas para o desenvolvimento de regiões metropolitanas brasileiras**. 2022. 180 f. Tese - Curso de Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento, Instituto de Economia da UFRJ, Rio de Janeiro, 2022.

FREEMAN, C. **Technology policy and economic performance: lessons from Japan**, London, Pinter Publishers, 1987.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. **Structural Crises of Adjustment: Business Cycles and Investment Behaviour**. In: Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G & Soete, I. (eds.) *Technical Change and Economic Theory*. Londres: Pinter, 1988.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **A economia da inovação industrial**. Campinas: Editora Unicamp, 1997.

FURTADO, A. Difusão tecnológica: um debate superado. In: **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

GAMBA, C.; RIBEIRO, W. C. A encruzilhada brasileira na ordem ambiental internacional das mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 78, n. 27, p.177-194, set. 2013.

GARCEZ, Catherine Gucciardi. Distributed electricity generation in Brazil: an analysis of policy context, design and impact. **Utilities Policy**, [s.l.], v. 49, p. 104-115, dez. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2017.06.005>.

GARUD, R. et al. **From the process of innovation to innovation as process**. In: LANGLEY, A.; TSOUKAS, H. (Org.). *The SAGE handbook of process organization studies*. London: SAGE Publications, 2017. p. 451-466.

GODOY, A.S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.35, n. 3, maio/jun, p.20-29, 1995.

GREENER. **Estudo estratégico – Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. 2º semestre de 2018.

\_\_\_\_\_. **Estudo estratégico – Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. Fevereiro de 2023.2023<sup>a</sup>.

\_\_\_\_\_. **Estudo estratégico – Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. Setembro de 2023.2023b.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v.22, n.2, maio/ago., p.201-210, 2006.

HAAS, P. Policy responses to stratospheric ozone depletion, **Global Environmental Change**, v. 1, issue 3, pp. 224-234, June 1991.

HAAS, P.; KEOHANE, R.O.; LEVY, M.A. **Institutions for the Earth. Sources of effective international environmental protection**. Massachusetts, MIT Press, 1993.

HABERLER, G. Joseph Alois Schumpeter 1883–1950. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 64, n. 3, p. 333-372, 1950.

HADDAD, Evelyn Witt. **Inovação tecnológica em Schumpeter e na ótica neo-schumpeteriana**. 2010.

HALE, T. All Hands-on Deck: the Paris Agreement and Nonstate Climate Action, **Global Environmental Politics**, v. 16, n. 3, August 2016

HEIDEIER, R. et al. Impacts of photovoltaic distributed generation and energy efficiency measures on the electricity market of three representative Brazilian distribution utilities. **Energy For Sustainable Development**, [s.l.], v. 54, p. 60-71, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.esd.2019.10.007>.

HESSE-BIBER, S. N., LEAVY, P. **The practice of qualitative research**. Estados Unidos, SAGE Publications, 2006.

HIGACHI, H. A abordagem neoclássica do progresso técnico. In: V. PELAEZ & T. SZMRECSÁNYI (org.) **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

HODGSON, Geoffrey M. From Micro to Macro: The concept of Emergence and the Role of Institutions. **International seminar “Institutions and Economic Development: Towards a Comparative Perspective on State Reform”**. UFRJ. Rio de Janeiro, Brazil, 12-14, november, 1997.

IBERDROLA. **Você sabe a diferença entre corrente alternada e contínua?** 2023. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/nossa-atividade/smart-grids/diferenca-corrente-alternada-corrente-continua>. Acesso em: 01 out. 2023.

IEA. **Tracking Clean Energy Innovation Progress**. IEA Publications, 2017.

\_\_\_\_\_. **World Energy Outlook 2022**. Paris: IEA Publications, 2022. 524 p.

IISD. **Earth Negotiations Bulletin**, International Institute for Sustainable Development, vol. 12, no. 97, 16 November 1998. Disponível em: . Acesso: 10 de janeiro de 2018.

\_\_\_\_\_. **Earth Negotiations Bulletin**, International Institute for Sustainable Development, vol. 12, no. 189, 12 November 2001. Disponível em: . Acesso: 10 de janeiro de 2018.

\_\_\_\_\_. **Earth Negotiations Bulletin**, International Institute for Sustainable Development, vol. 459, no. 38, 22 December 2009. Disponível em: . Acesso: 10 de janeiro de 2018.

INFOMONEY. **Aneel aprova regulamentação do marco legal de energia após atraso e retira “dupla cobrança” da conta de luz; entenda.** 2023. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/minhas-financas/aneel-aprova-regulamentacao-do-marco-legal-de-energia-apos-atraso-e-retira-dupla-cobranca-da-conta-de-luz-entenda/>. Acesso em: 30 jun. 2023.

INPE. **A estimativa da taxa de desmatamento por corte raso para a Amazônia Legal em 2019 é de 9.762 km<sup>2</sup>.** 2019. Disponível em: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5294](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5294). Acesso em: 13 jun. 2020.

IPAM. **Amazônia em chamas.** Brasília: Amazônia, 2019.

\_\_\_\_\_. **Relatório revela a maior emissão em quase duas décadas.** 2023. Disponível em: <https://ipam.org.br/relatorio-revela-a-maior-emissao-em-quase-duas-decadas/>. Acesso em: 25 jun. 2023.

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability** .Summary for Policy Makers. Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report. Cambridge University Press, Cambridge and New York, NY, pp. 1-32. , 2014.

\_\_\_\_\_. **Climate Change 2023: synthesis report.** Genebra: World Meteorological Organization, 2023. 40 p.

\_\_\_\_\_. **Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge, 1995.

\_\_\_\_\_. Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 3–32, 2021.

\_\_\_\_\_. Summary for Policymakers In: **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate.** Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022.

IRENA. **Data and Statistics.** International Renewable Energy Agency, 2023a.

\_\_\_\_\_. Renewable capacity highlights: 20 march 2023. **International Renewable Energy Agency**, 2023b.

\_\_\_\_\_. Renewable power generation costs in 2018. **International Renewable Energy Agency**, 2019.

\_\_\_\_\_. Renewable capacity highlights: 31 march 2020. **International Renewable Energy Agency**, 2020.

\_\_\_\_\_. The cost of financing for renewable power. **International Renewable Energy Agency**, 2023c.

ISENBERG, D. J. **The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship.** Dublin: Institute of International European Affairs, 2011.

ITAMARATY. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada para consecução do objetivo da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima.** 2015.

KAQUIMOTO, C. T. **As mudanças climáticas e seus efeitos sobre a infraestrutura brasileira de transporte: um panorama geral.** São Paulo: Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências, 2017.

KEBIR, N.; MAAROUFI, M. Technical losses computation for short-term predictive management enhancement of grid-connected distributed generations. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 76, p.1011-1021, set. 2017. Elsevier BV.

KLIN, S.J.; ROSENBERG, N. **An Overview of Innovation.** In: Landau, R. and Rosenberg, N., Eds., *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, National Academy Press, Washington DC, 275-307, 1986.

LA ROVERE, R.L. Paradigmas e Trajetórias Tecnológicas. In: PELAEZ, V; SZMRECSÁNYI, T. (org). **Economia da Inovação Tecnológica.** São Paulo: Hucitec, 2006.

LAVRIJSSEN, S.; PARRA, A. **Radical Prosumer Innovations in the Electricity Sector and the Impact on Prosumer Regulation.** Sustainability - MDPI, 9, 1207, 2017.

LEE, K.; MATHEWS, J. A. Toward new rules for science and technology policy for sustainable development. In: A., A. J.; OCAMPO, J. A. (Ed.). **Global governance and rules for the post-2015 era: addressing emerging issues in the global environment.** London: Bloomsbury Publishing, 2015. p. 107–137.

LEITE, A.D. **Energy in Brazil towards a Renewable Energy Dominated System.** Earthscan, London, 2009.

LEVINO, N. A.; ARAÚJO, A.H.S.; AMORIM, J. F. O. Evidências Para um Sistema Nacional de (Eco)Inovação Para o Setor Eólico. **Redes**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 1-35, 13 dez. 2022. APESC - Associação Pro-Ensino em Santa Cruz do Sul. <http://dx.doi.org/10.17058/redes.v27i1.15543>.

LIMA, Antônio Pedro da Costa e Silva. **Inovação no setor elétrico: estudo de caso de programas de apoio a startups em uma empresa do setor.** Orientadores: Nivalde de Castro e Renata Lèbre La Rovere. 2018. 201 p. Dissertação (Mestrado em Políticas Públicas, Estratégias e Desenvolvimento) - Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

LOPES, H. C. O modelo estrutura-conduta desempenho e a teoria evolucionária neoschumpeteriana: uma proposta de integração teórica. **Revista de Economia Contemporânea**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 336-358, Agosto 2016.

LOPES, D.P.T.; BARBOSA, A.C.Q. Inovação: conceitos, metodologias e aplicabilidade. Articulando um construto à formulação de políticas públicas – uma reflexão sobre a Lei de Inovação de Minas Gerais. In: **Seminário sobre a Economia Mineira**, 13, 2008, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: Cedeplar/UFMG, 2008.

LOUREIRO, S. M. **Mitigação das Emissões dos Gases de Efeito Estufa pela Implementação de Políticas Públicas de Resíduos Sólidos e Mudanças Climáticas no Brasil e no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro.** 2019. 242 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, UFRJ, Rio de Janeiro, 2019.

LUCON, O. **Mudanças Climáticas: roteiro de estudos**. São Paulo: - São Paulo: IEE - USP, 80P, 2022.

LUNDVALL, B.A. Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the National Innovation Systems'. In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R.R., SILVERBERG, G.; Soete, L., (eds.), **Technology and economic theory**, London, Pinter Publishers, 1988.

\_\_\_\_\_. **Innovation System Research**: where it came from and where it might go. CAS Seminar, Oslo, December 4, 2007.

\_\_\_\_\_. **National systems of innovation**: towards a theory of innovation and an interactive learning. Londres, Pinter ed., 1992.

LUNDVALL, B. Å.; JOHNSON, B. The learning economy. **Journal of Industry Studies** Vol. 1, n. 2, p. 23-42, 1994.

MAGRINI, Alessandra. Política e Gestão Ambiental: Conceitos e Instrumentos. **Revista Brasileira de Energia**. Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 135-147, jun. 2001.

MANÇO, J. R. X. **A geração distribuída e as tarifas do setor elétrico brasileiro**: estudo sobre os efeitos nas distribuidoras de energia do estado de são paulo. 2017. 30 f. Monografia (Especialização) - Curso de Políticas Públicas e Gestão Governamental nos Setores Energético e Mineral, Administração, Puc-rj, Brasília, 2017.

MAPA. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura**: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Brasília, MAPA, 2012.

MARIN, F., NASSIF, D. **Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, nº17, pág. 232 a 239, 2013.

MATHEWS, J. A. Schumpeter in the twenty-first century: creative destruction and the global green shift. In: BURLAMAQUI, L.; KATTEL, R. (Ed.). **Schumpeter's Capitalism, Socialism and Democracy: a Twenty-First Century Agenda**. London: Routledge, 2018. p. 233–254.

\_\_\_\_\_. The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making? **Futures**, Elsevier, v. 46, p. 10–22, 2013a.

\_\_\_\_\_. The sixth technoeconomic paradigm. In: **35th DRUID Celebration Conference**. Barcelona: DRUID, v. 19, 2013b.

MATHEWS, J. A.; REINERT, E. S. Renewables, manufacturing and green growth: energy strategies based on capturing increasing returns. **Futures**, Elsevier, v. 61, p. 13–22, 2014.

MAXWELL, J.A. Using qualitative methods for causal explanation. **Field Methods**, 16 (3): 243-264, 2004.

MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.

MAZZUCATO, M.; PENNA, C. **The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal**. Project Report. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (cgee), Brazil, 2016.

MCTI. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: MCTI, 2004.

\_\_\_\_\_. **Conheça a cronologia de submissão dos relatórios do Brasil à UNFCCC**. 2021.

\_\_\_\_\_. **Terceiro Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

MEGAWHAT. **Novo Modelo do Setor Elétrico**. 2023a. Disponível em: <https://megawhat.energy/verbetes/28811/novo-modelo-do-setor-eletrico>. Acesso em: 27 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Regulamentação da GD é aprovada pela diretoria da Aneel**. 2023b. Disponível em: <https://megawhat.energy/news/149320/regulamentacao-da-gd-e-aprovada-por-unanimidade-pela-diretoria-da-aneel>. Acesso em: 01 jul. 2023.

METCALFE, J. S. Technology and economic theory. **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, n. 1, p. 153-171, 2009.

MÉZAROS, I. **Para Além do Capital**. Boitempo Editorial, Editora da Unicamp, 1ª Edição, Campinas, 2002.

MICROGERAÇÃO FV. **Sistema de compensação de energia elétrica do Brasil - REN 482/2012**. 2016. Disponível em: <https://microgeracaoofv.wordpress.com/2016/07/27/sistema-de-compensacao-de-energia-eletrica-do-brasil-ren-4822012/>. Acesso em: 07 jun. 2020

MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. **Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro**. 2013. 290 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MITHULANANTHAN, N. Distributed Generation Placement in Power Distribution System Using Genetic Algorithm to Reduce Losses. **Thammasat Int. Journal of Science and Technology**, p. 55-62, vol.9, july-sept., 2004.

MMA. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada para consecução do objetivo da convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima**. Ministério do Meio Ambiente. 2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80108/BRASIL%20iNDC%20portugues%20FINAL.pdf>. Acesso em: 01 jan. 2018.

MME. **Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico**. 2023 Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cmse>. Acesso em: 07 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004. Regulamenta o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA. **Diário Oficial da União**, Poder executivo, Brasília, DF, 31 mar. 2004. Seção 1, v. 141, n. 62, p. 1.

\_\_\_\_\_. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica - ProGD**. Brasília: Secretaria de Energia Elétrica, 2015. 210 p.

\_\_\_\_\_. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica-ProGD**. Relatório, 2019. Disponível em: Acesso em: agosto de 2019.

MORAES, Felipe Augusto Cardoso. **Impacto econômico das bandeiras tarifárias nos processos tarifários das distribuidoras de energia elétrica**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Políticas Públicas e Desenvolvimento, Ipea, Escola Nacional de Administração Pública, Brasília, Df, 2018.

NELSON, R., PACK, H. The Asian miracle and modern growth theory. **Economic Journal**, 109, 413–436, 1999.

NELSON, R. R.; SAMPAT, B. N. Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. **Journal Of Economic Behavior & Organization**. New York, p. 31-54. jan. 2001.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change**. Cambridge: Belknap Press, 1982.

\_\_\_\_\_. **In search of useful theory of innovation**. *Research Policy*, vol 6 (1), 36-76, 1977.

NEOENERGIA. **COP-27: o maior encontro do mundo sobre mudanças climáticas**. 2023. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/cop-27.aspx>. Acesso em: 24 jun. 2023.

NEPSTAD, D.C.; Moreira, A.G.; Alencar, A.A. **Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção de Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Prevenção das Florestas Tropicais do Brasil. Brasília, 1999.

NORTH, D. **Institutions, Institutional Change, and Economic Performance**. Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1990.

O GLOBO. **Bolsonaro liberou 2.182 agrotóxicos em 4 anos, recorde para um governo desde 2003**. 2023a. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2023/02/04/bolsonaro-liberou-2182-agrotoxicos-em-4-anos-recorde-para-um-governo-desde-2003.ghtml>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Energia solar em 2023: expectativas para o segmento. expectativas para o segmento**. 2023b. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2023/03/24/energia-solar-em-2023-expectativas-para-o-segmento.ghtml>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Nova meta brasileira do clima prevê aumento do nível de CO2 anual para 2030**. 2022. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/brasil/nova-meta-brasileira-do-clima-preve-aumento-do-nivel-de-co2-anual-para-2030-25466978>. Acesso em: 25 jun. 2023.

OCDE. **Manual de Oslo**. 3ª ed. FINEP/OECD, 2005.

OIT. **Empregos verdes no Brasil: quantos são, onde estão e como evoluirão nos próximos anos**. Brasília: OIT, 2009.

ONS. **O que é ONS**. 2023a. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/o-que-e-ons>. Acesso em: 07 jun. 2020b.

\_\_\_\_\_. **Sobre o SIN: sistemas isolados.** Sistemas isolados. 2023b. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>. Acesso em: 05 jun. 2020a.

ONU. **Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**, 1997.

ONU BRASIL. **Ações urgentes contra mudança climática são necessárias para garantir um futuro habitável, alerta IPCC.** 2023.

PAIXÃO, L. E. **Memórias do projeto RE-SEB: a história da nova ordem institucional do setor elétrico brasileiro.** São Paulo: 2000.

PAL, L.A. **Beyond Policy Analysis**, fourth ed. Nelson, Toronto, 2010.

PEAKE, S. The Marrakesh Accords: The value of carbon after COP-7, **Refocus**, v. 3, issue 1, pp. 20-23, January–February 2002.

PEGELS, A.; LÜTKENHORST, W. Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV, **Energy Policy**, Elsevier, v. 74, p. 522–534, 2014.

PEREZ, C. A green and socially equitable direction for the ICT paradigm. *Globelics – Global Network for Economics of Learning, Innovation, and Competence Building Systems*, 2014.

\_\_\_\_\_. Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. *El trimestre económico*, México, v. 1, n. 233, p. 23-64, jan./mar. 1992.

\_\_\_\_\_. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como Blanco móvil. **Revista de la CEPAL**, Santiago de Chile, n. 75, p. 115-136, dez. 2001.

\_\_\_\_\_. Capitalism, technology and a green global golden age: the role of history in helping to shape the future. In: JACOBS, M.; MAZZUCATO, M. (Ed.). **Rethinking Capitalism: Economics and Policy for Sustainable and Inclusive Growth**. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2016.

\_\_\_\_\_. Innovation systems and policy for development in a changing world. In: FAGERBERG, J.; MARTIN, B. R.; ANDERSEN, E. S. (Ed.). **Innovation studies: evolution and future challenges**. Oxford: Oxford University Press, 2013. p. 90– 110.

\_\_\_\_\_. **Revoluções Tecnológicas e Capital Financeiro: A Dinâmica das Bolhas e Idades de Ouro**. Londres: Elgar 2002.

\_\_\_\_\_. Technological revolutions and techno-economic paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, 34, pp. 185-202, 2010.

\_\_\_\_\_. **Transitioning to smart green growth: lessons from history**. In: FOUQUET, R. (Ed.). **Handbook on Green Growth**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2019. p. 447–463.

PEREZ, C. SOETE, L. Catching up in technology: entry barriers and Windows of opportunity. In: DOSI, G. et. al. **Technical change and economic theory**. Pisa: Laboratory of Economics and Management (LEM), Sant'Anna School of Advanced Studies, 1988.

PINDICK, R; RUBINFELD, D. **Microeconomia**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

PINTO JUNIOR, H. Q.; ALMEIDA, Edmar Luiz Fagundes de; BOMTEMPO, J. V.; DIAS, Mariana Iooty de Paiva; BICALHO, Ronaldo G. **Economia da Energia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, 2007. v. 1. 343p.

PLANALTO. **Lei nº 10.889**, de 25 de junho de 2004. Brasília, 2004.

PNUMA. **Emprego Verdes: trabalho decente em um mundo sustentável e com baixas emissões de carbono**. Relatório Conjunto OIT, OIE, CSI, 2008.

PODCAMENI, M. G. B. **Sistemas de inovação e energia eólica: a experiência brasileira**. (Tese de Doutorado) Instituto de Economia - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, p. 364, 2014.

PODER 360. **Subsídios à geração distribuída devem custar R\$ 5,4 bi em 2023**. 2022. Disponível em: <https://www.poder360.com.br/energia/subsidios-a-geracao-distribuida-devem-custar-r-54-bi-em-2023/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

PORTAL SOLAR. **Energia solar é incluída no novo Minha Casa, Minha Vida**. 2023. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/politica/executivo/energia-solar-e-incluida-no-novo-minha-casa-minha-vida>. Acesso em: 30 jun. 2023.

PORTER, M. **Clusters and the new economics of competition**. Harvard Business Review, nov-dec, 1998. pp 77-90.

PORTUGAL-PEREIRA, Joana; CUNHA, Bruno S. L.; CASSERES, Eduardo Müller. O que é fundamental entender no 6º relatório do IPCC sobre mitigação das mudanças climáticas. **Nexo Jornal**. São Paulo, p. 1-1. 02 maio 2022.

POSSAS, M. S. **Concorrência e competitividade: notas sobre estratégia e dinâmica seletiva na economia capitalista**. São Paulo: Hucitec, 1999.

PRADO, Kárys Cristina Diederichs. **Análise da complementaridade hidro-eólica e seus impactos no mercado de energia elétrica brasileiro**. 2021. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

PRODES. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. 2018.

PROTOCOLO DE MONTREAL. **Sobre o Protocolo de Montreal**. 2014. Disponível em: <https://www.protocolodemontreal.org.br/site/quem-somos/protocolo-de-montreal/sobre-o-protocolo-de-montreal>. Acesso em: 24 jun. 2023

RETAMAL, M. R.; ROJAS, J.; PARRA, O. Percepción al cambio climático y a la gestión del agua: aportes de las estrategias metodológicas cualitativas para su comprensión. **Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 14, n. 1, p.175-194, jun. 2011.

RIO20. **Sobre a Rio +20**, 2012. Disponível em: [http://www.rio20.gov.br/sobre\\_a\\_rio\\_mais\\_20.html](http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20.html). Acesso em: 24 jun. 2023.

ROLIM. **Aneel abre consultas públicas para regulação do marco legal de Micro e Minigeração Distribuída**. 2022. Disponível em: <https://www.rolim.com/conteudo/aneel-abre-consultas-publicas-regulacao-marco-legal-micro-minigeracao-distribuida/>. Acesso em: 01 jul. 2023.

ROSENBERG, N. **Inside the black box: technology and economics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

RUBIM, Bárbara. Principais pontos do Marco Legal da GD. **Genix: Blog**. Contagem, p. 1-2. 7 jan. 2022.

SALINO, P. J. **Energia eólica no Brasil: uma comparação do proinfa e dos novos leilões**. 2011. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, A. B. A.; FAZION, C. B.; MEROE, G. P. S.. Inovação: um estudo sobre a evolução do conceito de Schumpeter. **Caderno de Administração**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 1-16, 27 mar. 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/caadm/article/view/9014>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SARKAR, S. **Empreendedorismo e inovação**. 1. Ed. Lisboa: Escolar Editora, 2007.

SATCHWELL, A.; CAPPERS, P.; SCHWARTZ, L.; M FADRHONC, M. E. **A Framework for Organizing Current and Future Electric Utility Regulatory and Business Models**. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2015.

SCHAEFFER, R., SZKLO, A. S., de LUCENA, A. F. P., BORBA, B. S. M. C., NOGUEIRA, L. P. P., FLEMING, F. P.; BOULAHYA, M. S. **Energy sector vulnerability to climate change: a review**. *Energy*, 38(1), 1-12, 2012.

SCHOR, J. M. C. **Aplicação do modelo de retail wheeling ao setor elétrico: vantagens e possibilidades**. 2016. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Centro de Ciências Jurídicas/, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

SCHOT, J.; STEINMUELLER, W. E. Three frames for innovation policy: R&d, systems of innovation and transformative change. **Research Policy**, Elsevier, v. 47, n. 9, p. 1554–1567, 2018.

SCHUMPETER, J. A. **Business Cycles**. New York, NY: McGraw-Hill, 1939.

\_\_\_\_\_. **Capitalismo, Socialismo e Democracia**, 1942.

\_\_\_\_\_. Prefácio à edição japonesa de Teoria do desenvolvimento econômico. In: HABERLER, Gottfried. Joseph Alois Schumpeter 1883–1950. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 64, n. 3, p. 333-372, 1950.

\_\_\_\_\_. **Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

SEEG. **Análise das emissões de gases de efeito estufa: e suas implicações para as metas climáticas do Brasil (1970-2021)**. 10. ed. Brasília: Observatório do Clima, 2023. 46 p.

\_\_\_\_\_. **Documento de Análise: Emissões de GEE do Setor Agropecuário**. São Paulo, SEEG, 2016.

SILVA, T. M. M. **O impacto de riscos regulatórios e tributários no desempenho financeiro de projetos de geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPEAD, Rio de Janeiro, 2019.

SOUZA, R. C. **Modelos de Negócio para Micro e Minigeração Distribuída Fotovoltaica no Brasil**: características e impactos com a alteração da compensação da energia. 2020. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

SOUTO, P. GD terá isenção de ICMS em São Paulo; governo assinou 11 decretos sobre o tema. **Megawhat**. São Paulo, p. 1-2. 01 mar. 2023. Disponível em: <https://megawhat.energy/news/149505/geracao-distribuida-tera-isencao-de-icms-em-sao-paulo-governo-assinou-11-decretos-sobre-o-tema>. Acesso em: 29 jun. 2023.

STERN, N. **Why are we waiting?** The logic, urgency, and promise of tackling climate change. Cambridge: MIT Press, 2015

SUGAHARA, C. R. R. **Desenvolvimento sustentável e empregos verdes no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Economia Política), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 2010.

SZAPIRO, M; MATOS, M; CASSIOLATO, J. Sistema de inovação e desenvolvimento. In: RAPINI, M., SILVA, L., MOTA E ALBUQUERQUE, E. (Org) **Economia da ciência, tecnologia e inovação: fundamentos teóricos e a economia global**. Curitiba: Editora Prismas, 2017.

TAVEIRA, Alexandre Matsuda. **A inovação schumpeteriana e os unicórnios brasileiros**. 2018. 43 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Econômicas, Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

TCG. **The Climate Group**, January 2010. Disponível em: <https://www.theclimategroup.org/sites/default/files/archive/files/TCG-Copenhagen-Assessment-Report-Jan10.pdf/>. Acesso em: 27 de maio de 2023.

TEIXEIRA, J. H. **Análise das perdas elétricas devido a conexão de geração distribuída em um sistema de distribuição secundário**. 2018. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Unijui, Ijuí, 2018.

TIDD, J; BESSANT, J; PAVITT, K. **Managing innovation**. Chichester: John Wiley & Sons, 2005.

TIGRE, P. Paradigmas tecnológicos e teorias econômicas da firma. **Revista brasileira de inovação**, v. 4, n. 1, p. 187-223, 2005.

TODA MATÉRIA. **Protocolo de Montreal**. 2023. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/protocolo-de-montreal/>. Acesso em: 24 jun. 2023.

TOLEDO, A. L. L. **Emissões de Gases de Efeito Estufa da Mobilidade Urbana: o caso de Natal**. 2019. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Planejamento Energético, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

TORRES, R. L. A “inovação” na teoria econômica: uma revisão. **VI Encontro de Economia Catarinense**, 2012.

UM SÓ PLANETA. **Relatório do IPCC afirma que mundo possui capital suficiente para reduzir emissões de carbono**. 2023. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/clima/noticia/2023/03/20/novo-documento-do-ipcc-afirma->

que-mundo-possui-capital-suficiente-para-reduzir-emissoes-de-carbono.ghtml. Acesso em: 25 jun. 2023.

UNFCCC. **Bali Action Plan, AWG-LCA. Report of the Conference of the Parties on its thirteenth session**, held in Bali from 3 to 15 December 2007 FCCC/CP/2007/6/Add.1 Bonn, Climate Change Secretariat, 14 March 2008.

\_\_\_\_\_. **Doha amendment to the Kyoto Protocol**. Bonn, Climate Change Secretariat, 2012.

\_\_\_\_\_. **Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving the Objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change**. Bonn, Climate Change Secretariat, 2016.

\_\_\_\_\_. **NAMA - Brazil information on Appendix 2 of the Copenhagen Accord**. Bonn, Climate Change Secretariat, 29 January 2010.

\_\_\_\_\_. **Opportunities and options for integrating climate change adaptation with the Sustainable Development Goals and the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030**. Bonn, Climate Change Secretariat, 2017.

\_\_\_\_\_. **Report of the Conference of the Parties on its nineteenth session**, held in Warsaw from 11 to 23 November 2013. FCCC/CP/2013/10/Add.1. Bonn, Climate Change Secretariat, 31 January 2014

\_\_\_\_\_. **The Paris Agreement**. Bonn, Climate Change Secretariat, 12 December 2015.

\_\_\_\_\_. **United Nations Treaty Collection**, Nova York, 1992.

UNIDO. **Accelerating clean energy through Industry 4.0: manufacturing the next revolution**. A report of the United Nations Industrial Development Organization, Vienna, Austria. 2017.

UNRUH, G. C. Escaping carbon lock-in. **Energy policy**, Elsevier, v. 30, n. 4, p. 317– 325, 2002.

\_\_\_\_\_. Understanding carbon lock-in. **Energy policy**, Elsevier, v. 28, n. 12, p. 817– 830, 2000.

UNRUH, G. C.; CARRILLO-HERMOSILLA, J. Globalizing carbon lock-in. **Energy policy**, Elsevier, v. 34, n. 10, p. 1185–1197, 2006.

UNTERSTELL, N.; MARTINS, N. **NDC do Brasil: avaliação da atualização submetida à UNFCCC em 2022**. Nota Técnica. Rio de Janeiro, Brasil. TALANOA, 2022. Disponível em: [www.institutotalanoa.org/documentos](http://www.institutotalanoa.org/documentos). Acesso em 30 de maio de 2023.

UTTERBACK, J. The dynamics of product and process innovation in industry. In: HILL, C; UTTERBACK, J. **Technological innovation for a dynamic economy**. New York, Pergamon Press, 1983. pp 40-65

VAHL, F.P., CASAROTTO Filho, N. Energy transition and path creation for natural gas in the Brazilian electricity mix. **J. Clean. Prod.** 86, 221e229, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.033>.

VALOR ECONÔMICO, Valor. **A ativista do Greenpeace que virou porta-voz da energia solar no Brasil**. 2023a. Disponível em: <https://valor.globo.com/eu-e/noticia/2023/02/10/a->

ativista-do-greenpeace-que-virou-porta-voz-da-energia-solar-no-brasil.ghtml. Acesso em: 01 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **Buraco na camada de ozônio aumentou neste ano, mas tende a diminuir, diz Nasa.** 2022a. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2022/10/14/buraco-na-camada-de-ozonio-aumentou-neste-ano-mas-tende-a-diminuir-diz-nasa.ghtml>. Acesso em: 24 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Década atual é crucial para evitar o pior cenário nas mudanças climáticas, alerta o IPCC.** 2023b. Disponível em: <https://valor.globo.com/mundo/noticia/2023/03/20/projees-sobre-os-efeitos-do-aquecimento-global-esto-se-provando-verdadeiras-diz-ipcc.ghtml>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Emenda no Projeto de Lei da geração distribuída amplia subsídios pagos pelo consumidor.** 2022b. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/12/01/projeto-de-lei-da-geracao-distribuida-amplia-subsidios-pagos-pelo-consumidor.ghtml>. Acesso em: 01 jul. 2023.

\_\_\_\_\_. **Geração distribuída deve injetar 8 GW de potência no sistema em 2023, diz associação.** 2023c. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2023/01/26/gerao-distribuda-deve-injetar-8-gw-de-potncia-no-sistema-em-2023-diz-associao.ghtml>. Acesso em: 30 jun. 2023.

VEJA. **Fux suspende alteração na cobrança do ICMS sobre tarifa de energia.** 2023. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/economia/fux-suspende-alteracao-na-cobranca-do-icms-sobre-tarifa-de-energia>. Acesso em: 01 jul. 2023.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VIA UFSC. **Crescimento econômico e ondas de inovação.** 2021. Disponível em: <https://via.ufsc.br/crescimento-economico-e-ondas-de-inovacao/>. Acesso em: 19 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **Schumpeter: desenvolvimento por meio da inovação.** desenvolvimento por meio da inovação. 2019. Disponível em: <https://via.ufsc.br/schumpeter-inovacao/>. Acesso em: 20 jul. 2019.

WINTER, S. G. **The place of entrepreneurship.** In: *The Economics that Might Have Been.* 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11187-016-9701-5> Acesso em: 10/10/2018.

WITTNEBEN, B.; STERK, W.; OTT, W.; BROUNS, B. The Montreal Climate Summit: Starting the Kyoto Business and Preparing for post-2012, **JEEPL - Journal for European Environmental & Planning Law**, v. 3, issue 2, pp.: 90–100, 2006.

WOLFE, R. Organizational innovation: review, critique and suggested research directions. **Journal of Management Studies.** 31:3, May, 1994

WRI BRASIL. **Nova NDC do Brasil: entenda por que a meta climática foi considerada pouco ambiciosa.** 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/nova-ndc-do-brasil-entenda-por-que-meta-climatica-foi-considerada-pouco-ambiciosa>. Acesso em: 25 jun. 2023.

\_\_\_\_\_. **6 conclusões do relatório do IPCC de 2022 sobre mitigação das mudanças climáticas**. 2022. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/6-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-de-2022-sobre-mitigacao-das-mudancas-climaticas>. Acesso em: 03 jul. 2023.

WWF BRASIL. **Camada de ozônio**. 2023. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/nossosconteudos/educacaoambiental/conceitos/camadadeozonio/>. Acesso em: 24 jun. 2023.