

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM POLÍTICAS PÚBLICAS**

GUILHERME DE QUEIROZ STEIN

**DEMOCRACIA E TRANSIÇÕES ENERGÉTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE:
O REGIME POLÍTICO E A ADOÇÃO DE POLÍTICAS REGULATÓRIAS PARA
ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Porto Alegre

2023

GUILHERME DE QUEIROZ STEIN

**DEMOCRACIA E TRANSIÇÕES ENERGÉTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE:
O REGIME POLÍTICO E A ADOÇÃO DE POLÍTICAS REGULATÓRIAS PARA
ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Políticas Públicas.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Alejandro Gugliano

Porto Alegre

2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

REITOR

Carlos André Bulhões Mendes

VICE-REITORA

Patricia Pranke

DIRETORA DO INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

Hélio Ricardo do Couto Alves

VICE-DIRETOR DO INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

Alex Niche Teixeira

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

Queiroz-Stein, Guilherme de
Democracia e Transições Energéticas para a Sustentabilidade: o Regime Político e a Adoção de Políticas Regulatórias para Energias Renováveis / Guilherme de Queiroz Stein. -- 2023.

176 f.

Orientador: Alfredo Alejandro Gugliano. Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Transições para a Sustentabilidade. 2. Energias Renováveis.
3. Políticas Regulatórias. 4. Instituições. 5. Regime Político. I. Gugliano, Alfredo Alejandro, orient. II. Título.

GUILHERME DE QUEIROZ STEIN

**DEMOCRACIA E TRANSIÇÕES ENERGÉTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE:
O REGIME POLÍTICO E A ADOÇÃO DE POLÍTICAS REGULATÓRIAS PARA
ENERGIAS RENOVÁVEIS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Políticas Públicas do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Políticas Públicas.

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alfredo Alejandro Gugliano – Orientador
UFRGS

Prof. Dr. Sergio Marley Modesto Monteiro
UFRGS

Prof. Dr. André Luiz Marengo dos Santos
UFRGS

Profª. Dra. Elia Elisa Cia Alves
UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde passei os últimos 16 anos da minha vida e tive todas as oportunidades necessárias para amadurecer pessoal e profissionalmente, dedicando-me ao aprendizado e à pesquisa em um ambiente científico instigante e socialmente comprometido, que preza pelos mais altos padrões científicos. Estendo esses agradecimentos ao Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, aos seus professores, em especial à Marília Patta Ramos e Leticia Maria Schabbach, e aos meus colegas, Marcus Vinicius Rocha da Rossi, Carlos Alberto Seifert Jr., Flavio Dal Pozzo, Júlia Gabriele Lima da Rosa, Alessandra Caroline Ghiorzi, Prof. Ario Zimmermann, Francieli do Rocio de Campos, Fabrício Barreto Fuchs, Leonardo Geliski, Maria Paula Escobar Bins, Marsam Alves de Teixeira, Taciana Barcellos Rosa, Nicolas Alcântara. Sou grato, também, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa de estudos nos anos iniciais do doutorado.

Agradeço aos colegas do Grupo de Pesquisa em Processos Participativos na Gestão Pública, espaço onde encontro sempre discussões instigantes, democráticas e plurais, aprendendo sobre os mais diversos temas e vertentes teóricas da Ciência Política e das Políticas Públicas. Dedico um especial agradecimento ao meu orientador e coordenador do grupo, Prof. Alfredo Alejandro Gugliano, um grande professor e amigo, que sempre me incentiva e apoia no desenvolvimento de meu percurso acadêmico, com sensibilidade e humanidade no trato pessoal. Entre os muitos aprendizados, com o Alfredo aprendi que estabelecer relações de parceria e respeito mútuo é a essência para se avançar na cooperação científica e na produção de conhecimentos.

Agradeço ao Victor Medeiros e ao Alexandre de Queiroz Stein do CEDEPLAR-UFMG por terem se disponibilizado a ler e discutir partes desta tese. Suas contribuições foram valiosas para aperfeiçoar o trabalho, obviamente, sem incorrer em responsabilidade por qualquer erro que eu tenha cometido.

Agradeço aos professores que gentilmente aceitaram avaliar este trabalho, primeiramente na qualificação, e, posteriormente, na defesa da tese. À Profa. Elia Alves, além de meus agradecimentos, minha admiração por seu pioneirismo em trazer o tema das energias renováveis para a Ciência Política brasileira. Aos professores André Marengo e Sérgio Monteiro, minha gratidão se deve também a todos os aprendizados essenciais que tive em sala de aula, em graduação e pós-graduação, onde pude consolidar uma base sólida de Ciência Política e Economia para avançar em minhas pesquisas e práticas profissionais.

Agradeço aos amigos e amigas que sempre estão comigo, fisicamente, curtindo os prazeres e as angústias da vida, ou, quando distantes, no coração, em memórias afetuosas: Carolina Peres Terra, Gabrielle Oliveira de Araújo, Gabriela Lemos Giovannini, Rodrigo Casas, Frederico Schmachtenberg, Fernando Morschheiter Álvaro Bernardi, Gerson de Lima Oliveira, Ângelo Ferreira, Maverick Velasquez, Pedro Augusto Heylmann, Renata Araújo, Luísa Ramos, Sama Ramos, Guilherme Parizotto, Jonas Werle, Matias Oliveira, Augusto Cesar Pinha, Jhony Rodrigues Pereira, Bruna Ferreira, Pedro Horn, Tamara de Oliveira, Felipe Horn, Marina Vieira, Roberto Barth, Rick Teixeira, Julia Wunsch, Daniel Kefeli, Melissa Deciancio, Thomaz Novaes, Fernanda Ribeiro, Gustavo Lavandeira, Carolina Raany, Carolina Coppetti, Letícia Virtuoso, Úrsula Rücker, Manoel Wilker, Filipe Gonçalves, Jéssica Schüller, Diego Caié Lopes, Alana Landora, Diego Goergen, Mariana Doehl, Julia Thomé.

Agradeço à Anna Cavalcanti, que me acompanhou em grande parte dessa trajetória e me inspirou com sua mente brilhante e seu coração infinito.

Agradeço à Lívia Zanatta Ribeiro, pessoa de inteligência invejável, cheia de vida e de sonhos, com quem tive o prazer de sentir o mundo.

Do mesmo modo, agradeço a meus tios, tias e primas, pessoas que levo sempre junto comigo, com imenso carinho: Denise, Mariza, Maria Regina, Gerson, Stela, Cris, Augusto, César, Matheus, Pedro, Bernardo, Gregório, Vicente, Tobias, Anahi (in memorian), Giancarla, Norton, Cadu.

Agradeço em especial ao Mozart Schmitt de Queiroz, que sempre me instigou intelectualmente e abriu meus horizontes para o tema das energias renováveis.

Por fim, agradeço à minha família Mauro, Tania e Alexandre, às minhas avós, Nelcy e Terezinha (in memorian). Chega ser difícil achar palavras para expressar minha gratidão, mas digo que a vida é boa por compartilhá-la com vocês, sempre com muito amor, acolhimento e carinho.

RESUMO

Combater as mudanças climáticas é um desafio maior para a humanidade no século XXI que exige mudanças significativas nas estruturas produtivas e nos padrões de consumo. Transformações nos sistemas de oferta e consumo de eletricidade são cruciais para alcançar esse objetivo, substituindo as fontes fósseis de energia por renováveis. Sob o ponto de vista das Políticas Públicas, é fundamental entender quais políticas são necessárias e como fatores políticos e institucionais afetam sua adoção. Nesta tese, analisa-se como o regime político dos países influencia os processos de transições energéticas para a sustentabilidade. A hipótese principal é que quanto maior seja o nível de democracia de um país, maior será a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para novas energias renováveis. Para dar conta desse problema, primeiro analisou-se a evolução do consumo de energias renováveis no mundo e quatro agendas que levaram ao desenvolvimento desse setor: a busca por segurança energética, a substituição de fontes nucleares, o combate às mudanças climáticas e o fomento à economia verde. Em seguida, mobilizou-se razões teóricas e empíricas para demonstrar que o regime político é um fator importante para se compreender transições energéticas para a sustentabilidade. Também, através de revisão de literatura, foram identificados diferentes tipos de políticas para esse setor e discutiu-se sua efetividade. A hipótese principal desta pesquisa foi empiricamente testada para quatro tipos de políticas: tarifas-prêmio, cotas, leilões e sistemas de compensação de energia (*net metering*). A partir de uma base de dados de 132 países, abrangendo o período 2005 e 2014, foram aplicados modelos de regressão logística bi e multivariados para cada uma das políticas, levando em consideração três diferentes índices de democracia e 15 variáveis de controle, estimando um total de 20 modelos. Os resultados demonstraram que há uma alta correlação positiva entre o nível de democracia dos regimes políticos e a adoção dessas políticas. Para as cotas de energias renováveis, a democracia é um fator significativo em sua adoção, mesmo levando em consideração outras variáveis. Isso se deve ao fato que, para implementar essas políticas, governos devem impor custos ao setor privado e, para tanto, dependem de suporte político da população e da legitimidade conferida pelo sistema democrático. Para os outros três tipos de políticas, há outros fatores que exercem maior influência que o regime político, os quais também são discutidos ao longo do texto. Por fim, conclui-se que a democracia opera como um catalisador de transições energéticas para a sustentabilidade. Sua ausência não é um impeditivo para esses processos, entretanto, sua presença opera como um fator de aceleração.

Palavras-chave: Transições para sustentabilidade; energias renováveis; políticas regulatórias; instituições; regime político.

ABSTRACT

Fighting climate change is a major challenge for humanity in the 21st century, requiring significant changes in production structures and consumption patterns. Transformations in electricity supply and consumption systems are crucial to achieving this goal by replacing fossil energy sources with renewable ones. From a Public Policy perspective, it is critical to understand what policies are needed and how political and institutional factors affect their adoption. In this thesis, we analyze how the political regime of countries influences the processes of energy transitions toward sustainability. The central hypothesis is that the higher the level of democracy in a country, the more likely it is to adopt regulatory policies for new renewable energy. To account for this problem, we first analyzed the evolution of renewable energy consumption worldwide and four agendas that have led to the development of this sector: the search for energy security, the replacement of nuclear sources, the fight against climate change, and the promotion of a green economy. Theoretical and empirical reasons demonstrate that the policy regime is important in understanding energy transitions toward sustainability. Also, through a literature review, it has been identified different types of policies for this sector were identified, discussing their effectiveness. The main hypothesis of this research was empirically tested for four types of policies: feed-in tariffs, quotas, auctions, and net metering. From a database of 132 countries covering 2005 and 2014, bi and multivariate logistic regression models were applied for each policy, considering three different democracy indices and 15 control variables, estimating 20 models. The results showed a high positive correlation between the level of democracy and the adoption of these policies. For renewable energy quotas, democracy is a significant factor in their adoption, even considering other variables. To implement these policies, governments must impose costs on the private sector, and to do so, they depend on political support from the population and the legitimacy conferred by the democratic system. The main conclusion is that democracy catalyzes energy transitions to sustainability. Its absence does not impede these processes, but its presence is an accelerating factor.

Keywords: Transitions to sustainability; renewable energy; regulatory policies; institutions; political regime.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo Global de Energia Primária - Fontes de Energia (1800-2019).....	26
Figura 2 - Consumo Global de Novas Energias Renováveis (1960-2019).....	27
Figura 3 - Consumo Global de Energia por Fonte (2019)	28
Figura 4 - Valor Real do Petróleo Cru Importado pelos EUA (1968-2021).....	29
Figura 5 - Produção Energética de Biocombustíveis (2019) (TWh).....	31
Figura 6 – Importações Líquidas de Energia (%) - Países Seleccionados (1971 e 2014)	33
Figura 7 – Eletricidade de Fontes Nucleares (%) - Países Seleccionados (1960-2014)	36
Figura 8 – Eletricidade de Fontes Nucleares (%) - Grupo de Renda (1960 a 2014).....	38
Figura 9 – Eletricidade de Energias Renováveis (%) - Países Seleccionados (1970-2015)	40
Figura 10 - Concentração Média de CO2 na Atmosfera (ppm).....	44
Figura 11 - Anomalia da Temperatura Média Global (1850-2018).....	44
Figura 12 - Eletricidade de Fontes Renováveis (%) - Regiões do Mundo (1971-2015).....	50
Figura 13 –Capacidade Instalada de Energia Eólica (MW) (1997-2019).....	59
Figura 14 - Capacidade Instalada de Energia Solar (MW) (1996-2019)	60
Figura 15 – Número de Patentes para Energias Renováveis - Ano de Publicação (2002-2019) .	61
Figura 16 - Patentes de Energias Renováveis Publicadas - Países Líderes (2010 e 2019)	62
Figura 17 - Investimentos Globais em Energias Renováveis (2004 – 2019).....	63
Figura 18 - Participação das Energias Renováveis na Oferta de Energia Global (2007 e 2019) .	64
Figura 19 - Participação nos Investimentos Globais em Energias Renováveis (2004-2019)	65
Figura 20 - Energias Renováveis (%) – Países Seleccionados - (1960 - 2015).....	70
Figura 21 - Energias Renováveis (%) – Países Acima da Média (2014)	71
Figura 22 – Percentual Médio de Novas Energias Renováveis por Regimes Políticos	72
Figura 23 – Novas Energias Renováveis (%) de acordo com o Nível de Democracia	72
Figura 24 - Número de Países que Adotaram Tarifas-prêmio (2005-2014)	123
Figura 25 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Tarifas-prêmio (2005-2014) ..	124
Figura 26 - Número de Países que Adotaram Política de Cotas (2005-2014)	129
Figura 27 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Cotas (2005 e 2014).....	129
Figura 28 - Número de Países que Adotaram Leilões para Energias Renováveis (2005-2014) ..	136
Figura 29 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Leilões (2005 e 2014)	136
Figura 30 - Número de Países que Adotaram Net Metering (2005-2014).....	141
Figura 31 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - <i>Net Metering</i> (2005-2014) ...	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Políticas Regulatórias para Energias Renováveis	77
Quadro 2 - Testes de Diagnóstico	97
Quadro 3 - Síntese das Variáveis de Controle	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2019.....	32
Tabela 2 – Eletricidade Produzida por Fontes Nucleares (%) (1964-2014).....	37
Tabela 3 - Balanceamento das Amostras por Número de Países	94
Tabela 4 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Tarifas-prêmio	125
Tabela 5 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Tarifas-prêmio	126
Tabela 6 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Cotas	130
Tabela 7 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Cotas	131
Tabela 8 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Leilões	137
Tabela 9 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Leilões	138
Tabela 10 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Net Metering.....	142
Tabela 11 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Net Metering.....	143
Tabela 12 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Tarifas-prêmio .	172
Tabela 13 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Cotas	172
Tabela 14 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Leilões.....	173
Tabela 15 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Net Metering	173
Tabela 16 - Estrutura Padrão das Tabelas de Classificação	174
Tabela 17 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Tarifas-prêmio.....	174
Tabela 18 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Cotas.....	174
Tabela 19 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Leilões	174
Tabela 20 - Tabela de Classificação. Variável Resposta: Net Metering	174
Tabela 21 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Tarifas-prêmio	175
Tabela 22 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Cotas	175
Tabela 23 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Leilões	176
Tabela 24 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Net Metering.....	176
Tabela 25 - Síntese das Estimativas - Variáveis de Controle - Significância e Sentido	177

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

-2LL - Log da verossimilhança multiplicado por menos dois

AIC – *Akaike Information Criteria* (Critério de Informação de Akaike)

AIE – Agência Internacional de Energia

BIC – *Bayesian Information Criteria* (Critério de Informação de Bayes)

CMPE - Custo Médio Ponderado para Produção de Eletricidade

COP – Conferência das Partes

DPI – Database of Political Institutions from World Bank

dp – Desvio padrão

EUA – Estados Unidos da América

FITs – *Feed-in Tariffs* (Tarifas Prêmio)

FN – Falsos Negativos

FP – Falsos Positivos

GEE – Gases de Efeito Estufa

KWh – Quilowatt-hora

IC 95% e β – Intervalo de Confiança à 95% para as razões de chance do estimador beta.

IRENA – *International Renewable Energies Agency* [Agência Internacional de Energias Renováveis]

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ONG – Organização Não-Governamental

OPEP – Organização dos Países Exportadores de Petróleo

pc – *Per capita*

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

REN 21- *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*

UE – União Europeia

UNFCCC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - *United Nations Framework Convention for Climate Change*

USD – *U.S. Dollars* (Dólares norte-americanos)

VIF – *Variance Inflation Factor* (Fator de Inflação da Variância)

VN – Verdadeiros Negativos

VP – Verdadeiros Positivos

APOIO DE FINANCIAMENTO

O presente trabalho foi parcialmente realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Bolsa País – Programa de Demanda Social.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Bolsa País – Programa de Demanda Social.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	16
1.1. Objetivo, questão de pesquisa e hipótese.....	17
1.2. Justificativa	20
1.3. Desenho de Pesquisa	22
1.4. Estrutura da Tese	23
2. Consumo Energético e o Fomento às Energias Renováveis	25
2.1. A Evolução do Consumo Energético.....	25
2.2. A Busca por Segurança Energética.....	29
2.3. Substituição de Energia Nuclear	35
2.4. Enfrentamento das Mudanças Climáticas	41
2.4.1. A Política das Mudanças Climáticas e a Questão Energética	45
2.4.2. A Política Global e a Questão Climática	47
2.5. Uma Nova Economia Verde.....	54
2.5.1. Economia e Sustentabilidade.....	55
2.5.2. A Economia das Energias Renováveis.....	58
3. Regime Democrático, Políticas Públicas e Transições para a Sustentabilidade.....	66
3.1. Transições Sociotécnicas para Sustentabilidade.....	66
3.2. Democracia e Performance Ambiental.....	67
3.3. Regime Político e Transições Energéticas para a Sustentabilidade.....	70
3.4. Políticas Públicas para Energias Renováveis	74
3.4.1. Instrumentos de Fomento às Energias Renováveis	75
3.4.2. A Efetividade das Políticas para Energias Renováveis	81
3.4.3. O Regime Político e a Adoção de Políticas para Renováveis.....	86
4. Estratégia Metodológica para Análise Empírica do Problema.....	91
4.1. Amostra de Países	92
4.2. Metodologia de Análise dos Dados.....	95
4.3. Seleção das Variáveis.....	98
4.3.1. Variáveis Dependentes	99
4.3.2. Variáveis Independentes.....	100
4.3.3. Variáveis de Controle.....	106
4.4. Síntese das Hipóteses Estatísticas Específicas.....	120
5. Regime Político e Políticas Regulatórias para Renováveis.....	122
5.1. Tarifas-prêmio	122

5.2. Cotas	128
5.3. Leilões	135
5.4. Sistemas de Compensação.....	140
6. Conclusões.....	147
Referências	158
Apêndice 1 – Razões de Chance	172
Apêndice 2 – Tabelas de Classificação	174
Apêndice 3 – Fator de Inflação da Variância	175
Apêndice 4 – Síntese dos Resultados – Variáveis de Controle	177

1. Introdução

Esta tese tem por tema central as transições para a sustentabilidade e o fomento de novas energias renováveis, necessárias para reestruturar a oferta e o consumo, em direção a uma matriz energética de menor impacto ambiental. Esse tema tem tido destaque nas últimas décadas, em função da necessidade de se reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera terrestre e, assim, combater as mudanças climáticas que podem trazer consequências severas para a humanidade e a natureza nos próximos anos. Do mesmo modo, é fundamental para reduzir a insegurança na provisão energética, atendendo uma demanda crescente por combustíveis e eletricidade, representando uma alternativa às fontes fósseis e nucleares. O desenvolvimento de energias renováveis também se insere no panorama de uma nova economia verde, crucial para gerar dinâmicas de investimento, emprego e renda, com base no expressivo amadurecimento tecnológico que passou essa área nas últimas décadas.

O campo das Políticas Públicas tem importantes contribuições a dar nessa temática, pois a promoção das novas energias renováveis depende de diferentes formas de ação estatal, como a regulação de mercados, o financiamento de investimentos para a expansão da oferta e o fomento de inovações tecnológicas que reduzam o impacto ambiental da produção de energia. Um aspecto fundamental é conhecer os determinantes políticos-institucionais dos processos de transição energética para a sustentabilidade (ALVES *et al.*, 2019; BERNAUER, 2013; HUGHES; LIPSCY, 2013; SEQUEIRA; SANTOS, 2018). Essa agenda tem um peso crescente na literatura internacional, especialmente a partir da década de 2010, quando o amadurecimento tecnológico e a redução acentuada de custos fizeram das novas energias renováveis opções economicamente viáveis para países em todos os níveis de desenvolvimento (FS-UNEP-BNEF, 2017, 2019; IRENA, 2019, 2020). Uma vez que o problema econômico-tecnológico deixou de ser o grande obstáculo que representou no passado, cresceu o peso de fatores políticos-institucionais para se explicar o porquê de alguns países alcançarem melhores desempenhos nessas transições, enquanto outros apresentam avanços praticamente nulos.

O pressuposto é que há incentivos não monetários, relacionados ao ambiente político e institucional, os quais influenciam diretamente o investimento e o consumo no setor de energias renováveis (SEQUEIRA; SANTOS, 2018). Nesse sentido, aspectos como o funcionamento da democracia, os constrangimentos constitucionais e os padrões regulatórios seriam elementos-chaves na conformação do ambiente institucional que devem ser levados em consideração para se explicar as dinâmicas nesse setor. Segundo Hughes e Lipsy (2013), a agenda de pesquisa sobre a

influência de fatores políticos-institucionais no setor energético se desdobra em três temáticas centrais. A primeira diz respeito a conformação das preferências de agentes relevantes no setor, na medida em que interagem em diferentes estruturas de mercado, utilizando distintas fontes energéticas, em variados ambientes institucionais. A segunda explora o papel das instituições domésticas, procurando compreender como as variações em arranjos institucionais se relacionam com as diferenças nos tipos de políticas energéticas adotadas. A terceira foca-se na cooperação internacional para mudanças climáticas, procurando identificar determinantes para ratificação de tratados internacionais e na efetiva implementação em nível doméstico. Esta tese pretende contribuir com essa agenda, particularmente com a segunda temática, investigando os fatores que levam a escolha de políticas públicas para energias renováveis.

1.1. Objetivo, Questão de Pesquisa e Hipótese

O objetivo desta tese é analisar a relação entre o regime político de um país e os processos de transições energéticas para a sustentabilidade, caracterizados pela ampliação da participação de novas energias renováveis na matriz energética daquele país. A seguinte questão é estabelecida para a pesquisa: como o nível de democracia dos regimes políticos influencia o desenvolvimento de transições energéticas para a sustentabilidade?

O regime político é um sistema de regras e práticas que mediam as relações entre o Estado e a sociedade civil, determinando a distribuição de direitos que regulam as ações políticas dos cidadãos e o exercício do poder estatal. Na literatura científica, existem diferentes formas de se classificar um regime político como democrático (TILLY, 2007). Partindo de um critério minimalista e empírico, Przeworski et al. (2000) propôs que os regimes democráticos são aqueles em que os governantes são escolhidos por meio de eleições competitivas, em que a oposição possui chances reais de ser vencedora. Já os regimes autoritários são aqueles onde se verificam severas restrições à participação eleitoral e à competição política, sendo os resultados eleitorais pré-determinados.

Sob uma perspectiva procedimental-liberal, Robert Dahl (2005) propôs que um regime seria identificado como democrático¹ se seu processo político atendesse a alguns critérios, como a verificação de que os governantes foram eleitos em eleições livres, justas e frequentes; que nessa

¹ Robert Dahl prefere o termo *poliarquia* à democracia, uma vez que, segundo o autor, democracia teria uma conotação idealista, quase utópica, não favorecendo a análise empírica das dinâmicas políticas das sociedades contemporâneas. Contudo, nesta tese, adota-se o termo mais usual, que é democracia.

sociedade haja garantias de liberdade de expressão e de existência de fontes alternativas de informação e que se observe autonomia associativa e cidadania inclusiva na sociedade civil. Outra visão de democracia, denominada substantiva, propõe que, além dos procedimentos, devem ser observados os resultados alcançados pelo regime, em termos de garantias de direitos sociais, boa governança e desenvolvimento de uma cultura política democrática (TILLY, 2007).

O ponto é que existem diferentes formas de se conceituar a democracia, em função de diferentes concepções teóricas subjacentes à conceituação. Nesta tese, o nível de democracia do regime político é investigado enquanto variável independente e o foco analítico está em observar empiricamente sua influência sob processos transições energéticas sustentáveis e a escolha de políticas regulatórias para novas energias renováveis. Para tanto, ao invés de adotar apenas uma teoria, optou-se por testar diferentes índices empíricos de democracia, consolidados na literatura internacional, baseados em diferentes concepções teóricas. Esses índices são o *polity2*, elaborado pelo *Center for Systemic Peace* de Estocolmo, baseado em critérios minimalistas; o índice de democracia da *Freedom House*, baseado em uma teoria liberal da democracia e o índice de democracia da *The Economist*, baseado em uma visão substantiva de democratização².

Na literatura, encontram-se argumentos que demonstram a relevância do nível de democracia dos regimes políticos para os resultados sociais alcançados. A democracia favorece a mobilização da sociedade civil, cria ambientes de negócio mais previsíveis e institui sistemas de transparência, controle e prestação de contas que melhoram a qualidade da governança pública (BRESSER-PEREIRA, 2011; RODRIK, 2007). Também, tem efeitos positivos sobre os resultados alcançados em diferentes áreas, como desenvolvimento econômico, educação, saúde e direitos humanos (CHIEZA; QUEIROZ-STEIN, 2020; O'DONNELL, 2013; RODRIK, 2007; SEN, 2018; TILLY, 2007). Nesta tese, assume-se que as variações nos regimes políticos são importantes para explicar o desempenho dos países em matéria energética e ambiental (BÄTTIG; BERNAUER, 2009; BERNAUER; KOUBI, 2009; BURKE; STEPHENS, 2017; CONGLETON, 1992; GEELS *et al.*, 2016; HVELPLUND, 2014; SEIFERT JR; QUEIROZ-STEIN; GUGLIANO, 2020; SEQUEIRA; SANTOS, 2018). Partindo dessas considerações, este estudo objetiva entender essa relação em um domínio específico que é o das transições energéticas para a sustentabilidade e a escolha de políticas regulatórias para energias renováveis, tomando o regime político como variável explicativa de interesse.

² No capítulo sobre a seleção das variáveis que compõe o banco de dados, é apresentada uma detalhada discussão sobre a composição desses índices e seus fundamentos teóricos, mas por hora, vale salientar que a correlação empírica entre esses diferentes índices gira em torno de 90%, o que minimiza a influência das diferenças teóricas nos resultados.

Segundo Vaclav Smil (2010), transições energéticas são mudanças estruturais que alteram a composição da oferta de energia primária, reconfigurando os sistemas energéticos antropogênicos. Basicamente, são fenômenos de longo prazo, que tendem a apresentar dinâmicas lentas e graduais de difusão de novas tecnologias, formas de negócio, padrões de usos energéticos e desenvolvimento de infraestrutura física. Todavia, essas transições podem ser aceleradas por impulsos financeiros e tecnológicos, geralmente dentro de escopo de políticas públicas que tem por objetivo explícito essa aceleração. É importante destacar que nem todas transições energéticas se dirigem à sustentabilidade. Historicamente, a adoção de combustíveis fósseis, substituindo biomassa tradicional, foi a mais radical transição energética pela qual passou a humanidade, resultando em alguns dos principais problemas ambientais enfrentados no século XXI.

O foco desta tese, contudo, está em transições energéticas para a sustentabilidade, caracterizadas pelo crescimento do setor de novas energias renováveis e pela ampliação da participação dessas fontes na matriz energética nacional. As fontes renováveis de energia são aquelas repostas imediatamente pela natureza ou em um horizonte relativamente curto de tempo geológico (LUCON; GOLDEMBERG, 2007). As novas energias renováveis englobam eólica, geotermal, solar fotovoltaica, aquecimento solar e maremotriz, assim como fontes hídricas aproveitadas por pequenas centrais hidroelétricas. Também, incluem a utilização de biomassa moderna, como cana-de-açúcar, soja, milho, beterraba, gordura animal e algas marinhas para a geração de biodiesel, bioquerosene e etanol de primeira, segunda e terceira geração. A biomassa também pode ser utilizada para a geração de bioeletricidade e calor, através da queima de carvão vegetal ou de resíduos agrícolas. Por fim, ainda podem ser aplicados resíduos agrícolas, industriais e urbanos para a geração de biogás e biometano, usados como combustíveis para transporte, geração de eletricidade, entre outras utilidades (MME/EPE, 2019, p. 201–221).

Serão analisadas neste estudo exclusivamente as políticas que incidem sobre a oferta de eletricidade oriunda de novas energias renováveis. Por necessidade de delimitação do objeto, não serão abrangidas as políticas para temas correlatos, como o uso tradicional de biomassa, as formas convencionais de energia renovável (grandes usinas hidroelétricas), os sistemas de aquecimento e resfriamento e os mecanismos de ampliação de eficiência energética.

A variável dependente deste estudo é a adoção de políticas regulatórias para novas energias renováveis. Para tanto, segue-se a definição utilizada pela *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21), segundo a qual políticas regulatórias são regras para controlar ou guiar a ação dos agentes regulados (2020, p. 258), sendo que no contexto de energias renováveis, os

principais exemplos são as cotas, as tarifas-prêmio (*feed-in tariffs*), os leilões e os sistemas de compensação energética (*net metering*).

A principal proposição oferecida nesta tese é que o regime político de um país influencia a adoção de políticas regulatórias, cruciais para estruturar a oferta de novas energias renováveis e aumentar sua participação na matriz energética nacional. A hipótese base deste estudo sugere que a adoção de políticas regulatórias é favorecida por maiores níveis de democracia, sendo esse um dos motivos porquê países democráticos avançam mais rápido em transições energéticas para a sustentabilidade. Empiricamente, espera-se que quanto maior o nível de democracia do regime político, maior a probabilidade de determinado país adotar políticas regulatórias para fomentar novas energias renováveis.

1.2. Justificativa

Apesar de haver um crescimento nos estudos sobre questões ambientais e mudanças climáticas (GRAFF; CARLEY; PIROG, 2019), ainda há um déficit na área de Ciências Sociais sobre transições energéticas, exigindo se avançar nas investigações sobre como aspectos políticos-institucionais as influenciam (QUEIROZ-STEIN, 2019; SOVACOOOL, 2014a, 2014b). Como será demonstrado ao longo desta tese, existe uma associação positiva entre regimes políticos democráticos e a performance ambiental das sociedades, sendo observado que maiores níveis de democracia favorecem transições sociotécnicas para a sustentabilidade, inclusive no setor energético. Apesar disso, a literatura especializada ainda não analisou em profundidade esse fenômeno (CADORET; PADOVANO, 2016; DIJKGRAAF; VAN DORP; MAASLAND, 2018; GEELS, 2014; GEELS *et al.*, 2016; MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019). A democracia era apenas coadjuvante nos estudos anteriores. Portanto, essa é uma relação que merece ser explorada com maior atenção. O mecanismo explicativo oferecido nesta tese é que, em regimes democráticos influenciam a adoção de políticas regulatórias que favorecem os investimentos em novas energias renováveis.

A literatura que procurou identificar os fatores que levam à adoção de políticas regulatórias para energias renováveis tampouco deu à devida atenção ao papel do regime político (ALIZADA, 2018; ALVES *et al.*, 2019; BALDWIN *et al.*, 2017; CARLEY *et al.*, 2017; HUGHES; URPELAINEN, 2015; MECKLING; NAHM, 2018; STADELMANN; CASTRO, 2014). Mesmo que alguns estudos tenham incluído índices de democracia entre suas variáveis de controle, não se encontram investigações que privilegiem em seu desenho de pesquisa o regime político como

variável central. A exceção é o estudo de Bayer e Urperlainen (2016), que analisa apenas dois tipos de políticas – tarifas-prêmio e cotas para energias renováveis -, não abrangendo a difusão global de outros tipos. Além disso, suas séries históricas terminam no ano de 2012, não captando totalmente os resultados do amadurecimento tecnológico que ocorreu no setor nos anos posteriores, responsável por mudanças significativas nesse campo de políticas públicas. Para suprir essas lacunas a pesquisa aqui apresentada trabalha com dados que abrangem o período entre 2005 e 2014. Também, observa o comportamento de quatro tipos de políticas regulatórias. Duas delas muito pouco exploradas pela literatura, a despeito de sua rápida difusão global na década de 2010: os leilões de energias renováveis e os sistemas de compensação de energia.

Os resultados obtidos serão discutidos com maior profundidade no penúltimo capítulo e na conclusão, por hora basta enfatizar que de fato existe uma correlação positiva entre o nível de democracia do regime político e a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis aqui estudada, valendo-se de aplicações econométricas. Quando estimados os modelos multivariados para tarifas-prêmio, leilões e sistemas de compensação de energia, os resultados não foram tão robustos, de modo que outros fatores demonstraram ser mais relevantes para explicar o fenômeno. Contudo, ao se tratar de políticas de cotas para energias renováveis, observou-se que o índice de democracia continua a ser um fator significativo, mesmo quando controlado por outros fatores relevantes, resultado inédito na literatura. Uma das explicações para tanto é que, para impor as cotas para o setor privado, governantes dependem do apoio do eleitorado e de organizações da sociedade civil afeitos às causas ambientais. Por sua vez, ambientes institucionais democráticos favorecem à expressão política desses atores, capazes de pressionar e dar suporte a governos que adotem cotas para acelerar transições energéticas para a sustentabilidade.

Por fim, argumenta-se que os modelos econométricos desenvolvidos nesta pesquisa podem ter uma importância prática para construir cenários regulatórios para energias renováveis. Assim, podem ser utilizados para avaliar riscos políticos no setor, uma vez que incorporam variáveis de política nacional e internacional, como o nível de democratização do regime político, a ratificação de acordos internacionais e a posição ideológica do partido que governa. A análise de riscos políticos pode ser aplicada em negociações internacionais, trazendo informações a respeito da capacidade de cada país cumprir com os acordos que estão se comprometendo internacionalmente em matéria climática e energética. Também, contribui para orientar o planejamento de empresas e organizações da sociedade civil que investem em energias renováveis, apreciando possíveis impactos em seus projetos. Portanto, além de contribuir para suprir uma lacuna na literatura, essa tese traz contribuições aplicadas.

1.3. Desenho de Pesquisa

Esta pesquisa possui um caráter predominantemente quantitativo, assumindo como variável dependente a adoção de políticas regulatórias para novas energias renováveis e como variável independente o nível de democracia do regime político. Empiricamente, investiga os fatores que levam a adoção de quatro diferentes tipos de políticas regulatórias: tarifas-prêmio (*feed-in tariffs*), cotas, leilões e sistemas de compensação de energia (*net metering*). Entre esses fatores, confere centralidade para os efeitos do nível de democracia em um país, o qual foi mensurado através de três diferentes índices: o índice minimalista *polity2*, do projeto *Polity IV*; índice de liberdades democráticas da *Freedom House*; e o índice de democracia substantiva da *The Economist*. Além disso, na base de dados encontram-se outras 15 variáveis de controle, identificadas como relevantes na revisão bibliográfica, segmentadas entre fatores internacionais; fatores político-econômicos e institucionais; e fatores econômicos, energéticos e ambientais³.

A hipótese principal deste estudo foi testada empiricamente de diferentes formas. Primeiro, para uma amostra de 132 países, utilizando modelos de regressão logística bivariados, com dados para o ano de 2014, quando já se verifica um amadurecimento tecnológico no setor de energias renováveis e uma maior difusão global de todos os tipos de políticas estudados⁴. Esses modelos foram estimados com os três diferentes índices de democracia. Assim, totalizaram 12 modelos bivariados, aplicando os três índices para cada um dos quatro tipos de políticas.

Também foram estimadas regressões logísticas multivariadas para uma amostra de 94 países⁵, também levando em consideração dados de 2014. Nessas regressões, foram testadas as 15 diferentes variáveis de controle que podem influenciar a adoção das políticas estudadas, mais o índice de democracia que apresentou melhor desempenho nos modelos bivariados. Para chegar a um modelo multivariado parcimonioso, foi aplicado o algoritmo *stepwise* utilizando linguagem R

³ No capítulo 4, será aprofundada a discussão sobre as escolhas que levaram ao desenho de pesquisa, bem como são detalhados os métodos de análise quantitativos aplicados. Também, será apresentada uma discussão sobre como foram selecionadas as variáveis e construída a base de dados.

⁴ Desde já, salienta-se que não se optou por aplicar um modelo em painel, pois esse apresentava significativos problemas de auto correlação temporal e desbalanceamento dos dados. Além disso, a principal vantagem de se aplicar um painel seria ampliar a amostra. Contudo, o modelo *cross-section* adotado levou em consideração a maior parte dos países existentes no mundo, além de apresentar um maior balanceamento dos dados, necessário para se ter resultados confiáveis nas regressões logísticas. Essas considerações metodológicas serão discutidas em maior detalhe no quarto capítulo.

⁵ Ao estimar modelos multivariados com o algoritmo *stepwise*, era necessário que não houvessem missings em todas as 15 variáveis de controle. Dessa forma, foi necessário reduzir a amostra para 94 países. Apesar dessa redução, os resultados continuam a levar em conta um número elevado de países, de diferentes níveis de desenvolvimento, espalhados em todos os continentes. Além disso, leva em consideração países democráticos e não democráticos, ou seja, há variabilidade na variável independente. Outro ponto fundamental é que se manteve o bom balanceamento de dados entre casos de adoção e não-adoção das políticas estudadas. Por fim, salienta-se que os modelos multivariados não apresentaram problemas de multicolinearidade, o que é um bom indicativo de suficiência da amostra.

de programação. Esse algoritmo realiza até mil combinações diferentes das variáveis e elimina aquelas desnecessárias, com base no Critério de Informação de Akaike (*Akaike Information Criterion* - AIC), que possibilita identificar o modelo multivariado que obtém maior capacidade explicativa, utilizando o menor número de variáveis independentes.

Uma vez identificado o melhor modelo explicativo, foi estimado um último modelo multivariado acrescentando ou excluindo o índice de democracia, para comparar seus efeitos na modelagem. Assim, para cada uma das quatro políticas regulatórias, foram apresentados dois modelos multivariados. Ao todo, contando modelos bi e multivariados, a hipótese foi empiricamente testada de 20 formas diferentes.

1.4. Estrutura da Tese

Além desta introdução, esta tese está dividida em mais cinco capítulos e a sua conclusão. O próximo capítulo possui um caráter histórico-contextual, discutindo a evolução do consumo energético mundial, o crescimento da participação das energias renováveis e quatro agendas que impulsionaram governos a adotar políticas nessa área, em diferentes momentos históricos. Essas quatro agendas foram a busca por segurança energética, a substituição de energia nuclear, o combate às mudanças climáticas e o fomento da economia verde. Além de trazer dados básicos sobre esse setor e sua história, discute-se nesse capítulo o amadurecimento tecnológico das energias renováveis e a significativa redução de custos que impulsionou os investimentos nessa área em todas as regiões do mundo. A importância disso é que, uma vez que desafios econômicos e tecnológicos foram resolvidos, cresceu o peso de aspectos políticos e institucionais para explicar as razões de alguns países avançarem mais rápido que outros em transições energéticas para a sustentabilidade.

No terceiro capítulo, apresenta-se uma revisão teórica sobre a relação entre regimes políticos e transições sociotécnicas para a sustentabilidade, enfatizando o caráter dessas transições e a influência das instituições e das políticas regulatórias. Para tanto, primeiramente são revisados alguns dos principais estudos que enfatizaram que regimes democráticos tem contribuições significativas para se obter melhores resultados na área ambiental. Em seguida, são apresentadas evidências empíricas de que esse argumento também é válido quando se trata de promover transições energéticas sustentáveis, demonstrando uma forte associação do nível de democracia dos países e o percentual de novas energias renováveis em sua oferta energética. Aqui, argumenta-se a adoção de políticas regulatórias é um mecanismo interveniente entre os dois fenômenos. Em

seguida, são discutidos os principais tipos de políticas disponíveis para fomentar esse setor e sua efetividade. Por fim, apresenta-se nesse capítulo uma discussão a respeito da literatura sobre adoção de políticas regulatórias para energias renováveis, enfatizando que o papel do regime político foi uma variável pouco explorada.

Os capítulos seguintes tratam da análise empírica do problema de pesquisa. O capítulo 4 é dedicado exclusivamente aos fundamentos metodológicos da análise empírica. Primeiro são detalhados o desenho de pesquisa e os critérios para a seleção da amostra de países. Em seguida, apresenta-se a metodologia de análise dos dados, parte em que se encontram também às fórmulas dos modelos econométricos aplicados e a definição dos conceitos estatísticos mais importantes. Em seguida, apresenta-se uma discussão sobre a escolha das variáveis e aspectos técnicos relacionados à construção da base de dados. Primeiro, apresenta-se como foram construídas as variáveis referentes à adoção dos quatro tipos de políticas regulatórias estudados, com base nos relatórios da REN21. Em seguida discute-se os fundamentos teóricos e as características dos três índices de democracia aplicados como variáveis independentes. Na terceira parte são discutidas as variáveis de controle selecionadas e a literatura que embasou suas escolhas. Por fim, apresenta-se as hipóteses estatísticas específicas das relações entre todas as variáveis.

O quinto capítulo é onde são apresentados os resultados das análises empíricas, baseados em séries temporais e regressões logísticas bivariadas e multivariadas. Como cada política regulatória possui uma lógica distinta de funcionamento, optou-se por analisá-las separadamente, enfatizando os resultados específicos encontrados para cada tipo. Por fim, no capítulo sexto, são apresentadas as principais conclusões desta tese.

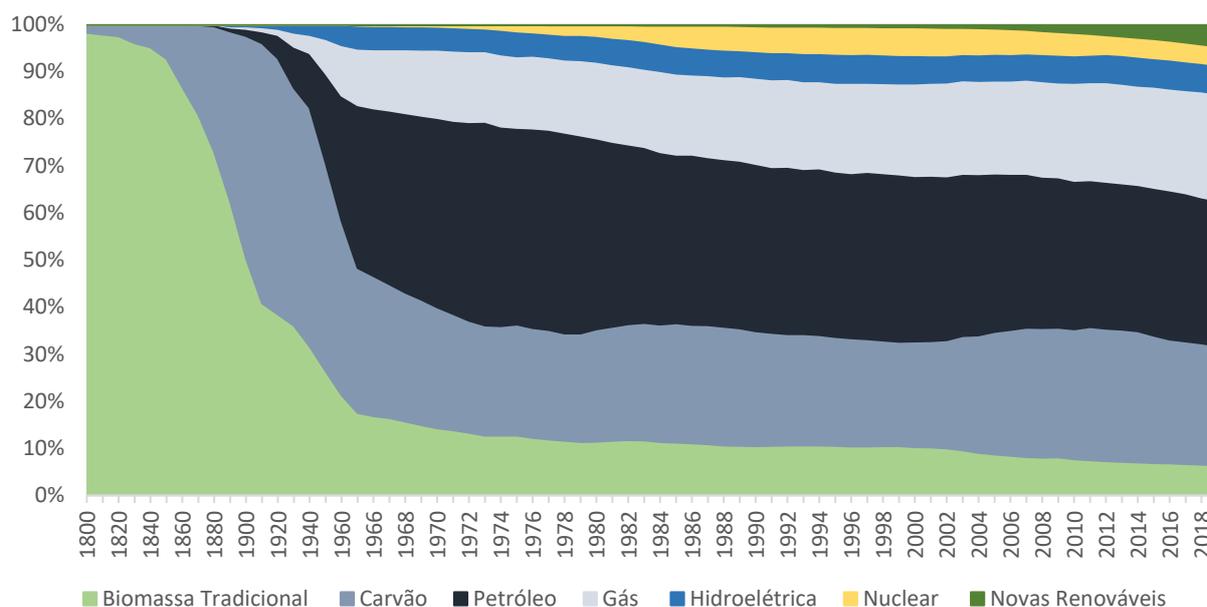
2. Consumo Energético e o Fomento às Energias Renováveis

Durante a maior parte da história humana, madeira e resíduos agrícolas foram as principais fontes de energia utilizadas para combustão. Contudo, processos de industrialização e modernização que começam a se desenrolar durante o século XVIII elevaram significativamente o consumo energético, de modo a predominar a oferta de fontes fósseis de energia como solução para atender a demanda. Já com o transcorrer do século XX, a difusão das hidroelétricas e o desenvolvimento de tecnologias nuclear, bioenergia e novas energias renováveis trouxeram novas possibilidades de estruturação da oferta energética.

Portanto, a elevação do consumo energético foi acompanhada, historicamente, de um processo de diversificação nas fontes de oferta energética. A direção que seguiu esse processo de diversificação, por sua vez, foi influenciada por diferentes fatores econômicos, geopolíticos e ambientais. Para dar conta deste tema, neste capítulo, será brevemente apresentada a evolução histórica do consumo de energia e a emergência de uma agenda de fomento às energias renováveis. Em seguida, serão enfatizados quatro diferentes processos que levaram a consolidação da presença de novas energias renováveis na oferta energética, avançando em transições energéticas para a sustentabilidade. Esses quatro processos são: 1) a busca por segurança energética; 2) a substituição de energia nuclear; 3) o combate às mudanças climáticas; 4) o fomento de uma economia verde.

2.1. A Evolução do Consumo Energético

Historicamente, as biomassas tradicionais, como madeira, gordura animal e resíduos agrícolas representavam a principal fonte para o consumo energético humano, contudo seus baixos potenciais energéticos não foram suficientes para acompanhar a alta demanda advinda do processo de modernização e industrialização. No século XVIII o consumo de biomassas tradicionais foi acrescido de uma nova fonte, o carvão mineral. Essa nova fonte demonstrou ter alto potencial energético, estabelecendo uma das bases necessárias para a primeira revolução industrial no século seguinte. De fato, a existência de grandes reservas carboníferas foi um dos fatores que possibilitou a industrialização inglesa no século XVIII (HOBSBAWN, 2000) e sua participação no consumo global foi crescente ao longo do século XIX. Essa dinâmica pode ser observada na figura abaixo, em que progressivamente fontes fósseis vão substituindo a biomassa tradicional, assumindo um predomínio no consumo energético que resta até hoje.

Figura 1 – Consumo Global de Energia Primária - Fontes de Energia (1800-2019)

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de Vaclav Smil (2017), *Energy Transitions: Global and National Perspectives* e da BP Statistical Review of World Energy, disponibilizados no site do projeto Our World in Data da Universidade de Oxford. As novas energias renováveis foram calculadas somando o consumo de energia eólica, solar, biocombustíveis e outras energias renováveis. Disponível em <https://ourworldindata.org/energy> acessado em 03 de dezembro de 2020

Ainda no século XIX, o petróleo passou a ser explorado como fonte energética, primeiramente para a produção de querosene com o objetivo de iluminar as crescentes metrópoles. Outro fato marcante foi a descoberta da luz elétrica por Thomas Edison, abastecida por usinas termoelétricas movidas à carvão mineral ou por hidroelétricas (SANT'ANNA, 2015). O mundo avançou definitivamente para a utilização de combustíveis fósseis durante a segunda revolução industrial, quando se dissemina o uso de petróleo e gás natural, especialmente com a popularização dos automóveis no século XX. Outro fato relevante naquele século foi a difusão do consumo em massa de eletricidade, gerada predominantemente por usinas termoelétricas, hidroelétricas ou nucleares, que alimentavam indústrias crescentemente mecanizadas e lares cada vez mais dotados de eletrodomésticos (LUCON; GOLDEMBERG, 2007; RITCHIE; ROSER, 2019a).

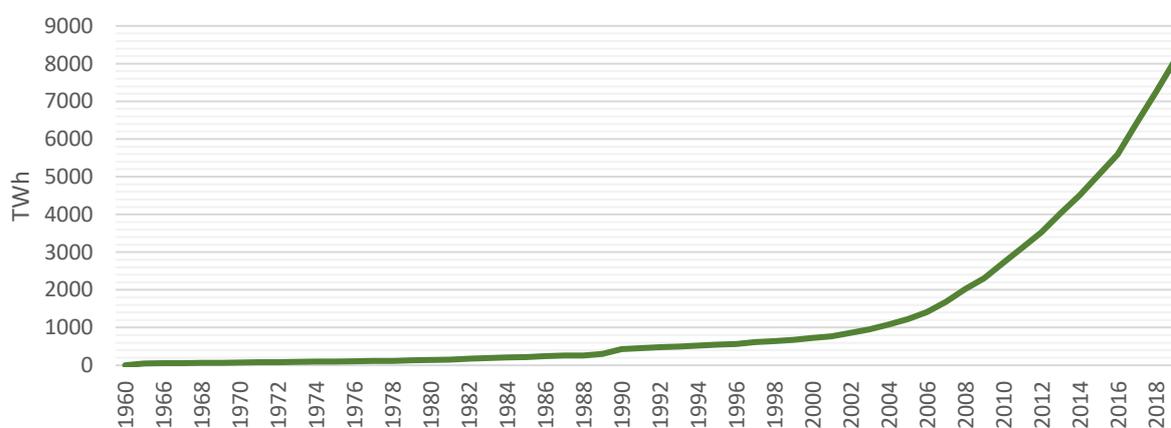
Cabe destacar que as usinas hidroelétricas se tornaram uma fonte promissora de energia renovável. Além de apresentarem grande potencial gerador de eletricidade, demonstram ser economicamente viáveis no longo prazo e contribuir significativamente para descarbonizar matrizes energéticas. Países como Canadá e Brasil estruturaram sua oferta de eletricidade com base em hidroelétricas, configurando matrizes energéticas que emitem menos carbono do que países em que predominam as fontes fósseis. Contudo, por uma série de razões, as hidroelétricas passaram a ser questionadas em sua sustentabilidade. As amplas áreas alagadas implicam impactos ambientais como a perda de biodiversidade, alteração da dinâmica reprodutiva da vida fluvial, emissão de CO₂ da matéria prima afundada. Também, carregam impactos socioeconômicos, como

o desalojamento de pessoas, comprometimento de hidrovias e inutilização de largas áreas de terra que poderiam ser alocadas para outras atividades econômicas (BECKER, 2012; LUCON; GOLDEMBERG, 2007; RITCHIE; ROSER, 2019c).

A partir da década de 1950, outra fonte que emergiu com uma grande promessa de alternativa energética foram as usinas nucleares. Contudo, como será melhor explicado mais adiante neste capítulo, seu uso ficou restrito a poucos países desenvolvidos que conseguiram dominar a tecnologia nuclear e arcar com os elevados custos de infraestrutura. Além disso, essa fonte passa a ser amplamente questionadas na década de 1980, em função dos riscos de acidentes e intoxicação com resíduos nucleares, levando muitos países a reverterem suas apostas (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018). Portanto, ainda não havia uma solução definitiva para atender ao crescente consumo energético, sem elevar riscos ambientais.

Com base nesse dilema, a partir dos anos de 1970 se intensificou a busca por alternativas renováveis, seguras e ambientalmente amigáveis. Como será discutido nas próximas seções, a partir da década de 1990, consolidou-se um terreno propício para se avançar em novas energias renováveis, ampliando-se os investimentos em desenvolvimentos tecnológico e na busca de políticas apropriadas para fomentar esse setor. Os resultados dessas ações se fizeram visíveis na década seguinte, quando ocorreu um acelerado crescimento da participação dessas fontes no consumo energético global. Essa aceleração fica evidente nos dados de consumo de novas energias renováveis (Figura 2). Estima-se que, em 1970, apenas 71 TWh eram consumidos. Esse valor salta para 723 TWh no ano 2000 e chega a 8.090 TWh, em 2019. Logo, para atender essa crescente demanda, houve também um crescimento exponencial da oferta de novas energias renováveis.

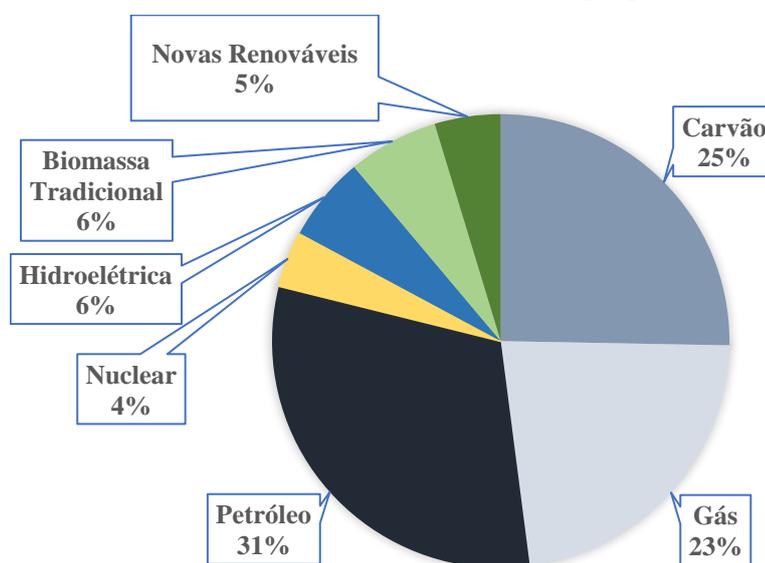
Figura 2 - Consumo Global de Novas Energias Renováveis (1960-2019)



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados de Vaclav Smil (2017). *Energy Transitions: Global and National Perspectives* e da BP *Statistical Review of World Energy*, disponibilizados no site do projeto *Our World in Data* da Universidade de Oxford. As novas energias renováveis foram calculadas somando o consumo de energia eólica, solar, biocombustíveis e outras energias renováveis. Disponível em <https://ourworldindata.org/energy> acessado em 03 de dezembro de 2020

Para se obter esse crescimento foi necessário volumes significativos de investimentos em desenvolvimento tecnológico e em infraestrutura. Inicialmente, esses investimentos foram em sua maior parte originados de recursos públicos. A partir da década de 2010, quando já havia um amadurecimento tecnológico e uma redução substancial de custos, passou a predominar a alocação de recursos privados no setor de novas energias renováveis. Sem dúvida, esses avanços foram passos importantes na busca de uma matriz energética mais sustentável. Contudo, a despeito de todo o avanço obtido, as novas energias renováveis ainda representavam somente 5% do consumo mundial de energia em 2019 (Figura 3). Ou seja, o desafio de enfrentar setores consolidados, como a mineração de carvão e a prospecção de petróleo, ainda é expressivo. Deste modo, a transformação de matrizes energéticas é uma tarefa hercúlea, de altíssima complexidade, que não pode ser explicada somente por fatores econômicos e tecnológicos.

Figura 3 - Consumo Global de Energia por Fonte (2019)



Fonte: Elaborado com base nos dados de Vaclav Smil (2017). Energy Transitions: Global and National Perspectives e da BP Statistical Review of World Energy, disponibilizados no site do projeto Our World in Data da Universidade de Oxford. As novas energias renováveis foram calculadas somando o consumo de energia eólica, solar, biocombustíveis e outras energias renováveis. Disponível em <https://ourworldindata.org/energy> acessado em 03 de dezembro de 2020

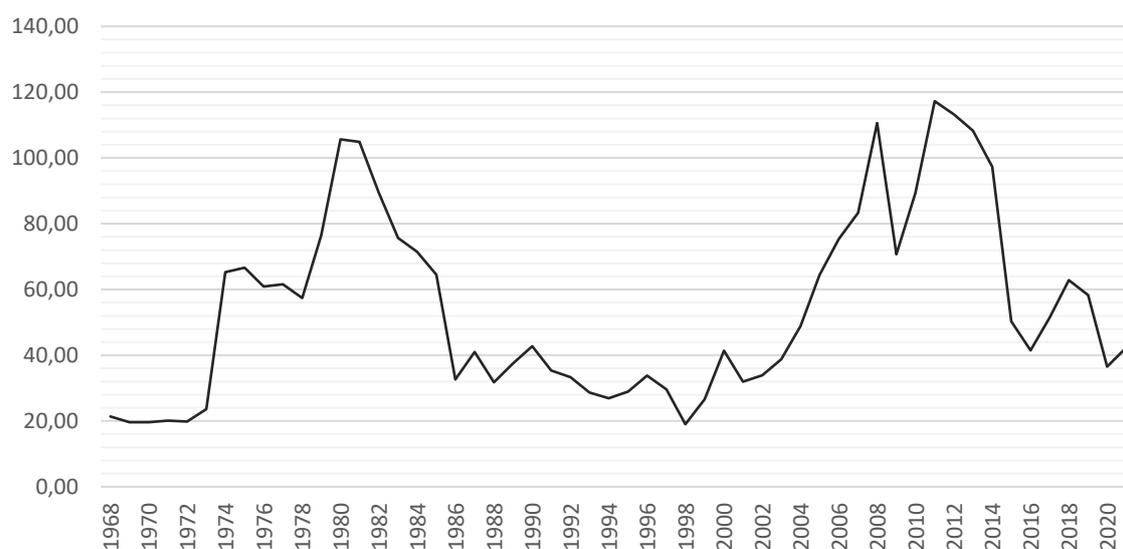
Com base nesse argumento, as próximas seções discutem como há diferentes razões que motivam a busca por fontes de energia primária renováveis. Entre esses motivos, destacam-se a insegurança energética, a desconfiança com a energia nuclear, o aquecimento global e as oportunidades de ganhos econômicos com novas tecnologias e negócios que trouxessem soluções para esses problemas. É preciso salientar que essas razões não são mutuamente excludentes e que o peso dado a cada uma varia de acordo com o momento histórico e o país que se observa. Para tratar dessa questão, nas próximas seções, serão explorados em maior detalhe quatro processos: a

busca por segurança energética, a substituição de energia nuclear, o combate às mudanças climáticas e o fomento de um novo modelo de desenvolvimento baseado na ideia de uma economia verde. Para tanto, será feita uma narrativa histórica sobre esses processos, apoiada por estatísticas descritivas e séries temporais, enfatizando a década em que emergiram.

2.2. A Busca por Segurança Energética

Uma agenda de políticas para o fomento de energias renováveis emerge como uma reação ao primeiro choque do petróleo, ocorrido em 1974. Naquele ano, os países produtores de petróleo, organizados em cartel na Organização dos Países Exportadores de Petróleo, tomaram a decisão de elevar os preços como uma retaliação ao apoio norte-americano e de outras nações ocidentais à Israel durante a Guerra do Yom Kippur (SANT'ANNA, 2015). Como pode ser visto na figura abaixo, houve um salto no preço desse insumo, que passou de US\$ 23,62 o barril em 1973 para US\$ 65,29 em 1974. Basicamente, um crescimento abrupto no preço do petróleo representou uma significativa transferência de renda para os países produtores de petróleo, resultando em recessão nos países industrializados ou em vias de industrialização (GIDDENS, 2010, p. 64–66). Esse cenário, trouxe um alerta para esses países de que era necessário buscar alternativas para garantir segurança energética, o que foi confirmado em 1979 pelo segundo choque do petróleo, fruto da Revolução Iraniana e da onda de nacionalização de empresas petrolíferas (ROSS, 2015), que fez o preço do barril chegar a US\$ 105,66 naquele ano (Figura 4).

Figura 4 - Valor Real do Petróleo Cru Importado pelos EUA (1968-2021)



Fonte: US Energy Information Administration. Os preços reais do petróleo são calculados dividindo o preço nominal em um determinado mês pela razão do Índice de Preços ao Consumidor (CPI) naquele mês para o CPI em algum período "base".
<https://www.eia.gov/outlooks/steo/realprices/> acesso feito em 26 de março de 2023.

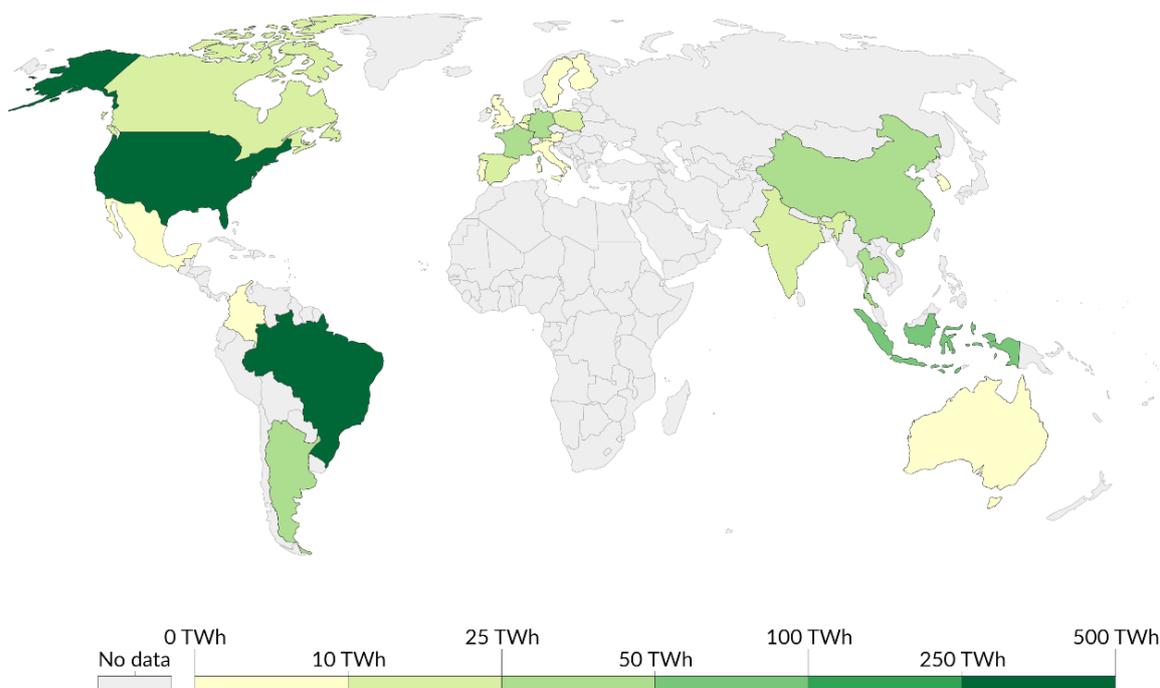
As respostas aos efeitos negativos dos choques de petróleo foram diversas, mas via de regra países industrializados procuraram se adaptar à nova realidade dos mercados de energia promovendo a diversificação de suas matrizes energéticas. Alguns países, como a França e a Alemanha, centraram suas estratégias em energia nuclear. A Suécia, além de apostar na expansão de energia nuclear e hidrelétrica, estabeleceu uma audaciosa política de eficiência energética, atacando o problema pelo lado da demanda, o que levou a uma redução de aproximadamente 50% na utilização de petróleo (GIDDENS, 2010). A própria criação da Agência Internacional de Energia (AIE), em 1974, foi uma das reações em nível internacional para tentar fazer frente ao cartel da OPEP, na tentativa de formar um oligopsonio. Foi nesse período que alguns países passaram a apostar em desenvolver novas fontes de energia com o objetivo de garantir segurança energética. Aqui, os casos de maior destaque foram Brasil e a Dinamarca (GIDDENS, 2010, p. 68).

Em 1974, o Brasil incluiu a diversificação energética como um dos pilares do II Plano Nacional de Desenvolvimento. Além de estabelecer a construção de grandes hidrelétricas e usinas nucleares, priorizou o desenvolvimento de biocombustíveis, primeiramente focando-se na produção de bioetanol, dentro do Programa Pró-Álcool (FLEXOR *et al.*, 2011; POUSA; SANTOS; SUAREZ, 2007; SHIKIDA; PEROSA, 2012). Ao longo das décadas seguintes, o Brasil logrou acumular know-how na produção de etanol e desenvolveu significativo conhecimento agrícola a respeito de como aumentar a produtividade da cana-de-açúcar. Um ponto fundamental foi o desenvolvimento de uma nova espécie geneticamente modificada, a cana-energia, fator crucial para garantir o suprimento necessário de matéria-prima e tornar o bioetanol competitivo e sustentável, uma vez que potencialmente triplica a produtividade por hectare (GRASSI; PEREIRA, 2019). Do mesmo modo, desenvolveram-se técnicas de manejo do solo favorecendo uma produção mais sustentável da cana, evitando queimadas e, assim, reduzindo o volume de emissões de gases de efeito estufa e proporcionando a recuperação de solos degradados (BORDONAL *et al.*, 2018).

Tendo por base o aprendizado prévio com o bioetanol, durante os anos 2000, o governo brasileiro apostou em uma política de fomento ao biodiesel, regulamentando a mistura obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil. Apesar de grande parte da demanda gerada ser suprida por soja e gordura animal, essa política também tinha objetivos de combate à pobreza rural e geração de renda para pequenos agricultores, através da fabricação de biodiesel por fontes alternativas, como a mamona e o óleo de palma (CÓRDOBA *et al.*, 2018b, 2018a; FLEXOR *et al.*, 2011; FLEXOR; KATO, 2017). Como poder ser visto na figura 5, o desenvolvimento dos setores de produção de etanol e biodiesel fez do Brasil o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis, atrás

apenas dos EUA. Ao longo de cinco décadas, o país acumulou expertise científica que possibilitou avançar para setores de ponta como o etanol de segunda e terceira geração e a bioquerosene para aviação (BACKHOUSE, 2020; BORDONAL *et al.*, 2018; GRASSI; PEREIRA, 2019; MME/EPE, 2019, p. 201–221).

Figura 5 - Produção Energética de Biocombustíveis (2019) (TWh)



Fonte: BP Statistical Review of World Energy, disponível em OurWorldInData.org/renewable-energy acessado em 03 de dezembro de 2020.

Também, é significativa a produção de bioeletricidade em biorefinarias através da queima de biomassa residual da cana-de-açúcar, sendo que em 2019 o país já possuía uma capacidade instalada capaz de gerar 11,4 GW (MME/EPE, 2019, p. 211). A bioeletricidade produzida proporciona autossuficiência para as biorefinarias, que, geralmente, ainda produzem excedentes de eletricidade que são comercializados, o que passa a ser fundamental para o aproveitamento integral da matéria-prima e maximização de sua utilização energética. Assim, por trás de uma longa trajetória de acúmulo científico-tecnológico e de desenvolvimento de fontes alternativas de energia, esteve justamente a preocupação com a segurança energética, uma das consequências da reação ao choque do petróleo.

Um dos resultados desse processo foi tornar o Brasil um dos países com maior percentual de energias renováveis em sua matriz energética, de tal forma que, ao contabilizar também hidroelétricas, representam 46,1% da oferta interna de energia (OIE). Os derivados de cana-de-açúcar possuem grande contribuição para esse resultado, alcançando 18% do total de energia ofertada internamente e 39% do total de energias renováveis ofertadas no país. Assim, a energia

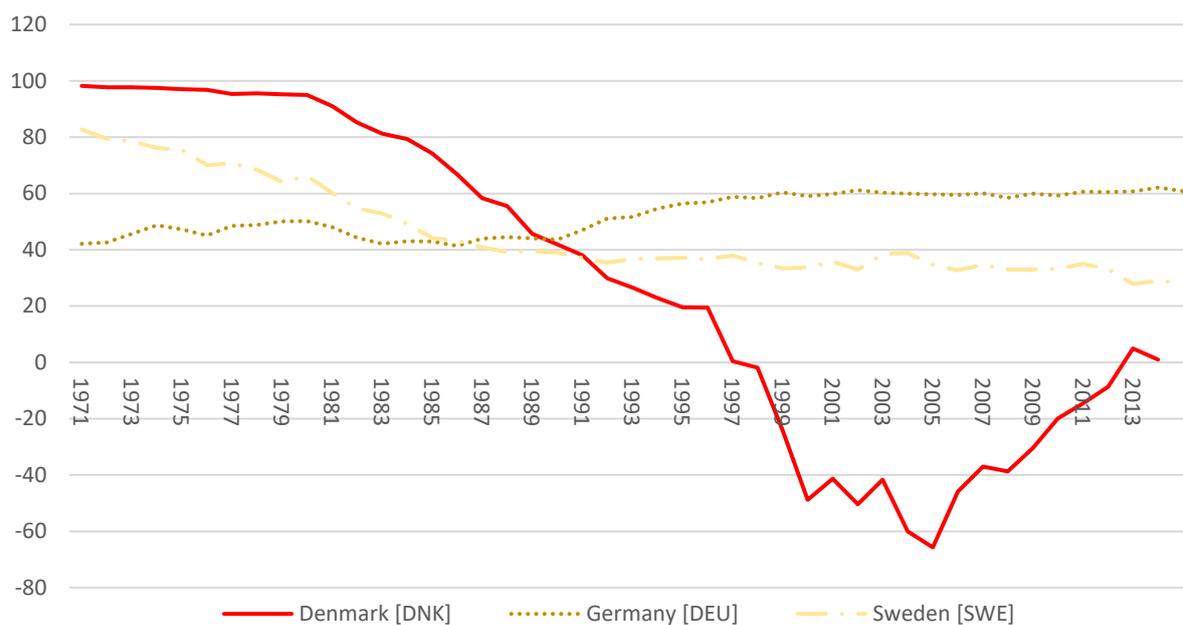
produzida com derivados da cana é a segunda fonte energética mais importante do país, só ficando atrás de petróleo e derivados (Tabela 1). Esse fato confere uma grande vantagem ao país, haja visto que um dos maiores desafios em termos de transição para sustentabilidade é encontrar uma solução para o setor de transportes.

Tabela 1 - Oferta Interna de Energia no Brasil em 2019

Fonte Energética	Valor (10 ³ TEP)	Participação Total	Participação no grupo
(A) ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	158.395	53,9%	100,0%
Petróleo e derivados	101.051	34,4%	63,8%
Gás natural	35.909	12,2%	22,7%
Carvão mineral e coque	15.480	5,3%	9,8%
Urânio (U ₃ O ₈)	4.174	1,4%	2,6%
Outras não renováveis	1.780	0,6%	1,1%
(B) ENERGIA RENOVÁVEL	135.642	46,1%	100,0%
Hidráulica	36.364	12,4%	26,8%
Lenha e carvão vegetal	25.725	8,7%	19,0%
Derivados da cana	52.841	18,0%	39,0%
Eólica	4.815	1,6%	3,5%
Solar	572	0,2%	0,4%
Outras renováveis	15.325	5,2%	11,3%
Total OIE (A+B)	294.036	-	-

Fonte: Elaborado com dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética, Balanço Energético Nacional, Séries Históricas Completas, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas> acessado em 03 de agosto de 2020.

A Dinamarca também se configura em um dos casos mais interessantes em que a busca por segurança energética se traduziu em fomento às energias renováveis (GIDDENS, 2010; RÜDIGER, 2019). Como poder ser visto na figura 6, em 1971, as importações líquidas de energia representavam 98% da energia consumida pelo país. Essa alta dependência energética começou a ser revertida de forma acentuada na década de 1980, quando essas importações passaram a declinar. Em 1998, o país passou a ser exportador líquido de energia, alcançando a marca de, além de ser autossuficiente, exportar o equivalente a 65% de toda energia que consumiu em 2005. É preciso ressaltar que outros países europeus citados ao longo deste capítulo, como Suécia e Alemanha, não conseguiram alcançar os mesmos resultados que a Dinamarca, algo também visível na figura abaixo.

Figura 6 – Importações Líquidas de Energia (%) - Países Seleccionados (1971 e 2014)

Fonte: Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2014, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 23 de julho de 2020. Os dados expressam o percentual representado pelas importações líquidas de energia sobre o total consumido.

O excepcional desempenho dinamarquês não pode ser tributado exclusivamente às energias renováveis, uma vez que passaram a ser explorados campos de petróleo no Mar do Norte pertencentes ao país (RÜDIGER, 2019). Também, foram estabelecidas políticas para economizar no consumo de energia através da elevação de tributos sobre combustíveis e gás natural (GIDDENS, 2010). Contudo, segurança energética passou a ser um objetivo de longo prazo, resistindo às mudanças governamentais, de modo que o peso do fomento ao desenvolvimento tecnológico e investimentos em renováveis foi crescente, especialmente em energia eólica, tanto *onshore*, quanto *offshore* (ALVES, 2017; PODCAMENI, 2014). O resultado foi um crescimento mais rápido que o planejado para esse setor, fruto da combinação de diferentes estratégias, como suporte de longo prazo para pesquisa, desenvolvimento e projetos de demonstração; testes e certificações nacionais para energia eólica; subsídios para investimentos; regulações, tarifas-prêmio e a propriedade comunitária de turbinas, distribuindo a renda gerada (MEYER, 2004).

A democratização do processo de planejamento energético dinamarquês foi um fator fundamental para se compreender a revolução tecnológica que se passou (HVELPLUND, 2014; LUND, 2000; RÜDIGER, 2019). De acordo com Henrik Lund (2000), a capacidade de agir enquanto uma sociedade, superando interesses imediatistas, foi motivada por uma consciência pública sobre a necessidade de transformar a matriz energética. Fatores como amplos protestos contra a energia nuclear, a relativa independência do parlamento e a capacidade de adaptação às mudanças por parte das empresas de energia foram fundamentais para explicar a transição

dinamarquesa. Ampliar a participação democrática foi a condição para transformar essa consciência pública em ações concretas pró-energias renováveis. Por essa razão, a democracia é fundamental para processar conflitos e demandas sociais ligadas ao meio ambiente e à mudança na estrutura energética. Afirma o autor:

Como sempre, a política energética dinamarquesa é formada em um processo de conflitos. Até agora, este processo levou a mudanças tecnológicas radicais, e a Dinamarca tem sido capaz de mostrar resultados notáveis na arena internacional. A participação do público e a consciência da escolha têm sido fatores importantes neste processo. Devem, portanto, ser vistas como condições necessárias para novas melhorias (LUND, 2000, p. 259, tradução própria).

Vale ainda ressaltar que a Dinamarca foi o país pioneiro em adotar uma meta de possuir 100% de energias renováveis, o que está previsto para ocorrer até o ano de 2050 (REN21, 2020-, p. 57). Apesar de essa meta ser embasada em estudos que demonstram sua viabilidade, isso não ocorrerá sem enfrentar alguns desafios significativos como integrar sistemas energéticos; desenvolver sistemas de armazenamento para dar conta da intermitência eólica; substituir o gás natural por biomassa em usinas de aquecimento e, o maior deles, substituir os combustíveis fósseis por biocombustíveis no setor de transportes (LUND, 2007). De toda forma, o impulso inicial desse processo foi uma drástica situação de insegurança energética que mobilizou a população a buscar soluções que, para além de ampliar a oferta, garantissem caminhos mais sustentáveis para o país.

Nos dias de hoje, a segurança energética continua sendo um objetivo fundamental para a maior parte dos Estados, especialmente frente a um horizonte incerto no que se refere ao esgotamento das reservas de petróleo. As previsões a esse respeito são muito variadas. Na década de 1980, Fritjof Capra (1998) argumentava que necessariamente haveria um esgotamento dessa fonte fóssil nos próximos 300 anos, o que colocava as transições energéticas como uma das grandes mudanças pelas quais passaria o mundo moderno. Na década de 2000, acirrou-se o debate a respeito do pico de produção de petróleo e do possível esgotamento dessa fonte. Alguns dos principais geólogos do mundo afirmaram que o ponto máximo já teria sido alcançado na década de 1990; outros defendiam que o pico ocorreria nas próximas duas ou três décadas, de tal forma que, mesmo ainda havendo reservas para serem exploradas, essas estariam em camadas geológicas cada vez mais profundas, principalmente em plataformas oceânicas, elevando significativamente os custos de extração em busca de uma energia menos eficiente (GIDDENS, 2010; LUCON; GOLDEMBERG, 2007; ROSS, 2015; SACHS, 2005, 2007). Independente de saber exatamente quando isso irá ocorrer e de quais os custos de extração futura, fato é que a escassez definitiva do petróleo é somente uma questão de tempo (ELLIOT, 2015, p. 2).

O ponto fundamental é que uma demanda por petróleo que cresce de forma sustentada, combinada com uma oferta incerta e declinante, tende a levar a uma explosão de preços. Em

meados dos anos 2000, já havia claras evidências de que o desequilíbrio entre oferta e demanda se somava à especulação financeira e às incertezas geopolíticas desse turbulento mercado, levando a crescimentos significativos dos preços nos mercados internacionais de petróleo. Como pode ser observado na Figura 4, entre 2008 e 2011, o preço desse insumo chegou a picos que superaram aqueles das crises dos anos de 1970, alcançando US\$ 110,57 em 2008 e US\$ 117,25 em 2011.

Esse fato foi um impulso fundamental para o avanço das energias renováveis naquele período. À medida que novamente o mundo via os custos de produção de energia crescerem, novas fontes renováveis tornavam-se competitivas e a diversificação de portfólios energéticos tornou-se uma alternativa viável para garantir segurança nacional (SACHS, 2005, 2007). Além disso, a guerra dos EUA contra o Iraque acentuou o risco geopolítico de ser um grande produtor de petróleo, alvo dos interesses de grandes potências militares (GIDDENS, 2010). Assim, novamente, na década de 2000, a segurança energética teria sido um fator propulsor do boom de energias renováveis, agora em um cenário de maior amadurecimento tecnológico e das políticas de fomento ao setor.

Por fim, salienta-se que ainda hoje considerações sobre segurança energética são um dos sustentáculos para a definição de políticas conferem um papel de destaque para as energias renováveis, convergindo com questões relacionadas às mudanças climáticas, uma vez que ambas são desafios que mais cedo ou mais tarde terão de ser enfrentados. Como argumenta Anthony Giddens:

Nas áreas da mudança climática e da segurança energética, a principal divergência entre os autores mais otimistas e os apocalípticos é o tempo – quanto tempo resta antes que tenham de ser feitas grandes mudanças em nossos hábitos de vida. Mesmo que os efeitos da mudança climática sejam progressivos, em vez de abruptos, e afetem sobretudo as próximas gerações, e não a nós mesmos, a lição ainda deve ser a de nos prepararmos com antecedência e começarmos agora. Exatamente o mesmo se aplica à segurança energética, mesmo que venham a se revelar corretos aqueles que dizem que o petróleo e o gás natural ainda têm várias décadas pela frente (2010, p. 82).

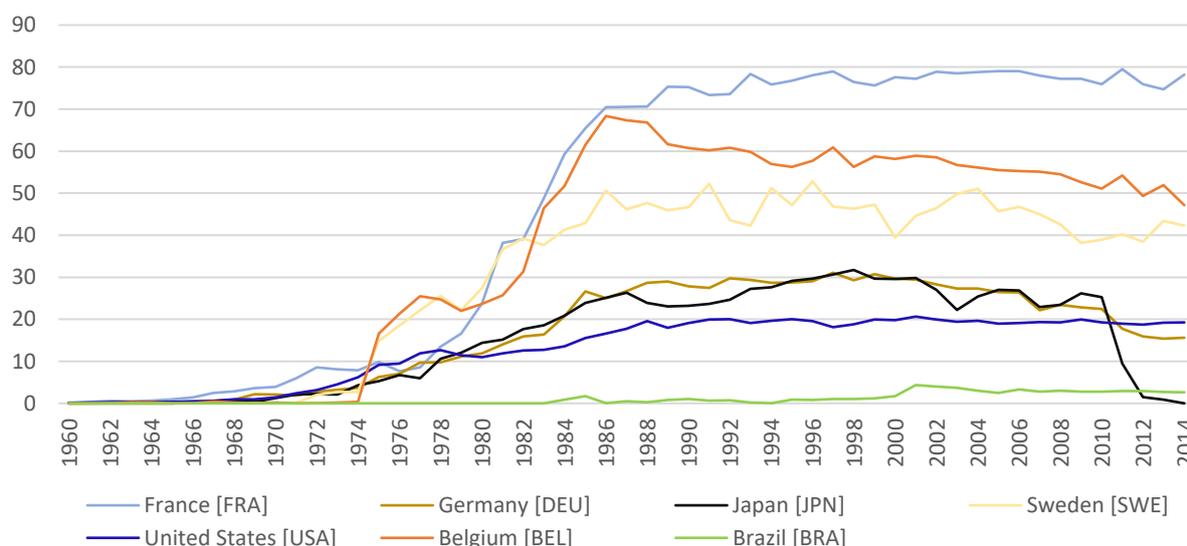
2.3. Substituição de Energia Nuclear

Uma segunda razão pela qual os países vêm desenvolvendo novas energias renováveis é a busca por alternativas à energia nuclear. Em termos de segurança energética, muitos países direcionaram suas estratégias para fomentar usinas nucleares, entre as décadas de 1950 e 1970. Inicialmente, a adoção dessa fonte era permeada por significativo otimismo, pois, apesar de seu altíssimo custo, seu potencial termoelétrico e sua eficiência eram significativas. Além disso, no pós-segunda guerra, o domínio da tecnologia nuclear representava – e, ainda representa – o cartão

de entrada para as principais mesas de negociação no sistema internacional. Nesse sentido, além de cumprir suas funções econômicas, era um requisito de segurança nacional e um símbolo de poder.

Como já discutido anteriormente, na década de 1970, para fazer frente ao cenário econômico e energético internacional, essa foi a principal alternativa seguida por alguns países, de maneira que foi nesse período que se observou o “boom” da energia nuclear. Na década seguinte ao primeiro choque do petróleo, o que se viu foi um aumento exponencial no percentual representado por essa fonte de energia na geração de energia elétrica de alguns dos principais países industrializados, como França, Bélgica e Suécia (Figura 7). Outros países, como Alemanha, Estados Unidos e Japão, mesmo que em menor ritmo, também aumentaram a parcela de produção de energia nuclear. Do mesmo modo, alguns países que vinham perseguindo estratégias de industrialização, como Brasil, Argentina e Índia, fizeram investimentos nessa área.

Figura 7 – Eletricidade de Fontes Nucleares (%) - Países Selecionados (1960-2014)



Fonte: Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2014, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 24 de julho de 2020.

Contudo, trata-se de um setor energético com fortes barreiras para entrada de novos atores. Além dos altíssimos custos, os requisitos de conhecimentos científicos avançados em física nuclear e a escassez de engenheiros com domínio dessa área implica significativa dificuldade de desenvolver o setor. Do mesmo modo, existem fortes restrições em nível internacional para novos entrantes, uma vez que o domínio da tecnologia nuclear traz questões significativas em relação à defesa e segurança. Dessa forma, consolidar a produção de energia nuclear é um privilégio para poucos países. Segundo os dados consolidados da AIE, em 2014, apenas 29 países possuíam produção de energia dessa fonte e, entre esses, apenas França, Hungria e Eslováquia possuíam mais de 50% de sua matriz elétrica alocada nesse setor, como pode ser verificado na tabela abaixo.

Tabela 2 – Eletricidade Produzida por Fontes Nucleares (%) (1964-2014)

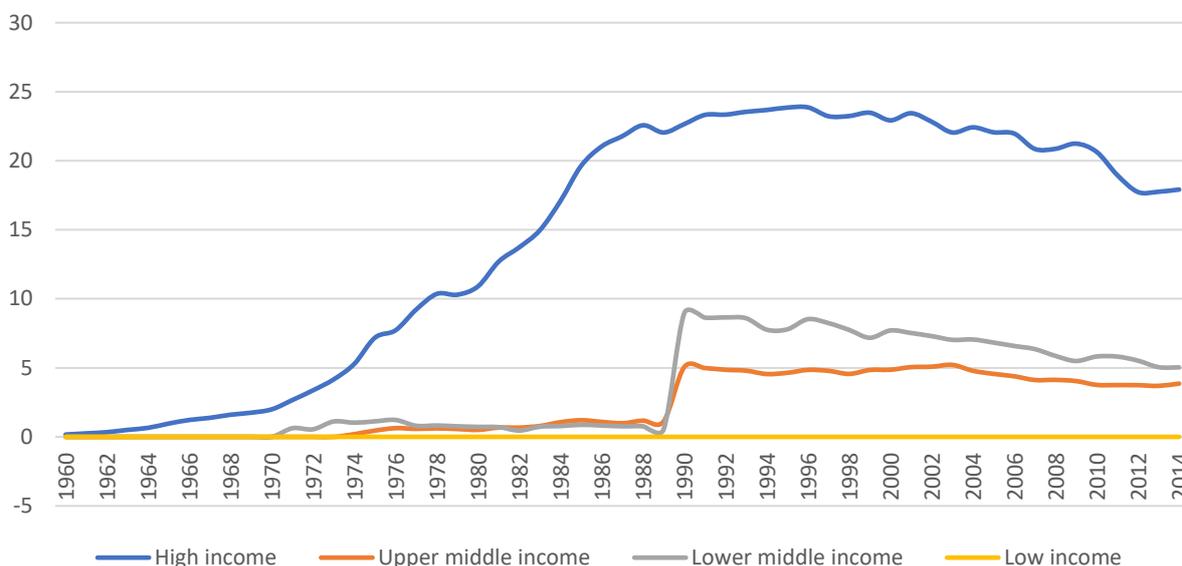
País	1964	1974	1984	1994	2004	2014
Argentina	..	3,71	10,32	12,77	7,86	4,17
Armênia	..	..	..	0,00	36,50	31,81
Bélgica	0,25	0,35	51,67	56,94	56,09	47,14
Brasil	..	0,00	0,92	0,02	3,00	2,60
Bulgária	..	4,07	28,51	40,21	40,59	33,81
Canadá	0,11	5,18	11,95	19,41	15,07	16,12
China	..	0,00	0,00	1,59	2,29	2,34
República Tcheca	..	0,00	2,14	22,23	31,42	35,64
Finlândia	0,00	0,00	41,66	29,60	26,46	34,63
França	0,66	7,86	59,27	75,85	78,82	78,24
Alemanha	0,06	3,70	20,73	28,69	27,34	15,62
Hungria	..	0,00	14,32	41,92	35,35	53,24
Índia	..	2,88	2,37	1,45	2,49	2,79
Iram	..	0,00	0,00	0,00	0,00	1,63
Itália	3,15	2,31	3,83	0,00	0,00	0,00
Japão	0,00	4,31	20,87	27,62	25,45	0,00
Coréia do Sul	..	0,00	21,91	36,26	35,65	28,65
Lituânia	..	..	..	79,00	80,54	0,00
México	..	0,00	0,00	2,88	3,87	3,21
Países Baixos	0,00	5,98	5,91	4,97	3,78	3,96
Paquistão	..	5,06	1,48	0,95	3,26	4,76
Romênia	..	0,00	0,00	0,00	9,82	17,91
Rússia	..	..	..	11,18	15,56	17,02
Eslováquia	..	3,77	36,29	49,47	55,90	57,09
Eslovênia	..	..	..	35,74	35,75	37,11
África do Sul	..	0,00	2,90	5,38	5,55	5,53
Espanha	0,00	9,02	19,55	34,38	22,99	20,84
Suécia	0,00	2,73	41,31	51,27	51,09	42,25
Suíça	0,00	19,05	37,21	37,24	42,21	39,31
Ucrânia	..	..	..	33,96	47,81	48,57
Reino Unido	4,46	12,34	19,25	27,16	20,45	19,01
EUA	0,34	6,19	13,55	19,67	19,61	19,23
Nº de Países	7	17	24	28	30	29

Fonte - Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2014, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 24 de julho de 2020.

É importante salientar que a energia nuclear é uma fonte praticamente restrita aos países de alta renda. Em 2014, esses países tiveram em média 17,9% de sua eletricidade gerada por essa fonte. Esse percentual cai para 5,0% em países de renda média baixa e 3,9% em países de renda média alta. Já para os países de renda baixa esse percentual sempre foi zero, como pode ser visto

na figura abaixo. Assim, a capacidade dessa fonte se generalizar enquanto alternativa aos combustíveis fósseis é muito restrita.

Figura 8 – Eletricidade de Fontes Nucleares (%) - Grupo de Renda (1960 a 2014)



Fonte - Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2014, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 30 de julho de 2020.

O que se percebe a partir da década de 1990 é uma tendência de queda na utilização dessa fonte. Isso vale para a média formada por todos os países, contabilizando todos os níveis de renda. Entre os países de renda alta, o pico ocorreu em 1996, quando, em média, 23,87% da eletricidade desses países veio de fonte nuclear. Entre os países de renda média alta e renda média baixa não é possível ter certeza sobre quando foi esse pico, uma vez que há uma quebra nos dados em função da desintegração da União Soviética em 1990⁶. Contudo, é possível afirmar com segurança que existe uma tendência de queda desde então.

Alguns países têm se destacado no processo de desativação das usinas nucleares existentes ou, pelo menos, em não suprir a crescente demanda de energia com novos investimentos nessa fonte. Na década de 1970, a Bélgica promoveu um rápido crescimento nesse setor, chegando a ter 68,4% de sua eletricidade advinda de energia nuclear no ano de 1986 (Figura 7). Contudo, nas décadas seguinte, o que se viu foi um declínio acentuado, chegando a 47,1% em 2014. Entre 1994 e 2014, outros países de renda alta ou média-alta também apresentaram reduções expressivas, como Alemanha, Argentina, Bulgária, Coreia do Sul, Espanha, Suécia e Reino Unido (Tabela 2).

Esse cenário foi em grande medida impulsionado pela reação política, de movimentos organizados na sociedade civil, aos desastres nucleares de The Mille Island nos EUA em 1979,

⁶ Nas estatísticas da AIE não são computados os dados da União Soviética. Contudo, após 1990, passa-se a computar os valores individuais dos países que eram membros do bloco socialista.

Chernobyl na Ucrânia em 1986 e, mais recentemente, Fukushima no Japão em 2011 (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018; VEIGA, 2011). O caso mais emblemático foi o do Japão. Após o acidente nuclear de Fukushima, em 2011, a opção japonesa foi de desativar suas usinas nucleares, tendo em vista os riscos que acarretavam, em um território geologicamente instável (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018, p. 132). Assim, os japoneses, que em 2004 tinham 25,45% de sua eletricidade provida por fontes nucleares, viram esse percentual cair para zero em 2014 (Tabela 2).

O terrível acidente japonês também teve implicações para além de suas fronteiras. Houve um incremento global na rejeição dos cidadãos à energia nuclear, de sorte que em países como a Alemanha, essa rejeição chegou a mais de 70% da população (VEIGA, 2011). A pressão desses movimentos e a rejeição eleitoral a defensores da energia nuclear forçou o sistema político de alguns países a dar respostas, alterando políticas energéticas, como no já referido caso Alemão, que estabeleceu um audacioso – e difícil de ser efetivado – plano para desativar todas suas usinas nucleares (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018).

Outro caso emblemático é do a Lituânia. Um dos compromissos aceitos por esse país para concretizar sua adesão à União Europeia (EU), em 2004, foi desativar a usina nuclear de Ignalina, a qual era responsável por mais de 80% de sua eletricidade. Essa usina era um símbolo nacional, pois, além de fazer o país um exportador líquido de energia, garantiu sua independência de Moscou na década anterior. Contudo, sua desativação foi exigida para o país ser aceito como membro da União Europeia, sob o argumento de representava riscos de acidentes nucleares. O desmantelamento da usina começou em 2010 e, em 2014, o percentual representado por essa fonte era zero⁷ (Tabela 2).

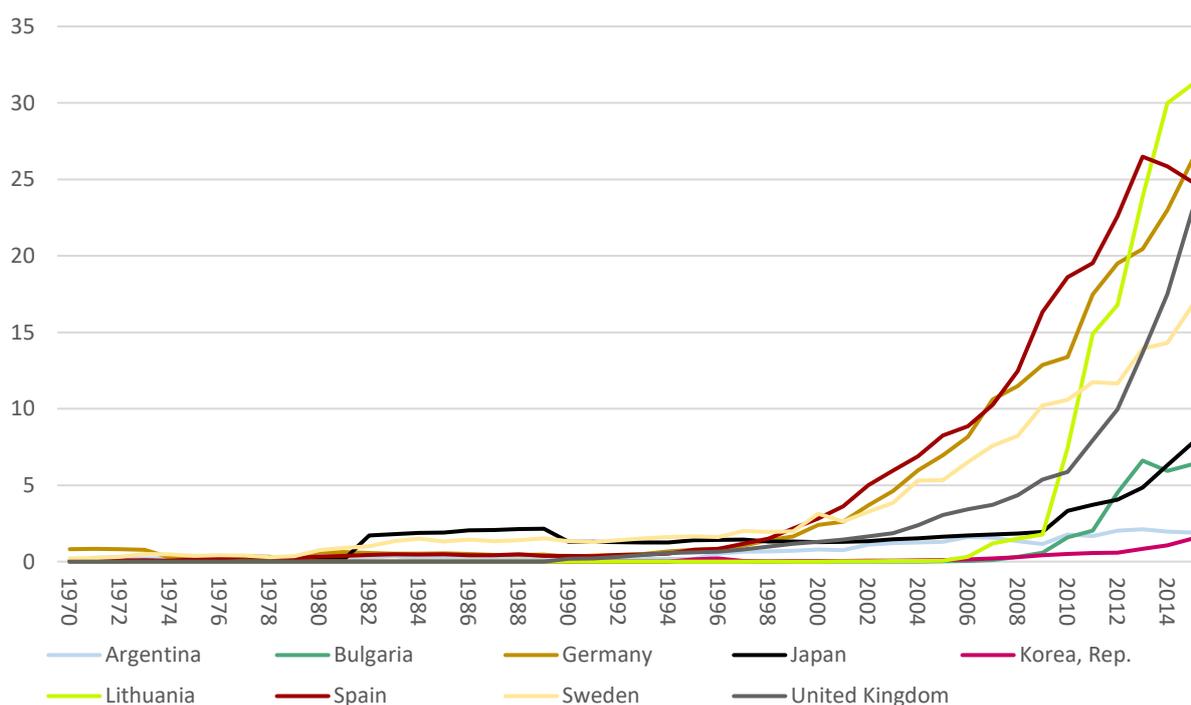
Essas dinâmicas relacionadas ao setor nuclear são importantes para se compreender as novas energias renováveis, pois, como alguns estudos vem enfatizando, políticas de desestabilização de regimes energéticos constituídos (*phase-out*) têm sido cruciais para se avançar em transições energéticas (KIVIMAA; KERN, 2016; ROGGE; JOHNSTONE, 2017). Essas políticas incentivam processos de substituição de um setor energético por outro, operando dentro de uma lógica de destruição criativa schumpeteriana, em que não basta fomentar nichos inovadores, é preciso também acelerar o fim de setores bem estruturados para dar espaço à novidade (KIVIMAA; KERN, 2016). Ao que tudo indica, essa lógica tem sido observada no caso alemão, uma vez que a proposta de desativação de usinas nucleares tem mobilizado a indústria de

⁷ A esse respeito, ver também reportagem fotográfica do jornal El País - https://brasil.elpais.com/brasil/2019/04/24/album/1556106499_260131.html#foto_gal_1 Acesso em 30/07/2020.

energias renováveis, a qual acelera seus investimentos para atuar nesse cenário, apostando em inovação e redução de custos (ROGGE; JOHNSTONE, 2017).

Assim, não é por um acaso que vêm crescendo o espaço das energias renováveis justamente nos países que apresentam diminuição da participação de energia nuclear. Nesse sentido, o principal destaque é a própria Lituânia, que em 2004, quando entrou na União Europeia, produzia apenas 0,04% de sua eletricidade de fontes renováveis e, em 2015, após já ter desativado sua usina nuclear, chegou a 31,2% (Figura 9). Também merecem destaque outros países que sofreram reduções drásticas em sua dependência de energia nuclear e apostaram em novas energias renováveis para substituí-las, com destaque para Alemanha, que em 2015 possuía 26,3% de sua matriz elétrica de fontes renováveis, e também Espanha com 24,8%, Reino Unido com 23,0% e Suécia com 16,8%. Sem dúvida, em todos esses casos, a coordenação internacional no âmbito da União Europeia foi também um fator importante (SCHREURS; TIBERGHIE, 2007).

Figura 9 – Eletricidade de Energias Renováveis (%) - Países Seleccionados (1970-2015)



Fonte - Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2014, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 14 de janeiro de 2020. Os dados abrangem o percentual representado pelas novas energias renováveis na geração de eletricidade.

Outros países, como Bulgária, Japão, Argentina e Coreia do Sul não conseguiram o mesmo desempenho, sendo possível que tenham optado por fazer maiores investimentos em hidroelétricas ou em fontes fósseis. Contudo, mesmo que em menor grau, também para esses casos foram verificadas elevações no percentual que as energias renováveis representam na geração de eletricidade. De 2004 para 2015, o Japão passou de 1,52% para 7,75%; a Bulgária de 0,002% para 6,37%; a Argentina de 1,24% para 1,9%; a Coreia do Sul de 0,08% para 1,5%.

O futuro da energia nuclear ainda carrega margens de incerteza. Se na média há uma tendência de queda, em alguns casos observa-se crescimento no peso dessa fonte na composição de matrizes energéticas, como na Eslováquia, Finlândia, Hungria, República Checa, Romênia e Rússia. A França, por sua vez, mantém mais de 78% de sua eletricidade vinda de usinas nucleares. Em países com grande peso econômico e populacional, observa-se um baixo percentual dessa fonte, porém há importantes tendências de crescimento e ainda há dezenas de reatores sendo construídos na Índia, China, Rússia e Coreia do Sul⁸.

Portanto, a fonte nuclear continuará sendo importante para suprir a demanda energética em países de alta renda e em alguns países de rápido crescimento econômico. Contudo, sua contribuição para os desafios globais da sustentabilidade dependerá de resolver alguns problemas como os altos custos de investimento, problemas de segurança operacional, descarte seguro de resíduos, substituição de velhos reatores por novos, mais eficientes, e mitigação de riscos de proliferação nuclear para fins não pacíficos. Em relação às transições energéticas para sustentabilidade, a substituição de fontes nucleares mobiliza investimentos em energias renováveis e, como no caso das políticas de mudanças climáticas da França, podem ser vistas como fontes complementares na busca de substituir combustíveis fósseis.

2.4. Enfrentamento das Mudanças Climáticas

O enfrentamento às mudanças climáticas é um dos temas mais salientes da política contemporânea, ganhando centralidade no debate sobre desenvolvimento econômico e relações internacionais (ABRANCHES, 2011). O imenso desafio de estruturar uma nova ordem social, baseada em uma economia de baixo carbono, foi um dos fatores que definitivamente colocou as energias renováveis na agenda política atual. O diagnóstico de que a queima de combustíveis fósseis estaria diretamente associada ao aquecimento global fez com que a descarbonização do setor energético ocupasse um lugar central nas estratégias para combater esse fenômeno. Assim, a consolidação dessa agenda em nível global implicou o desafio de estabelecer coerência e coordenação entre as políticas energéticas e as políticas de enfrentamento às mudanças climáticas em nível nacional (GIDDENS, 2010). Para melhor se compreender como essas duas áreas de política se relacionam, primeiro é preciso adentrar o universo conceitual das ciências climáticas.

⁸ Sobre as usinas nucleares que estão sendo construídas ou com projetos estabelecidos, consultar <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx> acessado em 26 de março de 2023.

O ponto de partida é o efeito estufa e seu agravamento, o aquecimento global. O efeito estufa é causado pela presença de certos gases atmosféricos que permitem a entrada de radiação solar na Terra, mas que reduzem a saída de radiação infravermelha para o espaço sideral. Ao refletir novamente essa radiação em direção à Terra, mantém o planeta aquecido. Assim, os gases de efeitos estufa são quaisquer gases que absorvem radiação infravermelha na atmosfera, sendo os principais o vapor de água (H₂O) e outras partículas não transparentes presentes na composição atmosférica como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) (TRENBERTH, 2004). É preciso ter clareza que o efeito estufa, em si mesmo, não é um problema. Pelo contrário, ele é o principal fator que diferencia a Terra de outros planetas, como Júpiter e Marte, e proporciona as condições necessárias para a existência da vida (LOVELOCK, 2006). O problema central é a aceleração do efeito estufa que leva ao desequilíbrio atmosférico designado por aquecimento global (ABRANCHES, 2011).

Desde o século XIX, cientistas se debruçaram sobre o problema estabelecido pelo matemático Jean-Baptiste Fourier (1768-1830), que, baseado em sua Lei do Calor, calculou o saldo líquido de calor recebido e emitido pelo planeta Terra (ABRANCHES, 2011). Os cálculos de Fourier chegaram a um estranho resultado, prevendo que, em teoria, a Terra deveria ser gelada. Dessa forma, a grande questão foi explicar o porquê que a previsão matemática não se verificava empiricamente. Os dois grandes nomes que avançaram nessa questão, demonstrando a capacidade da atmosfera terrestre reter radiação infravermelha e gerar o efeito estufa, foram o irlandês John Tyndall (1820-1893) e o físico sueco, ganhador do prêmio Nobel, Svante Arrhenius (1859-1927). Esse último foi quem demonstrou quantitativamente a relação direta entre o volume de CO₂ e a temperatura global, sendo também o pioneiro em alertar para que o crescimento da queima de combustíveis fósseis pela civilização industrial levaria a um aumento na temperatura global. Em sua visão, esse aumento ocorreria de forma lenta, no longo prazo, pois seria contrabalanceado pela absorção de CO₂ nos oceanos. Curiosamente, o sueco Arrhenius tinha uma visão positiva desse processo, compreendendo que levaria o planeta a um clima mais agradável e favorável à produção de alimentos (ABRANCHES, 2011).

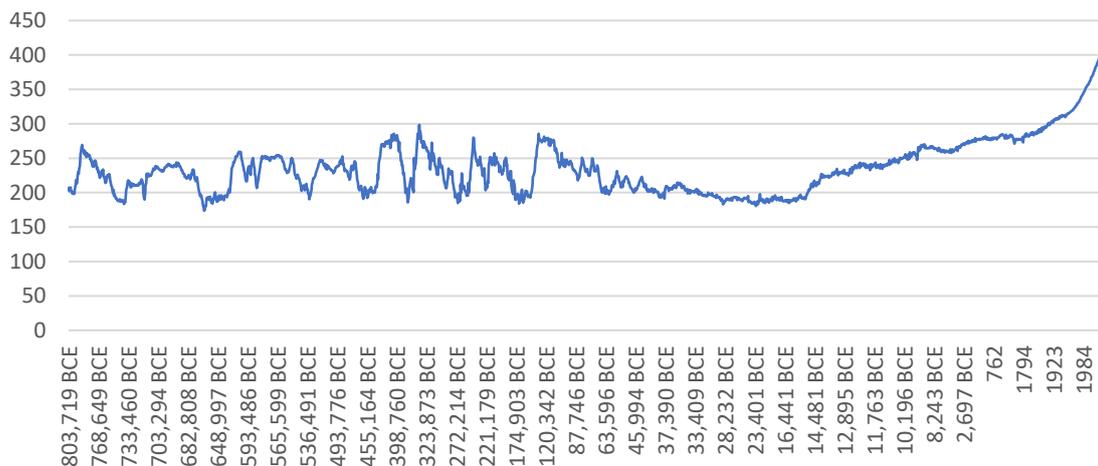
Entretanto, contrariando as visões relativamente otimistas do final do século XIX, desde a década de 1970 foi crescente o acúmulo de pesquisas sobre o fenômeno e a preocupação quanto aos seus efeitos, levando às primeiras conferências globais sobre questões ambientais, como a Conferência de Estocolmo, em 1972, e a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, em 1979 (MOREIRA; GIOMETTI, 2008). Passou a ser evidente que desarranjos no equilíbrio químico da atmosfera terrestre, que, diferente de outros planetas, possui quantidades significativas de O₂ em

sua composição, tendem a se expressar em elevações na temperatura média do planeta, bem como variações bruscas nas condições climáticas (LOVELOCK, 2006).

Progressivamente, a maior parte dos cientistas restaram convencidos de que a principal causa desse desarranjo seria a expansão do uso de combustíveis fósseis que desde a revolução industrial implicava um processo de extração de recursos minerais que estavam alocados no subsolo, transformando-os em gases que são emitidos para a atmosfera, o que ainda era agravado por fenômenos como o desmatamento e mudanças nos usos da terra (MOREIRA; GIOMETTI, 2008). O acúmulo desses gases nas camadas superiores da atmosfera terrestre resultaria em um desequilíbrio energético, de modo que a Terra passava a reter a maior parte da radiação solar que atingia sua superfície. Dessa forma, por aumentar o efeito estufa e, assim, reter nesse planeta uma quantidade cada vez maior de calor, a crescente emissão desses gases acabava sendo responsável pela elevação da temperatura global média (ELLIOT, 2015).

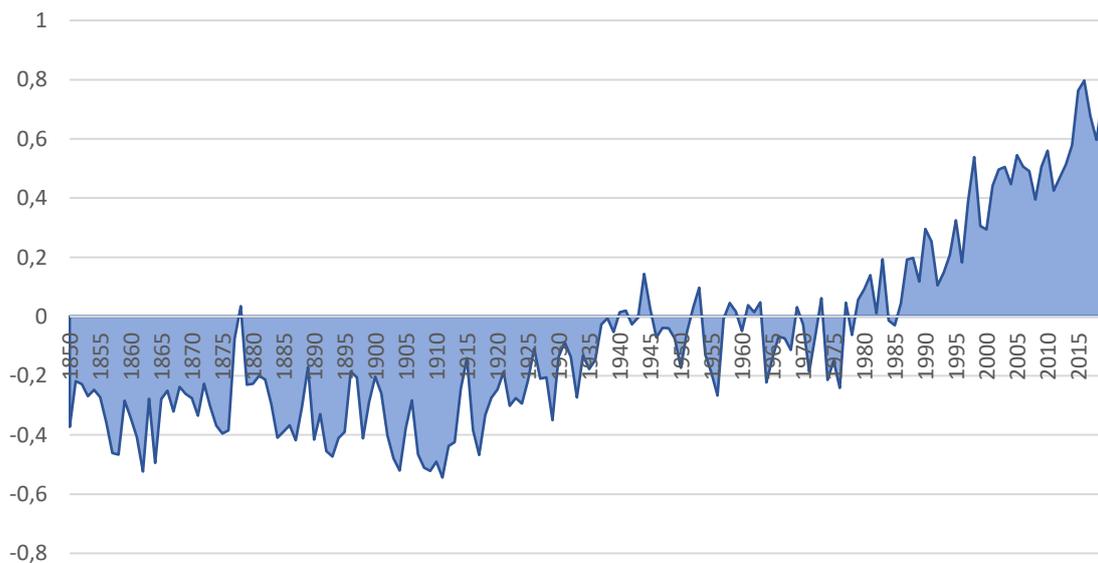
Uma das principais formas empregadas para analisar esse fenômeno foi mensurar o acúmulo de partículas que causam esses desequilíbrios, especialmente a presença de CO₂ atmosférico, medido em partes por milhão (ppm). Quando se observam as variações de longo prazo, em um horizonte de 800.000 anos, o que se descobre é que há ciclos na temperatura terrestre que estão associados a diversos fatores, como mudanças nos eixos de rotação da terra no sistema solar, chamados ciclos de Milankovitch, e na distribuição de água no globo terrestre (ABRANCHES, 2011). Essas oscilações cíclicas podem ser consideradas normais e possuem alta correlação com os níveis de concentração atmosférica de CO₂ (RITCHIE; ROSER, 2019b). Contudo, é justamente o crescimento anormal nessas concentrações de partículas, verificadas concomitantemente às elevações sustentadas na temperatura média, que vem provocando alertas significativos da comunidade científica a mais de cinco décadas (LOVELOCK, 2006).

Esses alertas se devem ao fato de que, pela primeira vez em 800.000 anos, as concentrações de CO₂ na atmosfera chegaram a mais de 400ppm, sendo que a maior parte dessas emissões extras podem ser atribuídas a causas antrópicas (RITCHIE; ROSER, 2019b). Isso preocupa os cientistas, pois historicamente, mesmo nas fases interglaciais do ciclo, em que se verificam altas concentrações de CO₂ na atmosfera, essas nunca passaram o limite de 300ppm (Figura 10).

Figura 10 - Concentração Média de CO₂ na Atmosfera (ppm)

Fonte: Elaborado com base nos dados do Global Monitoring Laboratory/Earth System Research Laboratory, disponibilizados pelo site do projeto Our World in Data in Data (<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>), acessado em 14 de agosto de 2019

Uma das consequências da alta concentração de gases de efeito estufa é o aquecimento anormal do planeta. Segundo Abranches (2011), há um consenso entre os cientistas que reconhece o fato de que a temperatura média do planeta Terra está se elevando. Estima-se que, em 1850, a temperatura da Terra era, aproximadamente, 0,4 graus abaixo da temperatura média entre 1961 e 1990. Já em 2016, a temperatura da Terra teria sido 0,8 graus acima dessa média (RITCHIE; ROSER, 2019b), demonstrando uma forte tendência de crescimento nessa série histórica nas últimas décadas, que pode ser visualizada na figura abaixo.

Figura 11 - Anomalia da Temperatura Média Global (1850-2018)

Fonte: Elaborado com base nos dados produzidos pelo Hadley Centre, disponibilizados pelo site do projeto Our World in Data (<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>), acessado em 14 de agosto de 2019. Expressa a diferença entre a temperatura média do ano em terra e mar e em relação à temperatura média de 1961-1990.

Contudo, não há consenso em relação às causas desse fenômeno, de forma que acaloradamente se discute se o mundo está de fato passando por uma situação de emergência climática com causas antrópicas ou não. E, como chama atenção Abranches: “O prazo e as metas de redução das emissões de CO₂ capazes de nos manter na zona de segurança climática são dados pela ciência, mas as ações para realizar essas metas no tempo certo dependem da política (2011, p.71)”

2.4.1. A Política das Mudanças Climáticas e a Questão Energética

A falta de consenso a respeito das causas da mudança climática implica em diferentes posições políticas em relação a possíveis soluções e ao peso que deve ser dado a questão nas agendas governamentais. Do mesmo modo, o fato de se estar lidando com um fenômeno global, não passível de ser resolvido por soluções nacionais ou regionais individuais, implica em considerações geopolíticas e demanda de coordenação em nível internacional (ABRANCHES, 2007, 2011). Segundo Souza e Corazza:

As mudanças climáticas apresentam, como as demais fronteiras planetárias, características que tipificam a problemática ambiental contemporânea: são problemas sistêmicos e complexos, com causalidades que não podem ser admitidas como unidirecionais, apresentando ciclos de retroalimentação; suas fontes múltiplas e difusas tornam difícil a atribuição de responsabilidade (o que é fundamental à aplicação do princípio do poluidor pagador, que orienta grande parte das políticas ambientais); suas consequências são cumulativas e se desdobram para além das fronteiras nacionais. Além disso, há um sensível interregno temporal entre a instalação das causas e as observações dos efeitos, o que coloca a dimensão intertemporal como central na apreensão dos nexos causa-efeito – os quais são estabelecidos com base em um conhecimento científico de fenômenos que estão nas fronteiras entre os sistemas antrópicos e naturais, sujeitos a incertezas nem sempre redutíveis a riscos probabilísticos. Por fim, seus desdobramentos podem incorrer em irreversibilidade de danos tanto para os sistemas socioeconômicos quanto para os sistemas terrestres (2017, p. 53–54).

A complexidade da política das mudanças climáticas ainda é potencializada pela presença de atores como organizações não-governamentais, movimentos sociais, comunidades epistêmicas e corpos burocráticos especializados em questões ambientais (GIDDENS, 2010). Por fim, existem também disputas no campo econômico entre companhias que se favorecessem dos atuais regimes de produção baseados em combustíveis fósseis e outros grupos inovadores que apostam nos ganhos futuros de transições sociotécnicas, a quais implicarão em lucrativas oportunidades econômicas advindas de novos produtos, métodos de produção e padrões de consumo (GEELS, 2014; GEELS *et al.*, 2016). Em meio a tantos nuances de posições possíveis sobre a questão, ganha destaque a contribuição do campo científico, uma vez que:

O aquecimento global não é uma extensão de formas mais tradicionais de poluição industrial: é qualitativamente diferente. Os cientistas, e não somente os cientistas, fizeram-

nos voltar a atenção para ele, já que esse fenômeno não é visível como os smogs londrinos ou a poluição das chaminés da indústria pesada. Também somos totalmente dependentes das pesquisas e do trabalho de monitoração dos cientistas para acompanhar o avanço do aquecimento e mapear suas consequências (GIDDENS, 2010, p. 90).

Por um lado, a maioria dos cientistas concorda com a posição de instituições como o Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas, a Real Sociedade Inglesa e a Academia Norte Americana de Ciências que defendem que essa elevação na temperatura terrestre é um fenômeno anormal, com causas antrópicas e está diretamente relacionado com o aumento exponencial dos níveis de emissões de gases de efeito estufa verificado desde o século XVIII, quando ocorre a primeira revolução industrial (ABRANCHES, 2011; ELLIOT, 2015). Os caminhos apontados para solucionar esse problema são diversos (NEVES *et al.*, 2011), podendo se encontrar desde perspectivas ecológicas mais radicais (FISCHER, 2017; LOVELOCK, 2006) até visões mais liberais de uma modernização ecológica, que assumem que o desenvolvimento tecnológico e as forças de mercado serão suficientes para transformar as estruturas produtivas em direção a uma sociedade pós-carbono (GIDDENS, 2010).

Por outro lado, como alerta Elliot (2015), há os céticos que defendem que as alterações observadas na temperatura global não têm nada de anormal, pelo contrário, fazem parte do ciclo geológico da Terra, ou defendem que haveria erros de mensuração, levando a uma equivocada modelagem do clima terrestre. Outros, ainda, argumentam que os impactos da mudança climática são incertos e, provavelmente, não serão tão graves quanto alarmado. Para esses, a humanidade já teria capacidade tecnológica para se adaptar bem às mudanças, restando problemas globais mais difíceis de serem resolvidos, como a fome, a pobreza e falta de saneamento básico.

De maneira mais radical, há ainda os negacionistas, raramente vinculados ao campo científico, que questionam o próprio fato de haver elevações nas temperaturas médias terrestres, assumindo uma posição definitivamente anticientífica. Em relação a esses, ainda é atual o alerta feito por Sérgio Abranches sobre a década passada:

Nenhum cientista sério jamais afirmou que não há incertezas nos resultados científicos que nos dizem que o aquecimento global e a mudança climática são fenômenos reais e ameaçam a qualidade da vida na Terra. Nenhum cientista sério negou, em algum momento, que haja dúvidas em relação a vários aspectos da ciência do clima. [...] A Ciência vive da dúvida. Mas o que a política tem feito não é duvidar. Sobretudo no governo Bush, nos Estados Unidos, o que a política vinha fazendo era negar a ciência. A dúvida suscita a demanda por mais evidência, amplia a agenda. A negação apenas afasta o problema, tira-o da agenda. Negação é o que fazem os céticos climáticos, com pouquíssima contribuição científica ao debate e, principalmente, com quase nenhuma contribuição original de pesquisa (2011, p. 19).

De todo modo, mesmo com períodos de maior recuo e outros de maior avanço no campo político, as evidências advindas do campo científico foram a base para uma agenda política global em torno da questão climática. Por sua vez, essa agenda consolidou a busca por formas de energia

limpas, como um fator crucial para enfrentar a crise climática, uma vez que os setores de produção de eletricidade, aquecimento e transportes estavam entre aqueles responsáveis pelos maiores níveis de emissão de gases de efeito estufa, especialmente CO₂ (RITCHIE; ROSER, 2019b).

2.4.2. A Política Global e a Questão Climática

O principal lócus de desenvolvimento dessa agenda tem sido Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas - *United Nations Framework Convention for Climate Change* (UNFCCC) - estabelecida durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (Rio 92):

Organizadas no âmbito da UNFCCC com o objetivo geral de combater as mudanças climáticas, as negociações se desdobram por meio de rodadas internacionais sucessivas, nas quais os Estados nacionais, chamados de “Partes”, deveriam se comprometer com ações voltadas às finalidades de mitigação e de adaptação, além de negociar os meios tecnológicos e financeiros para seu alcance. Assim, delegados dos Estados nacionais reúnem-se periodicamente nas Conferências das Partes (COPs), que ocorrem desde 1995 – a COP de Berlim. As questões que animam os debates têm relação com responder a questões tais como: definição de metas globais, o que fazer, como fazer, quem deve fazer, quando e com o recurso a quais meios (SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 55).

No bojo da UNFCCC, em dezembro de 1997 foi assinado o Protocolo de Kyoto, o qual entrou em vigor a partir de 2005, sendo um marco importante nessa agenda, uma vez que estabeleceu compromissos concretos para o enfrentamento das mudanças climáticas. Buscava-se uma solução para um problema global, para o qual países desenvolvidos e países emergentes haviam contribuído de forma desigual para sua geração. Essa desigualdade ficava evidente no fato de os EUA e os países da União Europeia terem sido responsáveis, respectivamente, por 31,72% e 31,10% do histórico acumulado de emissões de GEE⁹ entre 1850 e 1990 (SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 62). Assim, dois princípios básicos orientaram as negociações do Protocolo de Kyoto. O Princípio das Responsabilidades Históricas¹⁰ estabeleceu que seria justo que as responsabilidades fossem atribuídas de acordo com o histórico acumulado de emissões. O Princípio de Responsabilidade Comum, Porém Diferenciadas estabeleceu exigências distintas para diferentes

⁹ Outros países também teriam contribuições significativas: Rússia (8,63%); China (5,05%); Japão (3,18%); Canadá (2,17%); Índia (1,46%); México (0,84%); Brasil (0,58%); Indonésia (0,33%). Já todos os demais países totalizariam (14,96%). Nessa métrica, não se contabiliza emissões associadas à agricultura, setor florestal e outras mudanças nos usos da terra. Seu foco é na emissão de GEE pela queima de combustíveis fósseis, o que, na visão de Souza e Corazza (2017, p. 61) fazia sentido no âmbito das negociações do Protocolo de Kyoto.

¹⁰ O Princípio das Responsabilidades Históricas foi proposto pela diplomacia brasileira, baseado no argumento de que é preciso levar em conta a trajetória histórica de cada nação e os usos que fizeram que combustíveis fósseis, e consequentes emissões de GEE, em seu processo de desenvolvimento para se atribuir responsabilidades no enfrentamento às mudanças climáticas. Rapidamente, o argumento ganhou a adesão de outros países em desenvolvimento, como China e Índia (SOUZA; CORAZZA, 2017, p.61).

grupos de países de acordo com o nível de desenvolvimento e industrialização. Segundo Moreira e Giometti:

Este princípio se baseia ainda na idéia de que as condições socioeconômicas dos diversos países fazem com que suas respectivas capacidades de resposta a esse fenômeno sejam diferentes entre si, e que os países desenvolvidos, sendo os maiores responsáveis históricos pelas emissões de GEEs na atmosfera, devem ser alvos das ações mais radicais e imediatas para amenizar o problema (2008, p.14).

O importante é que esses princípios jurídicos expressam um pressuposto moral e de justiça distributiva que orienta a definição de políticas nessa área: aqueles que foram os maiores responsáveis por poluir também têm maior responsabilidade em implementar medidas para enfrentar as consequências de seu desenvolvimento. Como resultado, ficaram determinadas metas¹¹ de redução de emissões de GEE para os países desenvolvidos, os quais teriam maiores condições para arcar com os custos de buscar soluções para as questões climáticas. Já os países em desenvolvimento não assumiriam compromissos mandatórios, uma vez que ainda precisariam avançar em processos de crescimento econômico, o que necessariamente levaria ao aumento no seu volume de emissões, posição fortemente defendida por países como Brasil e China (MOREIRA; GIOMETTI, 2008).

Uma das propostas para fazer frente ao problema foi a criação de mercados de carbono, em que países e empresas poluidoras comprariam créditos de carbono daqueles que estabelecessem ações para reduzir emissões. Essa proposta, originária de negociadores norte-americanos (SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 64), era interessante, pois além de buscar um caminho de redução de emissões de GEE, implicaria em fluxos de renda daqueles que poluem para aqueles que preservam. Ainda, percebia-se que aos países desenvolvidos caberia a responsabilidade de desenvolver tecnologias e transferi-las aos países em desenvolvimento, por meio do financiamento de projetos específicos e experimentais que foram denominados de Mecanismos de Desenvolvimento Limpo (MDL). Os MDLs seriam uma forma inovadora de lidar com a questão do desenvolvimento, levando em consideração questões de sustentabilidade ambiental:

Essa idéia de cooperação incorpora a noção de “salto tecnológico”, na qual o processo de desenvolvimento desses países não ocorreria da mesma forma que ocorreu nos países desenvolvidos, ou seja, os países desenvolvidos ajudariam aqueles em desenvolvimento a saltarem algumas etapas neste processo por meio de financiamentos e transferência de

¹¹ A meta estabelecida foi de reduzir em pelo menos 5,2% o nível de emissão de GEE, entre 2008 e 2012, em relação aos níveis verificados em 1990 (ALVES, 2017, p.69). O ano de 1990 foi estabelecido como marco, pois foi quando o IPCC apresentou seu primeiro relatório sobre mudanças climáticas na Segunda Conferência Mundial sobre o Clima (MOREIRA; GIOMETTI, 2008). Os países industrializados para os quais as metas eram mandatórias foram elencados no Anexo I do acordo: Alemanha, Austrália, Áustria, Bielo-Rússia, Bélgica, Bulgária, Canada, Croácia, Chipre, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Islândia, Irlanda, Itália, Japão, Cazaquistão, Letônia, Liechtenstein, Lituânia, Luxemburgo, Malta, Mônaco, Noruega, Nova Zelândia, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Rússia, Suécia, Suíça, Turquia, Ucrânia. Também fez parte a União Europeia, que assinou e ratificou enquanto bloco após a ratificação dos 15 estados membros naquela época.

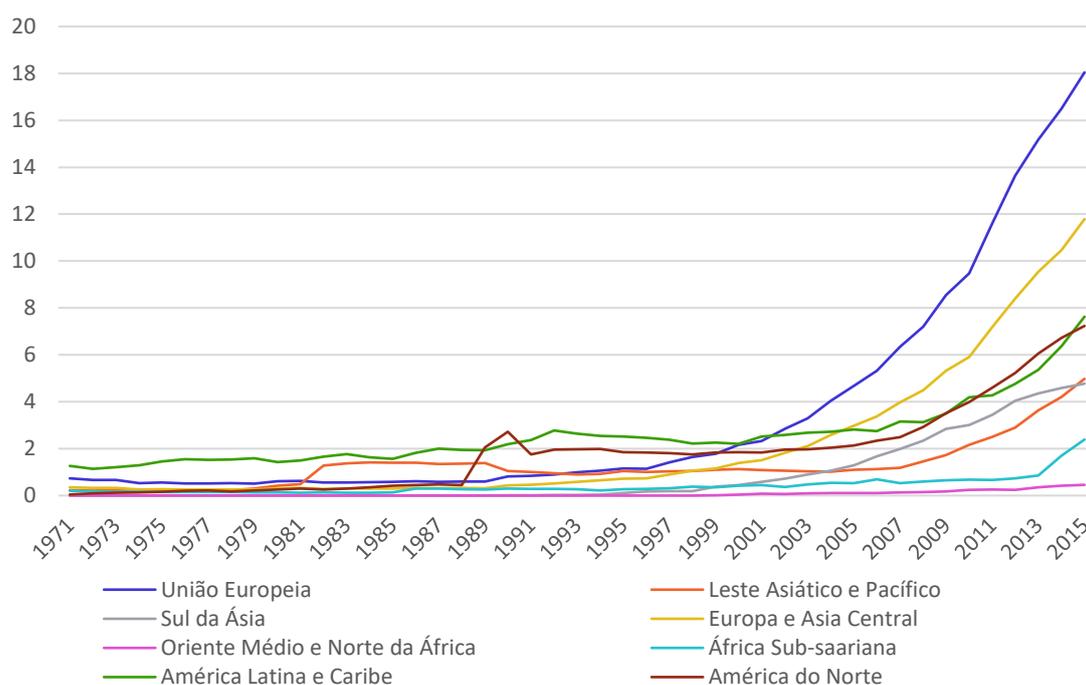
tecnologias, para que eles seguissem um caminho mais curto em direção a uma economia menos intensiva em relação a emissões de GEEs. Assim, a canalização de recursos financeiros e a transferência de tecnologia do Norte para o Sul representariam um lado dessa cooperação (MOREIRA; GIOMETTI, 2008, p. 20).

É importante perceber que a visão que predominava nos debates da década de 1990 e 2000 colocava os desafios climáticos como um peso a ser arcado, que acarretaria significativos custos e levaria a perda de competitividade econômica. Isso implicava resistência por parte de atores políticos importantes, como o Partido Republicano nos EUA, a direita alemã, as empresas petrolíferas e as automobilísticas, entre outros (GEELS *et al.*, 2016; GIDDENS, 2010; JACOBSSON; LAUBER, 2006; MECKLING; NAHM, 2018). Ainda, o Protocolo de Kyoto foi criticado por ter sido tímido e insuficiente para fazer frente às mudanças climáticas (KERN; ROGGE, 2016, p. 15; SACHS, 2005, 2007); por sua vez, a não ratificação por parte dos Estados Unidos e o abandono do acordo por parte do Canadá em 2011 levaram a um crescente ceticismo quanto a possibilidade de uma coordenação global sobre a questão climática (SOUZA; CORAZZA, 2017). Contudo, para alguns países como Brasil e Dinamarca, a emergente agenda global em torno de questões climáticas trazia oportunidades, especialmente no setor de energias renováveis (GIDDENS, 2010; MOREIRA; GIOMETTI, 2008). Dessa forma, alguns atores importantes nessa arena já estavam atentos a novos negócios que poderiam surgir com o avanço de transições sociotécnicas, especialmente no território europeu.

A União Europeia teve um papel fundamental em levar adiante os acordos estabelecidos em Kyoto, refletindo-se em ações na área energética. Se durante a década de 1990, especialmente no governo democrata de Bill Clinton, os EUA vinham exercendo a papel proeminente nas negociações em torno das questões ambientais globais, após a eleição de George Bush em 2000, os EUA deixaram de priorizar essa área e se retiraram do Protocolo de Kyoto (MOREIRA; GIOMETTI, 2008). O vácuo político deixado pelo recuo norte-americano foi estrategicamente ocupado pela União Europeia, que passou a articular atores em torno de novos acordos, fomentar projetos de inovação tecnológica e difundir políticas em nível global (SCHREURS; TIBERGHIE, 2007). Destaca-se que um dos fatos de maior peso a esse respeito foi justamente a ratificação do Protocolo de Kyoto pela União Europeia e por todos seus estados membros, em maio de 2002, após a decisão norte-americana de não-ratificar, demonstrando a determinação europeia em ir adiante no combate às mudanças climáticas. Assim, o papel exercido pela União Europeia em termos de liderança internacional é um fator fundamental para se compreender a governança das questões climáticas e os avanços em termos de transição energética nas últimas décadas (SCHREURS; TIBERGHIE, 2007).

No decorrer da década de 2000, além de fomentar projetos de MDLs em países em desenvolvimento, a União Europeia estabeleceu mecanismos de coordenação de seus estados-membros e na difusão dessas políticas (ALVES *et al.*, 2019; STADELMANN; CASTRO, 2014). Entre esses mecanismos, destacaram-se algumas medidas supranacionais adotadas em 2007, estabelecendo metas para 2020: cortar as emissões de GEE em 20% em relação aos níveis de 1990, ampliar para 20% o percentual de energias renováveis no consumo energético total, incorporar uma mistura de 10% de biocombustíveis no setor de transporte e criar o primeiro sistema internacional de comércio de créditos de carbono (SCHREURS; TIBERGHIE, 2007). O resultado foi que, em 2015, os países da União Europeia possuíam, em média, 18,04% de eletricidade produzida por fontes renováveis, percentual maior que a média de toda a Europa e Ásia Central (11,78%) e maior que qualquer outra região do mundo, como pode ser visto na figura abaixo.

Figura 12 - Eletricidade de Fontes Renováveis (%) - Regiões do Mundo (1971-2015)



Fonte: Elaborado com dados da IEA Statistics © OECD/IEA 2015, disponíveis em <https://databank.worldbank.org/> acesso em 5 de novembro de 2020. As séries expressam o percentual representado por fontes renováveis, excluindo hidroelétricas, no total de eletricidade gerado, em diferentes regiões do mundo entre 1971-2015. As regiões foram agrupadas de acordo com os critérios do Banco Mundial.

É importante ressaltar, que, apesar do ceticismo inicial, existem resultados importantes associados ao Protocolo de Kyoto que extrapolam o âmbito da União Europeia. Por exemplo, alguns estudos observaram que a ratificação do Protocolo de Kyoto teve um efeito positivo na aprovação de legislação para combater as mudanças climáticas em países que assumiram compromissos obrigatórios, a partir de uma amostra de 66 países (FANKHAUSER; COLLINS;

GENNAIOLI, 2016). Do mesmo modo, foram identificados efeitos positivos na difusão de energias renováveis entre países do BRICS (BODAS FREITAS; DANTAS; IIZUKA, 2012), na redução do nível de emissões de CO₂ per capita em uma amostra de 187 países (CARVALHO; ALMEIDA, 2010), na adoção de políticas para o fomento de energias renováveis entre países da OCDE (NICOLLI; VONA, 2012) e em uma amostra global de países, incluindo também países em desenvolvimento (ALVES *et al.*, 2019; STADELMANN; CASTRO, 2014). Portanto, não é mera coincidência que, após Kyoto, estabeleceu-se uma agenda de políticas públicas para o fomento de energias renováveis e ocorreram significativos avanços tecnológicos e de investimentos no setor.

Contudo, a vigência do Protocolo se deu somente até 2012 e, em função da Conferência de Copenhague não ter firmado um novo acordo em 2009 (ABRANCHES, 2010, 2011), houve um importante hiato na governança internacional das questões climáticas durante a primeira metade da década de 2010. Em grande medida, as dificuldades em se estabelecer um novo acordo estavam relacionadas ao fato de que os termos e os princípios que orientaram a construção do Protocolo de Kyoto já não davam conta da realidade de um mundo com profundas transformações econômicas.

Nos países centrais, a crise de 2008 havia colocado desafios em termos de recuperação econômica e, para tanto, um elemento crucial seria alavancar processos de re-industrialização. Especialmente nos EUA, essa era uma agenda relevante para o governo democrata de Barak Obama, que, além de fomentar a economia, pretendia retomar a liderança perdida internacionalmente em questões ambientais (SOUZA; CORAZZA, 2017). Nesse contexto, ganham fôlego ideias sobre como fomentar uma economia verde através de políticas industriais que fomentassem atividades econômicas sustentáveis (ALTENBURG; RODRIK, 2017; RODRIK, 2014). Ainda, o rápido crescimento econômico de países como África do Sul, Brasil, China, Índia, Indonésia, México e Rússia, os colocavam agora entre alguns dos maiores emissores mundiais de GEE. Essa nova realidade mudava os termos das negociações internacionais para se construir um regime pós-Kyoto.

Alguns dados expressam bem como essas transformações na economia mundial mudaram as dinâmicas de negociações internacionais. Segundo Souza e Corazza (2017), ao se assinar o Protocolo de Kyoto, pesou o fato de que os países que assumiram compromissos obrigatórios representavam em torno de 18% da população mundial, mas haviam sido responsáveis por 68,59% das emissões de GEE acumuladas entre 1850 e 2012. Já o resto do mundo, onde se encontrava mais de 81% da população, contabilizava apenas 31,42% dessas emissões. Contudo, em 2012, havia uma tendência de inversão nessa proporção. O resto do mundo era responsável por 55,18%

das emissões correntes naquele ano, enquanto os países desenvolvidos haviam diminuído para 44,82%. Nesse cenário, somente os BRICS contabilizavam 41,28% das emissões correntes e os países do BASIC 36,19% (SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 68). Portanto, o cenário era radicalmente distinto daquele da década de 1990 e potências globais, especialmente os EUA, exigiam que países emergentes assumissem maiores responsabilidades no combate às mudanças climáticas.

Sob esse pano de fundo, se estabeleceu a busca por um novo acordo global que teve como ponto alto a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada em 2015 em Paris. Nessa conferência, o protagonismo político europeu, agora já alicerçada em um “efeito demonstração” de como foi possível avançar em sua transição energética, continuou sendo importante, com papel destacado para os anfitriões franceses que bem conduziram os processos de negociação. Contudo, fundamental foi o papel de EUA e China, então, os maiores emissores globais, que assumiram uma postura surpreendentemente cooperativa em prol do acordo (DIMITROV, 2016; SOUZA; CORAZZA, 2017). Essa postura cooperativa originava-se, entre outros fatores, do fato de que ambos países assumiam a liderança mundial em termos tecnológicos e de investimentos em energias renováveis, desenvolvendo novos mercados em ritmo acelerado¹².

É preciso destacar, também, uma transformação na forma de se conceber a economia foi fundamental ao estabelecimento de um novo regime internacional para as mudanças climáticas. Enquanto nas negociações do protocolo de Kyoto predominava a visão de que o enfrentamento às questões ambientais era um custo a ser arcado, em Paris já se consolidavam interesses e perspectivas em torno de uma promissora “economia verde”, a qual vinha se consolidando desde a Conferência Rio+20, ocorrida em 2012 (BARBIER, 2012).

Desde essa nova perspectiva, políticas para as mudanças climáticas poderiam resultar em dinâmicas “win-win” que alteravam os cálculos de relações custo-benefício entre as partes, favorecendo a efetivação dos discursos internacionalmente proferidos em políticas nacionais (SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 70). Nessa economia política internacional das mudanças climáticas, fortalecia-se a percepção de que, se o mundo precisaria enfrentar esse problema através de reestruturação de sistemas produtivos, alguém teria que produzir – e comercializar - essas soluções. Em países como Alemanha, Brasil, China, Dinamarca e EUA essa já era uma realidade que se refletia em uma ativa postura estatal de promover setores que poderiam contribuir para combater as mudanças climáticas através de políticas industriais verdes. Isso era especialmente

¹² A transformações tecnológicas, a redução de custos e a liderança chinesa e norte-americana nesse setor serão discutidos em maiores detalhes na próxima seção.

evidente para o setor de energias renováveis, uma vez que países como China, Dinamarca, EUA e Alemanha já despontavam como *players* mundiais no fornecimento de tecnologias e equipamentos para energia solar e eólica, estabelecendo uma acirrada competição pela liderança setorial (ALTENBURG; ASSMANN, 2017; ARAÚJO; WILLCOX, 2018; BINZ *et al.*, 2017; HUGHES; MECKLING, 2017; NAHM, 2017; PEGELS; LÜTKENHORST, 2014; PODCAMENI, 2014; RODRIK, 2014; ZHANG *et al.*, 2013; ZHI *et al.*, 2014).

Favorecida por esse novo ambiente internacional, a COP21, realizada em 2015, resultou no Acordo de Paris, assinado por 195 países, sendo o marco mais importante para o combate das mudanças climática desde o Protocolo de Kyoto. Na época considerado um caso de sucesso por ter estabelecido compromissos obrigatórios para todos os países (DIMITROV, 2016), o acordo trouxe significativo otimismo em um período em que o multilateralismo parecia se fortalecer e apontar soluções para problemas globais:

Após duas décadas de debates acrimoniosos e fracassos sombrios, as negociações da ONU produziram um acordo climático que foi adotado e louvado em termos superlativos pela União Européia e a Índia, pela China, os EUA e os Estados insulares. Países com diferenças aparentemente irreconciliáveis elogiaram o acordo global como justo, equilibrado e ambicioso. Na sessão de encerramento da Conferência de Paris sobre Mudança Climática, eles descreveram o resultado como "revolucionário" (Venezuela), "uma enorme conquista coletiva" (UE), "um ato maravilhoso" (China), "um retumbante triunfo do multilateralismo" (Santa Lúcia) (DIMITROV, 2016, p. 1–2, tradução própria).

O acordo foi viabilizado por uma lógica de distribuição de esforços e responsabilidades entre todas as partes, incluindo países em desenvolvimento (GUERRA; SCHMIDT, 2016). Para viabilizá-lo, cada país apresentou as chamadas Contribuições Nacionalmente Determinadas, documentos desenvolvidos ao longo dos dois anos antecedentes à conferência, em que explicavam qual poderia ser sua contribuição, servindo de ponto de partida para as negociações. Nesse sentido, predominou uma abordagem *bottom-up* em sua formulação, necessária para avançar em relação aos impasses existentes até então (SOUZA; CORAZZA, 2017). Entre os objetivos, firmou-se deter o crescimento da temperatura média global em 2,0 C até 2040; realizar esforços para limitar em 1,5 C acima dos níveis pré-industriais; reduzir o uso de combustíveis fósseis e apostar em fontes limpas de energia e comprometer todos os países envolvidos com o financiamento de ações para mitigação e adaptação às mudanças climáticas (GUERRA; SCHMIDT, 2016, p. 168; SOUZA; CORAZZA, 2017, p. 70). No campo de estudos sobre transição energética, o Acordo de Paris implicou em significativo otimismo, pois pela primeira vez na história seria possível realizar uma transição de forma deliberada, coordenada internacionalmente, articulada em diferentes níveis de governança, com a presença de atores diversos. A esse respeito, ainda em 2016, escreviam Florian Kern e Karolina Rogge:

Muitos progressos feitos até agora podem ser rastreados até o Protocolo de Kyoto, que foi adotado em 1997 e entrou em vigor em 2005. Entretanto, dada sua limitada ambição e cobertura, pode não ser uma grande surpresa que seu impacto de uma perspectiva global tenha sido limitado, como demonstram os números apresentados pelo [Vaclav] Smil (esta edição). Em contraste, o Acordo de Paris celebrado em dezembro de 2015 pela primeira vez representa um compromisso verdadeiramente global para a descarbonização da economia global, sem precedentes em ambição e abrangência. O acordo é baseado em uma abordagem policêntrica e multi-stakeholder que pode ser vista como estando de acordo com as sugestões da [Elinor] Ostrom para a gestão bem-sucedida de uma piscina de recursos comuns. Entretanto, enquanto Paris mostra a vontade política dos líderes globais de se unirem na luta contra a mudança climática, somente a implementação dessas metas através de políticas concretas - como indicado nas Contribuições Nacionais Determinadas - as tornará confiáveis e impactantes e, assim, em última instância, levará a uma aceleração da transição energética global que é visível nas estatísticas energéticas globais (2016, p. 15, tradução própria).

Portanto, como alertavam os autores, ainda havia o desafio de transformar o acordo em políticas e medidas efetivas em nível nacional que possibilitassem acelerar processos de transições energéticas. Hoje, sabe-se que os efeitos do acordo de Paris ainda são incertos, especialmente pelo abalo que representou o governo do republicano Donald Trump nos EUA (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018). Trump já havia prometido em sua campanha que retiraria o país do acordo, o que foi anunciado em 2017 e efetivado em 2020, em meio a eleição presidencial norte-americana. A onda conservadora inaugurada por Trump levou ao fortalecimento da política conservadora em outras partes, como Brasil, Polônia e Hungria, em que governantes assumiram posturas explicitamente anticientíficas ou simplesmente retiraram as questões climáticas da agenda governamental. Mesmo que o candidato vencedor no pleito eleitoral norte-americano, o democrata John Biden, tenha afirmado que os EUA voltarão ao acordo, as reviravoltas políticas nessa questão são um alerta para o peso que fatores partidárias e ideológicos têm nessa área de políticas públicas, o que por si só gera incerteza que podem ter impacto severos nas possibilidades de enfrentar mudanças climáticas. Portanto, por mais que acordos internacionais sejam um importante fator para impulsionar o combate às mudanças climáticas e avançar em transições energéticas, é preciso melhor compreender como interagem com as instituições e as dinâmicas políticas de cada país, uma vez esses fatores operam como uma espécie de filtro para agendas de governança global (HUGHES; URPELAINEN, 2015; STADELMANN; CASTRO, 2014).

2.5. Uma Nova Economia Verde

Nesta seção, discute-se como as possibilidades efetivas de se desenvolver uma economia verde consolidaram uma agenda que impulsionou os processos de transições energéticas em diferentes países. Na primeira parte, são apresentados diferentes conceitos que fundamentaram uma nova visão são a relação entre economia, energias renováveis e sustentabilidade. Esses

conceitos foram fundamentais para estabelecer novas possibilidades de ganhos econômicos e projetos de desenvolvimento, em que as energias renováveis passavam a ter centralidade, viabilizando acordos internacionais e a implementação de políticas públicas. Na segunda parte, analisa-se a questão da viabilidade econômica das energias renováveis, enfatizando o amadurecimento tecnológico e a redução de custos que criaram um cenário em que a economia verde passou a ser uma oportunidade concreta.

2.5.1. Economia e Sustentabilidade

Uma mudança importante que ocorreu na década de 2010 e contribuiu para se avançar no Acordo de Paris foi uma nova percepção da relação custo-benefício de se investir no combate às mudanças climáticas. Enquanto nas décadas de 1990 e 2000 ainda predominava uma concepção de que políticas para reduzir a emissão de GEE necessariamente implicariam em altos custos e levariam a perda de competitividade econômica, na década seguinte a possibilidade de se obter ganhos econômicos em torno das questões climáticas levou a uma importante agenda para fomentar uma economia verde (ALTENBURG; RODRIK, 2017; GERMAN; VIRGÍNIO, 2018; GIDDENS, 2010; RODRIK, 2014).

Uma expressão importante dessa mudança ocorreu no âmbito das conferências do clima. Em 1992, na Conferência da Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro, predominou a discussão sobre como transformar o conceito de desenvolvimento sustentável em 27 princípios jurídicos operacionalizáveis em políticas públicas, como o de poluidor pagador e o princípio da precaução (GERMAN; VIRGÍNIO, 2018, p. 125; GIDDENS, 2010, p. 83–114; SAWYER, 2011). Na Rio+20, realizada em 2012, o conceito de desenvolvimento sustentável perdeu proeminência e predominou o debate sobre o conceito de economia verde, mais centrado na agenda de combate às mudanças climáticas e nas possibilidades econômicas associadas à redução das emissões de carbono, à eficiência energética e ao desenvolvimento de energias renováveis (BARBIER, 2012; SAWYER, 2011). Para se compreender essa mudança, é preciso recuperar, mesmo que brevemente, algumas das mais difundidas ideias sobre a relação entre economia e meio ambiente.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi, provavelmente, a forma mais difundida pela qual se incorporou questões ambientais no debate econômico. Apresentado em 1987 pela Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento, no “Relatório Brundtland”, firmou a necessidade de promover o crescimento econômico para se alcançar níveis de prosperidade material, porém levando em conta os impactos ambientais (GIDDENS, 2010, p. 98).

Conceitualmente, pretendia estabelecer uma ligação entre o mundo dos ambientalistas e o mundo dos economistas, definindo uma forma específica de desenvolvimento que daria conta do “atendimento às necessidades do presente sem prejudicar o atendimento às necessidades das futuras gerações” (SAWYER, 2011, p. 37), incorporando uma noção de equidade intra e intergeracional, levando em conta não somente aspectos econômicos, mas também sociais e ambientais.

Segundo Giddens (2010, p. 98–103), apesar de muito difundida, a ideia de desenvolvimento sustentável foi progressivamente perdendo seu significado preciso, chegando mais perto de ser um lema político do que de um conceito analítico útil. Assim, passou a gerar resistências de países e empresas que centram seus negócios em áreas lucrativas, porém poluidoras, para os quais as ações de enfrentamento a problemas ambientais seriam apenas despesas a serem arcadas. Para esses atores, dar conta das externalidades ambientalmente negativas necessariamente levaria a perda de competitividade e a redução de lucros. Dessa forma, o conceito de desenvolvimento sustentável carregava uma conotação negativa quando observado do ponto de vista estritamente econômico.

Contudo, nas últimas décadas, foi crescente a aceitação da ideia de que seria preciso promover uma espécie de convergência econômica, em que inovações tecnológicas e econômicas para combater mudanças climáticas seriam fontes de vantagens competitivas para empresas e países que as adotassem (GIDDENS, 2010). Novas tecnologias e modelos de negócios resultavam em casos experimentais de sucesso, demonstrando os potenciais mercadológicos de se combater as mudanças climáticas (BERGER, 2011; OECD, 2009). Assim, emergia também a necessidade de conceitos econômicos que equacionassem a relação entre desenvolvimento e meio ambiente de forma inovadora. Buscando dar conta de diferentes dimensões dessa nova realidade econômica novos conceitos passaram a ser amplamente difundidos entre acadêmicos, empresários e *policy-makers*, como bioeconomia (HORLINGS; MARSDEN, 2011; MCCORMICK; KAUTTO, 2013; PFAU *et al.*, 2014), economia circular (D’AMATO; GAIO; SEMENZIN, 2020; DE ASSUNÇÃO, 2019) e, como já referido, economia verde (BARBIER, 2012; GERMAN; VIRGÍNIO, 2018; LOISEAU *et al.*, 2016).

Segundo D’Amato *et al.* (2017), os conceitos de bioeconomia, economia circular e economia verde são avenidas para a sustentabilidade que, por diferentes caminhos, possuem como ponto de intersecção a promoção do crescimento econômico como um objetivo importante para se alcançar desenvolvimento social e metas ambientais. Também, valorizam a exploração de ganhos econômicos mercadológicos e atribuem papel ao Estado na promoção de novas atividades

econômicas verdes e na regulação de consequências negativas do crescimento econômico. Assim, esses conceitos conferem um conteúdo mais preciso à vaga ideia de desenvolvimento sustentável.

Bioeconomia designa a aplicação de princípios e processos biológicos em inovações que possam desenvolver novas atividades econômicas e substituir matérias primas fósseis por renováveis (MCCORMICK; KAUTTO, 2013). Essas aplicações exploram potenciais de aplicação de biomassa em larga escala e bem como pesquisa biotecnológica aplicada em produtos de alto valor agregado, desenvolvendo-se aceleradamente em áreas como alimentação e nutrição, fármacos e medicamentos, insumos agrícolas e insumos químicos (DIAS; DE CARVALHO, 2017; MEJIAS, 2019). No campo das energias renováveis, destaca-se a bioenergia, abrangendo uma infinidade de possibilidades de produção de combustíveis e eletricidade, como o bioetanol, o biodiesel, a bioquerosene, biometano e a termo-bioeletricidade (CARVALHO DE OLIVEIRA; ZANIN, 2015; MME/EPE, 2019, p. 201–221).

O conceito de economia circular coloca grande ênfase na integração e cooperação entre setores econômicos para tornar os resíduos e subprodutos de um setor a atividade principal de outro. Tendo suas origens em ideias a respeito de ecologia industrial desenvolvidas na década de 1970, passou a ser popularizado nos anos 90 em oposição a uma concepção linear de processos econômicos. Baseado na ideia de redesenhar o ciclo de vida de produtos, propõe a necessidade de minimizar o uso de insumos, bem como a produção de dejetos e perdas produtivas (D'AMATO *et al.*, 2017, p. 717). No campo das energias renováveis, destaca-se a circularidade econômica da produção de biogás e de bioeletricidade a partir de dejetos agrícolas e industriais e de resíduos sólidos urbanos.

A economia verde, segundo D'Amato *et al.* (2017), é um conceito mais amplo, um guarda-chuva conceitual que abarca os conceitos anteriormente discutidos. Ideias caras à bioeconomia e à economia circular, como reciclar, reutilizar e reduzir no ciclo de vida dos produtos, bem como aplicações de biomassa e bioenergia para substituir matérias primas fósseis, fazem parte do escopo da economia verde. Contudo, a economia verde tende ainda a incorporar outras noções, como desenvolvimento sustentável, investimentos verdes em contextos urbanos e conservação no uso da terra. Ecoturismo, educação ambiental, negócios e empregos verdes também são temas recorrentes na literatura sobre economia verde.

É importante salientar que, assim como a bioeconomia e a economia circular, a economia verde parte de uma noção de que o capital natural e o capital desenvolvido pelos seres humanos não são intercambiáveis e que o desenvolvimento tecnológico pode contribuir para aumentar a eficiência ecológica do capital humano, levando a uma parcial redução dos impactos negativos do

crescimento econômico no ambiente natural (D'AMATO *et al.*, 2017, p. 719). Para tanto, caberia a busca de soluções econômicas baseadas na natureza (*nature-based solutions*), como a promoção de pagamento por serviços ecossistêmicos, o ecoturismo e a recuperação de áreas degradadas. Diferentemente de concepções ecológicas mais radicais, que partem da ideia de impor limites ao crescimento econômico ou mesmo de promover o decrescimento, para a economia verde, crescimento econômico é um objetivo importante a ser perseguido. Isso desde que levado em conta o fato de que o capital natural não pode ser simplesmente substituído pelo capital desenvolvido por seres humanos. Dessa forma, a partir de novos modelos produtivos e de serviços, seria possível engendrar uma forma de crescimento verde (*green growth*), entendido como:

[...] uma trajetória de desenvolvimento econômico que se baseia no uso sustentável de recursos não-renováveis e que internaliza totalmente os custos ambientais, incluindo os mais críticos relacionados à mudança climática. O crescimento verde requer tecnologias verdes: técnicas de produção que economizam recursos esgotáveis e emitem menos gases de efeito estufa. A disponibilidade de tecnologias verdes reduz os custos sociais na transição para um caminho de crescimento verde e ajuda a alcançar uma taxa satisfatória de progresso material sob esse caminho. (RODRIK, 2014, p. 469, tradução própria).

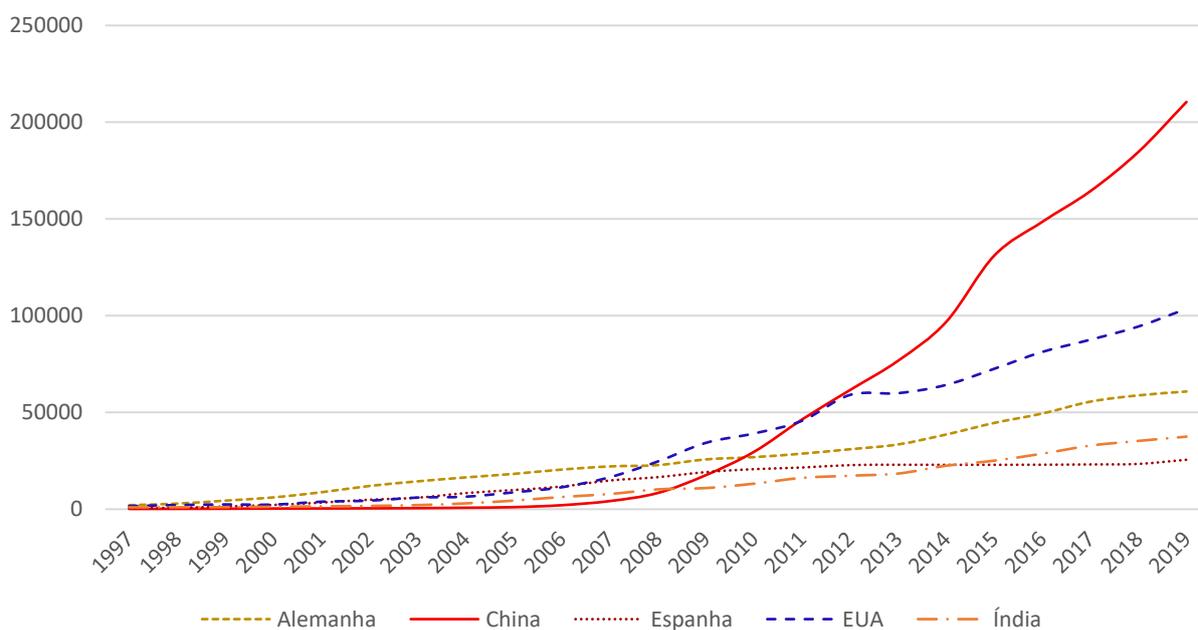
As energias renováveis poderiam ser classificadas como uma forma de tecnologia verde, especialmente pelas suas contribuições para reduzir emissões de GEE. Nesse sentido, transições energéticas para a sustentabilidade se coadunam no conceito de economia verde, pois além de bioenergias, também engloba uma série de outras tecnologias como energia eólica, solar, geotérmica e de pequenas hidroelétricas. Essas nem sempre são consideradas pela bioeconomia, pois não se baseiam em princípios biológicos. Também, extrapolam a economia circular, uma vez que ainda apresentam significativos desafios relacionados ao descarte, à reciclagem, à sustentabilidade da produção de seus insumos e aos seus impactos no ambiente local. Na próxima seção, será discutida o desenvolvimento do setor de energias renováveis, enfatizando como o avanço tecnológico e a redução de custos levou a uma nova realidade econômica, sem a qual, conceitos como o de economia verde dificilmente teriam viabilidade e apelo em mediar estratégias e acordos internacionais para o enfrentamento das mudanças climáticas.

2.5.2. A Economia das Energias Renováveis

O desenvolvimento das energias renováveis foi acelerado nas últimas décadas, especialmente nos setores de energia eólica e solar. Como veremos nessa seção, em grande medida isso está associado a viabilidade econômica desses setores, os quais apresentaram significativos avanços tecnológicos e redução nos custos de implantação, operação e financiamento.

Em relação ao setor de energia eólica, o crescimento desse setor em nível mundial foi exponencial. Estima-se que em 1980, o mundo consumia 0,01TWh de energia eólica, valor que passou para 3,63TWh em 1990, chegando a 31,4TWh em 2000. O grande “boom” desse setor ocorreria nas décadas seguintes, alcançando um consumo mundial total de 1.128TWh, em 2017 (RITCHIE; ROSER, 2019c). Pelo lado da oferta, em 2019, China, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha eram os países com maior capacidade instalada de energia eólica (Figura 13), seguidos de Reino Unido, França, Brasil, Canadá, Itália, Suécia, Turquia, Austrália, México e Dinamarca. No total, esses países representavam juntos mais de 89% da capacidade instalada mundial existente naquele ano, que foi de 622.704,30 MW (RITCHIE; ROSER, 2019c). É importante notar que o crescimento do setor de energia eólica deslanchou justamente em meados dos anos 2000, em função de acelerados investimentos realizados nos EUA e na China. Naquela época, instaurava-se uma acirrada competição entre as duas potências por assumir a liderança setorial. O ponto alto dessa disputa foi justamente 2011, quando a China ultrapassou os norte-americanos, para se consolidar como o maior produtor mundial de energia eólica.

Figura 13 –Capacidade Instalada de Energia Eólica (MW) (1997-2019)

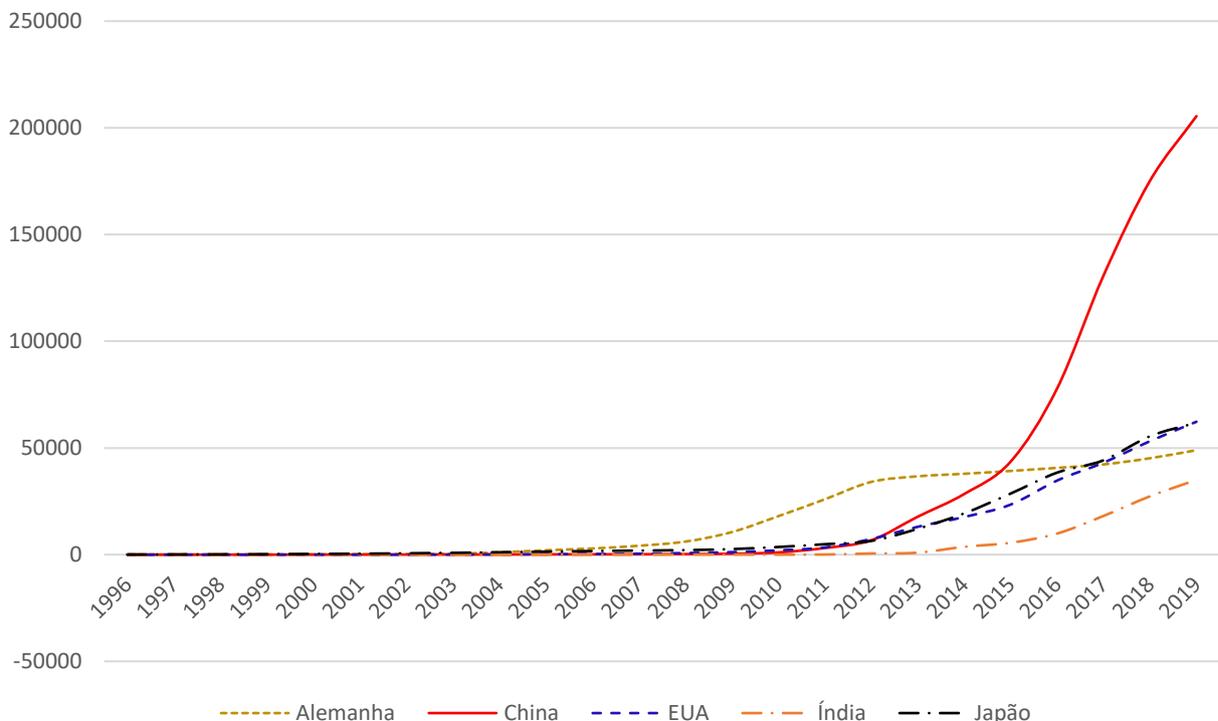


Fonte: BP Statistical Review of World Energy, disponível em <https://ourworldindata.org/renewable-energy>, acessado em 03 de dezembro de 2020.

Fenômeno semelhante ocorreu com a energia solar. Em 1980, era totalmente inexpressivo o consumo mundial de energia solar e, mesmo em 1990, essa fonte era responsável por apenas 0,39TWh. Ainda, no ano 2000, somente 1,13TWh de solar eram consumidos. Assim, o “boom” dessa fonte demorou mais tempo para ocorrer e veio somente na década de 2010, quando passou de 33,68TWh, em 2010, para 453,52TWh em 2017 (RITCHIE; ROSER, 2019c). Em

termos de capacidade instalada, o ranking dos ofertantes de energia solar não difere muito da energia eólica, encontrando-se nos 15 primeiros lugares, respectivamente China, EUA, Japão, Alemanha, Índia, Itália, Austrália, Reino Unido, Espanha, França, Coreia do Sul, Holanda, Turquia, Ucrânia e Bélgica. Em 2019, esses 15 países representavam em torno de 88,5% da capacidade de geração de energia solar existente no mundo, que totalizava 586.421,29 MW. Historicamente, o país pioneiro em desenvolver o setor de energia solar foi a Alemanha. Em 2015, a China ultrapassou os alemães e, de forma discrepante, tornou-se o país com maior capacidade de oferta (Figura 14). Ainda, foi importante o fato de que Japão e EUA ultrapassaram a Alemanha em 2017, deixando-a na quarta posição.

Figura 14 - Capacidade Instalada de Energia Solar (MW) (1996-2019)



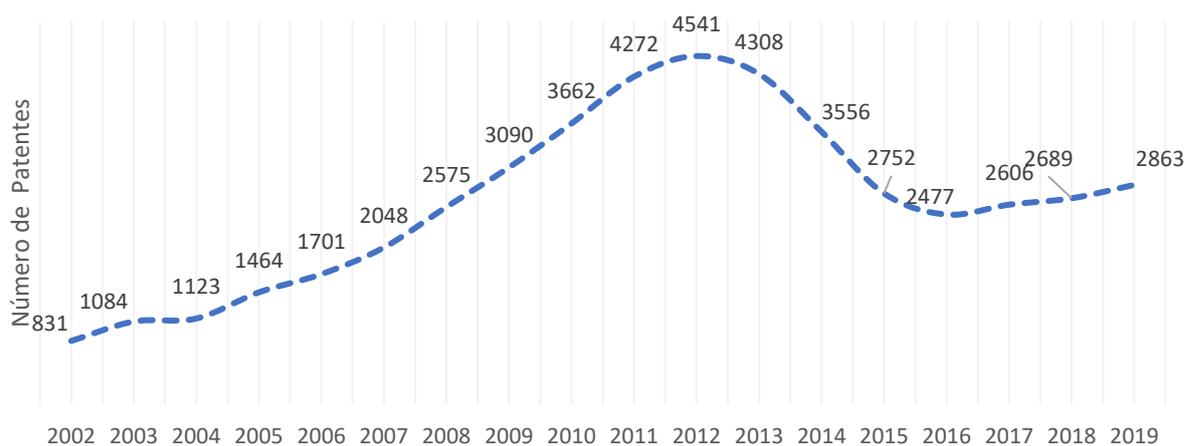
Fonte: BP Statistical Review of World Energy, disponível em <https://ourworldindata.org/renewable-energy>, acessado em 03 de dezembro de 2020.

A rápida evolução desses dois setores e a forma agressiva como EUA e China disputaram a liderança é, principalmente, resultado da viabilização econômica dessas tecnologias, criando novos mercados com potenciais lucrativos. Por sua vez, isso contribuiu para novas posturas nas negociações internacionais, levando a estratégias de cooperação entre EUA e China, fundamental para viabilizar o Acordo de Paris em meados da década de 2010 (DIMITROV, 2016; SOUZA; CORAZZA, 2017). Esse processo foi influenciado por uma revolução nos custos das energias renováveis ocorrida tanto nos custos dos equipamentos, quanto nos custos de capital associados ao financiamento dos projetos (FS-UNEP-BNEF, 2019).

Segundo estimativas da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), o custo médio ponderado para produção de eletricidade¹³ (CMPE) por fontes renováveis apresentou quedas importantes entre 2010 e 2019: de bioenergia caiu de 0,076 para 0,066 USD/kWh; já para geração de energia solar fotovoltaica, esse custo caiu de 0,378 para 0,068; de energia eólica *offshore*, caiu de 0,161 para 0,115; energia eólica *onshore* caiu de 0,086 para 0,053 (IRENA, 2020-, p. 12–17). O mais importante é que todas essas fontes estariam dentro da faixa de custos que possibilita competir com a geração de energia por combustíveis fósseis, que está entre 0,049 até 0,174 USD/kWh (IRENA, 2019-, p. 11). Ainda, segunda a IRENA (2020-, p. 14), em 2019, 56% da capacidade adicionada para geração de energia elétrica vinha de fontes renováveis e, entre essas novas plantas, três quartos das usinas eólicas *onshore* e dois quintos das usinas solares possuíam um CMPE menor que o custo mais barato para produção de energia fóssil. Isso equivalia a uma economia de um bilhão de dólares por ano para os consumidores, demonstrando a competitividade dessas fontes e os benefícios que podem gerar, para além da redução das emissões de GEE.

Um aspecto importante que impulsionou essa “revolução nos custos” foi o desenvolvimento tecnológico. Entre 2002 e 2012, verificou-se um crescimento de 5,5 vezes no número de patentes de tecnologias para energias renováveis registradas pela Organização Internacional de Propriedade Intelectual, chegando ao pico de 4541 patentes publicadas em 2012 (Figura 15). Esse amadurecimento tecnológico foi particularmente intenso no início da década de 2010, mudando o panorama político e econômico das energias renováveis (NURTON, 2020).

Figura 15 – Número de Patentes para Energias Renováveis - Ano de Publicação (2002-2019)

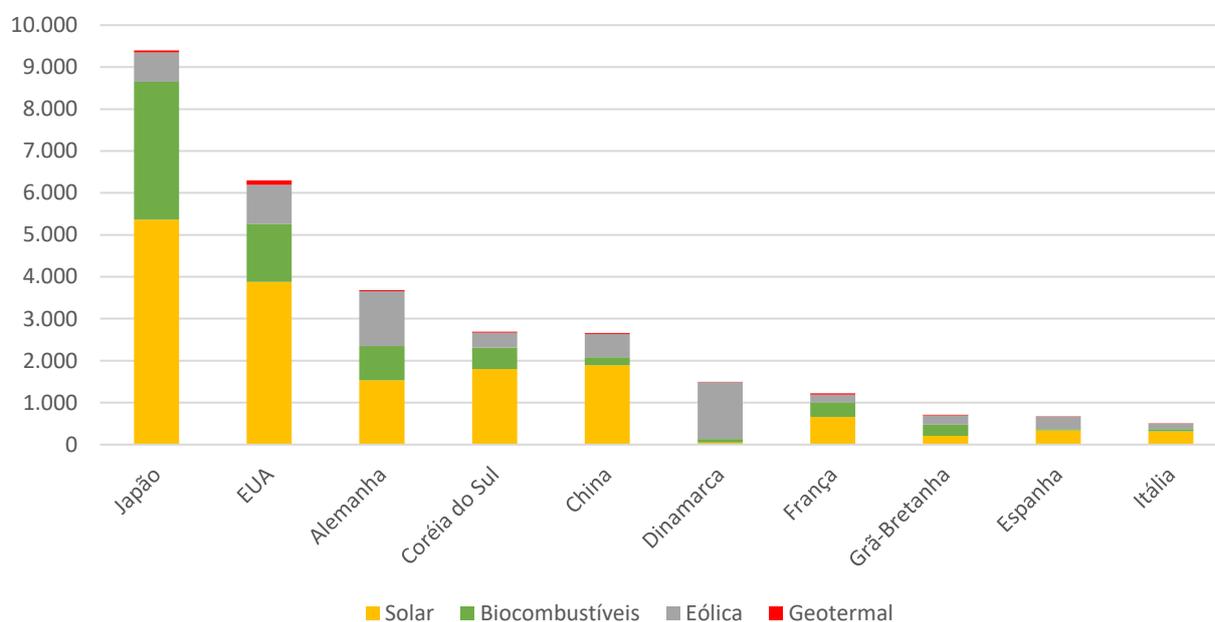


Fonte: Organização Internacional da Propriedade Intelectual, organizados e disponibilizados por Nurton (2020)

¹³ O cálculo é feito com base na razão entre o custo e o total de eletricidade gerada ao longo do ciclo de vida da planta geradora, descontados ao ano inicial por uma taxa de desconto que reflete o custo médio de capital. No relatório de 2019, a IRENA utilizou valores reais em dólares de 2019 para fazer os cálculos e assumiu um custo real de capital de 7,5% em países da OCDE e China e de 10% para o resto do mundo (IRENA, 2020, p.12). Os resultados refletem os dados de uma base com mais de 17.000 projetos de geração de energias renováveis, com mais 1 770 GW.

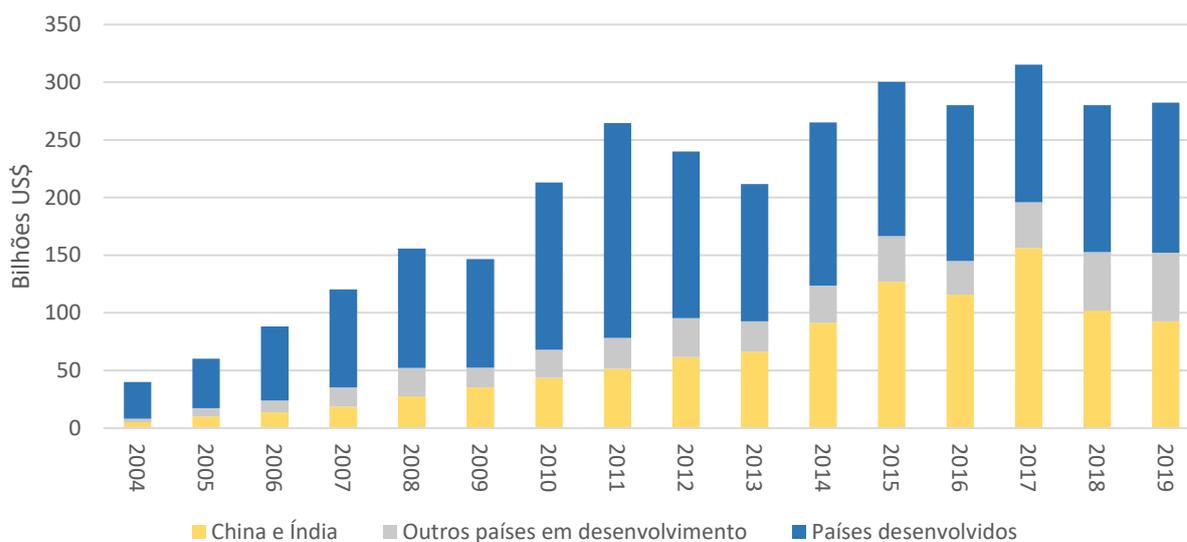
Em nível internacional, o Japão foi o que mais publicou patentes, seguido de Estados Unidos, Alemanha, Coreia do Sul e China, sinalizando que a acirrada competição entre esses países não ocorre somente no plano da produção e dos investimentos, mas também do desenvolvimento tecnológico (Figura 16). Ainda, vale destacar que há diferenças entre as tecnologias, pois o Japão vem liderando nas áreas de energia solar e biocombustíveis, enquanto a Dinamarca lidera a corrida por energia eólica e os EUA por energia geotermal (NURTON, 2020, p. 55–56). Assim, as constantes quedas nos custos de energias renováveis e a crescente competitividade do setor resultaram de um aprendizado tecnológico robusto que impactaram diretamente a lucratividade e as dinâmicas de investimento no setor (FS-UNEP-BNEF, 2017, p. 16–18).

Figura 16 - Patentes de Energias Renováveis Publicadas - Países Líderes (2010 e 2019)



Fonte: Organização Internacional da Propriedade Intelectual, organizados e disponibilizados por Nurton (2020)

O progresso tecnológico e a queda nos custos foram fatores fundamentais para impulsionar o investimento privado no setor. Por sua vez, o progressivo crescimento da competição entre bancos e investidores institucionais desejosos por adentrar nesse mercado promissor, assim como a estruturação de mercados de capitais dedicados às energias renováveis, foram aspectos fundamentais para se compreender a queda de custos no financiamento de novos projetos (FS-UNEP-BNEF, 2017, 2019). O resultado foi o significativo crescimento nos investimentos globais, que passaram de US\$ 40,1 bilhões, em 2007, para US\$ 282,2 bilhões em 2019, atingindo o pico de 315,2 no ano de 2017 (Figura 17).

Figura 17 - Investimentos Globais em Energias Renováveis (2004 – 2019)

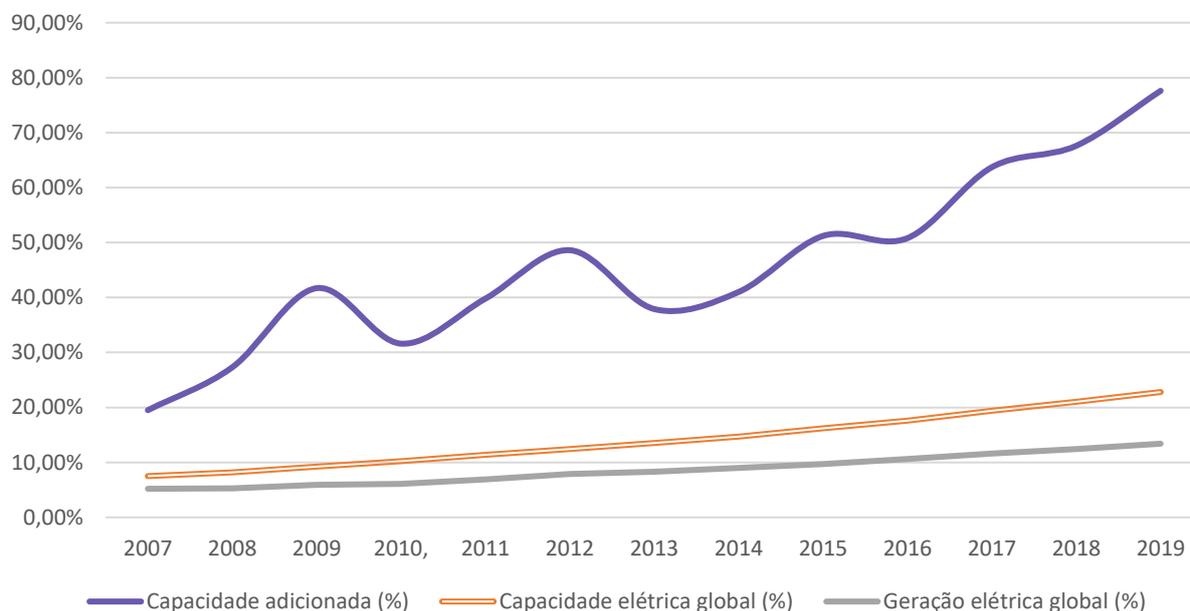
Fonte: Elaborado com dados de UNEP, Frankfurt School-UNEP Centre, Bloomberg NEF

Outro aspecto relevante é que, após 2014, os investimentos se mantiveram em patamares relativamente estáveis, girando em torno de uma média de US\$ 287 bilhões anuais. Contudo, nesse mesmo período foi quando mais se avançou em termos de capacidade instalada. Basicamente, esse fenômeno reflete as reduções nos custos, de tal maneira que com um mesmo montante de investimento se alcança um volume maior de capacidade (NURTON, 2020). Uma das consequências foi que, em 2015, pela primeira vez as energias renováveis ultrapassaram as fontes não renováveis e convencionais em termos de nova capacidade instalada de geração de energia elétrica, tendência que se seguiu nos anos posteriores (FS-UNEP-BNEF, 2017). Naquele ano, 51,20% da capacidade adicional instalada foi feita com novas energias renováveis, chegando ao auge em 2019, quando esse percentual subiu para 77,60%, ou seja, a cada 100 GW de capacidade adicionada, 77,6 são em projetos de renováveis (Figura 18).

Em termos de estoques globais de capacidade instalada, em 2007, as novas energias renováveis representavam somente 7,5%; alcançando o valor de 22,8% em 2019. Já em termos de geração de energia elétrica, ou seja, o quanto dessa capacidade está efetivamente entrando em operação, o crescimento foi um pouco mais modesto, passando de 5,3% em 2007 para 13,4% em 2019 (Figura 18). Assim, esse quadro geral significa que ao tomar decisões sobre novos investimentos no setor energético, de fato tem se revelado uma preferência por alternativas, o que favorece a realização de transições energéticas para a sustentabilidade. Contudo, apesar da tendência de crescimento, o processo é lento, uma vez que a maturação de investimentos no setor elétrico é demorada e o ciclo de vida das usinas pode chegar a décadas ou, até mesmo, séculos, como no caso das hidroelétricas. Dessa forma, processos de transição energética para a

sustentabilidade não necessariamente ocorrem na mesma velocidade que avanços em termos ampliação de capacidade instalada e geração elétrica por novas energias renováveis.

Figura 18 - Participação das Energias Renováveis na Oferta de Energia Global (2007 e 2019)



Fonte: Elaborado com dados de UNEP, Frankfurt School-UNEP Centre, Bloomberg NEF

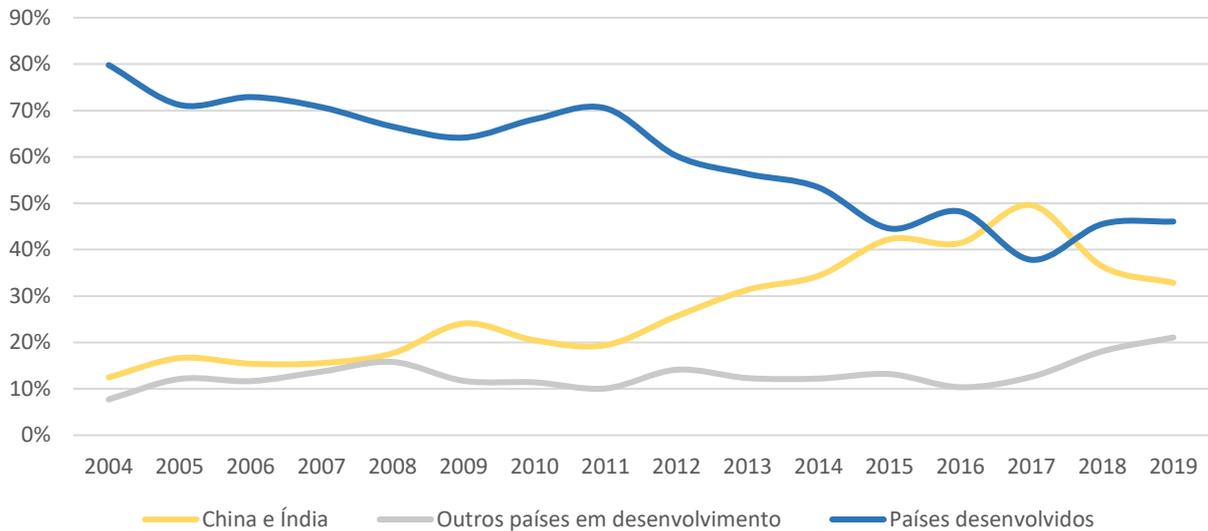
Por fim, vale destacar que, até 2015, a maior parte dos investimentos ocorria em países da OCDE, entretanto, naquele ano, pela primeira vez os investimentos realizados em China, Índia e demais países em desenvolvimento¹⁴ ultrapassaram a marca dos 50%, o que significa que esses países passaram a atrair a maior parte dos investimentos nesse setor. Ainda, a partir de 2016, começa a ter um crescimento importante na participação dos demais países em desenvolvimento (Figura 19). Até aquele ano, esses países representavam em média 12% dos investimentos globais, posteriormente, o que se observa é uma tendência de crescimento que chega ao pico de 21% no ano de 2019. Isso significa mudanças importantes na dinâmica dos fluxos de capitais nesse setor, que passam a se direcionar para países como Brasil, China, México Turquia e Ucrânia.

É importante ressaltar que em todas as regiões do mundo há uma tendência importante de aumentar o percentual de novas energias renováveis na oferta energética, inclusive na África Subsaariana. As exceções são o Oriente Médio e o Norte da África, onde isso ocorre de forma muito lenta. Portanto, os investimentos em energias renováveis extrapolam os países da OCDE e se difundem também em países com ambientes institucionais instáveis, caracterizados por regimes

¹⁴ Esses dados são calculados pelo Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, que, com o apoio da Bloomberg New Energy Finance, monitoram anualmente os fluxos de investimento no setor. Na metodologia adotada pelo centro, os países da OCDE são considerados desenvolvidos, com exceção de Turquia, México e Chile, os quais são contabilizados juntos aos demais países em desenvolvimento.

autoritários ou por democracias falhas. Contudo, pouco se sabe ainda sob a influência desses ambientes institucionais sobre esses investimentos, especialmente sob a forma como afetam as escolhas regulatórias no setor.

Figura 19 - Participação nos Investimentos Globais em Energias Renováveis (2004-2019)



Fonte: Elaborado com dados de UNEP, Frankfurt School-UNEP Centre, Bloomberg NEF

Em síntese, pode-se afirmar que a viabilidade tecnológica e econômica das novas energias renováveis já não é o imenso desafio que representava na década de 1990. Ao que tudo indica, o setor ganhou competitividade e demonstrou ser lucrativo. Ao se pensar em transições energéticas, mesmo que fatores tecnológicos e econômicos continuem tendo um peso importante, é preciso olhar para outros aspectos que nos ajudem a explicar o porquê de alguns países avançarem mais que outros nesses processos. Para dar conta dessa questão, é necessário observar como fatores políticos e institucionais são determinantes para explicar transições energéticas. Entre esses fatores, há motivos para considerar que o regime político seja uma das variáveis com maior influência nesses processos, algo que será debatido no próximo capítulo.

3. Regime Democrático, Políticas Públicas e Transições para a Sustentabilidade

Este capítulo tem por objetivo analisar a relação entre regimes democráticos e transições energéticas para sustentabilidade, destacando o papel das políticas regulatórias em promover esses processos. Primeiramente, é introduzido o conceito de transições sociotécnicas para a sustentabilidade, realçando como esses processos são permeados por questões políticas, de tal forma que a influência do regime político em mediar os conflitos emergentes passa a ser um aspecto central. Em seguida, são revisados argumentos empíricos e teóricos presentes na literatura internacional para afirmar que regimes democráticos apresentam melhores performances ambientais. Na terceira seção, apresentam-se evidências empíricas de que democracias também apresentam uma melhor performance quando se trata de desenvolver o setor de energias renováveis. A quarta parte discute o papel das políticas regulatórias em promover transições energéticas para a sustentabilidade. Primeiramente, são apresentados os diferentes tipos de políticas disponíveis para fomentar o setor de energias renováveis e suas lógicas de funcionamento. Em seguida, analisa-se a efetividade dessas políticas em fomentar transições energéticas em diferentes partes do mundo. Por fim, é feita uma revisão da literatura que analisa a adoção dessas políticas, enfatizando como o regime político foi uma variável pouco explorada.

3.1. Transições Sociotécnicas para Sustentabilidade

Enfrentar os desequilíbrios no efeito estufa tem exigido diversas ações que se dirigem a promover a coordenação de atores em nível global, o desenvolvimento tecnológico e a transformação nas formas de organização social e nos valores culturais (CAPRA, 1998; GIDDENS, 2010; NEVES *et al.*, 2011). Ou seja, depende de desenvolver trajetórias de desenvolvimento que impulsionem a performance ambiental de uma sociedade, buscando uma melhor gestão dos recursos naturais e menores níveis de emissões de gases de efeito estufa. Esses processos têm sido designados pelo conceito de transições sociotécnicas para a sustentabilidade (BERKHOUT; SMITH; STIRLING, 2004; GEELS, 2011; KÖHLER *et al.*, 2019). O fomento dessas transições depende, entre outros fatores, de formular e implementar políticas públicas que impulsionem uma economia de baixo-carbono, especialmente nos setores de energia, alimentação e transportes, que historicamente são os maiores responsáveis pelas emissões.

Transições sociotécnicas podem ser compreendidas como processos essencialmente políticos, marcados por desacordos e disputas em torno de quais rumos essas transições irão tomar (MEADOWCROFT, 2009). A realização dessas transições potencialmente altera resultados societais, pois modificam a correlação de forças entre atores e a distribuição dos recursos econômicos gerados nos setores alvo, gerando novos vencedores e novos perdedores de acordo com as diferentes trajetórias estabelecidas (KÖHLER *et al.*, 2019). Ou seja, no transcorrer das transições haverá uma nova distribuição dos custos e benefícios, econômicos e ambientais, entre os diferentes atores que participam do processo. Dessa forma, a capacidade que cada país terá de avançar nessas transições depende em grande medida da interação entre diferentes níveis de ação em que se encontram esses atores (GEELS, 2011, 2014). Um nível de ação fundamental nesse processo é aquele em que se encontram os arranjos institucionais que conformam a vida política em âmbito nacional, como o regime político, o sistema de governo e o sistema de representação. Dessa forma, é necessário compreender melhor os efeitos da democracia para a performance ambiental dos países.

3.2. Democracia e Performance Ambiental

Há diversas razões para se argumentar que o nível de democracia de um país influencia sua performance ambiental. Um primeiro aspecto a ser salientado é que os direitos ambientais se consolidam como direitos básicos em convenções internacionais que são internalizadas e a conformam legislações nacionais. Nesse processo, regimes democráticos são fundamentais para desenvolver políticas e instrumentos que assegurem direitos básicos (O'DONNELL, 2011, 2013), o que se reflete também na sua capacidade de assegurar os direitos ambientais (BÄTTIG; BERNAUER, 2009; BERNAUER; KOUBI, 2009; CONGLETON, 1992),

Do mesmo modo, um ambiente institucional que assegure o exercício de direitos políticos e liberdades individuais é fundamental para o fortalecimento da sociedade civil (O'DONNELL, 2011). ONGs e movimentos sociais ambientalistas passam a ter um papel crucial em pressionar governos e companhias privadas para que respeitem as regras ambientais. Também, têm um papel importante na promoção de mudança de valores societais, ampliando a conscientização a respeito da necessidade de proteger o meio ambiente e de mudar hábitos de consumo e estilos de vida. Essa maior conscientização pode mudar as preferências por bens ambientais da população e alterar suas escolhas eleitorais, favorecendo candidatos que priorizem a agenda ambiental (ALIZADA, 2018;

HUGHES; URPELAINEN, 2015). A condição para que essas preferências se expressem, contudo, é justamente a realização de eleições livres, competitivas e justas.

Além disso, para impor regulações mais rígidas a setores poluidores, os governos devem contar com o apoio legítimo da população (SMITH; STIRLING; BERKHOUT, 2005). Em sociedades democráticas, a necessidade de desenvolver mecanismos de transparência e prestar contas aos cidadãos favorece o controle da implementação de regulações ambientais e a denúncia do lobby de setores econômicos (RODRIK, 2014). Do mesmo modo, aumentar a alocação de recursos para a promoção de transições sociotécnicas depende do respaldo político de eleitores, parlamentares e organizações da sociedade civil, elevando a credibilidade e a efetividade das políticas pró-meio ambiente (MECKLING; NAHM, 2018; SCRUGGS, 1999, 2003).

Regimes democráticos também influenciam positivamente processos de crescimento econômico, tornando-os mais sustentáveis. Segundo Dani Rodrik (2007), democracias possibilitam mobilizar o conhecimento local dos atores através da participação política e descentralizar a tomada de decisões. Por deter essa capacidade, democracias poderiam ser vistas como uma espécie de meta-instituição hábeis em propor soluções inovadoras para os problemas sociais, com destaque para estabelecer direitos de propriedade, instituições regulatórias, estabilização macroeconômica, seguridade social e gestão do conflito societal. Isso resultaria em um crescimento econômico de maior qualidade, no sentido de ser mais previsível, estável e resiliente e, também, de obter melhores resultados distributivos. Essas características também são importantes para potencializar a performance ambiental e o desenvolvimento de uma economia verde.

Primeiro, porque os recursos oriundos do crescimento econômico podem ser investidos no desenvolvimento tecnológico e no fomento de atividades econômicas que favoreçam a sustentabilidade (SCRUGGS, 1999). Segundo, à medida que se avança no crescimento econômico, cresce também a capacidade de se arcar com os custos de regulações mais pesadas na área ambiental (SCRUGGS, 2003). Terceiro, o caráter participativo das instituições democráticas favorece a sustentabilidade, uma vez que o estabelecimento de espaços de diálogo entre os atores envolvidos minimiza o conflito ambiental direto e possibilita criar regulações apropriadas para a gestão dos recursos naturais. Afinal, mobilizar o conhecimento dos atores envolvidos em arenas de diálogo é um fator crucial para impedir a superexploração dos recursos naturais e melhorar a provisão de bens públicos (OSTROM, 1990, 2010; OSTROM; BASURTO, 2011). Por sua vez, a capacidade das instituições democráticas de assegurar direitos básicos e melhorar os resultados

distributivos é fundamental para potencializar a dimensão social do desenvolvimento sustentável, atacando a associação existente entre pobreza, violência e conflitos por recursos naturais.

Essas afirmações são sustentadas por estudos que evidenciaram empiricamente a relação entre democracias e performance ambiental. Partindo de uma amostra de 118 países para o ano de 1989, o estudo de Roger Congleton (1992) apresentou as primeiras evidências dessa relação. Seus resultados apontaram que democracias seriam mais exigentes em relação a adoção de padrões regulatórios para poluição e também seriam mais propensas a assumir compromissos internacionais na área ambiental. Lyle Scruggs (1999, 2003) estudou as diferenças de performance ambiental em 17 países industrializados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), comparando as variações em índices ambientais entre 1970 e 1990. Os resultados encontrados por Scruggs (1999, 2003) apontaram que sociedades com democracia consensuais neocorporativistas, como Suécia e Noruega, tendem a ter melhor performance ambiental que democracias pluralistas, representada por países como Canadá e Estados Unidos da América (EUA). Nesses países, o crescimento econômico, ancorado no estabelecimento de consensos societários, foi fundamental para se arcar com os custos de regulações ambientais mais rígidas e de distribuições mais equânimes do produto social.

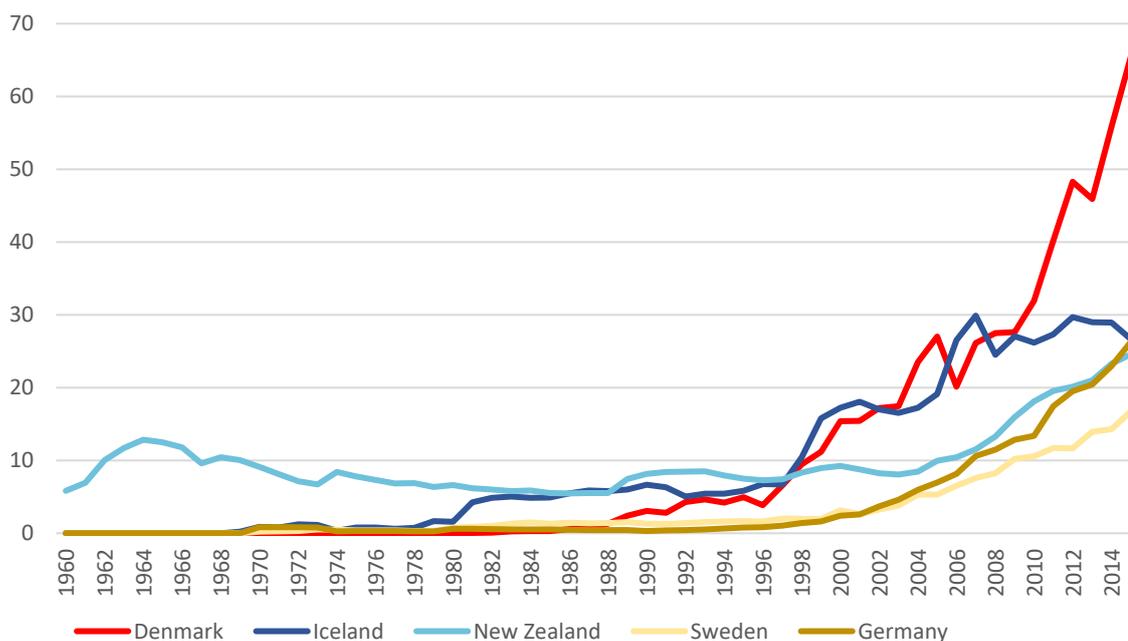
Bernauer e Koubi (2009) analisaram a qualidade do ar em 107 cidades, presentes em 42 países, entre 1971 e 1990. Seus testes empíricos demonstraram que o nível de democracia exerce um efeito positivo e independente de outros fatores sobre a qualidade do ar, o que seria uma evidência de que regimes democráticos possuem maior capacidade de ofertar bens públicos ambientais. O estudo de Bättig e Bernauer (2009) analisou o comprometimento dos países com o combate às mudanças climáticas, a partir de uma amostra de 185 países, entre 1990 e 2004. Os resultados desse estudo demonstraram que democracias dedicam mais esforços para o combate às mudanças climáticas, o que ficaria expresso em uma maior adesão e comprometimento a diferentes tratados e organizações internacionais relacionados a questão climática.

Portanto, existem razões teóricas e empíricas para assumir que a relação entre regime político e performance ambiental é relevante. Ao que tudo indica, o fato de um país ser democrático influencia a garantia de direitos ambientais, adoção de padrões regulatórios, o cumprimento de acordos internacionais e a qualidade do crescimento econômico. Na próxima seção, será discutida a influência do regime político em uma área específica que é a das transições energéticas para a sustentabilidade.

3.3. Regime Político e Transições Energéticas para a Sustentabilidade

A associação positiva entre democracia e sustentabilidade também se observa em transições energéticas. Em países com forte tradição democrática, é onde se verificam alguns dos maiores avanços em termos de transições energéticas para a sustentabilidade. Nesses países, observa-se não apenas o desenvolvimento tecnológico e a ampliação do setor de energias renováveis, mas um efetivo aumento do percentual representado por fontes renováveis na matriz energética (GEELS *et al.*, 2016; JACOBSSON; LAUBER, 2006; LUND, 2007; RÜDIGER, 2019). Em 2015, as novas energias renováveis foram responsáveis por 65% de toda energia elétrica produzida na Dinamarca e por mais de um quarto na Alemanha, Islândia e Nova Zelândia; na Suécia, esse percentual alcançou 16,75% naquele ano (**Figura 20**). Ou seja, nesses países, turbinas eólicas e painéis fotovoltaicos estão efetivamente substituindo carvão, petróleo e gás natural como fontes primárias de energia.

Figura 20 - Energias Renováveis (%) – Países Selecionados - (1960 - 2015)

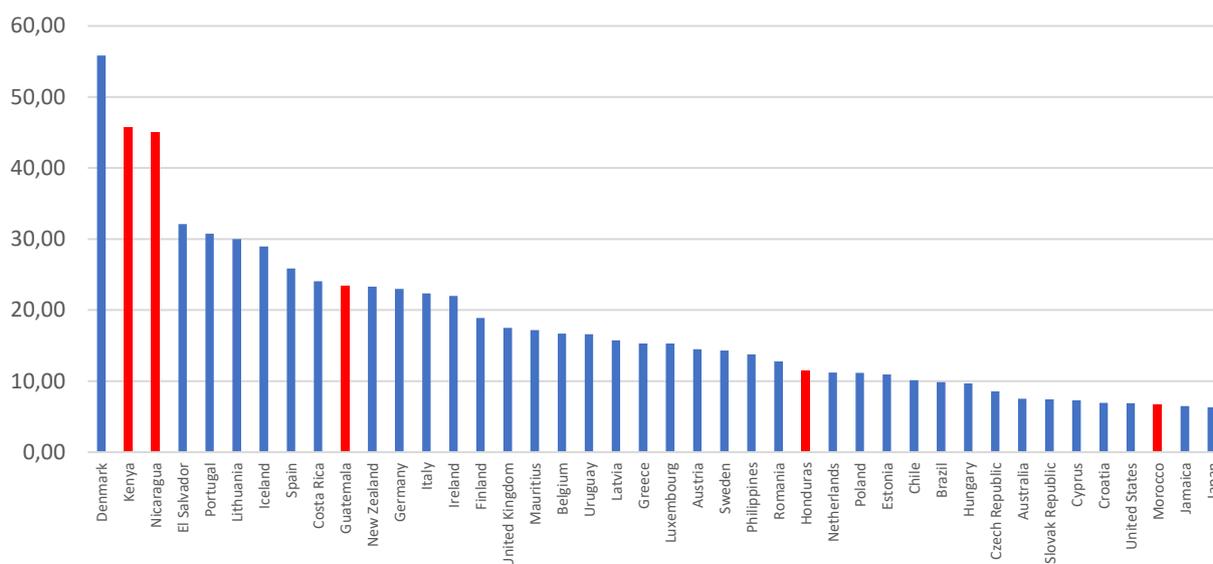


Fonte: World Development Indicators – World Bank (2020). Os dados representam o percentual de energia elétrica produzida por fontes renováveis, excluindo hidroelétricas, no total de eletricidade gerado.

Reforça esse argumento o fato que, em uma amostra de 141 países, apenas 42 estão acima da média mundial de possuir 6,23% da energia elétrica gerada por novas energias renováveis, em 2014 (Figura 21). Entre esses 42 países que figuram acima da média, apenas cinco países não eram classificados como democracias plenas ou democracias imperfeitas (Quênia, Nicarágua, Guatemala, Honduras e Marrocos). Essa associação ainda é observável no extremo oposto, ou seja, para países autoritários. Segundo dados da Agência Internacional de Energia, disponibilizados

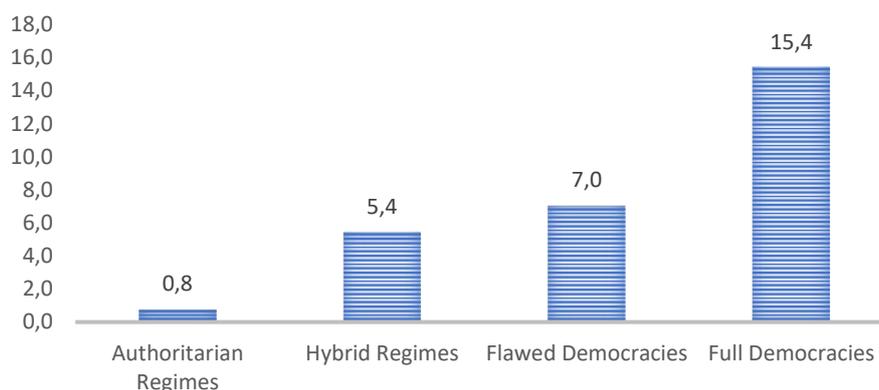
pelo Banco Mundial (2020), o percentual de energias renováveis na produção de eletricidade é praticamente nulo em alguns dos países mais autocráticos do mundo, como Coreia do Norte, Arábia Saudita, Turcomenistão, Tadjiquistão, Myanmar e Angola. Assim, existe alguma relação positiva entre o nível de democracia do regime político e a capacidade de um país avançar em transições energéticas para sustentabilidade. Quanto maior o nível de democracia do regime político, maior seria a probabilidade de uma transição ocorrer.

Figura 21 - Energias Renováveis (%) – Países Acima da Média (2014)



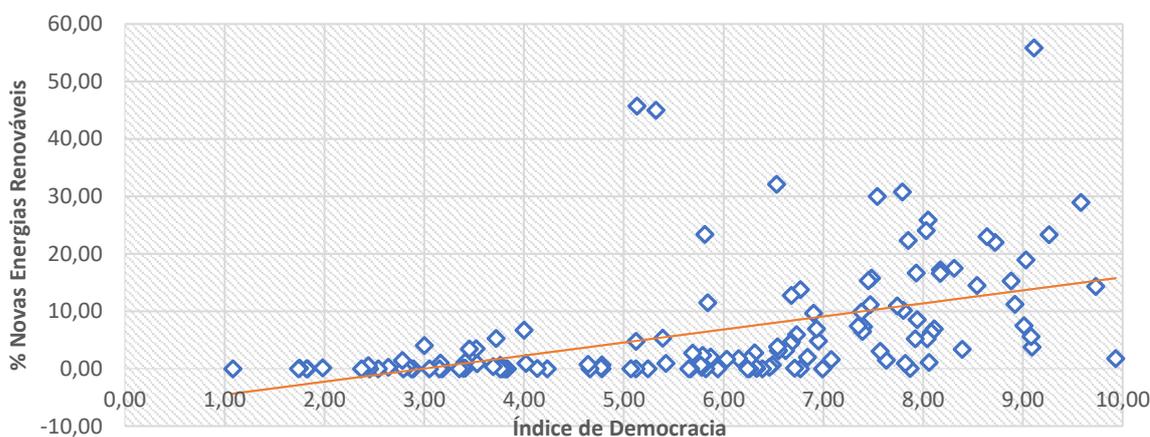
Fonte: elaborado com base em dados do World Development Indicators. (WORLD BANK, 2020). Os dados representam o percentual de energia elétrica produzida por fontes renováveis, excluindo hidroelétricas, no total de eletricidade gerado. Em azul, os países apontados pelo The Economist Democracy Index como democracias plenas ou democracias imperfeitas; em vermelho, regimes híbridos ou autoritários (ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT, 2015).

Ainda, quando segmentada a amostra de acordo com as diferentes classificações de regime político, o que se observa é uma diferença significativa entre os diferentes tipos de regime. Em regimes autoritários, a média é de 0,8% e em regimes híbridos é 5,4%. Já em democracias imperfeitas, encontramos em média 7,0% da produção de energia elétrica com origem em novas energias renováveis. Esse número mais que dobra em democracias plenas, chegando a 15,4% (Figura 22).

Figura 22 – Percentual Médio de Novas Energias Renováveis por Regimes Políticos

Fonte: elaborado com base em dados do *The Economist Intelligence Unit* (2015) e do *World Bank* (2019). Os dados expressam o percentual médio que as novas energias renováveis representam na matriz elétrica de cada país, de acordo com o regime político.

Nesse sentido, democracias propiciariam um terreno fértil para se efetivar transições energéticas para sustentabilidade, havendo uma forte linearidade nessa relação, como pode ser observado na figura abaixo¹⁵. Em grande medida, esse fenômeno está associado à qualidade da governança, a um histórico de mobilização da sociedade civil, ao fortalecimento dos partidos verdes e aos governos de partidos de esquerda que em diferentes países têm mobilizado o apoio político necessário para implementar políticas que favoreçam essas transições (CADORET; PADOVANO, 2016; GEELS *et al.*, 2016; JACOBSSON; LAUBER, 2006).

Figura 23 – Novas Energias Renováveis (%) de acordo com o Nível de Democracia

Fonte: elaborado com base em dados do *The Economist Intelligence Unit* (2015) e do *World Development Indicators* (WORLD BANK, 2020).

¹⁵ Ao testar a relação linear entre as variáveis através de um modelo de mínimos quadrados ordinários, tanto a constante, quanto o nível de democracia demonstraram-se significativas ao nível de confiança de 1%. Assim, estima-se que o aumento de um ponto no nível de democracia implica em uma elevação média de 2,27 pontos percentuais na oferta de renováveis, de acordo com a seguinte equação: $y = -6,82 + 2,27x$. modelo passou nos testes de White e Koenker (Breusch-Pagan Robusto) para homocedasticidade e obteve um R^2 -ajustado de 0,23. Contudo, o modelo não apresenta normalidade em seus resíduos, de modo que não é possível inferir uma relação de causalidade estrita apenas do modelo bivariado. Isso indica que é necessário investigar mais profundamente essa relação levando em conta outras variáveis de controle e possíveis variáveis intervenientes.

Contudo, há elementos que desafiam essa associação positiva entre democracia e performance ambiental, trazendo a necessidade de se investigar mais a fundo esse fenômeno. Provavelmente, entre esses fatos, o mais desafiador foi a eleição de governos neoconservadores em democracias ocidentais, como EUA, Brasil, Grã-Bretanha, Polônia e Hungria (BROWN, 2006; GUGLIANO *et al.*, 2022; LEVITSKY; ZIBLATT, 2018; SEIFERT JR; QUEIROZ-STEIN; GUGLIANO, 2023, 2020). Esses governos conquistaram amplo apoio da população, defendendo uma agenda cética em relação ao aquecimento global, desprezando os riscos ambientais e priorizando políticas a favor de um crescimento econômico desenfreado. Também, assumiram políticas ativas para fomentar o investimento em energias de fontes fósseis, como carvão, petróleo e gás natural. Suas ações colocaram em xeque perspectivas otimistas em relação à capacidade de sistemas políticos baseados no sufrágio universal dar conta dos imensos desafios ambientais contemporâneos. Ao mesmo tempo, muitos ambientalistas passaram a assumir discursos radicais, descrentes na democracia, percebendo que populações desejosas por elevar seus padrões de consumo jamais elegeriam candidatos que assumissem os custos do real enfrentamento dos problemas ambientais (FISCHER, 2017).

A realidade se tornou ainda mais desafiadora, pois é na China, onde mais se desenvolvem tecnologias ambientalmente amigáveis. Desde 2006, os chineses são quem mais registram patentes tecnológicas de novas energias renováveis e, em 2019, possuíam a maior capacidade instalada para geração de energia hidroelétrica, eólica e solar fotovoltaica (RITCHIE; ROSER, 2019c). Impulsionados pela ação estatal, além de abastecer o mercado interno e obter significativos ganhos de eficiência energética, os chineses conseguiram estruturar cadeias produtivas competitivas, de tal modo que hoje exportam equipamentos necessários à produção de energias renováveis para o mundo todo (BINZ *et al.*, 2017; PANG; BAI; LOVELL, 2018; ZHANG *et al.*, 2013; ZHANG; SONG; HAMORI, 2011; ZHI *et al.*, 2014). Esse tipo de experiência embasa, por exemplo, o argumento que regimes autoritários, com sistemas de decisão centralizados, teriam maior agilidade e capacidade para definir objetivos estratégicos e implementar políticas para sustentabilidade (VON STEIN, 2017).

Portanto, esse é um tema complexo, que exige estudos aprofundados, uma vez que mudanças em padrões tecnológicos, produtivos, comerciais, políticos e financeiros passam a exigir que os países adaptem suas estratégias econômicas e ambientais. Como discutido, existem argumentos teóricos e empíricos para sustentar que países democráticos apresentam uma melhor performance ambiental e, também, um melhor desempenho em elevar a participação de novas energias renováveis em suas matrizes energéticas. Contudo, não é possível afirmar categoricamente que a democracia seja uma causa de transições energéticas. Provavelmente,

existem variáveis intervenientes que melhor explicam o fato de que regimes políticos democráticos favorecem o desenvolvimento das transições estudadas. Uma hipótese plausível é que regimes democráticos influenciam positivamente a adoção de políticas regulatórias, necessárias para estruturar mercados de novas energias renováveis.

3.4. Políticas Públicas para Energias Renováveis

A necessidade de garantir segurança energética, o desafio de substituir fontes nucleares, o peso crescente da agenda de combate às mudanças climáticas e as novas oportunidades econômicas associadas à economia verde são fatores cruciais para se compreender transições energéticas. Os ritmos desses processos são diferenciados em cada país, bem como o peso que cada um desses fatores tem em engendrar a criação de novas estruturas no setor energético. Subjacente a esses processos, encontram-se uma série de políticas públicas que adotam diferentes objetivos e diferentes instrumentos, variando de acordo com o país e o momento em que são formuladas e implementadas.

Assim, além de fatores internacionais, como novos acordos na área ambiental e disputas geopolíticas, cresce a importância de se investigar a forma que dinâmicas políticas internas de cada país afeta a escolha dos instrumentos que serão adotados para se avançar em transições energéticas (HUGHES; URPELAINEN, 2015; STADELMANN; CASTRO, 2014). Entre esses instrumentos, as políticas regulatórias ganham destaque por estabelecerem regras que guiam ou controlam os agentes de mercado – consumidores, ofertantes e prosumidores¹⁶ - incentivando a criação de oferta ou de demanda por energias renováveis (REN21, 2020-, p. 258). O regime político pode influenciar a realização de transições energéticas ao determinar a adoção de políticas que são efetivas para o desenvolvimento do setor de energias renováveis. Para se avançar nesse estudo, neste capítulo serão discutidos os principais instrumentos disponíveis para fomentar novas fontes renováveis, avaliando sua efetividade e a influência que o regime político exerce em sua adoção.

Para tanto, primeiro, será traçado um panorama das políticas públicas mais difundidas nessa área, analisando sua lógica de ação e seus objetivos. Em seguida, discute-se da efetividade dessas políticas e sua influência em transições energéticas, com base em pesquisas que avaliaram

¹⁶ “Prosumidores” é um neologismo importante no contexto das energias renováveis, designando o fato de que uma unidade de consumo de eletricidade, como uma casa ou uma fazenda, pode se tornar uma pequena usina de produção de eletricidade, através, por exemplo, da instalação de placas solares, torres eólicas ou biodigestores. Assim, torna-se, ao mesmo tempo, uma unidade consumidora e produtora. Caso essa unidade esteja conectada à rede pública por um sistema de compensação de energia, os saldos líquidos positivos podem ser revendidos para outros consumidores.

a questão empiricamente. Por fim, na terceira parte, apresenta-se uma revisão de outros estudos que investigaram a adoção e a difusão de políticas para energias renováveis, enfatizando como a influência do regime político ainda é um fator pouco explorado nessa literatura.

3.4.1. Instrumentos de Fomento às Energias Renováveis

As políticas para novas energias renováveis tiveram início na década de 1970, quando, impulsionados pelos choques do petróleo, governos passaram a investir em P&D em busca de alternativas energéticas. Contudo, foi somente a partir da década de 1990 que essas políticas passaram a se difundir mais rapidamente tendo em vista a crescente preocupação com questões climáticas. Os primeiros instrumentos adotados foram os auxílios públicos, como incentivos fiscais, financiamentos e subsídios que tornassem as renováveis viáveis economicamente (PODCAMENI, 2014).

Países como Dinamarca, Alemanha, Estados Unidos e Grã-Bretanha foram pioneiros em estabelecer essas políticas e também em criar instrumentos inovadores, como as tarifas-prêmio (*feed-in tariffs*), políticas de cotas (*renewable portfolio standard*), créditos fiscais, créditos para exportações e mercados livres de eletricidade para produtores autônomos (ALVES, 2017, p. 56–62). Esses instrumentos passaram a ter peso crescente para se compreender processos de transições energéticas, sendo cada vez mais difundidos nas diferentes partes do mundo. Do mesmo modo, ao longo do tempo, houve uma tendência de se implementar diversos instrumentos simultaneamente (*policy mix*) (EDMONDSON; KERN; ROGGE, 2018; GOMEL; ROGGE, 2020; ROGGE; REICHARDT, 2016), expressa no crescimento do número médio de políticas adotadas por países em todos os níveis de renda.

De acordo com o estudo de Elia Alves (2017, p. 53), em média, cada país de renda alta adotava três políticas em 2005, passando para mais de cinco políticas em 2015; já nos países de renda média-alta, esse número passou de 1,5 para 3,5. Entre os países de renda média-baixa foi onde ocorreu o crescimento mais importante, passando de 1,5 para aproximadamente quatro. Fenômeno semelhante ocorreu com os países de baixa renda, que, em média, adotavam nenhuma política em 2005, passando para 2,5 em 2015. Portanto, subjacente ao boom de energias renováveis ocorrido nas últimas décadas, há uma robusta agenda de políticas públicas, expressa no crescente número de países que adotam instrumentos direcionados para esse setor, tendência que se observa em todos os níveis de desenvolvimento.

As políticas de incentivo às energias renováveis podem ser classificadas em três tipos: políticas tecnológicas, políticas industriais e políticas regulatórias¹⁷ (ALVES, 2017, p. 45). As políticas tecnológicas focam-se em fomento à Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) e estruturação de sistemas de inovação, promovendo articulação entre diversos atores, como empresas, universidades e órgãos governamentais. Essas políticas marcam uma primeira fase de desenvolvimento setorial nos países pioneiros, em que o objetivo central era aumentar a eficiência e reduzir os custos de comercialização das novas energias renováveis (PODCAMENI, 2014, p. 83–119).

As políticas industriais objetivam desenvolver em território nacional empresas e parques industriais que forneçam os bens de capital necessários para o setor de energias renováveis. Para tanto, instrumentos como a exigência de conteúdo nacional atrelado ao financiamento de parques eólicos, disponibilização de créditos para exportação, concessão de subsídios e financiamento de investimentos no exterior foram amplamente utilizados em países como Dinamarca, China e Brasil (ALTENBURG; RODRIK, 2017; ALVES, 2017, p. 57; ARAÚJO; WILLCOX, 2018; PODCAMENI, 2014; RODRIK, 2014; ZHANG *et al.*, 2013).

Por fim, as políticas regulatórias, foco desse trabalho, são aquelas que atuam na criação e regulação de oferta e demanda de energias renováveis. No quadro 1, elaborado por Alves (2017, p. 47), encontram-se os principais instrumentos regulatórios adotados. Em termos gerais, as políticas regulatórias podem atuar sobre o preço da eletricidade ou sobre as quantidades ofertadas. Pode-se considerar que essas políticas possuem pelo menos um dos seguintes objetivos: diversificação, descentralização ou descarbonização (CARLEY, 2011). O objetivo de diversificação está associado à busca de segurança energética e à criação de novas oportunidades econômicas, ampliando a capacidade e a geração de eletricidade através de novas fontes na matriz elétrica, o que também amplia a competição entre ofertantes. A descentralização diz respeito a instrumentos que favoreçam a entrada de novos atores no setor elétrico, diminuindo barreiras técnicas, regulatórias e econômicas para geração distribuída, o que pode favorecer a ampliação da parcela da população com acesso à eletricidade. A descarbonização está fortemente associada à agenda de combate às mudanças climáticas, focando-se em instrumentos que efetivamente tornem a matriz energética menos poluente.

¹⁷ Políticas regulatórias também são chamadas de políticas de mercado.

Quadro 1 - Tipos de Políticas Regulatórias para Energias Renováveis

Instrumento	Explicação
<i>Tarifas Feed-in ou prêmio</i>	Uma política que define um preço garantido por um determinado período em que os produtores podem vender eletricidade proveniente de fontes renováveis para a rede. Algumas políticas oferecem uma tarifa fixa, enquanto outros oferecem prêmios fixos adicionados à comercialização ou tarifas atreladas aos custos de geração. Tarifas <i>feed-in</i> são expressas em moeda nacional por kWh ou MWh
<i>Cotas ou obrigações</i>	Atribuem aos fornecedores de energia a obrigação de que uma parte do seu abastecimento de eletricidade seja proveniente de fontes renováveis. Estas cotas não necessariamente são cobertas por certificados negociáveis. Alguns exemplos são os <i>renewables portfolio standards</i> (RPS), nos Estados Unidos e o <i>Renewable portfolio obligation</i> (RPO), no Reino Unido.
<i>Certificados Comercializáveis de energia Renovável</i>	Os Certificados de Energia Renovável (REC, em inglês) consistem em ativos financeiros negociáveis emitidos pelo órgão regulador, que certifica a produção de energia renovável. Junto com a criação de um regime de certificados, geralmente, se estabelece um mercado distinto em que os produtores podem comercializar certificados. O preço do certificado é determinado pelo mercado. Os CERs são também conhecidos como etiquetas verdes ou certificados renováveis. Eles permitem que o comprador pague a geração renovável, sem a necessidade de entrega física ou contratual de eletricidade gerada, a partir de fontes de energia qualificáveis.
<i>Leilões</i>	Englobam os mecanismos de leilões (<i>tendering, auctions ou competitive bidding</i> , em inglês), onde tanto o preço como a quantidade são determinados antes da decisão de construir os projetos, no âmbito de um processo de licitação pública.
<i>Net metering</i>	Incentivo à instalação de medidores que permitem um fluxo bidirecional de energia elétrica entre a rede de distribuição e os clientes ou a sua própria geração. Os clientes pagam apenas pela eletricidade líquida utilizada.
<i>Subsídios ao capital</i>	Subsídios de capital ou taxas de juros subsidiadas, depreciação acelerada e outras medidas destinadas a reduzir o custo de capital na adoção de fontes renováveis.
<i>Créditos fiscais à Produção ou ao investimento</i>	Incentivos fiscais à produção, como créditos ou subsídios fiscais ao investimento, bem como isenções de impostos sobre propriedade
<i>Reduções fiscais ao consumo</i>	Inclui todos os incentivos fiscais ao consumo, como redução dos impostos sobre as vendas de energia ou sobre impostos especiais de consumo ou sobre impostos de valor agregado (IVA)
<i>Pagamentos à produção de energia</i>	Pagamento público por unidade de energia renovável produzida.
<i>Investimento ou financiamento público</i>	Investimento público, linhas especiais de financiamento público e/ou garantias a risco. Podem, ainda, assumir a forma de acordos financeiros envolvendo terceiros, em que os governos assumem parte do risco ou fornecem uma baixa taxa de juros sobre os empréstimos.

Fonte: (ALVES, 2017, p. 47)

Segundo Sanya Carley (2011, p. 286–287), diferentes tipos de instrumentos favorecem diferentes objetivos de política. Ainda, a adoção desses instrumentos enfrenta restrições em pelo

menos três níveis que fazem com que não seja possível alcançar todos objetivos ao mesmo tempo. O primeiro nível de restrição diz respeito aos recursos governamentais. Limitações orçamentárias, capacidades administrativas e a própria viabilidade política devem ser levados em conta ao escolher as políticas, avaliando a relação custo-benefício e os diferentes resultados potenciais. Em um segundo nível estão os *trade-offs* associados à escolha de um critério para a tomada de decisão. Por exemplo, enquanto algumas políticas podem priorizar instrumentos que favoreçam a eficiência de mercado – como leilões em que o vencedor é aquele que ofertar eletricidade por um menor preço – outros podem favorecer equidade e justiça no acesso à energia, priorizando descentralização e sacrificando os ganhos em escala – como pela adoção de sistemas de compensação de energia. Por fim, o terceiro nível de restrição são os recursos dos governados. Muitas das políticas adotadas implicam em transferir custos para cidadãos e empresas, através de elevação em preços de energia, imposição de custos regulatórios ou elevação da carga tributária.

Assim, é preciso estar atento às consequências dessas políticas para a renda das famílias e para o dinamismo econômico das empresas, caso contrário essas políticas podem gerar efeitos perversos, como agravar a concentração de renda ou levar à perda de qualidade no fornecimento de energia. Ademais, a questão de quem vai arcar com o custo de diversificar, descentralizar ou descarbonizar o setor elétrico pode gerar resistências políticas significativas. A disposição a pagar dos cidadãos pode não ser tão alta e esses podem decidir votar em partidos contrários a esses objetivos. Ou ainda, como mais frequentemente ocorre, empresas procuram defender suas posições contra o aumento de custos ou contra a entrada de novos concorrentes, mobilizando seu poder de *lobby* para frear essas políticas. Portanto, diferentes tipos de política regulatória possuem capacidade de atingir objetivos diferenciados e estão associados a custos específicos que influenciam diretamente nos processos de difusão desses instrumentos.

Desde a década de 1990, as tarifas-prêmio têm se destacado como as políticas mais difundidas mundialmente, sendo adotadas em mais de 70 países (ALVES, 2017, p. 51; BAYER; URPELAINEN, 2016). Também, são consideradas em muitos estudos como o meio mais efetivo para incentivar o desenvolvimento do setor (DIJKGRAAF; VAN DORP; MAASLAND, 2018; DONG, 2012; MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019). Há uma grande variabilidade nos desenhos desses instrumentos, mas basicamente consistem em estabelecer preços mais altos para novas energias renováveis, valores que são pagos pelas concessionárias de energia para os produtores. O pressuposto desse sistema é que o produtor doméstico arca com todo investimento inicial e a concessionária realiza pagamentos como se toda a produção de energia fosse repassada à rede. Assim, haveria garantias de cobrir os custos mais altos dessas fontes e também de retorno dos investimentos, uma vez que se estabelecem contratos de pagamento de longo prazo,

geralmente entre 10 e 20 anos (PODCAMENI, 2014, p. 87). Por sua vez, as concessionárias repassam pequenos acréscimos à conta de eletricidade, que, pulverizados entre muitos consumidores, tornam-se relativamente baratos (ALVES, 2017, p. 48).

Todavia, um dos problemas gerados pelas tarifas-prêmio é que, como se trata de contratos de preço fixo de longo prazo, à medida que cai os custos em razão do desenvolvimento tecnológico, tornam-se um incentivo desnecessário, resultando em excesso de oferta. Esse efeito implica, também, uma elevação nos custos de manutenção da política, que com o tempo passam a representar gastos significativos. Para corrigir essa falha, alguns países adotaram tarifas-prêmio flexíveis, revisadas periodicamente de acordo com as variações nos preços de mercado. Também, mais recentemente, muitos países começaram a abandonar essas políticas, sob o argumento de que já haviam cumprido seus objetivos ou que pudessem ser substituídas por políticas mais afeitas a um mercado agora estruturado, como os leilões de energias renováveis.

Outro tipo de política com grande difusão, especialmente nos anos de 1990 e 2000, foram as cotas de energias renováveis, como a *Renewable Portfolio Standard* adotada por diversos estados norte-americanos, ou a *Renewable Portfolio Obligation* estabelecida no Reino Unido em 2002 (ALVES *et al.*, 2019, p. 48–49; CARLEY, 2009, 2011; MENZ; VACHON, 2006). Consistem em políticas que procuram regular a quantidade de energia renovável produzida, deixando o preço para ser decidido pelo mercado. Basicamente, o órgão regulador estabelece uma obrigatoriedade para que fornecedores produzam ou comprem de terceiros certa quantidade de eletricidade oriunda de fontes renováveis. Depois, os fornecedores podem negociar no mercado pelo preço que considerarem conveniente. Ainda, esse sistema pode estar atrelado a um mercado de certificação (certificados comercializáveis de energias renováveis), em que, caso o agente obrigado decida não produzir sua própria cota, pode comprar certificados emitidos por outros produtores, os quais podem ser posteriormente negociados em mercados secundários, de forma similar ao funcionamento de mercados de carbono do tipo *cap and trade* (PODCAMENI, 2014, p. 87).

Um aspecto importante é que esse sistema, ao atribuir responsabilidades aos produtores sem garantias em relação ao preço, cria incentivos para que esses estabeleçam estratégias de redução de custos, algo que foi muito importante para elevar a eficiência e a competitividade das novas energias renováveis. Contudo, ainda restam significativas controvérsias em relação ao quanto essas políticas contribuem para descarbonização do setor elétrico, uma vez que tem apresentado pouca eficácia em substituir fontes fósseis e reduzir a emissão total de CO₂. Também, os sistemas de cotas tendem a gerar processos de centralização dos sistemas elétricos, dado que,

para reduzir custos, as empresas tendem a apostar em grandes investimentos com retornos em escala (CARLEY, 2009, 2011, p. 268–273).

Um terceiro tipo de política com difusão acelerada são os leilões para energias renováveis. Adotados pioneiramente por países como Grã-Bretanha, Brasil e África do Sul (FS-UNEP-BNEF, 2017, p. 38). Entre 2005 e 2015, os leilões passaram a ser o segundo tipo de política mais difundida, depois das tarifas-prêmio, chegando a mais de 50 países (ALVES, 2017, p. 51). Via de regra, governos e agências responsáveis pelo planejamento e regulação do setor elétrico fazem leilões de compra de eletricidade, estabelecendo contratos futuros, de modo que, no presente, produtores competem para ofertar o menor preço e ganhar o direito de comercialização futura. Assim, os projetos são ranqueados em ordem decrescente, do preço mais baixo ao mais alto, sendo contratados até que o leiloeiro atinja a quantidade desejada. Para garantir que objetivos de diversificação sejam atingidos, evitando que apenas aquelas fontes com menores custos marginais ganhem o direito aos contratos, muitas vezes os leilões são direcionados para fontes específicas, havendo certames exclusivos para solar, eólica, biomassa, entre outras (PODCAMENI, 2014, p. 88).

Os leilões têm sido amplamente adotados a partir da década de 2010, pois reúnem características positivas das políticas anteriores. Assim como as tarifas-prêmio, possuem a vantagem de oferecer previsibilidade de preços no longo prazo. Em relação às políticas de cotas, incorporam o benefício de promover a competição entre ofertantes, criando incentivos concorrenciais para redução de custos (FS-UNEP-BNEF, 2017, p. 38–40). Contudo, os leilões também possuem algumas desvantagens. São políticas que tendem a ter custos administrativos altos, uma vez que, geralmente, é necessário estabelecer agências especializadas para organizá-los e para avaliar os requisitos técnicos dos projetos, exigindo, assim, profissionais altamente qualificados e bem remunerados. Do mesmo modo, os leilões tendem a elevar os custos de transação, uma vez que para participar, é preciso elaborar projetos de engenharia de alta complexidade e gerir contratos futuros, favorecendo os grandes investidores que tem capacidade para contratar os profissionais necessários e arcar com o risco de fazer o projeto de perder o leilão (ALVES, 2017, p. 51–52). Dessa forma, os leilões tendem a ser um sistema que não favorecem a descentralização do sistema elétrico.

Um quarto tipo de instrumento que tem sido amplamente adotado são os chamados sistemas de compensação de energia ou, em inglês, *net metering*. Através de um medidor bidirecional, unidades individuais de consumo e produção, os chamados “prosumidores”, são conectados à rede elétrica, injetando excedentes e pagando ou recebendo de acordo com o consumo

líquido realizado. A grande vantagem dessa política é a utilização da própria rede para o armazenamento, reduzindo a necessidade de utilizar baterias para estocar o excedente de eletricidade, sendo também uma forma de lidar com o problema da intermitência climática (ALVES, 2017, p. 49–50). Dessa forma, torna-se viável o acesso de pequenos produtores, favorecendo a criação de sistemas de geração distribuída e objetivos de descentralização do sistema, o que vem sendo realizado, principalmente, para fomentar energia solar (LOSEKANN; HALLACK, 2018, p. 648–651). Especialmente os sistemas de geração descentralizado têm sido profícuos em fomentar pequenos negócios de instalação residencial, gerando empregos e potencializando a distribuição de renda para famílias, que tornam suas residências pequenas usinas de eletricidade. Contudo, uma das desvantagens desse sistema é onerar os agentes responsáveis pela distribuição de eletricidade, uma vez que se eleva o número de produtores, sem que necessariamente esses tenham que arcar com os custos de expansão e manutenção das redes (CARLEY, 2011, p. 273–276). Por fim, os demais instrumentos listados no Quadro 1 (subsídios ao capital, créditos, reduções fiscais, investimentos públicos e pagamentos diretos do setor público aos produtores) seguem uma lógica já bem documentada na literatura econômica, não sendo específicos ao setor de renováveis (ALVES, 2017, p. 50).

3.4.2. A Efetividade das Políticas para Energias Renováveis

O objetivo desta seção é discutir o quanto as políticas regulatórias influenciam o desenvolvimento do setor de energias renováveis. Ou seja, discutir a efetividade dessas políticas. Para tanto, optou-se por trabalhar com uma revisão bibliográfica, focada em pesquisas econométricas que tiveram por objetivo aferir o impacto dessas políticas. A maior parte dos estudos revisados analisaram a efetividade das políticas em estados norte-americanos (CARLEY, 2009; DELMAS; MONTES-SANCHO, 2011; DONG, 2012; MENZ; VACHON, 2006; YI; FEIOCK, 2014), outros produziram evidências para a efetividade dessas políticas em países desenvolvidos (CADORET; PADOVANO, 2016; DIJKGRAAF; VAN DORP; MAASLAND, 2018; MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019) e também pra uma amostra global com países de todos os níveis de renda (BALDWIN *et al.*, 2017; CARLEY *et al.*, 2017).

O trabalho pioneiro de Menz e Vachon (2006) teve por objetivo produzir evidências estatísticas sobre o efeito de políticas adotadas em 37 estados norte-americanos no desenvolvimento do setor eólico, entre 1998 e 2003. Aplicando regressões lineares multivariadas,

os autores identificaram que as políticas de cotas (*Renewable Portfolio Standarts*¹⁸ e *Mandatory Green Power Options*) tinham significativo impacto na capacidade de produção de energia eólica, no crescimento dessa capacidade entre o ano inicial e final do estudo e no número de grandes projetos encontrados em cada estado, mesmo quando controlados pelo potencial eólico. Assim, o estudo concluiu que exigir cotas de energias renováveis foi um fator crucial para o desenvolvimento do setor eólico nos EUA.

Debruçando-se sobre a mesma questão, Sanya Carley (2009) procurou por evidências mais robustas para a efetividade dessas políticas ampliando sua amostra para 50 estados norte-americanos, entre 1998 e 2006. Seu estudo também estabeleceu controles estatísticos mais rígidos, levando em conta fatores como as características institucionais de cada estado, o preço da energia elétrica, o PIB per capita, o consumo per capita de energia e a dotação de recursos naturais. Seus resultados foram um pouco menos otimistas que os de Menz e Vachon (2006), demonstrando que políticas de cotas não elevavam o percentual de energias renováveis na matriz energética. Porém, para cada ano adicional que os estados mantinham essas políticas, aumentava o total de geração elétrica por fontes renováveis. Além disso, a autora identificou externalidades positivas associadas a políticas de cotas. Nas regiões dos EUA em que a maior parte dos estados as adotavam, verificou-se uma elevação tanto do percentual, quanto do total produzido de energia renovável. Esse fato estaria associado ao desenvolvimento de mercados de certificação. Através da certificação, as fornecedoras de energias podiam comprar eletricidade de fontes renováveis produzidas nos estados vizinhos, cumprindo assim as cotas exigidas. Portanto, os efeitos ultrapassavam o âmbito estadual, favorecendo as transições energéticas em nível regional.

Delmas e Montes-Sancho (2011) analisaram os fatores que levaram a adoção de cotas para energias renováveis em estados norte-americanos e sua efetividade em aumentar o investimento, medido pela capacidade instalada de energias renováveis, em nível das firmas, entre 1997 e 2006. Os resultados encontrados desafiaram estudos anteriores, pois apontaram que, na média, as cotas do tipo *Renewable Portfolio Standarts* teriam uma influência negativa sobre esses investimentos. Contudo, em estados em que predominassem empresas privadas, a resposta a essas políticas seria mais positiva que em estados que predominassem empresas públicas. Provavelmente, empresas públicas prefeririam aumentar seu percentual de energias renováveis comprando de terceiros do

¹⁸ Políticas de cotas do tipo *Renewable Portfolio Standarts* exigem que as distribuidoras de energia ofereçam uma quantidade ou um percentual crescente de energias renováveis para seus consumidores, em determinado horizonte temporal. As *Mandatory Green Power Options* exigem que as distribuidoras ofereçam aos seus consumidores a opção de comprar eletricidade produzida de fontes renováveis. Em ambos os casos, a empresa responsável pela oferta pode escolher produzir essa parcela de energia renovável por conta própria ou adquirir de terceiros (DELMAS; MONTES-SANCHO, 2011, p.2274).

que fazendo investimentos próprios. Já as empresas privadas responderiam à política ampliando a oferta de renováveis com novas inversões de capital. Por sua vez, nos estados que optaram por *Mandatory Green Power Options*, essas políticas tiveram resultados positivos em ampliar os investimentos das empresas em energias renováveis, independente de predominar capital público ou privado. Dessa forma, políticas pró-mercado seriam mais efetivas em promover transições energéticas. As autoras concluem que a elevação da capacidade instalada dependeria, principalmente, da disposição dos consumidores de pagar por energias renováveis (DELMAS; MONTES-SANCHO, 2011).

Posteriormente, o estudo realizado por Hongtao Yi e Richard C. Feiock (2014) retomou a investigação a respeito dos fatores que influenciam o percentual de energia renováveis na capacidade total em 48 estados norte-americanos, entre 1990 e 2008. Com uma amostra maior e controles mais sofisticados para fatores políticos e institucionais – como a filiação partidária dos governadores e o percentual de deputados do Partido Democrata – avaliou a efetividade de quatro diferentes tipos de políticas: cotas, opções de compra de energia verde (*Green Power Options*), sistemas de compensação de energia (*Net Metering*) e incentivos tributários. Os resultados demonstraram que todas tiveram efeitos positivos e significativos no percentual de energias renováveis.

Portanto, mesmo existindo algumas controvérsias, a evolução das pesquisas que analisaram os efeitos das políticas públicas no contexto norte-americano demonstra a efetividade de políticas de cotas e seu papel na transição energética norte-americana. Contudo, para avaliar outros tipos de políticas com menor difusão entre os estados norte-americanos, como as tarifas-prêmio e os leilões de energias renováveis, outros estudos adotaram um desenho diferente, optando por comparar países. As análises *cross-countries*, possibilitaram trabalhar com amostras maiores, dotadas de maior variabilidade de contextos institucionais, geográficos e econômicos.

Nessa linha, o estudo de Dong (2012) procurou avaliar se as tarifas-prêmio seriam mais efetivas do que as políticas de cotas. Para tanto, o autor utilizou como variável dependente a capacidade acumulada de geração de energia eólica em 53 países, entre 2005 e 2009. Seus resultados apontaram que as tarifas-prêmio são ligeiramente mais efetivas que as políticas de cotas em promover o setor no longo prazo e que, apesar de poucos países o fazerem, seria desejável combinar os dois tipos de políticas. Outros fatores como o consumo de energia, a dependência de importação de petróleo e o nível de emissões de CO₂ também seriam importantes na explicação.

Em um estudo mais recente, pesquisadores da *Erasmus University Rotterdam* estimaram a efetividade de tarifas-prêmio para promover nova capacidade instalada de energia solar

fotovoltaica, medida em termos per capita, a partir de um painel de 30 países da OCDE, entre 1990 e 2011. Por lidar com um universo de relativo poucos casos, o estudo também conseguiu avaliar características do desenho da política, como as tarifas implementadas, o total de subsídios alocados e o tempo dos contratos. Seus resultados demonstraram que as tarifas-prêmio possuem impacto significativo no desenvolvimento setorial e, quando bem desenhadas, de modo a aumentar suas tarifas e o prazo dos contratos, maximizam sua efetividade, podendo aumentar seus efeitos em até sete vezes (DIJKGRAAF; VAN DORP; MAASLAND, 2018).

O estudo de Marques, Fuinhas e Pereira (2019) elucidou diferenças nas políticas, através de testes que avaliaram seus efeitos em diferentes tecnologias: solar, eólica e no *mix* de energias renováveis. A amostra do estudo incluiu 46 países de todos os continentes, abrangendo todos os países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e todos os países da União Europeia, no período 1996-2017. Seus modelos levaram em conta duas variáveis dependentes, a capacidade instalada e a geração de energia renovável. Além disso, utilizaram de um método inovador, empregando o modelo ARDL (*Autoregressive Distributed Lag*), adotando estimadores Driscoll-Kraay com efeitos fixos, o qual possibilitou diferenciar efeitos de curto e de longo-prazo das políticas. Os resultados demonstraram que instrumentos que possibilitam intervenção direta do Estado, utilizando de recursos públicos seriam eficazes tanto no curto, quanto no longo prazo. Especialmente no curto-prazo, esses seriam os únicos capazes de criar o setor de energias renováveis e possibilitar sua difusão.

Entre esses instrumentos de direta intervenção governamental, destacaram-se as tarifas-prêmio, o planejamento energético e a criação de agências especializadas como ações eficazes em promover energia eólica tanto no curto, quanto no longo-prazo. Já em relação à energia solar, no curto-prazo, as políticas que se demonstram efetivas em todas as amostras foram as tarifas-prêmio e a promoção de P&D. Essas políticas também demonstraram ser significativas no longo-prazo, bem como as políticas que conferem exceção ou redução tributária para empresas que investem em bens e serviços relacionados às energias renováveis. Os autores advertem que, apesar de eficazes, essas políticas de intervenção governamental direta podem representar custos excessivos para o orçamento público, caso permaneçam vigentes durante longos períodos. Os instrumentos de mercado, como certificados verdes e cotas, apesar de elevar o risco para investidores, implicariam ganhos de eficiência tecnológica ao longo do tempo, impulsionando o setor para obter ganhos de competitividade. Esses instrumentos só seriam efetivos no longo prazo, quando já se verificasse maturidade tecnológica e plena integração das renováveis nos mercados de energia (MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019).

Isabelle Cadoret e Fabio Padovano (2016), da Universidade de Rennes I, assumiram uma estratégia de análise distinta, abordando a questão pelo lado da demanda energética, incluindo na amostra 26 países da União Europeia, com dados entre 2004 e 2011. Controlando seu modelo para fatores políticos, energéticos, ambientais e econômicos, o estudo encontrou que o estabelecimento de metas de energia renovável é um fator significativo para explicar a ampliação no consumo dessas energias. Uma das constatações foi que a ambição da política pública é elemento importante: quanto maior a meta assumida pelo país, maior seu consumo de energias renováveis (CADORET; PADOVANO, 2016).

Também foram importantes pesquisas focadas em entender o papel das políticas públicas na expansão de global das energias renováveis, extrapolando o âmbito de países europeus e da OCDE (BALDWIN *et al.*, 2017; CARLEY *et al.*, 2017). Os trabalhos de Carley e Baldwin abrangeram dados de 164 países, entre 1990 e 2010, conferindo ainda mais robustez para as análises de efetividade. Seus resultados demonstraram que políticas adotadas em nível nacional seriam a principal força a impulsionar os mercados de energias renováveis. A adoção de tarifas-prêmio, políticas de cotas e outras políticas regulatórias tiveram um papel importante em aumentar a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, independente de se incluir no cálculo grandes hidroelétricas. Ainda, demonstraram que as políticas de cotas tiveram um efeito maior que as demais políticas em promover a geração de energias renováveis.

Esses estudos, com amostras globais de países, também apontaram diferenças importantes quando se trata de explicar o percentual de renováveis, incluindo ou não hidroelétricas no cálculo. Muitos países tendem a apresentar um alto percentual de energia renovável vindo de fontes hidroelétricas, sendo caracterizados por serem países de renda baixa ou média, com baixos níveis de liberdades políticas e civis. As políticas públicas examinadas teriam um efeito maior nesses contextos, ao se incluir hidroelétricas no cálculo. Ao se excluir as hidroelétricas do cálculo, deixando apenas o percentual representado por novas energias renováveis, as políticas regulatórias continuam tendo efeitos significativos, mas cresce a importância explicativa de outras variáveis, como o nível de liberdades políticas e o PIB per capita do país, de modo que países democráticos e com alta renda per capita teriam uma propensão maior a investir em novas fontes renováveis, como solar e eólica (BALDWIN *et al.*, 2017; CARLEY *et al.*, 2017).

Sintetizando essa revisão bibliográfica, pode-se argumentar que algumas questões permanecem abertas, como o tipo de política mais efetivo; se os efeitos são mais fortes sobre o percentual de energias renováveis, sobre a capacidade instalada ou sobre o total de eletricidade gerado; se as políticas diferem em seus efeitos de curto e longo prazo. Entretanto, há uma

convergência entre os estudos revisados em demonstrar que, de diferentes formas, as políticas públicas são uma força importante subjacente à expansão global das energias renováveis. Portanto, se as políticas públicas são efetivas e se o nível de democracia é um fator explicativo para adoção dessas políticas, esse pode ser dos caminhos para explicar a relação existente entre democracia e transições energéticas para a sustentabilidade. Para se avançar nessa questão, na próxima seção, será discutido como os estudos sobre adoção e difusão de políticas públicas vêm abordando o papel do regime político na área de energias renováveis.

3.4.3. O Regime Político e a Adoção de Políticas para Renováveis

Na literatura sobre a adoção de políticas de fomento às energias renováveis, é crescente o peso atribuído a fatores domésticos na explicação da escolha dos instrumentos. Muitos estudos têm enfatizado variáveis associadas ao lobby, ao voto e às capacidades institucionais como importantes para explicar a adoção de políticas públicas (CADORET; PADOVANO, 2016; GEELS, 2014; HUGHES; URPELAINEN, 2015). Contudo, pouca atenção tem sido dada a explorar se o regime político, por si só, exerce uma influência significativa na adoção dessas políticas.

Nos estudos sobre energias renováveis, uma corrente importante é aquela que procura explicar a adoção de políticas com base em seus efeitos distributivos, enfatizando a distribuição de custos e benefícios entre diferentes grupos sociais. Esses estudos enfatizam o papel de grupos de interesse e de instituições domésticas na conformação de ações para combater as mudanças climáticas. Um dos artigos pioneiros nessa linha foi o de Hughes e Urpelainen (2015) que procurou explicar a diferença entre países democráticos na adoção de políticas energéticas para o combate de mudanças climáticas. Segundo o modelo proposto pelos autores, a oferta dessas políticas depende dos interesses associados à indústria, do suporte público e das capacidades institucionais do governo. Em relação aos interesses da indústria, haveriam dois grupos que operam em sentidos opostos. De um lado, aqueles setores econômicos associados a uma economia verde, que utilizam tecnologias limpas com baixa pegada de carbono e demandam mais políticas de apoio às energias renováveis. Por outro, indústrias intensivas em energia, afetadas pelo crescimento dos preços de energia e outros custos associados às políticas, que fazem pressão no sentido de restringir novas políticas para energias limpas.

Ainda, segundo Hughes e Urpelainen (2015), o suporte público às políticas de combate às mudanças climáticas seria fator crucial para explicar a adoção dessas políticas. A demanda

agregada da população por bem-estar ambiental dependeria das preferências por diminuir os níveis de poluição e de emissões de GEE. Nesse caso, quanto mais forte essa preferência, mais os governos tenderiam a adotar essas políticas para agradar seu eleitorado. Por fim, o terceiro fator seria a capacidade institucional dos governos, entendida como a capacidade de cumprir funções, resolver problemas e atingir objetivos. Governos com menor capacidade escolheriam predominantemente políticas fiscais, como impostos ou subsídios. Já governos com maior capacidade, além desses instrumentos, também adotariam instrumentos regulatórios que objetivam alterar o comportamento de empresas e consumidores.

O estudo de Hughes e Urpelainen (2015) foi importante por identificar esses fatores ao analisar democracias consolidadas, focando-se em quatro países: Alemanha, Austrália, Estados Unidos e Japão. Porém, por não levar em conta variações no regime político, incluindo também países autoritários, não conseguiu identificar o que é efeito das variáveis escolhidas e o que é causado pelo ambiente institucional democrático. Observar variações no regime político seria fundamental, uma vez que há razões para supor que o poder do lobby industrial sobre a política energética sofre significativa influência do nível de democracia de um país (SEQUEIRA; SANTOS, 2018). Do mesmo modo, o fato dos cidadãos poderem expressar suas preferências por bem-estar ambiental através do voto é uma variável claramente afetada pelo fato de um país ser democrático ou autoritário. Como argumentam Sequeira e Santos:

O argumento de que países mais democráticos reúnem incentivos para investir em fontes renováveis de energia pode se basear em algumas evidências que sustentam que as democracias limitam o lobby e o poder de mercado das empresas incumbentes que operam nos setores de energia não renovável. Além disso, elas são naturalmente mais sensíveis aos argumentos ambientais que surgem nas sociedades modernas do que nas sociedades autocráticas. Em outras palavras, em sociedades mais democráticas, os cidadãos votam nas energias renováveis, enquanto em sociedades mais autocráticas, os cidadãos não podem votar e as escolhas são dominadas por grupos de interesse (2018, p. 561, tradução própria).

Portanto, um aspecto importante para se explicar a adoção de políticas para energias renováveis seria observar variações no regime político. Avançando nessa direção, Patrick Bayer e Johannes Urpelainen (2016) analisaram uma amostra global de 112 países, procurando explicar a adoção de tarifas-prêmio entre 1990 e 2012. Segundo os autores, a variável mais importante para explicar a rápida difusão dessas políticas, inclusive entre países de renda média e baixa, seria o regime político. Adotando o índice *Polity IV* e uma classificação binária de regimes políticos, baseada na presença de eleições livres e competitivas, suas estimativas apontaram que países democráticos possuem 4,5 vezes mais chance de adotar as tarifas-prêmio que países com regimes autoritários. O mesmo efeito não seria verificado com políticas de cotas, do tipo *Renewable Portfolio Standard*, que se dirigem especificamente às empresas de energia. Para explicar a relação

entre democracia e a adoção de tarifas-prêmio, os autores propõem que existe uma lógica redistributiva nessa política, uma vez que promove a desconcentração de recursos econômicos antes concentrados em grandes empresas do setor energético. Segundo os autores, em regimes democráticos, conformar-se-ia um eleitorado para o qual a adoção dessas tarifas implica em ganhos reais. Assim, os governantes passariam a implementá-las para angariar votos e apoio político.

A relação entre regime político e a adoção de políticas para renováveis também tem sido investigada em estudos sobre a difusão de políticas públicas, os quais procuram entender se a decisão de um governo em adotar uma política afeta a decisão de outro. Procurando compreender esses processos em países em desenvolvimento, Stadelmann e Castro (2014), estimaram modelos do tipo análise histórica de eventos discretos no tempo, para 112 países, entre 1998 e 2009. O estudo avaliou os determinantes nacionais e internacionais para que adoção de quatro tipos de políticas: metas para energias renováveis, FITs, incentivos financeiros e quadros regulatórios. Seus resultados apontaram fortes evidências sobre o peso explicativo de fatores domésticos, especialmente as características socioeconômicas e institucionais. Entre os aspectos institucionais, o nível de democracia de um país, medido pelo índice *Polity IV*, afetaria positivamente a probabilidade de conceder incentivos financeiros ao setor. Contudo, o estudo não apontou relevância estatística para os efeitos da democracia na adoção de tarifas-prêmio, metas de energias renováveis e desenvolvimento de marcos regulatórios. Para essas políticas, características socioeconômicas do país, como a renda per capita e o tamanho da população seriam variáveis com maior poder preditivo sobre a probabilidade de adoção.

Ainda, Stadelmann e Castro (2014) encontraram que quanto menor a produção doméstica de energia, maior a probabilidade de adoção de tarifas-prêmio, o que reforça o argumento de que segurança energética é um dos fatores a impulsionar esse setor. Também, há uma relação negativa e significativa entre a disponibilidade de recursos hidrológicos e a implementação de tarifas-prêmio, pois, para conjugar segurança energética e redução de emissões de CO₂, o caminho mais fácil para esses países é apostar em usinas hidroelétricas. Em relação aos fatores internacionais, a investigação apontou que o pertencimento à União Europeia e o *background* histórico de colonização comum seriam fatores importantes para explicar a difusão dessas políticas. Já a execução de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo influenciaria a formulação de metas e quadros regulatórios no longo-prazo. Por fim, o estudo não encontrou evidências para a influência de grupos de pressão ambientalistas. Variáveis associadas a presença de organizações da sociedade civil, ONGs ambientais, partidos verdes e áreas de conservação não demonstraram

significância estatística, resultado que contribuem para desafiar perspectivas que colocam grande peso na capacidade de influência desses grupos sociais.

Entre os estudos sobre difusão, a tese de Elia Alves (2017) também trouxe contribuições para a análise da relação entre democracia e políticas para energias renováveis. A partir de um modelo de regressão de Poisson, aplicado a um painel de 194 países, entre 2005 e 2015, a tese investigou os determinantes do processo internacional de difusão dessas políticas. Sua variável dependente foi o número de políticas implementadas por cada país. Mensurando a democracia com base no índice *Polity IV*, a autora encontrou significância estatística dessa variável para uma amostra global de países, para a amostra exclusiva de países em desenvolvimento e para a amostra exclusiva de países desenvolvidos. Contudo, não encontrou significância para países de baixa renda. Dessa forma, o nível de desenvolvimento de um país seria um fator importante, mas, a partir de determinado patamar, o regime político passaria a ser uma variável explicativa de maior força. Além da democracia e do nível de desenvolvimento, entre os fatores domésticos, o estudo demonstrou a significância de variáveis como a presença de partidos verdes, a liberalização dos mercados de energia, o nível de emissões de CO₂ e o volume de exportação de energia, exercendo efeitos positivos sobre o número de políticas adotadas. Por sua vez, o nível de abertura comercial de um país seria uma influência negativa. Ainda, o estudo apontou a importância de fatores internacionais como a ratificação do Protocolo de Kyoto, o pertencimento à União Europeia e o número de políticas adotadas por países vizinhos (ALVES *et al.*, 2019).

Mais recentemente Baldwin, Carley e Nicholson-Crotty (2019) estudaram padrões de emulação de tarifas-prêmios e cotas para energias renováveis, levando em consideração uma amostra global de países. A pesquisa demonstrou que os países tendem a emular políticas que já se demonstraram efetivas e politicamente viáveis em outros contextos com condições socioeconômicas e institucionais similares. Entre essas condições, fatores políticos como a ideologia do partido governante, o nível de democracia do país e as características do setor elétrico são fundamentais. Especialmente sobre esse último fator, a dependência de combustíveis fósseis e o percentual de energias renováveis na matriz na oferta elétrica são variáveis significativas. Contudo, há padrões diferenciados de emulação de políticas de acordo com o nível de desenvolvimento do país e do tipo de política.

Entre países da OCDE, há uma predominância de adotar tarifas-prêmio, quando há similaridade entre as características do setor energético entre dois países. Já para políticas de cotas de energias renováveis, há uma tendência de emulação quando se percebe que essas políticas foram um fator de sucesso em se promover transições energéticas. Em países com menor nível de

desenvolvimento, que não pertencem à OCDE, o estudo chama à atenção para o papel da cooperação internacional. Esses países tendem a emular as políticas adotadas pelos seus principais financiadores, o que demonstra o papel de mecanismos coercitivos nessas relações. Em relação ao regime político, o estudo incluiu como variável de controle o índice *Polity IV*. Seus resultados demonstraram que quanto maior a diferença de regime político entre dois países, menor a probabilidade de se emular as políticas regulatórias sobre energias renováveis (BALDWIN; CARLEY; NICHOLSON-CROTTY, 2019).

Apesar dos estudos revisados apresentarem razões e evidências empíricas para se avançar na hipótese de que o regime político é uma variável importante para explicar a adoção de políticas de fomento às novas energias renováveis e, conseqüentemente, influenciar transições energéticas, ainda há um hiato importante nessa literatura. À exceção do trabalho de Bayer e Urpelainen (2016), nenhum dos trabalhos revisados investigou em profundidade essa relação. Hughes e Urpelainen (2015) investigaram fatores que influenciam a adoção de políticas em contextos democráticos, porém o regime político não era uma variável e sim uma constante institucional. As pesquisas realizadas por Stadelmann e Castro (2014), Alves et al. (2017; 2019) e Baldwin et al. (2019), apesar de trazerem contribuições para o conhecimento desse relação, não tinham por foco principal entender os efeitos do regime político, mas o assumiam como uma variável de controle para compreender a difusão de políticas. Já outros trabalhos sobre difusão, como Jenner et al. (2012) e Alizada (2018), nem sequer incorporaram o regime político em seus modelos e, por essa razão, não foram discutidos em maior detalhe nessa revisão. Também, há de se salientar que todos os trabalhos revisados adotaram o índice *Polity IV*, não testando se essa relação se sustenta para outras formas de aferir a democratização do regime político. Por fim, há de se salientar que nenhum dos trabalhos anteriores investigou os fatores que influenciam a adoção de leilões para energias renováveis e sistemas de compensação de energia.

Existem, portanto, indícios na literatura sobre a significância da relação entre regime político e a adoção de políticas públicas para renováveis. Porém há uma ausência de estudos que explorem com maior detalhe e profundidade essa relação. Esse gap é o principal motivo para se avançar na investigação apresentada nos próximos capítulos.

4. Estratégia Metodológica para Análise Empírica do Problema

Para responder o problema de pesquisa e testar a hipótese principal, aplicou-se análise descritiva de séries temporais e regressões de resposta qualitativa, com variáveis nominais binárias, estimando modelos logísticos (FERNANDES *et al.*, 2020; GUJARATI; PORTER, 2011, p. 552–563). As análises foram aplicadas a quatro diferentes tipos de políticas regulatórias: tarifas-prêmio (*feed-in tariffs*), cotas para energias renováveis, leilões para energias renováveis e sistemas de compensação de energia (*net metering*). Além disso, o nível de democracia em um país foi mensurado através de três diferentes índices: o índice minimalista *polity2*, do projeto *Polity IV*; índice de liberdades democráticas da *Freedom House*; e o índice de democracia substantiva da *The Economist*. Ao testar três diferentes indicadores democracia, espera-se que um critério de validação dos resultados empíricos é a coerência das relações encontradas. Isso significa que a hipótese principal deve ser empiricamente validada, independente da forma de mensuração da variável explicativa.

A descrição das séries temporais observou o número de países que adotaram as políticas regulatórias para energias renováveis e as diferenças entre países democráticos e não democráticos. Uma vez identificados os padrões de difusão dessas políticas e as diferenças ao longo do tempo entre países democráticos e não democráticos, passou-se a análise inferencial. Para cada uma das quatro políticas regulatórias estudadas foram estimados três regressões logísticas bivariadas e duas multivariadas. Portanto, ao todo, as hipóteses foram testadas com 20 modelos estatísticos.

A relação entre a democratização do regime político e a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis foi, primeiramente, testada através de três regressões logísticas binárias, uma para cada índice de democracia adotado como variável independente. Assim, ao todo, foram estimados 12 modelos binários, que possibilitam testar o valor inferencial da relação entre os índices de democracia e a adoção das políticas analisadas.

Com o objetivo de controlar outros possíveis fatores causais, foram estimados também modelos multivariados. Para esses modelos, selecionou-se aquele índice de democracia que seria o melhor preditor para a adoção de cada política nos modelos bivariados. Além daquele índice de democracia que apresentou melhor desempenho, também foram realizados testes multivariados com os dois índices restantes. Como os resultados dos modelos multivariados não foram alterados significativamente pela escolha do índice de democracia, optou-se por apresentar nesta tese apenas o modelo estimado com o índice de maior desempenho. O principal critério para a seleção desse

preditor foi a sensibilidade do modelo bivariado, ou seja, a capacidade de previsão correta de casos positivos (DIAZ *et al.*, 2020, p. 189).

Os modelos multivariados foram estimados pelo método de regressão por etapas (*stepwise*) para seleção de variáveis, rodando o algoritmo *stepwise* em linguagem R. Esse algoritmo estima até 1000 diferentes modelos, com distintas combinações de variáveis independentes e de controle, em busca daquele que é o melhor para estimar as probabilidades de uma dada variável dependente, segundo o critério de informação de Akaike (*Akaike Information Criterion - AIC*). Mais especificamente, aplicou-se o método *stepwise backward regression*, que opera pela lógica da exclusão e inclusão de variáveis, a partir de um modelo inicial com todas os possíveis fatores relevantes. Nesta tese, partiu-se de um modelo inicial com as 15 variáveis de controle presentes na base de dados, mais o índice de democracia que apresentou melhor desempenho nos modelos bivariados, para, através da exclusão de variáveis, chegar ao melhor modelo multivariado final. Ainda, estimou-se um quinto modelo para cada política, explicitando as modificações ocorridas pela inclusão ou exclusão do índice de democracia no modelo final.

4.1. Amostra de Países

A base de dados desta pesquisa abrangeu uma amostra de 132 países¹⁹, para o período 2005-2014. A escolha do período e dos países se deu, basicamente, em função da disponibilidade de dados, em bases públicas, de acesso gratuito, sendo que o *World Development Indicators* e o *Database on Political Institutions* do Banco Mundial e os relatórios da REN21 foram as principais fontes utilizadas. A base de dados construída é significativamente abrangente, pois incorpora a maior parte dos Estados existentes no início do século XXI. Um critério importante na definição dessa amostra foi garantir a variabilidade da variável independente (KING; KEOHANE; VERBA, 1994), no sentido de incluir tanto países com regimes democráticos, quanto com regimes não

¹⁹ África do Sul, Albânia, Alemanha, Angola, Arábia Saudita, Argélia, Argentina, Armênia, Austrália, Áustria, Azerbaijão, Bahrein, Bangladesh, Bélgica, Benim, Bielorrússia, Bolívia, Bósnia e Herzegovina, Botsuana, Brasil, Brunei Darussalam, Bulgária, Camboja, Camarões, Canadá, Catar, Cazaquistão, Chile, China, Chipre, Cingapura, Colômbia, Congo, Coreia do Sul, Costa do Marfim, Costa Rica, Croácia, Cuba, Dinamarca, Egito, El Salvador, Emirados Árabes Unidos, Equador, Eritreia, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos da América, Estônia, Etiópia, Filipinas, Finlândia, França, Gabão, Gana, Geórgia, Grécia, Guatemala, Haiti, Holanda, Honduras, Hungria, Iêmen, Islândia, Índia, Indonésia, Irã, Iraque, Irlanda, Israel, Itália, Jamaica, Japão, Jordânia, Kuwait, Letônia, Líbano, Lituânia, Luxemburgo, Macedônia do Norte, Malásia, Malta, Marrocos, Maurício, México, Mianmar, Moçambique, Moldávia, Mongólia, Namíbia, Nepal, Nicarágua, Níger, Nigéria, Noruega, Nova Zelândia, Omã, Panamá, Paquistão, Paraguai, Peru, Polônia, Portugal, Quênia, Quirguizistão, Reino Unido, República Checa, República Democrática do Congo, República Dominicana, Romênia, Rússia, Senegal, Sri Lanka, Sudão, Suriname, Suécia, Suíça, Tajiquistão, Tanzânia, Tailândia, Togo, Trindade e Tobago, Tunísia, Turcomenistão, Turquia, Ucrânia, Uruguai, Uzbequistão, Venezuela, Vietnã, Zâmbia, Zimbábue

democráticos. Procurou-se garantir, também, a variabilidade do fenômeno explicado, incluindo tanto casos de países que adotaram as políticas regulatórias estudadas, quanto aqueles que não as adotaram. Nesse aspecto, uma diretriz metodológica importante foi a de sempre procurar o maior balanceamento possível dos dados, no sentido de evitar desproporções extremas entre os casos de adoção e não adoção de políticas na amostra selecionada (HUAYANAY, 2019).

A análise descritiva dos dados foi feita observando séries históricas no período entre 2005 e 2014. O ano inicial foi escolhido por ser aquele do primeiro relatório lançado pela REN21 (2005). Esses relatórios foram as principais fontes para sistematizar as variáveis dependentes, pois apresentam uma análise global da adoção de políticas regulatórias para novas energias renováveis. Já o ano final foi escolhido por ser o último ano com disponibilidade de dados públicos e gratuitos para todas as variáveis independentes e de controle, abrangendo todos os 132 países incluídos na amostra, quando feita a coleta de dados, em 2021. Ressalva-se que há dados mais recentes, porém consolidados majoritariamente para países democráticos e de alta renda. Assim, caso se optasse por um ano mais recente, seria necessário reduzir a amostra, o que poderia comprometer a variabilidade dos casos e, potencialmente, enviesar os resultados.

Para estimar as regressões logísticas, selecionou-se um corte transversal para o ano de 2014. Isso possibilitou estimar modelos bivariados com diferentes amostras de $n=131$, de acordo com a disponibilidade de dados para as variáveis independentes. Ao estimar os modelos multivariados, foi necessário reduzir a amostra para 94 países, pois não haviam todas as informações necessárias sobre as variáveis de controle para 38 casos e a presença de *missing* na base de dados inviabilizaria a operacionalização do algoritmo *stepwise* pelo R.

Trabalhar com uma amostra *cross-section* evitou possíveis vieses causadas pelo desbalanceamento entre o número de casos de adoção e não-adoção das políticas. Modelos de regressão logística assumem que as variáveis dependentes possuem uma distribuição de probabilidades binárias ou de Bernoulli, em que a probabilidade de sucesso é igual a média, ou seja, $P(Y_i = 1) = \mu_i$. Por sua vez, a probabilidade de não adoção é dada por $P(Y_i = 0) = (1 - \mu_i)$. Para tanto, o balanceamento ideal da amostra seria uma proporção de um por um, ou seja, 50% de casos de adoção e 50% de casos de não adoção das políticas. O desbalanceamento em modelos de regressão de resposta binária acontece quanto “uma classe minoritária ou a classe de interesse é muito menor que a classe majoritária, i.e, o número de uns (eventos) em uma amostra é significativamente menor do que o número de zeros (não eventos)” (HUAYANAY, 2019, p. 17). Dessa forma, um critério importante na definição da amostragem foi evitar o desbalanceamento

de dados, uma vez que isso poderia gerar vieses significativos nas estimativas (KING; ZENG, 2001).

Levando isso em consideração, procurou-se aproximar a amostra o máximo possível do ideal “um por um”, sem incorrer em uma seleção arbitrária dos países. A solução encontrada foi a redução da amostra através do corte transversal no ano de 2014. Caso se trabalhasse com toda a série temporal, a desproporção em algumas políticas seria alarmante. Como poder visualizado na tabela abaixo, para cotas de energias renováveis, o número de casos de não adoção é 7,1 vezes maior que os casos de adoção; para políticas de *net metering*, essa desproporção é de 7,4. Reduzindo a amostra exclusivamente para o ano de 2014, essas desproporções caem para 3,7 e 2,8, respectivamente. Ainda, para o estudo da adoção de FITs, chega-se muito próximo à proporção ideal de um por um, pois naquele ano houve 65 casos de não-adoção e 67 de adoção. Para os modelos multivariados, levando em consideração apenas 94 países, essas proporções apresentaram ainda um maior balanceamento para políticas de cotas, leilões e *net-metering*.

Tabela 3 - Balanceamento das Amostras por Número de Países

	<i>FITs</i>	<i>Cotas</i>	<i>Leilões</i>	<i>Net-Metering</i>
2005-2014, n=1320				
<i>Não adotou</i>	765	1158	1091	1162
<i>Adotou</i>	555	162	229	158
<i>Balanceamento</i>	1,4	7,1	4,8	7,4
2014, n=132				
<i>Não adotou</i>	65	104	81	97
<i>Adotou</i>	67	28	51	35
<i>Balanceamento</i>	1,0	3,7	1,6	2,8
2014, n=94				
<i>Não adotou</i>	40	69	49	64
<i>Adotou</i>	54	25	45	30
<i>Balanceamento</i>	0,7	2,8	1,1	2,1

Fonte: Elaboração própria

Ainda, se fosse feita a opção de estimar as regressões logísticas utilizando os dados em painel com longas séries temporais, além desse desbalanceamento ser maior, poderia sofrer de um viés causado pelo fato de que os países pioneiros na adoção dessas políticas eram sempre países democráticos. Dessa forma, dificultaria a distinção se isso ocorreria em função de uma relação causal ou de uma mera coincidência. Como será demonstrado no capítulo seguinte, em 2014, as políticas adotadas também já apresentavam maior grau de difusão entre países não democráticos. Portanto, a redução da amostra para aquele ano proporcionou um maior rigor analítico, justamente por conferir maior variabilidade tanto às variáveis dependentes, quanto às variáveis independentes.

Obviamente que a decisão metodológica de reduzir a amostra tem custos, principalmente no que diz respeito à capacidade inferencial, dado que, via de regra, quanto maior a amostra utilizada, maior a confiabilidade das estimativas. Contudo, ao se tratar de regressões logísticas, “amostras excessivamente grandes aumentam o poder dos testes estatísticos de tal sorte que qualquer efeito tende a ser estatisticamente significativo, independentemente da magnitude” (FERNANDES *et al.*, 2020, p. 5). Tendo isso em vista, a recomendação dada por Fernandes *et al.* (2020, p.5) é que se mantenha uma proporção entre 10 e 30 na razão entre o número de casos e o número de parâmetros adotados. Algo que foi garantido em todos os modelos multivariados finais estimados pelo algoritmo *stepwise*. Do mesmo modo, em nenhum desses modelos se verificou problemas de multicolinearidade, o que é um bom indicador de que a amostra utilizada foi de tamanho suficientemente. Caso contrário, a multicolinearidade seria um indício de insuficiência da amostra para gerar espaços vetoriais independentes.

Por fim, ao estimar os modelos por máxima verossimilhança, a insuficiência de casos poderia ser um problema, impedindo a convergência dos resultados. Como alertam Fernandes e seus coautores: “Se o modelo não convergir, os coeficientes não são confiáveis. Um dos principais fatores que explicam a não conversão do modelo é a insuficiência de casos em relação ao número de variáveis independentes incluídas no modelo” (2020, p. 11–12). Contudo, nos modelos estimados nesta tese, sempre houve convergência, sendo esse outro indício importante de suficiência da amostra.

4.2. Metodologia de Análise dos Dados

O primeiro passo da análise de dados foi observar séries históricas descritivas da evolução da adoção das políticas regulatórias. Essas séries históricas foram segmentadas entre países democráticos e não democráticos, utilizando o índice da *Freedom House*²⁰, incluindo no rol de países democráticos, apenas aqueles classificados como livres. Ou seja, assumiu-se um critério restritivo, dado que todos os países classificados como livres nesse indicador necessariamente são também democracias eleitorais. Porém, nem todas democracias eleitorais são classificadas como livres, pois, em muitos países, mesmo ocorrendo eleições, são verificadas violações sistemáticas

²⁰ Em relação aos outros dois índices de democracia incluídos na base de dados – o Polity2 e o Democracy Index - a escolha da Freedom House para guiar a análise descritiva foi devida, principalmente, pela disponibilidade de dados. Se a escolha tivesse sido pelo Polity2, perder-se-ia dados para Malta, Islândia e Brunei. Já se a escolha fosse pelo Democracy Index, perder-se-ia todo o ano de 2005, uma vez que esse índice passou a ser calculado a partir de 2006. Além disso, também se descartou o Polity2 como critério de segmentação dos dados por esse índice não fornecer um limite qualitativo bem definido para classificar os países em democráticos ou não democráticos.

de direitos civis ou políticos. Essa segmentação possibilitou analisar a distribuição ao longo do tempo na adoção de políticas entre países com diferentes regimes políticos, observando se há diferenças entre esses e se essa diferença tende a aumentar ou diminuir com o passar dos anos.

Após a análise das séries histórica, optou-se por estimar modelos de regressão logística bivariados e multivariados aplicados ao corte transversal de 2014, em que cada país é considerado como um caso individual (*i*). Os modelos estimados possuem a seguinte estrutura básica, adaptada de Gujarati e Porter (2011, p. 559):

$$L_{ij} = \ln\left(\frac{P_{ij}}{1 - P_{ij}}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \mu_i$$

P_{ij} é a probabilidade do país “*i*” adotar a política “*j*”. L_{ji} é a função logística (*logit*) que expressa o logaritmo natural da razão de chance entre adotar uma política “*j*” e não a adotar. Essas probabilidades estão condicionadas aos parâmetros β estimados com base nas X_k variáveis independentes e de controle. μ_i expressa os erros generalizados do modelo, ou seja, o termo do erro aleatório já transformado, de tal maneira que possua uma distribuição normal, média zero e variância constante (homocedasticidade).

A interpretação dos coeficientes β estimados se baseou nas razões de chances estimadas²¹ e em seus intervalos de confiança a 95% (IC 95% eβ) (FERNANDES *et al.*, 2020, p. 7). Para tanto, o procedimento padrão é aplicar a função exponencial à β :

Em geral, se tomarmos o antilogaritmo do *k*-ésimo coeficiente angular (no caso em que haja mais de um regressor no modelo), subtraímos 1 dele e multiplicamos o resultado por 100, obtemos a variação percentual das chances em favor de um aumento de uma unidade no *k*-ésimo regressor (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 557).

Em relação aos índices de democracia, como foi feita sua padronização, de forma que todos variam entre 1 a 100, pode-se interpretar os coeficientes estimados como a variação percentual nas chances a favor da adoção da política “*j*” quando o indicador de democracia varia em 1% no país “*i*”. As demais variáveis de controle não foram padronizadas, de modo que se recomenda cautela na comparação de seus efeitos. Além dos efeitos dos estimadores, também se deu grande atenção ao sentido e à significância estatística dos resultados obtidos para as variáveis individuais, levando em consideração à recomendação de Gujarati e Porter (2011, p.560): “Deve-se notar, no entanto, que, em modelos de regressão binária, a qualidade do ajustamento é de importância secundária. O que importa são os sinais esperados dos coeficientes de regressão e sua significância estatística e/ou prática”.

²¹ Todas as razões de chance estimadas nesta tese são apresentadas no apêndice 1.

Também foram incluídos indicadores de diagnóstico que possibilitam julgar o ajustamento dos modelos. Os indicadores de diagnóstico expressam a relação entre os resultados previstos do modelo (Y^*) e os casos verdadeiros (Y), identificando casos verdadeiramente positivos (VP), verdadeiramente negativos (VN), bem como falsos positivos (FP) e falsos negativos (FN) (DIAZ *et al.*, 2020). O ponto de corte utilizado foi o padrão convencional de 50%, isso é, se a probabilidade estimada é maior que 50%, espera-se um caso de adoção (FERNANDES *et al.*, 2020, p. 13). Assim, VP é quando o modelo prevê uma probabilidade maior de 50% de adoção de uma política e essa política de fato foi adotada pelo país em questão. VN é quando se prevê a não adoção dessa política, ou seja, uma probabilidade menor que 50%, e, de fato, o país não a adota. Um FP é quando o modelo prevê a adoção da política, porém na realidade, isso não ocorre. Um FN prevê a não adoção da política, contudo ocorre a adoção. Os cruzamentos entre os resultados verdadeiros e previstos foram sistematizados em tabelas de classificação, apresentados no apêndice 2.

A sensibilidade dos modelos, que expressa a capacidade de captar casos VP, foi o principal critério de escolha para o indicador de democracia, uma vez que, nesta tese, há o interesse em prever casos de adoção de políticas regulatórias para energias renováveis. Em seguida, observou-se a acurácia, a especificidade, o valor preditivo positivo e o valor positivo negativo, respectivamente nessa ordem. No quadro abaixo, são descritos os indicadores de diagnóstico utilizados, bem como suas respectivas fórmulas de cálculo.

Quadro 2 - Testes de Diagnóstico

Teste de Diagnóstico	Conceito	Fórmula
Acurácia	Validade do teste ou a probabilidade de determinar o verdadeiro valor estimado.	$(VN + VP)/(VN + FN + FP + VP)$
Sensibilidade	Probabilidade de detectar os casos verdadeiramente positivos.	$VP/(VP + FN)$
Especificidade	Probabilidade de detectar os casos verdadeiramente negativos.	$VN/(FP + VN)$
Valor Preditivo Positivo	Probabilidade de um caso ser verdadeiramente positivo ao se retirar um valor positivo	$VP/(VP + FP)$
Valor Preditivo Negativo	Probabilidade de um caso ser verdadeiramente negativo ao se retirar um valor negativo	$VN/(VN + FN)$

Fonte: Elaboração própria com base em (DIAZ *et al.*, 2020, p. 188–190)

Por fim, também foram incluídas medidas clássicas de ajuste dos modelos, como o teste da razão de verossimilhança, Pseudo- R^2 de McFadden, log da verossimilhança multiplicado por menos

dois (-2LL), Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação de Bayes (BIC) e o número de iterações para o cálculo do log da verossimilhança. O teste da razão da verossimilhança é um teste da significância do modelo, aplicado

Para testar a hipótese nula de que todos os coeficientes angulares são simultaneamente iguais a zero, o equivalente do teste F para o modelo de regressão linear é a estatística da razão de verossimilhança. Dada a hipótese nula, a estatística da razão de verossimilhança (RV) segue a distribuição de Qui-quadrada com o número de graus de liberdade igual ao número de variáveis explanatórias, [...] (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 560).

O Pseudo- R^2 de McFadden varia entre 0 e 1, expressando o ajuste do modelo aos dados. Quanto mais próximo de 1, melhor o ajuste (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 559). As demais medidas (-2LL, AIC e BIC) são critérios informacionais que quanto menor forem, melhor será o ajuste do modelo, sendo que o AIC e o BIC são os mais importantes, por penalizarem o uso excessivo de parâmetros, ou seja, premiam os modelos mais eficientes e parcimoniosos. O número de iterações expressa o número de tentativas para estimar a função log da verossimilhança. Quanto menor o número de tentativas necessárias para a conversão, melhor:

É comum aparecer nas saídas dos diferentes pacotes estatísticos o número de iterações utilizadas pelo computador para estimar o modelo. Ao informar que o modelo convergiu após a 5 iteração, isso quer dizer que os coeficientes foram estimados via máxima verossimilhança. Em geral, quanto mais rápido o modelo convergir (menos iterações), melhor (FERNANDES *et al.*, 2020, p. 11).

Por fim, a multicolinearidade foi avaliada pelo cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF), seguindo a clássica fórmula, em que R^2_j é o coeficiente de correlação múltipla entre o regressor k e os demais regressores. Considera-se que se o valor do VIF for maior que 10, pode haver níveis problemáticos de colinearidade. O cálculo dos VIFs dos modelos estimados encontra-se no apêndice 3.

4.3. Seleção das Variáveis

Esta seção tem por objetivo apresentar o processo de construção da base de dados e justificar a escolha das variáveis. Primeiro, apresenta-se uma descrição do processo de construção das quatro variáveis dependentes. Em seguida, é feita uma discussão de cada um dos índices de democracia empregados como variável independente, enfatizando os pressupostos teóricos subjacentes às suas construções e suas formas de mensuração. Na terceira parte, discute-se as demais variáveis de controle que compõe o conjunto de dados, justificando sua adoção com base em considerações teóricas e empíricas encontradas na literatura relevante. Essas variáveis de controle foram segmentadas em três vetores: no primeiro, incluiu-se fatores internacionais que influenciam a adoção das políticas; no segundo, fatores políticos e institucionais; no terceiro,

demais variáveis econômicas, energéticas e ambientais relevantes. Por fim, são explicitadas as hipóteses estatísticas específicas que descrevem o comportamento esperado para cada uma das variáveis independentes e de controle.

4.3.1. Variáveis Dependentes

Seguindo uma estratégia metodológica recorrentemente utilizadas na literatura sobre políticas para energias renováveis (BALDWIN *et al.*, 2017; BAYER; URPELAINEN, 2016; CARLEY *et al.*, 2017; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013; STADELMANN; CASTRO, 2014), as variáveis dependentes deste estudo são do tipo qualitativa nominal binária, ou seja, variáveis *dummy*, em que o valor “1” representa a adoção de determinada política regulatória, pelo país “*i*”, no ano “*t*”, e o valor “0” representa a não-adoção. As quatro variáveis dependentes que designam as políticas regulatórias estudadas não estavam previamente sistematizadas em um banco de dados unificado, trabalho que teve de ser realizado ao longo desta pesquisa. A principal fonte utilizada para a construção dessas variáveis foram os relatórios da “*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century*”²² (REN21), uma organização não-governamental (ONG) que articula redes de pesquisadores e *policymakers* do mundo todo. Desde 2005, a REN21 apresenta estudos com um amplo mapeamento de políticas para energias renováveis, sintetizando o conhecimento de especialistas, sendo a principal referência global na área. Seus relatórios passam por uma revisão duplo-cega, garantindo a confiabilidade dentro dos mais elevados padrões científicos (REN21, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011-, 2012, 2013, 2014, 2015-, 2017, 2019, 2020-, 2020).

Com base nesses relatórios, optou-se por construir quatro variáveis dependentes, uma para cada um dos tipos de políticas regulatórias que, de acordo com Alves (2017, p. 45–53), apresentam maior difusão mundial: tarifas-prêmio, cotas para energias renováveis, leilões para energias renováveis e sistemas de compensação de energia. Para sistematizar essas variáveis, considerou-se que, a partir do ano “*t*” em que o relatório aponta que o país “*i*” ou uma subunidade nacional desse país adotou a política, essa segue vigente em todos os anos posteriores, assumindo o valor “1”. O valor da variável só volta a ser zero no caso de se confirmar em relatórios posteriores que o país de fato abandonou a política nos anos subsequentes. Caso o país apenas revisasse sua política, considerou-se que ela continuava sendo adotada. Quando as informações fornecidas pelos relatórios da REN21 não eram suficientes para saber se o país adotou ou não a política, recorria-se a estudos de caso ou ao banco de dados de políticas compartilhado pela Agência Internacional

²² <https://www.ren21.net/> acessado em 20 de outubro de 2021.

de Energia e pela Agência Internacional de Energias Renováveis²³, que contém informações detalhadas de 2690 políticas (IEA/IRENA, 2021).

Por fim, foi necessário recorrer à literatura especializada para dirimir dúvidas sobre casos específicos que apresentaram descontinuidades, especialmente na implementação de tarifas-prêmio: Coreia do Sul (KWON, 2015; REN21, 2011-, p. 53), Portugal (AMORIM *et al.*, 2013; BEHRENS *et al.*, 2016; DELICADO, 2015), Espanha (GALLEGO-CASTILLO; VICTORIA, 2015), Noruega (REN21, 2005, p. 21–22), Brasil (ARAÚJO; WILLCOX, 2018; REN21, 2010, p. 53), África do Sul (REN21, 2012, p. 71), Ilhas Maurício (REN21, 2014, p. 90), República Checa (REN21, 2017, p. 203), República Dominicana (REN21, 2019, p. 67, 2020, p. 77), Suécia (REN21, 2019, p. 66, 2020, p. 77), Reino Unido (REN21, 2019, p. 66, 2020, p. 77). Também, haviam países com anos desconhecidos pela REN21, mas que foram possíveis de obter informações em outras fontes: Bolívia, China, Honduras e Rússia (IEA/IRENA, 2021). Tajiquistão (ECS, 2013) e Peru (IEA/IRENA, 2021; RAMÍREZ, 2015). Ainda, para os casos de Panamá e Polônia, era desconhecido que o ano em que começou a se implementar as tarifas-prêmio e não foi possível obter a informação de outras fontes. Nesses, optou-se por incluir como ano inicial, aquele em que aparece pela primeira vez o registro da política no relatório da REN21 (2011, p. 53, 2015, p. 99).

4.3.2. Variáveis Independentes

Para testar empiricamente a influência de regimes políticos na adoção de políticas regulatórias para energias renováveis foram estimados modelos utilizando diferentes formas de medir o nível de democracia e autocracia em um país. Cada medida está associada a diferentes concepções teóricas a respeito das características fundamentais de regimes políticos. Dessa forma, caso todas demonstrem significância estatística, é possível afirmar que independente da concepção teórica que embasa a forma de mensuração, existe uma associação empírica robusta entre os fenômenos estudados (ADCOCK; COLLIER, 2001).

Para tanto, escolheu-se variáveis produzidas por três organizações diferentes: o índice *polity2*, do projeto *Polity IV*; o índice de democracia da *Freedom House*; o índice de democracia da *The Economist*. A escolha se deve ao fato de que são medidas publicamente acessíveis, com amplo reconhecimento e utilização nas Ciências Sociais, todas produzidas com regularidade,

²³ <https://www.iea.org/policies> acessado 03 de outubro de 2021.

abrangendo o período de estudo aqui delimitado, e, também, por possuírem significativa abrangência, sendo possível obter dados para mais de 160 países de todas as regiões do mundo.

Todos os indicadores de democracia são variáveis quantitativas discretas e foram normalizadas para uma escala positiva de 1 a 100, de forma que, quanto mais próximo de 100, mais democrático é o regime. Esse procedimento, favorece a interpretação dos resultados das regressões logísticas, pois os coeficientes podem ser lidos como a variação percentual na probabilidade de adoção de determinada política em função da variação de 1% no índice de democracia. Nas subseções abaixo, são discutidos em maiores detalhes os fundamentos teóricos de cada índice, bem como alguns aspectos técnicos referentes à mensuração, relevantes para esta pesquisa.

4.3.2.1. Índice de Democracia do Polity IV

A primeira medida selecionada para testar a influência do nível de democracia de um regime político na adoção de políticas regulatórias para energias renováveis foi o índice *polity2*, calculado pelo projeto *Polity IV*, do *Center for Systemic Peace* de Estocolmo. Desde a década de 1970, esse centro de pesquisa desenvolve medidas para caracterizar padrões de autoridade em sistemas políticos. Na última década, esse trabalho avançou no âmbito do projeto *Polity IV*, abrangendo 162 países, no período entre 1800 e 2018, com o objetivo de investigar mudanças de regimes políticos e seus efeitos. Em termos conceituais, o foco analítico do *Polity IV* é a compreensão dos padrões de autoridade que conformam os sistemas políticos. Esses padrões de autoridade podem ser definidos como o conjunto de relações assimétricas entre membros hierarquicamente organizados de uma unidade social que estabelecem a direção dessa unidade. Isso significa que essas relações influenciam os objetivos perseguidos nessa unidade social, a normas que regulamentam as condutas dos membros e seus processos coordenativos e alocativos. Fundamentalmente, o foco analítico está nos padrões de autoridade institucionalizados, consolidados em Estados atuantes no sistema internacional (MARSHALL; GURR; JAGGERS, 2019, p. 1).

O *Polity IV* coloca grande ênfase na forma como a autoridade é exercida em um Estado, dando menos peso a outros fatores como a participação política e o exercício de liberdades civis. Para mensurar o nível de democracia e de autocracia institucionalizado em cada Estado, os pesquisadores do *Center for Systemic Peace* analisam os seguintes fatores: competição no recrutamento para o Executivo; nível de abertura ao recrutamento do Executivo; constrangimentos

ao chefe do Executivo; competitividade e regulação da participação política. Esses fatores são sintetizados em indicadores compósitos de democracia e autocracia, independentes entre si, que variam entre 0 e 10 (MARSHALL; GURR; JAGGERS, 2019, p. 15–17). O índice de democracia se eleva de acordo a verificação de instituições e procedimentos pelos quais os cidadãos possam efetivamente expressar suas preferências por alternativas de liderança e políticas; constrangimentos ao exercício do poder pelo Executivo; e, garantias de liberdades civis no cotidiano dos cidadãos e nos atos de participação política. Já o índice de autocracia se eleva quando os governantes são escolhidos dentro da elite política, em processos não regulares e de baixa competitividade; seu poder é exercido com poucos constrangimentos institucionais e a participação política é significativamente restringida.

Metodologicamente, o *Polity IV* assume que não há condições necessárias para a democratização de um regime. Democracia e autocracia seriam características não mutuamente excludentes, presentes em todos os regimes, variando em nível de institucionalização. Alguns regimes poderiam ser, assim, altamente coerentes, possuindo, por exemplo, altos níveis de democracia e baixos níveis de autocracia. Já outros, podem apresentar importantes incoerências, possuindo altos graus de democracia combinadas com características bastante autocráticas.

Nos modelos empíricos testados nesta tese, adotou-se o índice *Polity2*, disponível nos bancos de dados do *Polity IV*, o qual é o saldo líquido entre as características democráticas e autocráticas de cada regime. Seu cálculo se baseia na diferença entre os índices de institucionalização da democracia e da autocracia, variando entre -10 e +10, em que +10 indica um regime fortemente democrático; já -10 um regime fortemente autocrático (MARSHALL; GURR; JAGGERS, 2019). Ainda, atribui o valor 0 a períodos de interrupção de regime, como situações de ocupação militar por potências estrangeiras durante guerras; períodos de interregno, associados ao colapso da autoridade central, via de regra, em razão de guerra civil; períodos de transição, quando novas instituições estão sendo planejadas e legalmente constituídas, porém ainda não estão em vigor (MARSHALL; GURR; JAGGERS, 2019, p. 17–20). Para garantir a comparabilidade com os testes estatísticos realizados com outros índices de democracia e facilitar a interpretação dos resultados, o *Polity2* foi normalizado, fazendo o variar entre 0 e 100.

Nesta tese, será testada a hipótese de que a forma como a autoridade estatal é exercida deve ser um fator importante para explicar às políticas regulatórias para energias renováveis, pois essa autoridade pode delimitar objetivos realizáveis através dessas políticas, como, por exemplo, descarbonizar o sistema energético, diversificar a oferta de energia ou, ainda, garantir segurança energética. É de se esperar que em regimes políticos mais democráticos haja menos arbitrariedade

estatal na escolha de políticas regulatórias, pois passam a seguir fundamentos constitucionais consolidados (O'DONNELL, 2011), incluindo aqui o respeito ao direito ambiental e a acordos internacionais firmados na área de combate às mudanças climáticas (BÄTTIG; BERNAUER, 2009). Do mesmo modo, a divisão de poderes e as eleições periódicas favorecem que os governantes sejam responsivos as preferências dos cidadãos por bens públicos ambientais (AKLIN; URPELAINEN, 2013; BAYER; URPELAINEN, 2016; HUGHES; URPELAINEN, 2015). Assim, a hipótese adotada é que quanto maior o nível de democracia de um país, medido pelo índice *polity2*, maior deve ser a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

4.3.2.2. Índice de Democracia da Freedom House

A segunda medida aplicada para estimar o impacto do regime político foi o índice de democracia da *Freedom House*. A metodologia que a *Freedom House* emprega para calcular esse índice é teoricamente fundamentada na Declaração Universal dos Direitos Humanos. Seu objetivo é observar o real exercício das liberdades civis e dos direitos políticos por parte dos cidadãos (FREEDOM HOUSE, 2019). Portanto, é um índice que avalia o quão liberal é um regime político, com um forte viés normativo subjacente, de que uma democracia liberal é a melhor forma de governo para promover a liberdade (GUGLIANO, 2013). Ou seja, diferente do *Polity IV*, que é um índice que olha para o Estado, focando-se, principalmente, na capacidade de limitar o poder dos governos, o índice da *Freedom House* coloca ênfase no exercício de direitos individuais. Um ponto importante é seu entendimento de que liberdades individuais não são ameaçadas apenas pelo Estado. Em muitos países, também o são por outros grupos poderosos de natureza não-estatal, como, por exemplo, forças paramilitares. Também, é um índice que procura dar maior peso para aspectos associados a implementação desses direitos do que para sua mera existência enquanto código jurídico.

O índice é calculado desde 1972 e, atualmente, abrange mais de 195 países, classificando-os como livres, parcialmente livres ou não livres. Conceitualmente, uma democracia eleitoral é definida como aquela em que os governantes são escolhidos em eleições livres, regulares e justas, com competição entre partidos e chances reais de que os atuais governantes sejam substituídos por seus oponentes. Todos os países classificados como livres pela *Freedom House*, necessariamente são também uma democracia eleitoral. Porém, o fato de haver eleições em um país não é suficiente

para classificá-lo como livre, uma vez que, mesmo ocorrendo eleições, podem ser verificadas violações sistemáticas de direitos civis ou políticos.

A análise de cada caso é feita por especialistas da academia, de *think tanks* ou de organizações de direitos humanos, externos à *Freedom House*. O resultado, convertido no índice, é fruto de consenso entre a equipe da *Freedom House* e os especialistas responsáveis pela análise de cada caso. Basicamente, o índice de democracia calculado pela *Freedom House* é uma variável quantitativa discreta, construída com base em 10 critérios de direitos políticos e 15 critérios de liberdades civis, os quais recebem uma pontuação de 0 a 4, em que quanto maior a pontuação, maior o nível de liberdade. Assim, as liberdades civis possuem uma contribuição maior para o índice do que os direitos políticos. As liberdades civis possuem quatro categorias: liberdade de crenças e expressão; direitos de associação e organização; o império da lei (*Rule of Law*); autonomia pessoal e direitos individuais. Já os critérios de direitos políticos são agrupados em três dimensões: processo eleitoral; funcionamento do governo; pluralismo político e participação (FREEDOM HOUSE, 2019). Se um país obter nota máxima em todos os critérios, seu índice de democracia será 100. A *Freedom House* estabelece, ainda, um patamar mínimo para classificar um país como democracia eleitoral. Para tanto, deve obter o score 7 no critério de processo eleitoral, um mínimo total de 20 pontos em relação aos direitos políticos e 30 nas liberdades individuais (FREEDOM HOUSE, 2019).

Há razões para se esperar que o respeito às liberdades individuais favoreça o fomento de energias renováveis. Em países em que direitos políticos e liberdades civis são garantidos, as pessoas podem expressar suas preferências políticas livremente, inclusive organizando movimentos ambientalistas, partidos verdes ou formas comunitárias de provisão de energia (BURKE; STEPHENS, 2017) Do mesmo modo, essas liberdades favorecem o controle dos cidadãos sob os processos decisórios governamentais, algo que tende a torna as decisões mais transparentes e a limitar o poder do lobby de empresas ligadas às fontes fósseis de energia (GEELS *et al.*, 2016). Como argumenta Carley *et al.*:

No nível mais amplo, a extensão de um regime político democrático versus autoritário, por definição, molda a concentração do poder e a possibilidade de direitos políticos e liberdades civis. Doadores, empresas, organizações não-governamentais e grupos comunitários enfrentam menos barreiras para desenvolver novos mercados de energia renovável em países com mais liberdade. Mesmo quando o regime permite liberdades políticas básicas, as preferências ideológicas dos políticos provavelmente influenciam seu compromisso com o desenvolvimento de energias renováveis, com os partidos de esquerda mais propensos a promover as energias renováveis. Os grupos de interesse também podem promover ou resistir às iniciativas de energia renovável dos políticos. Por exemplo, a indústria de combustíveis fósseis pode ser politicamente poderosa e tentar fazer lobby contra políticas ou investimentos no setor de energia renovável; estudos têm encontrado correlações negativas entre a implantação de energias renováveis e a força

política ou econômica da indústria de combustíveis fósseis (2017, p. 402, tradução própria).

Por fim, é de se esperar a consolidação de instituições liberais favoreça políticas econômicas também de caráter liberal. Nesse sentido, países com maiores níveis de liberdade tenderiam à adoção de políticas pró-mercado, dando menos ênfase a formas diretas pelas quais os Estados poderiam fomentar uma transição energética para sustentabilidade, como, por exemplo, pela concessão de subsídios ou desonerações fiscais. Portanto, a hipótese adotada é que quanto maior o índice da Freedom House, maior a probabilidade de adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

4.3.2.3. Índice de Democracia da The Economist

O terceiro índice de democracia é aquele anualmente calculado pela unidade de inteligência da *The Economist*. Esse índice parte de um entendimento que democracia e liberdade não são sinônimos, mesmo que sejam conceitos intimamente relacionados. A liberdade seria um critério necessário, mas não suficiente para caracterizar um regime como democrático. Aspectos como a escolha de lideranças por eleições majoritárias, o consentimento dos governados, a igualdade perante a lei, o respeito aos direitos de minorias, aos direitos humanos e algum nível de pluralismo político seriam fatores fundamentais na caracterização de democracias. Ainda, aspectos societais, como o funcionamento midiático e a qualidade do governo, e aspectos culturais, como a presença de valores democráticos na cultura política da população, deveriam ser levados em conta, na busca de um conceito substantivo de democracia, que ultrapassasse o minimalismo (THE ECONOMIST, 2020, p. 50–52). Para tanto, a mensuração desenvolvida pela *The Economist* incorpora cinco dimensões: processo eleitoral e pluralismo; liberdades civis; funcionamento do governo; participação política; cultura política.

Empiricamente, a *The Economist* analisa 60 critérios diferentes para compor o índice. Esses critérios são agregados nas cinco dimensões acima descritas e cada dimensão recebe um valor que varia entre 0 e 10. O índice final de democracia é a média aritmética das cinco dimensões. Com base nesse índice, é feita uma classificação dos regimes políticos em quatro tipos: democracias plenas (*full democracies*), democracias com falhas (*flawed democracies*); regimes híbridos (*hybrid regimes*) e regimes autoritários (*authoritarian regimes*) (THE ECONOMIST, 2020, p. 53).

Democracias plenas são aquelas em que não somente liberdades civis e políticas são garantidas, mas há também uma cultura política solidamente democrática. Os critérios de

funcionamento do governo são satisfatoriamente atendidos, a mídia é independente e diversa, o sistema de *checks and balances* é eficaz e o judiciário é independente, com capacidade de fazer valer suas decisões (THE ECONOMIST, 2020, p. 53). Canadá, Uruguai e Dinamarca seriam casos típicos de democracias plenas.

Democracias com falhas se caracterizam por ter eleições livres e periódicas e respeito aos direitos básicos dos cidadãos, mas mesmo assim ainda se verificam eventuais violações nesses direitos ou nos processos eleitorais. Em relação às democracias plenas, esses regimes apresentam pior desempenho no funcionamento do governo, menores níveis de participação e cultura política menos democrática (THE ECONOMIST, 2020, p. 53). Estados Unidos, Brasil, Bélgica e África do Sul foram alguns dos casos classificados como democracias falhas em 2019.

Regimes híbridos são aqueles nos quais as eleições nem sempre são justas e livres. Também, são verificados recorrentes casos de perseguição a opositores, jornalistas ou movimentos sociais. Esses regimes tendem a apresentar altos níveis de corrupção, pior desempenho de governo, baixos níveis de participação política e pouca difusão de valores políticos democráticos na população (THE ECONOMIST, 2020, p. 53). Nigéria e Turquia são casos considerados como regimes híbridos.

Regimes autoritários, por fim, são aqueles em que o pluralismo político é praticamente inexpressivo e, mesmo que haja elementos aparentemente democráticos, como eleições, não apresentam qualquer substância democrática. As liberdades civis e políticas são permanentemente infringidas. A mídia é monopolizada pelo Estado ou por grupos ligados a quem está no poder. Há censura e repressão sistemática à oposição. Não há judiciário independente (THE ECONOMIST, 2020, p. 53). Entre os regimes autoritários, encontram-se a Arábia Saudita e Rússia. Nos modelos empíricos testados nesta tese, espera-se que quanto mais próximos de uma democracia plena, maiores as chances de um país adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

4.3.3. Variáveis de Controle

Nessa seção, apresentam-se as variáveis incluídas na base de dados para controlar outros possíveis fatores que impulsionam a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis. São discutidas as razões teóricas e empíricas que levaram a sua inclusão na base, bem como alguns aspectos relevantes em relação a mensuração de cada dimensão incorporada. Através de revisão bibliográfica, selecionou-se 15 dimensões já identificadas pela literatura como relevantes para analisar o fenômeno estudado, apresentadas no Quadro 3. Essas dimensões foram agrupadas em

três vetores: 1) fatores internacionais; 2) fatores político-econômicos institucionais; 3) fatores econômicos, energéticos e ambientais. Vale ressaltar que algumas dessas variáveis foram amplamente discutidas anteriormente nesta tese, especialmente no capítulo 2, como a influência da União Europeia e do Protocolo de Kyoto, a insegurança energética, a substituição de energia nuclear, a promoção de uma economia verde e o combate às mudanças climáticas. Para as demais, procurou-se dar maior atenção e embasamento através de revisão bibliográfica. No quadro abaixo, encontra-se uma síntese de todas as variáveis de controle utilizadas, sua forma de mensuração, fonte e também algumas referências bibliográficas que embasam sua inclusão no banco de dados. Em seguida, encontra-se a discussão detalhada sobre cada uma dessas variáveis.

Quadro 3 - Síntese das Variáveis de Controle

Dimensão	Variável	Mensuração e Fontes de Dados	Referências
Fatores Internacionais	Pertencimento à União Europeia	Dummy em que o valor “1” indica que o país é membro da EU. Fonte: União Europeia	(Alizada, 2018; Alves et al., 2019; Cadoret & Padovano, 2016; Jenner et al., 2013; Schreurs & Tiberghien, 2007; Stadelmann & Castro, 2014)
Fatores Internacionais	Ratificação do Protocolo de Kyoto	Dummy em que o valor “1” indica que o país se obrigou perante o Protocolo de Kyoto. Fonte: Protocolo de Kyoto	(Alves et al., 2019; Bodas Freitas et al., 2012; Carvalho & Almeida, 2010; Fankhauser et al., 2016; Moreira & Giometti, 2008; Nicolli & Vona, 2012; Stadelmann & Castro, 2014)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Preferência social revelada por bem-estar ambiental	Variação anual nas áreas florestais. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Abramovay, 2019; Hughes & Urpelainen, 2015)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Desenvolvimento da economia verde	Percentual de energias renováveis na produção de eletricidade, excluindo hidroelétricas. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Hughes & Urpelainen, 2015; Jenner et al., 2013)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Nível de industrialização	Participação percentual da indústria no PIB. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Cadoret & Padovano, 2016; Hughes & Urpelainen, 2015; Jenner et al., 2013; Meckling & Nahm, 2018; Sequeira & Santos, 2018)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Capacidades institucionais	Receitas totais do governo central como percentual do PIB, excluídos os financiamentos recebidos. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Howlett & Ramesh, 2014; Hughes & Urpelainen, 2015)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Controle do Poder Executivo por partidos de esquerda	Dummy em que o valor “1” indica que um partido de esquerda ocupa a chefia do poder executivo. Fonte: <i>World Bank Database of Political Institutions</i>	(Abban & Hasan, 2021; Aklin & Urpelainen, 2013; Baldwin et al., 2019; Cadoret & Padovano, 2016; Carley et al., 2017; Jacobsson & Lauber, 2006; Yi & Feiock, 2014)
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Atores com poder de veto	Número de atores com poder de veto medido pela variável	(Stadelmann & Castro, 2014; Tsebelis, 2002)

		<i>“checks”</i> . Fonte: <i>World Bank Database of Political Institutions</i>	
Fatores Político-econômicos e Institucionais	Polarização política	Máxima polarização entre o partido do executivo e os quatro maiores partidos do legislativo. Fonte: <i>World Bank Database of Political Institutions</i>	(Tsebelis, 2002)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Nível de desenvolvimento econômico	Logaritmo natural do PIB per capita em valores constantes de USD 2010. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Baldwin et al., 2017; Carvalho & Almeida, 2010; de Ávila & Diniz, 2015; Scruggs, 2003; Souza & Corazza, 2017; Stadelmann & Castro, 2014; Viola & Franchini, 2018; Zhao & Luo, 2017)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Participação de combustíveis fósseis na oferta de eletricidade	Percentual de fontes fósseis na produção de eletricidade. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Geels, 2014; Geels et al., 2016; Jenner et al., 2013)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Participação de fontes nucleares oferta de eletricidade	Percentual de fontes nucleares na produção de eletricidade. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Kivimaa & Kern, 2016; Rogge & Johnstone, 2017; Schaffer & Bernauer, 2014)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Insegurança energética	Importação líquida de energia como percentual do uso total. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Baldwin et al., 2017; Cadoret & Padovano, 2016; Steeves & Ouriques, 2016)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Nível de consumo de energia	Logaritmo natural do consumo per capita de energia elétrica, medido em KWh. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Alves da Costa, 2020; Baldwin et al., 2017; Carley, 2011; Tolmasquim et al., 2021)
Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos	Nível de emissões de CO ₂	Emissões de CO ₂ em toneladas per capita. Fonte: <i>World Bank – World Development Indicators</i>	(Carley, 2011; Giddens, 2010; Moreira & Giometti, 2008; Souza & Corazza, 2017; Viola & Franchini, 2018)

Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3.1. Fatores Internacionais

Como discutido no segundo capítulo, organizações e acordos internacionais têm tido um papel crucial em promover a coordenação de ações para o enfrentamento de mudanças climáticas. Em maior ou menor grau, diferentes atores em nível nacional respondem a uma agenda formulada internacionalmente. Como argumentam Hughes e Urpelainen:

Em particular, os efeitos da opinião pública, os interesses da indústria e a capacidade institucional podem depender do contexto internacional. Se houver muita pressão e incentivo internacional para adotar políticas climáticas, os interesses e instituições nacionais podem se tornar mais ou menos importantes, dependendo se um ambiente político favorável é necessário para uma resposta às demandas da política externa (2015, p. 62, tradução própria).

Para controlar as estimativas levando em conta fatores internacionais, incluiu-se nos modelos duas variáveis qualitativas discretas binárias não-ordinais (*dummy*) que expressam: 1) se o país é membro da União Europeia; 2) se o país ratificou o Protocolo de Kyoto.

a) União Europeia

A União Europeia teve um papel fundamental em coordenar seus membros para a adoção de metas conjuntas e políticas regulatórias na área de energias renováveis, com o objetivo de descarbonizar seus sistemas energéticos, sendo um dos fatores que explicam o rápido avanço de países europeus em transições energéticas (ALIZADA, 2018; ALVES *et al.*, 2019; CADORET; PADOVANO, 2016; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013; SCHREURS; TIBERGHIE, 2007; STADELMANN; CASTRO, 2014). Para dar conta desse aspecto, a variável “União Europeia” foi construída com base na lista disponibilizada no site da organização²⁴, em que consta a data de adesão. Na base de dados, o *default* é que todos os países assumem o valor zero para essa variável, indicando que não pertencem ao bloco. A partir do ano em que o país aderiu à UE, essa variável assume o valor “1”.

b) Protocolo de Kyoto

O Protocolo de Kyoto foi um marco importante no desenvolvimento de uma governança internacional para o clima, exigindo dos países industrializados compromissos efetivos em reduzir a emissão de GEE. Também, criou formas de financiar esses processos em países em desenvolvimento, através dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo. Assim, teve um impacto direto no setor de energias renováveis (ALVES *et al.*, 2019; BODAS FREITAS; DANTAS; IIZUKA, 2012; CARVALHO; ALMEIDA, 2010; FANKHAUSER; COLLINS; GENNAIOLI, 2016; MOREIRA; GIOMETTI, 2008; NICOLLI; VONA, 2012; STADELMANN; CASTRO, 2014).

A variável “Protocolo de Kyoto” foi criada com base na lista de países²⁵ que ratificaram, aceitaram, aprovaram ou aderiram ao protocolo, estabelecendo o consentimento de obrigar-se ao tratado, como definido na Convenção de Viena sobre o Direito dos Tratados. Na base de dados, o

²⁴ https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_pt#tab-0-1 acessado em 12 de março de 2021.

²⁵ Essa lista encontra-se no Coleção de Tratados das Nações Unidas, órgão depositário do Protocolo de Kyoto: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-a&chapter=27&clang=en acessado em 12 de março de 2021.

default é que todos os países assumem o valor zero para essa variável, indicando que não pertencem ao bloco. A partir do ano em que o país se obrigou pelo Protocolo de Kyoto, esse assume o valor “1” até o fim de sua vigência.

Apesar de, originalmente, existir a previsão do Protocolo expirar em 2012, durante a COP18 foi prorrogado até 2020 na chamada Emenda de Doha. Muitos países não aderiram a prorrogação de imediato; nesses casos, registrou-se o valor zero a partir de 2012 e o valor 1 quando houve a adesão ao termo de prorrogação²⁶. Alguns países abandonaram o acordo ou não adotaram a Emenda de Doha, de modo que voltam ao valor zero no ano subsequente, sendo esse o caso, por exemplo, do Canadá, que deixou o protocolo em dezembro de 2012.

4.3.3.2. Fatores Político-econômicos e Institucionais

A distribuição de custos e benefícios entre diferentes grupos sociais e ao papel dos arranjos institucionais em mediar essa distribuição é fundamental para se entender transições sociotécnicas. A força política e econômica de grupos beneficiários pode ser um fator explicativo para a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis (BAYER; URPELAINEN, 2016; HUGHES; URPELAINEN, 2015). Ainda, grupos que possam se sentir prejudicados por essas políticas, seja pelo risco de elevação no preço médio da energia, seja pela entrada de novos concorrentes para compor a oferta energética, podem atuar no sentido de barrar sua adoção (GEELS *et al.*, 2016; HUGHES; URPELAINEN, 2015). Assim, é preciso levar em conta outros fatores causais, como a ação desses grupos de interesses, para testar a influência do regime político na adoção de políticas regulatórias para energias renováveis.

Para dar conta de controlar esses fatores, incorpora-se nos testes empíricos as variáveis que refletem o modelo teórico proposto por Hughes e Urpelainen (2015) para explicar a adoção de instrumentos de política energética no combate às mudanças climáticas. Esse modelo foi aplicado originalmente no estudo de quatro casos: Alemanha, Japão, Austrália e EUA. O pressuposto do modelo é que essas políticas possuem tanto um caráter ambiental, quanto industrial, distribuindo de forma desigual custos e benefícios associados à sua implementação. Pelo lado dos benefícios, tendem a gerar valor ambiental em uma sociedade, elevando o bem-estar das populações associado ao consumo de bens públicos ambientais (a). Também, geram valor industrial, ao fomentarem

²⁶ De acordo com a lista do órgão depositário disponível em https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-c&chapter=27&clang=en acessado em 12 de março de 2021.

atividades relacionadas à economia verde que desenvolvem e produzem bens, serviços e tecnologias limpas (b). Tanto o valor ambiental, quanto o valor industrial gerado por essas políticas operam no sentido de incentivar a sua adoção.

Mas, em contrapartida, sua execução pode afetar negativamente setores que atuariam para barrá-las. Indústrias pesadas, que consomem significativa quantidade de energia, podem sofrer uma elevação em seus custos resultante da implementação dessas políticas (i). Dessa forma, quanto maior o peso dessas indústrias na economia, maiores os desincentivos para adoção dessas políticas. Do mesmo modo, consumidores poderão ter que arcar com maiores tarifas associadas ao consumo doméstico de energia (c), gerando incentivos para votarem em partidos que não priorizem a adoção de políticas de combate às mudanças climáticas. Por fim, é preciso levar em conta os custos fiscais de sua implementação (g). Quanto maiores os custos no orçamento público, menos interessante será para os governos implementar essas políticas.

Levando em consideração esses argumentos, Hughes e Urpelainen (2015) propõe um modelo matemático para a escolha do instrumento (p). Assumindo benefícios lineares e custos quadráticos, os autores propõe a seguinte fórmula, aqui apresentada em uma versão simplificada:

$$U(p) = (a + b)p - \frac{1}{2}(i + c + g)p^2$$

O resultado seria o nível ótimo de ambição da política, dado por:

$$p^* = \frac{(a + b)}{(i + c + g)}$$

Assim, inspirado esse modelo, ao testar a relação entre regime político e políticas regulatórias para energias renováveis, nesta tese procurou-se levar em conta quatro fatores de economia política e outros três fatores políticos-institucionais discutidos abaixo.

c) Preferência Social Revelada por Bem-estar Ambiental

O primeiro fator é a preferência social revelada por bem-estar ambiental. A degradação ambiental, os maiores níveis de poluição do ar e efeitos de mudanças climáticas, como ondas de calor, secas e inundações implicam significativa perda de bem-estar social para as pessoas. Contudo, implementar políticas de para enfrentar esses problemas pode significar novos custos fiscais expressos, por exemplo, em elevação de impostos ou criação de taxas específicas. Ou ainda, podem exigir realocação de recursos oriundos de outras áreas – como saúde e educação - ou elevação dos gastos públicos e, potencialmente, de tributação. Portanto, são decisões sociais

associadas ao valor ambiental gerado pelas políticas e aos custos fiscais (HUGHES; URPELAINEN, 2015). A escolha dos cidadãos, portanto, dependeria do quanto preferem obter bem-estar ambiental, mesmo que isso implique alocar maiores recursos nessa área.

Em relação a esse fator, surge a dificuldade de encontrar uma forma de mensuração consolidada da preferência social por bem-estar ambiental, que possibilite a comparação de um grande número de países²⁷. Na busca de uma medida abrangente e objetiva que expresse essa preferência, optou-se por trabalhar com a variação da área florestal de cada país, considerando-a como uma espécie de preferência social revelada por bem-estar ambiental. Além de serem importantes reservas de carbono, as florestas ofertam serviços ambientais como polinização, produção de água e regulação climática, além de serem passíveis de manejo para produção de madeiras, serviços de ecoturismo, alimentos e outros produtos não-madeireiros (ABRAMOVAY, 2019). O quanto que as florestas de um país estão crescendo ou diminuindo é um dado que carrega informações importantes para o teste empírico, uma vez que a gestão dos recursos florestais depende tanto de proteção, regulação e fiscalização pública, quanto de atividades autônomas da sociedade civil em prol da preservação. Também, é uma medida que traz informações sobre investimentos do setor privado. Se por um lado, investimentos em setores como agricultura, mineração e infraestrutura podem levar ao desmatamento; por outro o desenvolvimento de setores ligados à bioeconomia e à economia verde podem resultar em ampliação das áreas florestais. Ainda, a utilização de madeira para gerar carvão vegetal pode estar diretamente associada a políticas que favoreçam a produção de bioeletricidade. Portanto, considera-se como uma variável controle apropriada para ser incluída no modelo, assumindo que quanto maior a preferência social revelada por bem-estar ambiental, medida pelo crescimento das áreas florestais em um país, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

d) Desenvolvimento da Economia Verde

²⁷ Uma opção discutida na literatura é a utilização de pesquisas do tipo survey que captam a difusão de valores ambientalistas na opinião pública. Contudo, os dados disponíveis são restritos a poucos países e, além disso, o fato de se verificar uma maior difusão desses valores em uma sociedade não significa que eles sejam prioridade ao orientar o voto ou os investimentos em bens públicos ambientais. Dado esse problema, outra medida que tem sido utilizada pela literatura é o percentual de votos obtidos por partidos verdes ou o percentual de cadeiras que esses partidos ocupam no legislativo (HUGHES; URPELAINEN, 2015; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013). Aqui, a dificuldade que surge é justamente obter dados sistematizados para muitos países, uma vez que neste estudo, é preciso levar em conta a diversidade institucional, incluindo países não democráticos na amostra, o que cria uma dificuldade a mais para aplicar essa medida. Além disso, essa é uma variável que não tem apresentado significância estatística, mesmo para amostras de países exclusivamente democrático (JENNER; GROBA; INDVIK, 2013).

Um segundo fator é a influência política de setores econômicos que atuam dentro da chamada economia verde. Como discutido na seção 2.5 do segundo capítulo, à medida que cresce sua importância na geração de empregos e rendas, governos passam a ter de dedicar maior atenção ao meio-ambiente e às mudanças climáticas por motivos econômicos. Também, há uma tendência de aumentar a influência política desses setores, os quais pressionam governos para que tomem medidas mais ambiciosas de combate às mudanças climáticas (HUGHES; URPELAINEN, 2015; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013). Assim, considera-se que a participação de novas energias renováveis na matriz energética de um país é uma medida indicativa do peso econômico e político da indústria verde. A medida empírica empregada nos testes para representar esses setores será o percentual ocupado pelas fontes renováveis na matriz elétrica, excluindo hidroelétricas. Espera-se que, quanto maior esse percentual, maiores as chances de se adotar políticas regulatórias para esse setor.

e) Nível de Industrialização

Um terceiro fator é a influência da indústria intensiva em capital, que atuaria para barrar a adoção de políticas para renováveis, uma vez que resistiria à possível elevação de custos causada pela maior presença de fontes limpas na matriz energética. Setores com alto consumo energético, como o de mineração, papel e celulose, metalurgia e automobilística, estariam entre os principais opositores às mudanças em direção a uma matriz energética limpa (HUGHES; URPELAINEN, 2015; MECKLING; NAHM, 2018). Do mesmo modo, indústrias associadas à produção de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás-natural, teriam razões para se oporem a essas políticas, uma vez que novas energias renováveis poderiam representar uma ameaça causada pela entrada de novos concorrentes nos mercados energéticos (JENNER; GROBA; INDVIK, 2013). Para analisar essa relação empiricamente, segue-se a estratégia adotada em outros estudos, de inserir no modelo a participação percentual da indústria manufatureira no PIB (CADORET; PADOVANO, 2016; SEQUEIRA; SANTOS, 2018). É esperado que, quanto maior a participação percentual da indústria no PIB de um país, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

f) Capacidades Institucionais

O quarto fator levado em conta é a disponibilidade de recursos que confere capacidades institucionais para arcar com os custos fiscais associados às políticas regulatórias para energias renováveis. Em muitos países, a formulação, implementação e gestão dessas políticas implica a existência de agências especializadas e autônomas, com funções específicas associadas a promover energias limpas, o que por si só demanda elevado volume de recursos (HUGHES; URPELAINEN, 2015). Para se adotar políticas regulatórias, há uma exigência de capacidades institucionais, expressas na disponibilidade de recursos financeiros, técnicos e humanos, necessários para se alcançar os objetivos propostos. Do mesmo modo que a maior disponibilidade desses recursos favorece a adoção de políticas regulatórias, sua ausência pode minar sua eficácia. Ou seja, é um fator crucial para se regular mercados adequadamente. Como argumentam Howlett e Ramesh:

Para funcionar eficazmente, os mercados exigem regulamentações duras, mas sensatas, que são implementadas com diligência, condições difíceis para muitos governos devido à falta de competências ou capacidades analíticas, gerenciais e/ou políticas. Sem capacidade adequada para regular um setor, o governo pode se voltar para subsidiar usuários e/ou fornecedores que podem ser politicamente convenientes, mas são vulneráveis a aumentos de custos e outros fatores que podem minar a viabilidade de um programa a longo prazo. (2014, p. 323, tradução própria)

Para medir essas capacidades de forma a não restringir demasiadamente a amostra e, ao mesmo tempo, obter uma variável sintética, utiliza-se como proxy de capacidades institucionais as receitas totais do governo central como percentual do PIB, excluídos os financiamentos recebidos. Essa medida expressa as transferências compulsórias recebidas pelo governo central e outras receitas, sendo uma mensuração abrangente, que leva em conta receitas de diversas origens, como tributações, contribuições sociais, taxas, multas, rendas e alienações de ativos estatais. Essa informação é importante, pois essas receitas são o resultado de diversas atividades governamentais, associadas com diferentes capacidades (coercitivas, extrativas, administrativas, tecnológicas e informacionais). Do mesmo modo, é um dado que carrega informações sobre a quantidade de recursos disponíveis para serem alocados em diferentes áreas governamentais, ou seja, capacidade de arcar com custos fiscais. Assim, espera-se que quanto maiores as receitas do governo, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

g) Chefia do Poder Executivo por Partidos de Esquerda

Além dos fatores apontados no modelo de Hughes e Urpelainen (2015), também serão incluídos no teste empírico três outros fatores políticos-institucionais. O primeiro é a presença de

partidos de esquerda na chefia do executivo. Muitos estudos vêm demonstrando a relevância dessa variável para explicar a adoção de políticas para energias renováveis (BALDWIN; CARLEY; NICHOLSON-CROTTY, 2019; CARLEY *et al.*, 2017; JACOBSSON; LAUBER, 2006; YI; FEIOCK, 2014) e outros fenômenos associados, como o aumento do consumo (CADORET; PADOVANO, 2016) e de investimento em energias renováveis (ABBAN; HASAN, 2021). Outra descoberta interessante advém do estudo de Aklın e Urpelainen (2013, p. 656), segundo o qual mudanças de governo da direita para a esquerda aumentam, em média, 0,3% ao ano a participação de energias renováveis na matriz energética. Portanto, há evidências empíricas que sugerem levar em consideração a influência dos partidos de esquerda.

Para controlar esse fator é aplicada uma variável dummy, assumindo o valor “1” quando um partido de esquerda ocupa a chefia do poder executivo e “0” quando essa posição é ocupada por partidos de direita ou centro-direita. Essa variável foi construída com base nos dados disponíveis no *Database of Political Institutions* do Banco Mundial (DPI), o qual define partidos de esquerda como aqueles que se consideram comunistas, socialistas, socialdemocratas ou “*left-wing*” (CRUZ; KEEFER; SCARTASCINI, 2021, p. 6). É esperado que a presença desses partidos na chefia do executivo exerça uma influência positiva sobre a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis.

h) Atores com Poder de Veto

A segunda variável político-institucional incluída no modelo diz respeito aos atores com poder de veto (*veto players*). Sua inclusão se deve à teoria proposta por George Tsebelis (2002), segundo a qual, quanto maior o número de atores com poder de veto em um sistema político, maiores as dificuldades para se promover alterações no status quo. Ou seja, mais estável tende a ser o sistema, pois maiores serão os custos para promover uma mudança nas políticas em vigência, dada a necessidade de negociar com um número grande de atores. Como a adoção de políticas regulatórias para novas energias renováveis tem um forte sentido de alterar o status quo, ao modificar as estruturas do setor energético, considera-se que é possível que atores com posições consolidadas mobilizem seus poderes para barrá-las (STADELMANN; CASTRO, 2014, p. 416).

Para mensurar empiricamente esse fator, adotou-se a variável “*checks*” do DPI que abrange tanto o sistema de governo (presidencialista ou parlamentarista), quanto o sistema partidário (monopartidário, bipartidário ou multipartidário) e seus padrões de cooperação e competição (BECK *et al.*, 2001, p. 169–170). A sua mensuração empírica é feita levando em conta diversos

critérios que possibilitam a comparação entre diferentes arranjos institucionais (CRUZ; KEEFER; SCARTASCINI, 2021, p. 19). Por exemplo, “*checks*” assume o valor “1” em sistemas em que não há poder legislativo competitivo e o poder está concentrado no executivo, o qual não sofre maiores dificuldades em executar sua vontade frente a outros atores políticos (CRUZ; KEEFER; SCARTASCINI, 2021, p. 14). Se existe poder legislativo eleito por pleitos competitivos e a oposição controla esse poder, “*checks*” é incrementado em um ponto e assim por diante²⁸. Espera-se que quanto maior o número de atores com poder de veto, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

i) Polarização do Sistema Político

Por fim, o último fator político-institucional é a polarização no sistema político. Segundo a teoria de Tsebelis (2002), além do número de veto players, a distância de orientação ideológica entre os atores com poder de veto é um fator importante que dificulta alterações no status quo. A variável utilizada pelo DPI para mensurar empiricamente essa dimensão é definida pela máxima polarização entre o partido do executivo e os quatro maiores partidos do legislativo (CRUZ; KEEFER; SCARTASCINI, 2021, p. 19–20). Em sistemas em que não há poder legislativo competitivo ou que o poder executivo possui maioria absoluta no legislativo, essa variável assume o valor zero. Caso contrário, será a diferença de orientação entre o partido do executivo, os três maiores partidos da coalizão e o maior partido da oposição. Se houver diferenças de orientação apenas entre governo e oposição, assume o valor um. Se houver diferenças entre todas as partes, assume o valor dois. Espera-se que, quanto maior o grau de polarização no sistema político, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

4.3.3.3. Fatores Econômicos, Ambientais e Energéticos

Além dos fatores antes discutidas, outras variáveis de natureza econômica, ambiental e energética tendem a influenciar a tomada de decisão sobre a adoção dessas políticas. Os fatores que serão considerados serão o nível de desenvolvimento econômico do país, a insegurança energética, a participação de energia nuclear e de combustíveis fósseis na matriz energética, a demanda por energia e o nível de emissões de CO₂ per capita.

²⁸ A listagem detalhada de todos os critérios utilizadas pelo Banco Mundial para se computar atores com poder de veto encontra-se em Cruz, Keefer e Scartascini (2021, p. 19).

j) Nível de Desenvolvimento Econômico

O nível de desenvolvimento econômico de um país é um fator importante, pois implementar políticas regulatórias para energias renováveis demanda recursos materiais. Quanto maior o produto de uma sociedade, maior sua capacidade de implementar essas políticas, desenvolver o setor de energias renováveis e avançar em transições energéticas para sustentabilidade. De certo modo, essa ideia já estaria presente no conceito de Curva Ambiental de Kuznets, segundo o qual, se em um primeiro momento crescimento econômico leva uma maior degradação ambiental, em um segundo momento, os recursos gerados passam a estar disponíveis para serem investidos em bem-estar ambiental (CARVALHO; ALMEIDA, 2010; DE ÁVILA; DINIZ, 2015; ZHAO; LUO, 2017). Países com maiores níveis de renda per capita também teriam maior capacidade de arcar com os custos do combate às mudanças climáticas e impulsionar sua economia verde, estabelecendo uma agenda de políticas nessa área, sendo esse um dos pressupostos que embasou muitas das negociações internacionais nessa área (SOUZA; CORAZZA, 2017; VIOLA; FRANCHINI, 2018). Estudos empíricos também apontaram evidências de que a renda per capita de um país possui efeitos positivos no combate à poluição (SCRUGGS, 2003), na geração de novas energias renováveis (BALDWIN *et al.*, 2017) e na probabilidade de adoção de políticas para energias renováveis (ALVES *et al.*, 2019; STADELMANN; CASTRO, 2014). Assim, espera-se que quanto maior for o desenvolvimento econômico de um país, medido pela a renda per capita, maior a probabilidade de adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

k) Participação de Combustíveis Fósseis na Oferta de Eletricidade

Entre os fatores energéticos, a estrutura de oferta energética de um país é um aspecto fundamental para se explicar as políticas regulatórias sobre novas energias renováveis, dado que essas políticas visam estruturar novos mercados que modificam a matriz elétrica. Um primeiro fator a ser levado em consideração é a participação de fontes fósseis na oferta energética. Considera-se aqui um argumento que vem ganhando força na literatura, segundo o qual, em matrizes energéticas altamente dependente de fontes fósseis, as empresas que atuam nesse setor oferecerão resistência a implementação de políticas para novas energias renováveis, uma vez que essas políticas possibilitariam a entrada de novos concorrentes no setor (GEELS, 2014; GEELS *et*

al., 2016; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013). Dessa forma, matrizes energéticas em que se verifica uma maior dependência de fontes fósseis seriam aquelas mais difíceis de serem modificadas. Empiricamente, a medida adotada para representar esse fator será o percentual de produção de eletricidade a partir de petróleo, gás natural e\ou carvão, de modo que, quanto maior for esse percentual, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para novas energias renováveis.

l) Participação de Fontes Nucleares na Oferta de Eletricidade

Outro fator relativo à estrutura da oferta energética é a participação de energia nuclear na matriz elétrica. Como discutido na seção 2.3 do segundo capítulo, desde a década de 1990, verifica-se uma tendência mundial de queda na participação da energia nuclear na oferta energética. Essa queda tem sido causada por políticas de *phasing-out*, em que deliberadamente se busca reduzir o peso da energia nuclear na matriz energética. Para tanto, uma das estratégias adotadas é promover um crescimento mais acelerado do investimento em outras fontes energéticas, incluindo-se aqui as novas energias renováveis. Portanto, esse fenômeno estaria associado a uma agenda de políticas e investimentos em energias renováveis (KIVIMAA; KERN, 2016; ROGGE; JOHNSTONE, 2017). De fato, Schaffer e Bernauer (2014) verificaram empiricamente que quanto maior a parcela de energia gerada por fontes nucleares, maior a probabilidade de se adotar tarifas-prêmio e sistemas de certificação verde. Assim, é preciso levar em conta o processo de substituição de fontes nucleares como uma possível causa para a adoção de políticas para energias renováveis. Empiricamente, a medida utilizada foi o percentual de produção de eletricidade de fontes nucleares. Espera-se que, quanto maior esse percentual, também maior será a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis, as quais têm por objetivo consolidar um novo padrão de oferta energética que venha a substituir a alta dependência de usinas nucleares.

m) Insegurança Energética

O terceiro fator relacionado à oferta energética é a parcela dessa oferta que se origina no exterior. Como discutido no segundo capítulo, a busca por segurança energética foi uma das motivações que impulsionou historicamente uma agenda de políticas voltadas para desenvolvimento de energias renováveis. Esse argumento vem sendo levado em consideração por estudos que assumem que quanto mais um país depende de importar energia do exterior, ou seja,

quanto maior sua insegurança energética, maior também a necessidade de buscar alternativas (BALDWIN *et al.*, 2017; CADORET; PADOVANO, 2016; STEEVES; OURIQUES, 2016). Portanto, esse é um dos fatores que precisa ser controlado, caso se queira isolar os efeitos do regime político na adoção de políticas regulatórias. Empiricamente, a medida adotada para levar em conta a insegurança energética é a importação líquida de energia como percentual do uso total de energia em um determinado país. A importação líquida de energia é a diferença entre o total de energia importado e o total exportado, admitindo que, quanto maior for esse resultado, mais dependente é um país de comprar energia do exterior. No presente modelo, espera-se que, quanto maior for a importação líquida de energia, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

n) Nível de Consumo de Energia

A demanda por energia também tem uma influência decisiva na adoção de políticas para energias renováveis (ALVES DA COSTA, 2020; BALDWIN *et al.*, 2017; TOLMASQUIM *et al.*, 2021). Para dar conta dessa dimensão, incorporou-se no modelo o logaritmo do consumo per capita de energia elétrica, medido em KWh. O pressuposto é que quanto maior o consumo de eletricidade em um país, maior o desafio de garantir a oferta, de modo que a ampliação e a diversificação da matriz elétrica passam a ser objetivos fundamentais da política energética (CARLEY, 2011). Nesse caso, espera-se que, quanto maior o consumo per capita de eletricidade em um determinado país, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

o) Nível de Emissões de CO2 Per Capita

Por fim, é incluída uma variável associada a fatores ambientais, que é o nível de emissões de CO2 per capita em um país. O combate às mudanças climáticas é uma das grandes agendas que impulsiona o fomento de transições energéticas, de maneira que a descarbonização passa a ser um objetivo fundamental de políticas energéticas (CARLEY, 2011; GIDDENS, 2010). Também em negociações internacionais, os níveis de emissões de GEE é um dos fatores centrais para determinar as atribuições de responsabilidade e os compromissos para os países (MOREIRA; GIOMETTI, 2008; SOUZA; CORAZZA, 2017). Dado que o nível de emissões per capita é uma das medidas determinantes do perfil de emissões, consolidando-se no Acordo de Paris como o principal critério para se discutir a divisão de responsabilidades sobre o aquecimento global

(VIOLA; FRANCHINI, 2018), adotou-se também nesta tese como uma das variáveis de controle. Afinal, a adoção de políticas regulatórias poderia ser explicada pelo esforço dos países em dar conta de reduzir suas emissões e, assim, cumprir seus compromissos internacionais. Espera-se, assim, que quanto maior o nível de emissões per capita, maior a probabilidade de um país adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

4.4. Síntese das Hipóteses Estatísticas Específicas

A seguir, são apresentadas de forma sintética às hipóteses estatísticas que expressam o comportamento das variáveis independentes e de controle em relação à todas as variáveis dependentes incluídas na base de dados.

Hipótese 1: quanto maior o nível de democracia do regime político, medido pelo índice *Polity2* do projeto *Polity IV*, maior a probabilidade de adoção de políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 2: quanto maior o nível de democracia do regime político, medido pelo índice de democracia da *Freedom House*, maior a probabilidade de adoção de políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 3: quanto maior o nível de democracia do regime político, medido pelo índice de democracia substancial da *The Economist*, maior a probabilidade de adoção de políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 4: o pertencimento à União Europeia impacta de forma positiva a probabilidade de adoção de políticas públicas para energias renováveis.

Hipótese 5: a adesão ao Protocolo de Kyoto impacta de forma positiva a probabilidade de adoção de políticas públicas para energias renováveis.

Hipótese 6: quanto maior a preferência social por bem-estar ambiental, medida pela taxa de crescimento das áreas florestais de um país, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 7: quanto mais forte a indústria verde de um país, medida pela participação de eletricidade oriunda de novas energias renováveis na matriz elétrica, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias nesse setor.

Hipótese 8: quanto maior o nível de industrialização de um país, medido pela participação percentual da indústria no PIB de um país, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 9: quanto maior a capacidade institucional, medida pelas receitas do governo central como percentual do PIB, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 10: a presença de partidos de esquerda na chefia do executivo exerce uma influência positiva sobre a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 11: quanto maior o número de atores com poder de veto em um sistema político, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis

Hipótese 12: quanto maior o nível de polarização política em um sistema político, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis

Hipótese 13: quanto maior for a renda per capita de um país, maior a probabilidade de adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 14: quanto maior for o percentual de fontes fósseis na matriz elétrica, menor a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para novas energias renováveis.

Hipótese 15: quanto maior o percentual de energia nuclear na matriz elétrica, maior será a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis

Hipótese 16: quanto maior a insegurança energética de um país, medida pela importação líquida de energia, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 17: quanto maior a demanda por eletricidade, medida pelo consumo per capita de eletricidade em um determinado país, maior a probabilidade de se adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

Hipótese 18: quanto maior o nível de emissões per capita, maior a probabilidade de um país adotar políticas regulatórias para energias renováveis.

5. Regime Político e Políticas Regulatórias para Renováveis

Neste capítulo, investiga-se empiricamente a relação entre o nível de democracia do regime político de um país e suas escolhas de políticas regulatórias para energias renováveis. Para tanto, são analisadas séries temporais que descrevem o processo de difusão dessas políticas e são estimadas regressões logísticas bivariadas e multivariadas, assumindo como variável dependente cada uma dos quatro tipos de política mais difundidos: tarifa-prêmio (*feed-in tariffs* - FITs), cotas para energias renováveis, leilões de energias renováveis e sistemas de compensação de energia (*net metering*) (ALVES, 2017, p. 45–53).

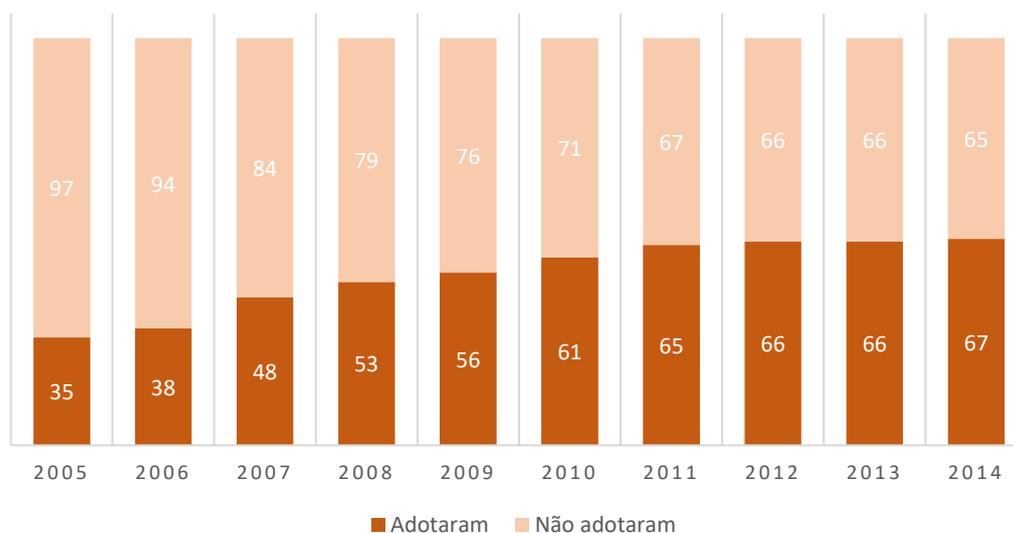
Para cada uma dessas políticas foram estimadas três regressões bivariadas, uma para cada um dos índices de democracia, e duas regressões multivariadas. A primeira regressão multivariada é sempre o resultado da aplicação do algoritmo *stepwise* de seleção de variáveis a um modelo inicial que incluía as 15 variáveis de controle mais o índice de democracia que apresentou melhor desempenho nos modelos bivariados. A segunda regressão multivariada é sempre um modelo em que se inclui ou se exclui o índice de democracia do melhor modelo encontrado pela aplicação do *stepwise*, possibilitando uma comparação dos efeitos de adicionar ou excluir essa variável. Portanto, ao todo foram estimados 20 modelos com o objetivo de analisar empiricamente a relação entre o regime político e a adoção dessas políticas.

5.1. Tarifas-prêmio

As tarifas-prêmio foram as políticas mais difundidas para regular o setor de energia renovável. Como pode ser visto na figura abaixo, o número de países que haviam adotado essas políticas passou de 35²⁹ em 2005 para 67 em 2014³⁰, apresentando um crescimento médio de 3,5 novos países por ano. Ou seja, em uma década, praticamente dobrou esse número, de forma que já em 2012, pelo menos 50% dos países utilizavam-nas.

²⁹ Argélia, Armênia, Áustria, Brasil, Canadá, China, Chipre, República Tcheca, Dinamarca, Equador, Estônia, França, Alemanha, Grécia, Honduras, Hungria, Índia, Indonésia, Irlanda, Israel, Itália, Coreia do Sul, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Nicarágua, Portugal, República Eslovaca, Eslovênia, Espanha, Sri Lanka, Suécia, Suíça, Turquia, Estados Unidos.

³⁰ Albânia, Argélia, Angola, Argentina, Armênia, Austrália, Áustria, Bielo-Rússia, Bolívia, Bósnia e Herzegovina, Bulgária, Canadá, China, Croácia, Chipre, Dinamarca, República Dominicana, Equador, Egito, Estônia, Finlândia, França, Alemanha, Gana, Grécia, Honduras, Hungria, Índia, Indonésia, Irã, Irlanda, Israel, Itália, Japão, Jordânia, Cazaquistão, Quênia, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malásia, Malta, Moldávia, Mongólia, Holanda, Nicarágua, Nigéria, Macedônia do Norte, Paquistão, Panamá, Peru, Filipinas, Portugal, Rússia, Eslováquia, Eslovênia, Sri Lanka, Suécia, Suíça, Tadjiquistão, Tanzânia, Tailândia, Turquia, Ucrânia, Reino Unido, Estados Unidos, Vietnã.

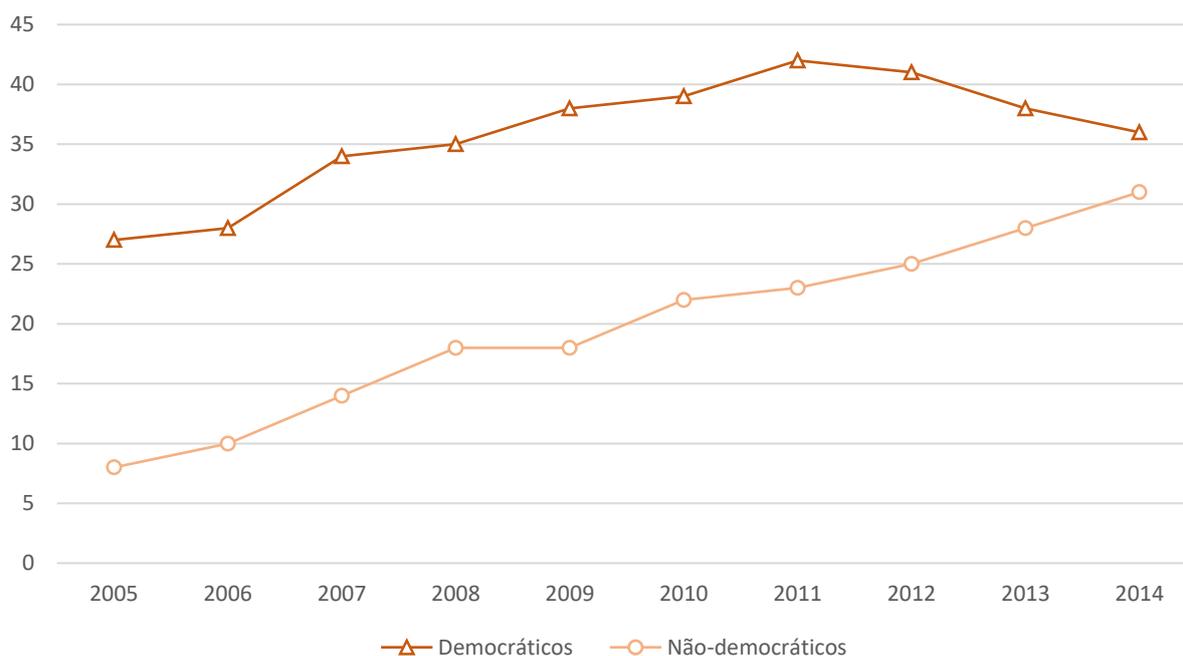
Figura 24 - Número de Países que Adotaram Tarifas-prêmio (2005-2014)

Fonte: Elaboração própria com base nos relatórios da REN21

Em 2005, as FITs já haviam sido adotadas por 27 países democráticos, apresentando um crescimento linear até o ano de 2011, quando alcança o pico de 42 países (Figura 25). A partir daquele ano começa um decréscimo nesse número, dado que seis países democráticos abandonam essas políticas³¹, restando apenas 36 países no ano de 2014. Por sua vez, a série histórica do número de países não democráticos que adotaram FITs segue uma tendência de crescimento linear relativamente constante. Nesse período, havia um acréscimo médio de 2,5 países autoritários a cada ano que adotavam as FITs, passando de 8 países em 2005 para 31 em 2014.

Portanto, até o início da década de 2010, havia um corte relativamente claro entre países democráticos e não democráticos no que se refere a adoção das FITs. Esse corte, foi muito bem captado por estudos como o Bayer e Urpelainen (2016), que demonstrou uma forte associação entre regimes políticos democráticos e a adoção de FITs. Contudo, a partir de 2010, começa uma tendência de convergência das duas séries históricas, motivada tanto pela maior difusão dessas políticas em países não democráticos, quanto pelo abandono em países democráticos, restando pouca diferença numérica entre os dois grupos.

³¹ Brasil, República Checa, Coreia do Sul, Maurício, África do Sul, Espanha.

Figura 25 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Tarifas-prêmio (2005-2014)

Fonte: Elaboração própria com base nos relatórios da REN21 e Freedom House

Ao estimar modelos *logit* bivariados, ficou evidente que os três índices de democracia incluídos na base de dados possuem uma relação positiva com a variável resposta, indicando que quanto maior o nível de democracia de um país, maior a probabilidade de se adotar as FITs (Tabela 4). Além disso, os resultados foram todos estatisticamente significativos ao nível de 1%, tanto para o teste Z, quanto para o teste da razão de verossimilhança, apontando que a relação entre o regime político e a adoção de FITs não é meramente um acaso. Portanto, apesar de haver uma tendência histórica à convergência, a diferença entre países democráticos e não democráticos ainda é significativa quanto à adoção de FITs. Ou seja, corrobora-se o resultado do estudo de Bayer e Urpelainen (2016) que a democracia é um fator importante para explicar as FITs.

Ao comparar os modelos gerados pelos três diferentes indicadores de democracia, alguns aspectos merecem atenção. Primeiro é que todos possuem o mesmo Pseudo-R² de McFadden e foram calculados com o mesmo número de iterações. Chama atenção, também, o fato de que, em todos os modelos, o parâmetro de sensibilidade foi sempre o que apresentou maior percentual. Assim, é possível afirmar que índices de democracia têm maior poder para prever casos de adoção das FITs do que casos de não-adoção. Entre os indicadores para avaliação de diagnóstico, o modelo calculado com o índice *Polity2* (1.2) apresentou a maior sensibilidade, captando 73% dos casos verdadeiramente positivos. Também, apresenta o menor valor de -2LL, AIC e BIC. Isso significa que é um índice apropriado para prever a adoção das FITs.

Tabela 4 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Tarifas-prêmio

	<i>Modelo 1.1</i>	<i>Modelo 1.2</i>	<i>Modelo 1.3</i>
<i>Intercepto</i>	-1,0671** (0,4330) ³²	-1,2084 ** (0,4951)	-1,4381*** (0,5485)
<i>Índice Freedom House</i>	0,01812*** (0,0064)	- -	- -
<i>Polity2</i>	- -	0,0172*** (0,0062)	- -
<i>Democracy Index</i>	- -	- -	0,0252*** (0,0088)
<i>Razões de Chance</i>	1,018	1,017	1,026
<i>IC 95% eβ</i>	[1,006; 1,031]	[1,005; 1,030]	[1,008; 1,043]
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	8,5292***	8,3191***	8,7804***
<i>Acurácia</i>	62%	58%	60%
<i>Sensibilidade</i>	69%	73%	67%
<i>Especificidade</i>	55%	43%	52%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	61%	57%	59%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	63%	60%	60%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,05	0,05	0,05
<i>Log da Verossimilhança</i>	-86,5	-85,2	-86,4
<i>-2LL</i>	173,0	170,4	172,8
<i>AIC</i>	171,5	171,0	170,4
<i>BIC</i>	182,8	180,2	182,5
<i>Iterações</i>	4	4	4
<i>N</i>	131	129	131

Fonte: Elaboração própria

O *polity2* é o melhor preditor significativo para a adoção de FITs, pois coloca grande peso em como a autoridade estatal é exercida e controlada. O processo de democratização, de acordo com a concepção teórica subjacente à construção desse índice, está associado à capacidade de frear o poder arbitrário do Estado. Como as FITs são políticas que só fazem efeito se for garantido um horizonte de longo prazo para a execução dos contratos, ambientes institucionais que garantam segurança jurídica e mitiguem a arbitrariedade dos agentes estatais devem favorecer a adoção dessas políticas. Portanto, existe uma razão para se encontrar uma razão de chance de 1,017 a favor da adoção de FITs. Isso significa que a cada aumento de 1% no índice *Polity2*, a chance de um país adotar as FITs aumenta em média 1,7%, sendo que o verdadeiro valor do parâmetro está entre 0,5% e 3,0%, dado um intervalo de confiança de 95%.

³² Entre parêntese, apresenta-se o erro padrão do coeficiente estimado.

Ao rodar o algoritmo *Stepwise* para selecionar o melhor modelo multivariado (Tabela 5), levando em conta o índice *Polity2* e as demais variáveis de controle, o modelo final (1.4) eliminou o índice de democracia como uma variável significativa. O modelo 1.4 apresentou melhor desempenho que todos os modelos bivariados em todos os critérios de informação e em todos os testes de diagnósticos. Também, possuiu o maior poder explicativo, dado o maior nível do Pseudo-R² de McFadden. Ainda, nenhum de seus regressores apresentou VIF maior que 10, indicando que não há problemas de colinearidade.

Tabela 5 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Tarifas-prêmio

	<i>Modelo 1.4</i>	<i>Modelo 1.5</i>
<i>Intercepto</i>	0,3393 (1,9301)	0,5930 (1,9451)
<i>Polity IV - Polity2 – Normalizado</i>	- -	-0,0091 (0,0103)
<i>União Europeia</i>	1,647** (0,7293)	1,7860** (0,7503)
<i>Veto Players</i>	0,5243*** (0,1965)	0,6131*** (0,2237)
<i>Log PIB per capita</i>	-1,1239** (0,5620)	-1,1358** (0,5577)
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	1,0589** (0,5108)	1,0946 (0,5081)
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	20,6028***	21,4066***
<i>Acurácia</i>	67%	70%
<i>Sensibilidade</i>	74%	76%
<i>Especificidade</i>	58%	63%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	70%	73%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	62%	66%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,16	0,17
<i>Log da Verossimilhança</i>	-53,81	-53,41
<i>-2LL</i>	107,6	106,8
<i>AIC</i>	117,6	118,8
<i>BIC</i>	130,3	134,1
<i>Iterações</i>	4	4
<i>N</i>	94	94

Fonte: Elaboração própria

O modelo 1.5, que reproduz o modelo 1.4, acrescido do índice de democracia *polity2*, obteve pior desempenho nos critérios de informação AIC e BIC e a variável de democratização não apresentou significância estatística. Porém, sua inclusão aumentou o Pseudo-R² e levou a uma melhora de todos os indicadores de diagnóstico. A acurácia do modelo passou a ser de 70%, a

sensibilidade aumentou três pontos percentuais e a especificidade aumentou cinco pontos percentuais. Também, verificou-se aumento nos valores preditivos positivo e negativo. Logo, a inclusão do índice de democracia gerou um modelo menos eficiente, porém mais preciso.

Portanto, mesmo que o regime político tenha uma influência positiva, como ficou evidente nos modelos bivariados, pode-se considerar que há outros fatores mais importantes para explicar a adoção de FITs. Esse resultado vai ao encontro do estudo de Stadellmann e Castro (2014, p. 419) que demonstrou que outros fatores, como o pertencimento à União Europeia, o tamanho da população, a disponibilidade de recursos hídricos e a disponibilidade de recursos eólicos são mais importantes para explicar adoção de FITs. Na presente tese, encontrou-se também quatro fatores necessários para se prever a adoção de FITs: o pertencimento à União Europeia, o número de atores com poder de veto no sistema político, a renda per capita e o consumo de energia per capita.

O número de atores com poder de veto é um fator importante, que influencia positivamente a adoção de FITs, sendo significativo ao nível de 1%. O aumento de uma unidade nessa variável aumenta em 69% as chances de se encontrar essa política. Como pode ser visto na figura 25, na década de 2010, houve uma tendência de alguns países abandonarem as tarifas-prêmio. Nesse caso, é provável que em países com maior número de atores com poder de veto seja mais difícil de abandonar essas políticas.

O pertencimento à União Europeia é também um fator com influência positiva, sendo estatisticamente significativo ao nível de 5%, de jeito que pertencer à União Europeia aumenta praticamente em quatro vezes as chances de um país adotar essas políticas. Esse resultado corrobora a eficácia da coordenação supranacional, que incita seus países membros a adotarem políticas regulatórias para energias renováveis utilizando mecanismos como metas e diretrizes mandatórias (ALVES, 2017). Além disso, a União Europeia exerceu um papel importante na difusão internacional das tarifas-prêmio, pois o pioneirismo bem-sucedido de países como Portugal (1988), Alemanha (1990), Dinamarca (1992) e Espanha (1994) serviu de exemplo para outros países membros que passaram a adotar (ALVES, 2017; BALDWIN; CARLEY; NICHOLSON-CROTTY, 2019; JACOBSSON; LAUBER, 2006; JENNER; GROBA; INDVIK, 2013; PODCAMENI, 2014; RINGEL, 2006).

O logaritmo do PIB per capita demonstrou ser também uma variável importante, com um sinal negativo, significativo ao nível de 5%. Isso indica que, uma vez controlado por fatores como o pertencimento à União Europeia e o consumo de energia, o nível de desenvolvimento econômico de um país exerce influência na escolha de políticas regulatórias, de tal forma que, à medida que cresce a renda, diminui a probabilidade de se adotar as FITs. Esse resultado deve estar associado

ao fato de que países de maior renda são aqueles que possuem mercados mais dinâmicos. Nesses casos, muitos países passam a implementar políticas mais afeitas à lógica de mercado, como leilões e sistemas de compensação de energia, abandonando o uso das FITs. Assim, a diminuição da presença de FITs em países democráticos de alta renda deve estar associada a uma maior preferência por mecanismos de mercado, favorecidos pelo amadurecimento tecnológico e financeiro do setor de energias renováveis.

Por sua vez, o logaritmo do consumo per capita de energia apresenta um efeito positivo e significativo sobre a adoção de FITs. Isso significa que, ao se escolher aleatoriamente dois países, ambos membros da União Europeia, que em média possuam o mesmo nível de renda e o mesmo número de atores com poder de veto, aquele com maior consumo de energia terá maior probabilidade de adotar FITs. Uma razão para esse fenômeno é que a adoção de tarifas-prêmio comprovadamente amplia a oferta interna de eletricidade, necessária para equilibrar as quantidades crescentemente demandadas (DIJKGRAAF; VAN DORP; MAASLAND, 2018; DONG, 2012; MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019).

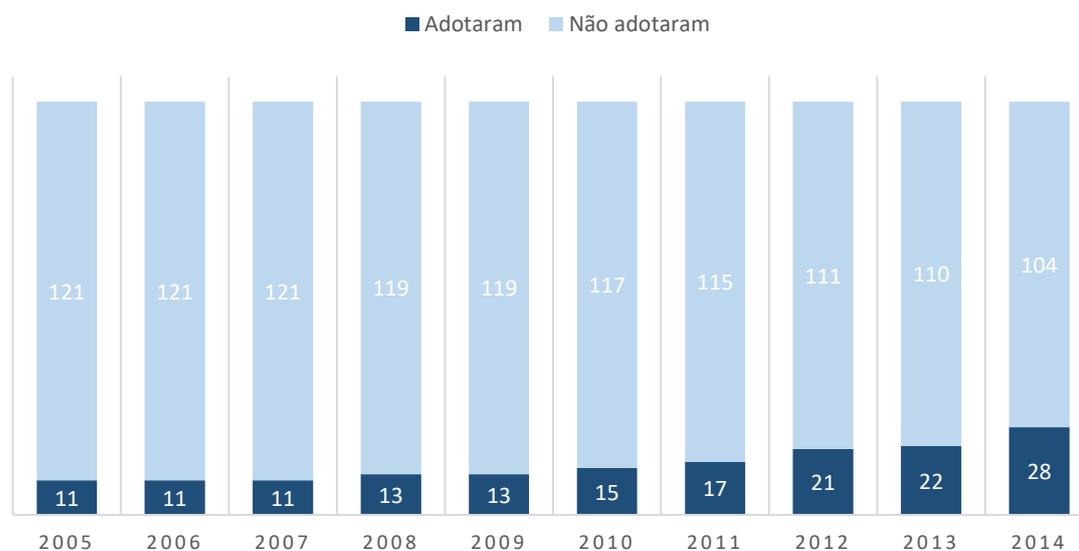
5.2. Cotas

As políticas de cotas obrigatórias para energias renováveis tiveram um processo de difusão mais lento que as tarifas-prêmio. Como pode ser observado na figura 26, em 2005, apenas 11 países haviam-nas adotado³³, número que passou para 13 em 2008, chegando a 28 em 2014³⁴. Entre aqueles países que adotaram políticas de cotas para energias renováveis, havia um claro corte entre democráticos e não democráticos. Dos 11 países em que essas políticas estavam em vigor em 2005, dez eram democráticos e, representando o grupo de países autoritários, apenas a Tailândia, havia adotado. Com o passar do tempo, cresceu o número de países autoritários, mas cresceu também o número de democráticos, mantendo uma distância razoável entre os dois grupos. Em média, o grupo dos democráticos sempre teve nove países a mais que os não democráticos, distância que tende a aumentar em anos mais recentes. Em 2014, 20 países com cotas eram democráticos e apenas oito eram autoritários³⁵ (Figura 27).

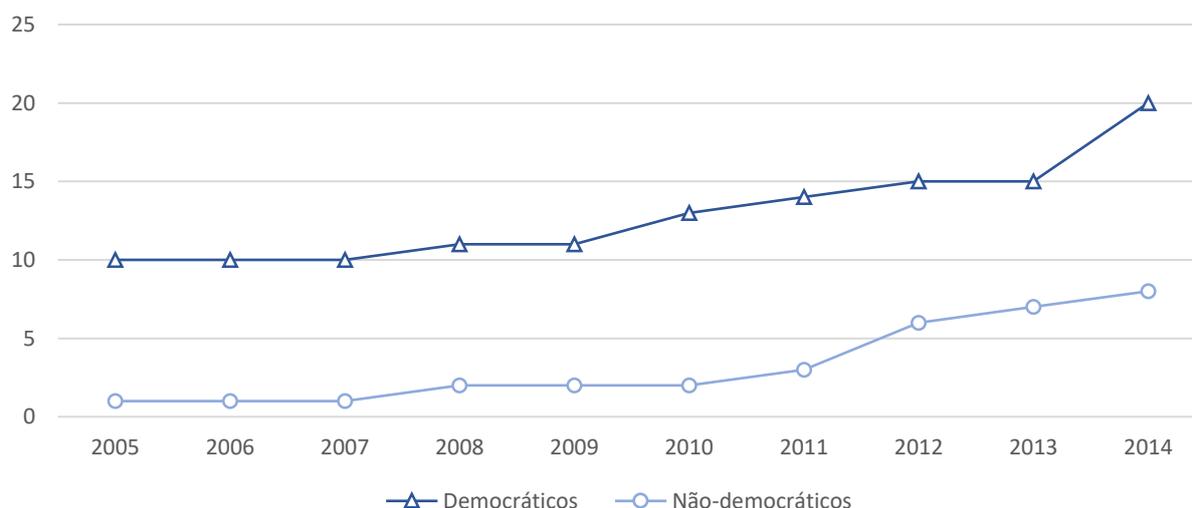
³³ Austrália, Bélgica, Canadá, Índia, Itália, Japão, Polônia, Suécia, Tailândia, Reino Unido, Estados Unidos.

³⁴ Albânia, Austrália, Bélgica, Canadá, Chile, China, Gana, Índia, Indonésia, Israel, Itália, Japão, Coreia do Sul, República do Quirguistão, Lituânia, Malásia, Noruega, Filipinas, Polônia, Portugal, Romênia, Senegal, África do Sul, Sri Lanka, Suécia, Emirados Árabes Unidos, Reino Unido, Estados Unidos.

³⁵ Albânia, China, Indonésia, Quirguistão, Malásia, Filipinas, Sri Lanka e Emirados Árabes Unidos.

Figura 26 - Número de Países que Adotaram Política de Cotas (2005-2014)

Fonte: Elaboração própria com base nos relatórios da REN21

Figura 27 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Cotas (2005 e 2014)

Fonte - Elaboração própria com base nos dados da REN21 e Freedom House

A correlação entre democracia e adoção de cotas para energias renováveis foi confirmada pelos modelos *logit* bivariados. Todos os modelos estimados apresentaram uma relação positiva entre o nível de democracia de um país e a adoção de política de cotas, sendo significativos ao nível de 1% (Tabela 6). Do mesmo modo, todos demonstraram significância no teste da razão de verossimilhança. Ainda, os três modelos apresentaram altíssimos níveis de acurácia, prevendo corretamente 79% dos casos. Os índices de democracia também conseguem prever com relativamente segurança a não adoção das políticas de cotas, afinal possuem 100% de especificidade e um valor preditivo negativo de 79%. Contudo, nos modelos 2.1 e 2.2, o preço dessa acurácia é uma sensibilidade nula. Esses modelos, estimados com os índices da *Freedom House* e do *Polity IV*, simplesmente não possuem valor preditivo positivo. Todos os casos

efetivamente positivos se tornam falsos negativos, sendo essa uma razão suficiente para rejeitá-los.

Tabela 6 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Cotas

	<i>Modelo 2.1</i>	<i>Modelo 2.2</i>	<i>Modelo 2.3</i>
<i>Intercepto</i>	-3,5356*** (0,7694)	-3,5581*** (0,9523)	-4,1324*** (0,9082)
<i>Índice Freedom House</i>	0,0318*** (0,0097)	- -	- -
<i>Polity2</i>	- -	0,0285*** (0,0541)	- -
<i>Democracy Index</i>	- -	- -	0,0441*** (0,0128)
<i>Razões de Chance</i>	1,032	1,029	1,045
<i>IC 95% eβ</i>	[1,013; 1,052]	[1,007; 1,051]	[1,019; 1,072]
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	13,5583***	10,1177***	14,9012***
<i>Acurácia</i>	79%	78%	79%
<i>Sensibilidade</i>	0%	0%	7%
<i>Especificidade</i>	100%	100%	99%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	-	-	67%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	79%	78%	80%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,10	0,07	0,11
<i>Log da Verossimilhança</i>	-59,9	-62,4	-60,5
<i>-2LL</i>	119,7	124,9	121,0
<i>AIC</i>	123,7	128,9	125,0
<i>BIC</i>	129,5	134,6	130,8
<i>Iterações</i>	6	6	5
<i>N</i>	131	129	131

Fonte: Elaboração própria

Portanto, considera-se que o melhor índice para prever a adoção das políticas de cotas para energias renováveis é o *The Economist Democracy Index*. Mesmo que sua sensibilidade continue sendo baixa (7%), é um índice que mantém os altos percentuais de acurácia, especificidade e valor preditivo negativo encontrados nos demais modelos e, ao contrário dos outros, apresenta também um valor preditivo positivo de 67%. Ainda, no Modelo 2.3, calculado com o referido índice, encontra-se o maior Pseudo-R² de McFadden e o menor número de iterações necessárias para o cálculo das estimativas. Segundo as estimativas desse modelo, o aumento de 1% no nível de democracia de um país eleva em 4,5% a chance de se adotar políticas de cotas para energias renováveis, sendo que, com 95% de confiança, é possível afirmar que o intervalo dessa estimativa varia entre 1,9% e 7,2%.

Ao estimar os modelos multivariados, também se obtém evidências de que o regime político é um fator importante para explicar a adoção de cotas para energias renováveis. Aplicando o algoritmo *stepwise* a um modelo inicial com todas as variáveis de controle da base de dados, obteve-se um modelo final (modelo 2.4), no qual o nível de democracia de um país continua sendo uma variável significativa, com efeitos positivos, ao nível de 5% (**Tabela 7**). Segundo essa estimativa, o aumento de 1% no índice de democracia da *The Economist* resultaria em um aumento de 5,3% nas chances a favor da adoção de cotas para energias renováveis.

Tabela 7 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Cotas

	<i>Modelo 2.4</i>	<i>Modelo 2.5</i>
<i>Intercepto</i>	-4,9217** (2,4741)	-3,9896* (2,2566)
<i>Democracy Índice 100 (Econ)</i>	0,0519** (0,0227)	- -
<i>União Europeia</i>	1,5094 (0,9592)	1,9668** (0,9375)
<i>Variação Área Florestal</i>	1,1096** (0,4824)	1,0641** (0,4794)
<i>Receitas do Governo Central</i>	-0,1829*** (0,5620)	-0,1755*** (0,0531)
<i>Insegurança Energética</i>	-0,0053* (0,0029)	-0,0048* (0,0027)
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	0,5891 (0,3621)	0,8813*** (0,3311)
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	32,8795***	26,8623***
<i>Acurácia</i>	76%	79%
<i>Sensibilidade</i>	48%	40%
<i>Especificidade</i>	86%	93%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	55%	67%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	82%	81%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,30	0,25
<i>Log da Verossimilhança</i>	-38,00	-41,01
<i>-2LL</i>	76,0	82,0
<i>AIC</i>	90,0	94,0
<i>BIC</i>	107,8	109,3
<i>Iterações</i>	6	6
<i>N</i>	94	94

Fonte: *Elaboração própria*

Nesse modelo final (2.4), as outras variáveis incluídas foram o pertencimento à União Europeia, a variação da área florestal, as receitas do governo central como percentual do PIB, a importação líquida de energia e o logaritmo do consumo de eletricidade. O pertencimento à União

Europeia aumenta em aproximadamente 3,5 vezes a chance de adoção de cotas, porém sem apresentar significância estatística. Já a variação de 1% na área florestal, aumenta em 3% as chances de adoção, demonstrando a importância da preferência social por bens ambientais, como previsto no modelo de Hughes e Urpelainen (2015). Já o aumento no percentual representado pelas receitas do governo central no PIB reduz as chances de um país adotar cotas para energias renováveis. O mesmo acontece com a importação líquida de energia. Por fim, a inclusão do logaritmo do consumo per capita de eletricidade melhora o modelo, porém não apresenta significância estatística.

É preciso ressaltar que o modelo 2.4, além de apresentar o menor AIC, menor BIC e o maior Pseudo-R² de McFadden (0,30), foi aquele que apresentou a maior sensibilidade, conseguindo prever corretamente 48% dos casos de adoção de cotas para energias renováveis. Esse resultado é importante, haja vista a dificuldade de prever fenômenos relativamente raros (HUAYANAY, 2019; KING; ZENG, 2001), como essas políticas, que só foram adotadas por 26,8% dos países incluídos na amostra. Ainda, pode-se afirmar que boa parte dessa capacidade preditiva está associada à inclusão do nível de democracia no modelo. Ao estimar o modelo multivariado sem essa variável (modelo 2.5), além do Pseudo-R² de McFadden cair para 0,25; o nível de sensibilidade do diagnóstico diminui para 40%.

Portanto, o nível de democracia de um regime político demonstra ser um fator importante para explicar a adoção de cotas para energias renováveis, dada sua significância estatística ao nível de 5%, mesmo quando incluídas no modelo as demais variáveis de controle. Dos 28 países que adotaram as cotas em 2014, oito eram classificados como democracias plenas por aquele índice (Austrália, Canadá, Japão, Coreia do Sul, Noruega, Suécia, Reino Unido e Estados Unidos) e outros 15 como democracias com falhas (Bélgica, Chile, Gana, Índia, Indonésia, Israel, Itália, Lituânia, Malásia, Filipinas, Polônia, Portugal, Romênia, Senegal e África do Sul).

Provavelmente, essa relação pode ser explicada pela própria natureza dessa política, que assume um forte caráter de comando e controle (JENNER *et al.*, 2012, p. 3), pois o Estado passa a exigir que empresas do setor elétrico incluam determinado percentual de energias renováveis em seu portfólio de oferta. A democracia opera no sentido de fortalecer a capacidade de se fazer essa exigência, pois é uma fonte de autoridade que legitima os atores estatais para promover mudanças em determinado território (O'DONNELL, 2011). Isso passa a ser fundamental para promover transformações nos regimes sociotécnicos, em direção a trajetórias mais sustentáveis de desenvolvimento, fortalecendo a posição de barganha dos atores estatais frente a empresas resistentes às mudanças. Nesse jogo, fontes de autoridade democrática, como a legitimidade e a

credibilidade, passam a ser recursos que potencializam a capacidade de governos para criar novas legislações e implementar regulações, redirecionando, assim, transições para a sustentabilidade (SMITH; STIRLING; BERKHOUT, 2005, p. 1506).

Do mesmo modo, é importante ressaltar que o índice de democracia da *The Economist* assume um conceito substancial de democracia, que leva em conta fatores como a qualidade do governo, o controle da corrupção e a difusão de valores democráticos na cultura política de uma população. Assim, a adoção de cotas para energias renováveis tende a ocorrer em contextos que favorecem a ação de grupos mobilizados a favor de transições energéticas, como movimentos ambientalistas, que dão suporte e legitimidade à ação de governos que implementam essas políticas (ALIZADA, 2018, p. 357). Além disso, esse índice inclui critérios de boa governança, expressando ambientes institucionais em que a sociedade civil consegue ter maior controle sobre as ações governamentais e mais poder para enfrentar o lobby de poderosos grupos contrários às transições para a sustentabilidade.

Portanto, a democracia tende a favorecer transições energéticas através do suporte da população à imposição de cotas para energias renováveis. Especialmente quando essa população possui uma maior preferência por bens ambientais, a democratização do sistema político favorece a ação política de movimentos sociais, ONGs, cientistas e outros atores comprometidos em difundir valores ambientalistas e pressionar governos para agir e impor regulações sobre mercados. Em razão de ter esse apoio político, governos se sentem encorajados a transferir para o setor privado os custos da adoção de energias renováveis, além de visualizar possíveis retornos eleitorais em pleitos futuros. Mas, é preciso salientar que o fato de um país ser democrático não explica por si só a adoção de cotas para energias renováveis.

Outra variável importante é o percentual do PIB representado pelas de receitas do governo central, que apresentou uma relação negativa com a adoção de cotas. Esse resultado faz sentido pelo raciocínio de que, quanto menos recursos um governo dispõe, mais provável será que ele adote políticas regulatórias com menores custos fiscais. De fato, ao se optar por cotas de energias renováveis, o governo transfere para o setor privado a responsabilidade de arcar com maiores custos associados a oferta de energias renováveis. Os custos financeiros dessas políticas para os governos são baixos, mas exige-se que se tenha força política para impor a nova regulação. Por sua vez, a capacidade das empresas de transferirem esses custos para os consumidores deve variar de acordo com a estrutura de mercado. Quando maior a concorrência na oferta de energia, menor a possibilidade de se elevarem as tarifas de eletricidade, transferindo os custos das cotas para os

consumidores. Dessa forma, mitiga-se também os custos políticos frente ao eleitorado, que não precisará arcar com preços mais alto para consumir eletricidade.

Esse resultado está em consonância com o fato de a variação da área florestal ser uma variável significativa ao nível de 5%. Nesta modelagem, essa variável é tomada como um indicador da preferência social revelada por bens ambientais. Assim, em sociedades em que essa preferência é alta e a disponibilidade de recursos financeiros do governo são baixas, a adoção de cotas para energias renováveis torna-se uma opção razoável, podendo inclusive render ganhos eleitorais para os governos que as implementam. O nível de democracia do regime político opera como um canalizador dessas preferências. Em dois países com igual preferência social por bens ambientais, aquele com maior nível de democracia deverá ser também aquele com maior probabilidade de se adotar políticas de cotas para energias renováveis. Portanto, o cenário perfeito para emergir políticas de cotas para energias renováveis é aquele de um país democrático, com uma população com alta preferência por bens ambientais, um governo não disposto a arcar com altos custos fiscais de transição energética e um mercado de oferta de energia elétrica altamente competitivo.

O nível de consumo e a necessidade de importar energia também foram fatores importantes no modelo. Mesmo que não seja possível fazer inferências, pois não foram significativos estatisticamente, nessa amostra verificou-se que quanto maior o consumo de eletricidade per capita, maior a probabilidade de se adotar essas políticas. Assim, a diversificação do portfólio de oferta para atender uma demanda crescente de energia pode ser uma das motivações para se adotar políticas de cotas para energias renováveis, resultado também encontrado para as demais políticas analisadas nesta tese.

Já a importação líquida de energia apresentou uma relação negativa com a adoção de cotas. Ou seja, quanto maior a insegurança energética, menor a probabilidade de se exigir que as distribuidoras de eletricidade adquiram parte de sua oferta de fontes renováveis. Essa relação negativa pode ser explicada pelo fato de que, para atender a nova exigência regulatória, distribuidoras de eletricidade podem adquirir energias renováveis produzidas em países vizinhos. Como o governo estipula um percentual de energias renováveis a ser ofertado pelas empresas, mas deixa a decisão a respeito da aquisição dessa energia para as companhias, essas muitas vezes optam pela importação. Nesse caso, o consumo em um território passa a financiar a mudança na matriz energética de outro. Esse resultado vai ao encontro do argumento de que políticas de cotas contribuem para aumentar o consumo de energias renováveis, mas nem sempre são eficazes para

mudar a matriz produtiva de eletricidade (CARLEY, 2011). Dessa forma, seriam políticas menos favoráveis aos objetivos de diversificação e descarbonização da matriz energética.

Por fim, o pertencimento à UE, mesmo sendo um fator relevante, incluído no modelo 2.4, não apresentou significância estatística. Muitos dos países em que essas políticas estavam vigentes em 2014 pertenciam à UE³⁶, contudo, em termos estatísticos, isso deve ser mais uma coincidência do que uma relação causal.

5.3. Leilões

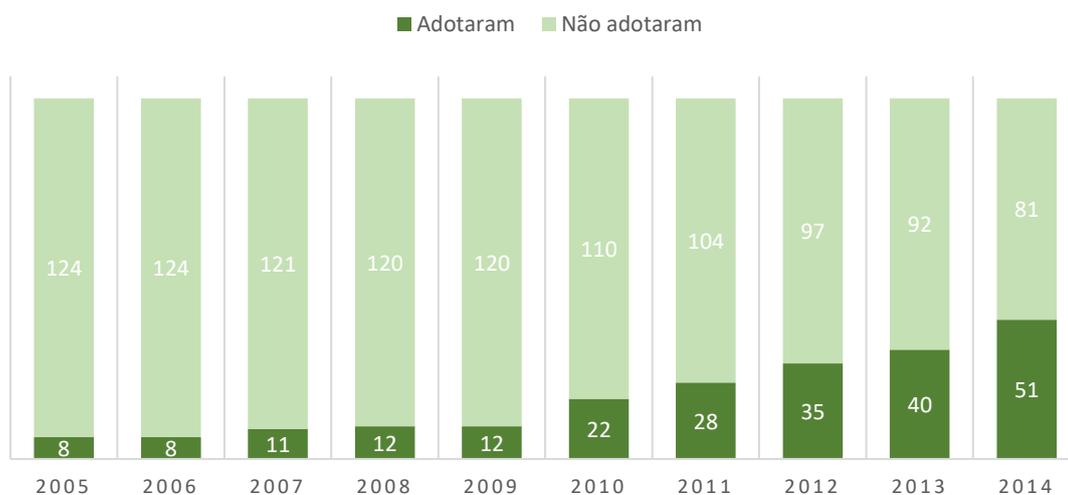
No início do período analisado, os leilões para energias renováveis foram a política menos frequente nessa amostra, contabilizando apenas oito países em 2005³⁷. Como pode ser visto na figura 28, entre 2005 e 2009, a velocidade de difusão dessa política foi lenta, com apenas três novos adotantes. Contudo, na década de 2010, observou-se uma rápida aceleração nesse processo. Em 2011, o número de países com leilões em vigência mais que dobrou, chegando a 28. Em seguida, houve um crescimento de 82%, alcançando 51 países³⁸ em 2014. Portanto, os leilões passaram a ser o segundo tipo de política mais difundido, competindo com as tarifas-prêmio pela liderança na promoção de transições energéticas (FS-UNEP-BNEF, 2017).

Como nas demais políticas, há um corte claro ao longo de toda série histórica de acordo com o regime político dos países (Figura 29). Inicialmente, foram aqueles com instituições democráticas que lideraram a implementação dos leilões. Até 2008, o único país não democrático que possuía leilões era a China, que naquele ano passou a ser acompanhada pelo Egito. Entre os democráticos, a novidade foi a adoção de leilões no Brasil, Dinamarca e Letônia, em 2007. Assim, nesse período inicial, a série histórica permaneceu relativamente constante, com uma distância média entre os grupos de 7,4 países. Nos anos subsequentes, entre 2010 e 2014, essa tendência mudou e houve uma aceleração no processo de difusão desse tipo de política, sendo mais rápido entre os países democráticos, de modo que a distância média entre os dois grupos salta para 10,8. Ou seja, há uma divergência entre as séries históricas, indicando que o regime político pode ser um fator que pesa para a adoção de leilões entre as nações.

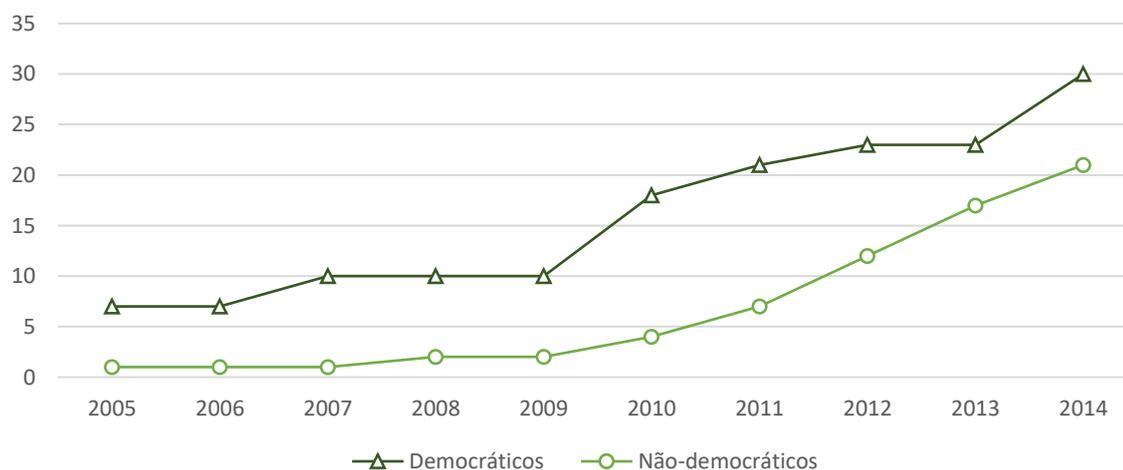
³⁶ Bélgica, Itália, Lituânia, Polônia, Portugal, Romênia, Suécia, Reino Unido.

³⁷ Canadá, China, França, Índia, Irlanda, Noruega, Polônia e Estados Unidos.

³⁸ Albânia, Argélia, Argentina, Bélgica, Bósnia e Herzegovina, Brasil, Canadá, Chile, China, Costa Rica, Chipre, Dinamarca, República Dominicana, Equador, Egito, El Salvador, França, Guatemala, Honduras, Índia, Indonésia, Irlanda, Israel, Itália, Jamaica, Japão, Jordânia, Quênia, Kuwait, Letônia, Malásia, Maurício, México, Mongólia, Marrocos, Nepal, Holanda, Noruega, Panamá, Peru, Filipinas, Polônia, Portugal, Rússia, Cingapura, Eslovênia, África do Sul, Emirados Árabes Unidos, Estados Unidos, Uruguai, Uzbequistão

Figura 28 - Número de Países que Adotaram Leilões para Energias Renováveis (2005-2014)

Fonte - Elaboração própria com base nos dados da REN21

Figura 29 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - Leilões (2005 e 2014)

Fonte - Elaboração própria com base nos dados da REN21 e Freedom House

Ao testar empiricamente se o regime político é um fator que influencia a adoção de leilões para energias renováveis, os três índices de democracia apresentaram efeitos positivos sobre a probabilidade de adoção dessas políticas, como pode ser visto na tabela abaixo. O índice *Polity2* (modelo 3.2) foi significativo ao nível de 5%, porém não apresentou valor preditivo positivo, ou seja, não previu corretamente nenhum dos 51 casos de adoção de leilões ocorridos em 2014. Os índices da *Freedom House* (3.1) e da *The Economist* (3.3) foram significativos no teste Z e no teste da razão de verossimilhança ao nível de 1%. Ambos apresentaram praticamente o mesmo desempenho em todas as estatísticas. Contudo, o índice da *Freedom House* foi ligeiramente melhor para prever a adoção de leilões de energias renováveis, uma vez que possui maior sensibilidade (35%). Isso se deve ao fato de que esse índice confere grande peso analítico à conformação de ambientes institucionais liberais, que, por sua vez, devem favorecer a adoção de políticas pró-mercado, como os leilões de energias renováveis. Segundo o modelo 3.1, um aumento de 1% no

nível de democracia de um país, medido pelo índice da *Freedom House*, leva a um crescimento médio de 1,8% na chance de adoção de leilões para energias renováveis, em um intervalo de confiança entre 0,5% e 3,1%.

Tabela 8 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: Leilões

	Modelo 3.1	Modelo 3.2	Modelo 3.3
<i>Intercepto</i>	-1,5745*** (0,4713)	-1,5854*** (0,5401)	-2,0194*** (0,5946)
<i>Índice Freedom House</i>	0,0178*** (0,0067)	- -	- -
<i>Polity2</i>	- -	0,0156** (0,0066)	- -
<i>Democracy Index</i>	- -	- -	0,0260*** (0,0092)
<i>Razões de Chance</i>	1,018	1,016	1,026
<i>IC 95% eβ</i>	[1,005; 1,031]	[1,003; 1,019]	[1,008; 1,045]
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	7,6388***	6,1713**	8,7301***
<i>Acurácia</i>	63%	60%	63%
<i>Sensibilidade</i>	35%	0%	33%
<i>Especificidade</i>	80%	100%	81%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	53%	-	53%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	66%	60%	66%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,04	0,04	0,05
<i>Log da Verossimilhança</i>	-83,7	-83,5	-83,2
<i>-2LL</i>	167,5	167,0	166,4
<i>AIC</i>	171,5	171,0	170,4
<i>BIC</i>	177,2	176,7	176,2
<i>Iterações</i>	4	4	4
<i>N</i>	131	129	131

Fonte: Elaboração própria

Ao aplicar o algoritmo *stepwise* (Tabela 9), o índice da *Freedom House* não foi incluído no modelo final (3.4.). Para se observar o efeito da democracia, estimou-se um novo modelo multivariado (3.5), acrescentando o índice da *Freedom House*. Contudo, não apresentou significância estatística e também não trouxe melhorias em nenhum dos outros critérios. O Pseudo-R² de McFadden manteve-se em 0,35 e os níveis de acuraria, sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo não foram alterados. Por sua vez, houve aumento no AIC e no BIC, indicando uma menor eficiência nos critérios informacionais do modelo 3.5 em relação ao 3.4. Portanto, é razoável concluir que o nível de democracia, quando controlado por outros fatores, não é um aspecto relevante para explicar os leilões.

Tabela 9 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: Leilões

	<i>Modelo 3.4</i>	<i>Modelo 3.5</i>
<i>Intercepto</i>	-12,785*** (3,6152)	-12,4846*** (3,6305)
<i>FH Índice Democracia</i>	-	0,0109 (0,0169)
<i>Protocolo de Kyoto</i>	3,6096*** (1,3216)	3,6806*** (1,3457)
<i>Novas Energias Renováveis (%)</i>	0,0420 (0,0287)	0,0350 (0,0298)
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	-0,0906* (0,0546)	-0,0819 (0,0554)
<i>Receitas do Governo</i>	-0,0946** (0,0390)	-0,0944** (0,0391)
<i>Partidos de Esquerda</i>	2,2665*** (0,7831)	2,1699*** (0,7879)
<i>Veto Players</i>	0,2940 (0,2109)	0,2415 (0,2234)
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	0,0325*** (0,0117)	0,0337*** (0,0118)
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	1,7844*** (0,5446)	1,6517*** (0,5745)
<i>Emissões de CO2 per capita</i>	-0,2872** (0,1181)	-0,2786** (0,1183)
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	44,9537***	45,374***
<i>Acurácia</i>	77%	77%
<i>Sensibilidade</i>	76%	76%
<i>Especificidade</i>	78%	78%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	76%	76%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	78%	78%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,35	0,35
<i>Log da Verossimilhança</i>	-42,59	-42,38
<i>-2LL</i>	85,2	84,8
<i>AIC</i>	105,2	106,8
<i>BIC</i>	130,6	134,7
<i>Iterações</i>	6	6
<i>N</i>	94	94

Fonte: Elaboração própria

De acordo com o modelo 3.4, as quatro variáveis mais relevantes para explicar os leilões para energias renováveis são a adesão ao Protocolo de Kyoto, a presença de partidos de esquerda na direção do poder executivo, o percentual representado por fontes fósseis na produção de

eletricidade e o nível de consumo de eletricidade per capita, todas significativas ao nível de 1%. Em seguida, ao nível de 5%, duas variáveis operam no sentido de reduzir a probabilidade de adoção dessas políticas: as emissões de CO₂ per capita e as receitas do governo central em relação ao PIB. Da mesma forma, quanto maior o percentual representado pela indústria em uma economia, menor a probabilidade de um país adotar esses leilões, relação significativa ao nível de 10%. Ainda, mesmo sem apresentar significância estatística, o algoritmo incluiu no modelo final o número de *veto players* no sistema político e o percentual de energias renováveis na oferta de eletricidade, ambas apresentando uma relação positiva com a variável resposta.

Portanto, há um conjunto amplo de fatores que operam para provocar a adoção dessas políticas, indicando que os leilões são um instrumento viável para Estados com menor disponibilidade de recursos e alta dependência de fontes fósseis avançarem em uma estratégia de descarbonização, cumprirem seus compromissos internacionais e atender uma crescente demanda por energia. Apesar de os leilões demandarem um corpo técnico qualificado para sua gestão, o que pode ter custos altos, demandam menos recursos governamentais do que políticas que envolvem alguma forma de subsídio. Sua lógica é a de fomentar a competição de mercado, pressionando os concorrentes a oferecerem soluções de menor custo para se saírem vencedores nos leilões. Portanto, é uma estratégia viável para países em desenvolvimento ampliarem e diversificarem a oferta de eletricidade, o que vai ao encontro do argumento de Baldwin et al.:

A mudança na demanda por eletricidade em um país, bem como a atual dependência de combustíveis fósseis, também pode influenciar o investimento em energias renováveis. Além do crescimento populacional geral, alguns países de baixa e média renda podem estar se urbanizando e se industrializando mais rapidamente do que seus equivalentes pós-industriais de renda mais alta. O crescimento em novas comunidades residenciais, bem como setores vibrantes de manufatura e serviços, estimula a demanda por um rápido crescimento de eletricidade. Usinas convencionais de energia de combustível fóssil e grandes represas hidrelétricas podem levar anos para serem construídas nas melhores circunstâncias; e a instabilidade política, a corrupção ou o acesso limitado a financiamento de baixo custo – todos comuns em países menos desenvolvidos – podem adicionar atrasos, riscos e custos a projetos em países em desenvolvimento (2017, p. 280, tradução própria).

Por ser um instrumento de fácil adoção, verificou-se uma alta probabilidade de se encontrar leilões para energias renováveis entre os países que ratificaram o Protocolo de Kyoto. Um país que tenha aderido a esse tratado chega a ter 36 vezes mais chance de implementar leilões para energias renováveis do que aqueles que não aderiram. O nível de emissões per capita de CO₂, por sua vez, exerce um efeito negativo sobre essas políticas. Isso indica que sua adoção ocorre em países com níveis de emissões relativamente baixos.

Ainda, como previsto no modelo teórico de Hughes e Urpelainen (2015), duas outras variáveis são importantes empiricamente: a participação da indústria no PIB e o desenvolvimento prévio do setor de energias renováveis. Quanto mais forte a indústria tradicional, mais esses atores

devem fazer valer o seu poder para impedir a adoção de políticas pró-renováveis. Esse fator pode ser contrabalanceado pelo desenvolvimento de setores econômicos verdes, que ganham vantagens com o avanço de transições para a sustentabilidade.

Por fim, destaca-se o fato de que a presença de partidos de esquerda na chefia do executivo eleva em 8,7 vezes a chance de se adotar leilões de energias renováveis. O modelo também aponta, mesmo que sem significância estatística, que quanto maior o número de *veto players* no sistema político, maior a probabilidade de se adotar essas políticas. Uma forma de explicar esses resultados seria que, partidos de esquerda que se defrontam com um sistema político caracterizado por um número elevado de atores com capacidade de vetar suas proposições, tendem a adotar políticas pró-mercado, menos ameaçadoras aos interesses estabelecidos. Ou seja, escolhem políticas menos agressivas ao *status quo*. De todo modo, essa é uma relação que deve ser investigada mais detalhadamente em estudos futuros.

5.4. Sistemas de Compensação

Do mesmo modo que as cotas e os leilões para energias renováveis, políticas que regulam sistemas de compensação de energia elétrica (*net metering*) têm sua difusão acelerada somente na década de 2010. Inicialmente, entre 2005 e 2009, eram adotadas em apenas nove países³⁹, todos considerados como democráticos pela *Freedom House*, com exceção da Tailândia. Em 2010, cinco novos países são adicionados ao seletor grupo com *net metering*, o qual passa a incluir também Alemanha, Grécia, Jordão, Malta, Paquistão e Filipinas. A partir de então, como pode ser visto na figura abaixo, mais que dobra o número de países, chegando a 35 em 2014⁴⁰.

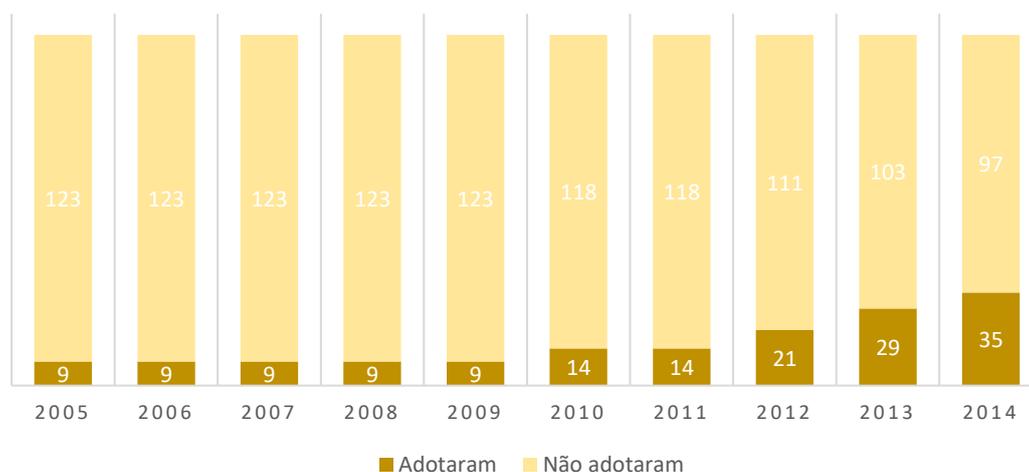
Entre 2005 e 2009, a diferença entre o grupo de países democráticos e os não democráticos que adotaram *net metering* permanece constante, com uma média de sete países a mais no grupo dos democráticos. A partir de 2009, há um primeiro impulso de difusão entre países autoritários, sendo que o número de adotantes entre os autoritários salta de um para nove, em 2012 (**Figura 31**). Nesse mesmo ano, no grupo de países democráticos, esse salto é de oito para 12. Já nos anos subsequentes, a distância entre esses grupos volta a aumentar. Em 2014 o número da países democráticos com *net metering* era de 23, contra 12 entre os não democráticos. Portanto, observa-

³⁹ Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Itália, Japão, México, Tailândia e Estados Unidos.

⁴⁰ Albânia, Bélgica, Brasil, Canadá, Chile, Costa Rica, Chipre, Dinamarca, República Dominicana, Egito, Grécia, Guatemala, Honduras, Índia, Itália, Jamaica, Japão, Jordânia, Coreia do Sul, Letônia, Líbano, Malta, México, Holanda, Paquistão, Panamá, Filipinas, Cingapura, África do Sul, Espanha, Sri Lanka, Tunísia, Ucrânia, Estados Unidos, Uruguai.

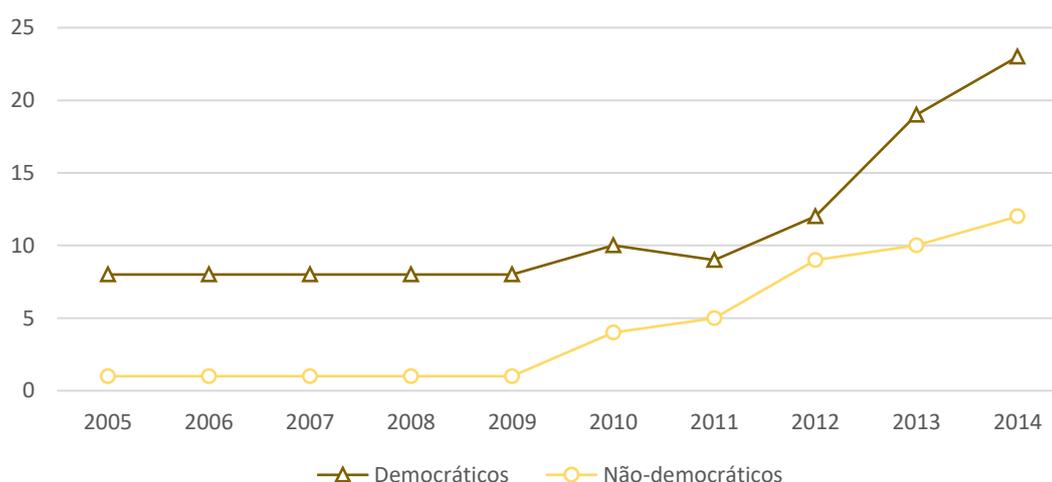
se uma tendência de se reforçar a divergência entre países democráticos e não democráticos na adoção dessas políticas.

Figura 30 - Número de Países que Adotaram *Net Metering* (2005-2014)



Fonte - Elaboração própria com base nos dados da REN21

Figura 31 - Série de Países Democráticos e Não-democráticos - *Net Metering* (2005-2014)



Fonte - Elaboração própria com base nos dados da REN21 e Freedom House

Essa tendência é confirmada pelos modelos bivariados, em que os três índices de democracia apresentam uma relação positiva e estatisticamente significativa ao nível de 1% com a adoção de políticas de *net metering* (Tabela 10). Todos os modelos apresentam significância no teste da razão de verossimilhança. Também, seus intervalos de confiança das estimativas não incluem o valor 1,0. Esse conjunto de resultados confere um valor inferencial para os modelos. Contudo, os índices da *Freedom House* e o da *Polity IV* apresentaram sensibilidade nula, indicando ausência de valor preditivo positivo. Isso significa que todos os verdadeiros positivos são classificados por esses índices como casos de não-adoção, sendo, portanto, falsos negativos. Dessa forma, não podem ser considerados bons preditores para a adoção das políticas.

Resta o *Democracy Index* da *The Economist* (modelo 4.3), que além de apresentar a maior sensibilidade (9%) e valor preditivo positivo (30%), possui o maior pseudo-R² de McFadden (0,09) e sua acurácia é alta para um modelo bivariado, chegando a 70%. Isso significa que a cada dez tentativas, esse índice irá prever corretamente sete vezes se um país adota ou não políticas de *net metering*. Segundo esse modelo, o aumento de 1% no *Democracy Index* implica em um aumento de médio de 3,9% nas chances de se adotar políticas de *net metering*, sendo que, com 95% de confiança, é possível afirmar que o verdadeiro parâmetro dessa razão de chances está entre 1,7% e 6,2%.

Tabela 10 - Modelos Logit Bivariados - Variável Resposta: *Net Metering*

	<i>Modelo 4.1</i>	<i>Modelo 4.2</i>	<i>Modelo 4.3</i>
<i>Intercepto</i>	-2,7226*** (0,6143)	-3,3586*** (0,8708)	-3,4246*** (0,7720)
<i>Índice Freedom House</i>	0,0258*** (0,0081)	- -	- -
<i>Polity2</i>	- -	0,0294*** (0,0100)	- -
<i>Democracy Index</i>	- -	- -	0,0385*** (0,0112)
<i>Razões de Chance</i>	1,026	1,030	1,039
<i>IC 95% eβ</i>	[1,010; 1,043]	[1,010; 1,050]	[1,017; 1,062]
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	11,828***	12,6287***	14,0476***
<i>Acurácia</i>	73%	74%	70%
<i>Sensibilidade</i>	0%	0%	9%
<i>Especificidade</i>	100%	100%	93%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	-	-	30%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	73%	74%	74%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,08	0,08	0,09
<i>Log da Verossimilhança</i>	-70,1	-68,1	-69,0
<i>-2LL</i>	140,2	136,2	138,0
<i>AIC</i>	144,2	140,2	142,0
<i>BIC</i>	150,0	145,9	147,8
<i>Iterações</i>	5	6	5
<i>N</i>	131	129	131

Fonte - Elaboração própria

Ao se levar em conta outras variáveis que podem explicar a adoção de sistemas de compensação de energia, o nível de democracia perdeu poder explicativo. No melhor modelo multivariado indicado pelo algoritmo *stepwise* (modelo 4.4), o índice de democracia da *The Economist* não foi incluído (Tabela 11). Outros fatores como as receitas governamentais, o nível de industrialização, a insegurança energética, o consumo de energia, o percentual de eletricidade

de fontes fósseis e o nível de emissões de CO2 per capita foram mais importantes que o regime político para explicar a adoção de sistemas de compensação elétrica. Todos sem apresentar colinearidade grave entre si nos modelos estimados.

Tabela 11 - Modelos Logit Multivariados - Variável Resposta: *Net Metering*

	<i>Modelo 4.4</i>	<i>Modelo 4.5</i>
<i>Intercepto</i>	-7,2757**	-7,60518**
	3,5271	3,6259
<i>The Economist Democracy Index</i>	-	0,0270
	-	0,0208
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	-0,1448**	-0,133117**
	0,0568	0,0576
<i>Receitas do Governo</i>	-0,1099***	-0,117423***
	0,0399	0,0416
<i>Partidos de Esquerda</i>	1,0373	0,9651
	0,6335	0,6537
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	0,0191*	0,0214*
	0,0108	0,0111
<i>Insegurança Energética</i>	0,0125**	0,0119**
	0,0060	0,0060
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	1,3884**	1,1893**
	0,5545	0,5783
<i>Emissões de CO2 pc</i>	-0,2123*	-0,2060
	0,1255	0,1281
<i>Teste de Razão de Verossimilhança</i>	29,441***	31,2479***
<i>Acurácia</i>	77%	76%
<i>Sensibilidade</i>	47%	47%
<i>Especificidade</i>	91%	89%
<i>Valor Preditivo Positivo</i>	70%	67%
<i>Valor Preditivo Negativo</i>	78%	78%
<i>Pseudo-R² (McFadden)</i>	0,25	0,27
<i>Log da Verossimilhança</i>	-44,14	-43,24
<i>-2LL</i>	88,3	86,5
<i>AIC</i>	104,3	104,5
<i>BIC</i>	124,6	127,4
<i>Iterações</i>	7	7
<i>N</i>	94	94

Fonte - Elaboração própria

A capacidade institucional demonstrou-se significativa ao nível de 1%: quanto menor o percentual representado pelas receitas do governo central no PIB, maior a probabilidade de um país adotar *net metering*. Essa relação não é intuitiva. Via de regra, existe uma tendência de se

pensar que a adoção de uma política está relacionada ao aumento das capacidades estatais. Entretanto, pode ocorrer o contrário. Países com baixa capacidade estatal ou com estruturas de poder mais descentralizadas tendem a escolher políticas que se adaptem a realidade de possuírem poucos recursos centralizados. Assim, do mesmo modo que os leilões de energias renováveis, *net metering* é uma política que depende mais do bom funcionamento de mercados do que da disponibilidade de recursos estatais, uma vez que basicamente regula a relação entre *prosumidores* e distribuidoras de eletricidade. Provavelmente, países com menor capacidade estatal decidem por sua adoção, uma vez que os custos fiscais dessa política são relativamente baixos para os governos. Além disso, tendem a se coadunar com uma distribuição mais descentralizada de recursos, pois são políticas que favorecem objetivos de descentralização da oferta energética (CARLEY, 2011). Essa explicação também é corroborada pelo processo de difusão dessas políticas, que é acelerado somente na década de 2010, período em que, como discutido no capítulo 2, há um amadurecimento tecnológico no setor, implicando em menores custos operacionais e maior dinamismo de mercado.

Em seguida, o consumo de energia per capita, a insegurança energética e o valor adicionado pela indústria aparecem como variáveis significativas ao nível de 5%. Como encontrado na análise das demais políticas, o nível de consumo energético de uma país é um fator crucial para se explicar a adoção de *net metering*, que passa a ser mais uma opção de estratégia para a diversificação e ampliação na oferta energética. Do mesmo modo, em países que dependem fortemente de importar energia do exterior, cresce a probabilidade de se fomentar sistemas de *net metering*. Nesses países, a produção energética em pequena escala passa a ser uma das estratégias adotadas para aumentar a produção interna de eletricidade e reduzir a insegurança energética. Como argumentam Baldwin e seus coautores:

Quando o crescimento do consumo de eletricidade residencial e industrial supera a capacidade dos países de construir usinas convencionais, instalações de energia renovável de menor escala podem ser atraentes, porque muitas vezes podem começar a produzir eletricidade com relativa rapidez. Além disso, uma vez instaladas, as instalações de energia renovável não hidrelétrica exigem pouco custo em relação aos combustíveis fósseis e não estão sujeitas a flutuações nos preços dos combustíveis fósseis ou interrupções no fornecimento, o que as torna atraentes para os países interessados em reduzir a dependência de combustíveis fósseis importados (BALDWIN et al., 2017, p. 280, tradução própria).

Por sua vez, um maior nível de industrialização tende a reduzir a probabilidade de adoção dessas políticas, corroborando a previsão teórica do modelo proposto por Hughes e Urpelainen (2015). Uma possível explicação para esse fato é que o encarecimento da energia, causado pelo uso da infraestrutura de distribuição de eletricidade pelos sistemas de *net metering* implica resistência dos setores industriais à adoção dessas políticas. O desenho de *net metering*, geralmente, prevê que o *prosumidor* irá utilizar a rede elétrica para ligar painéis solares domésticos

à rede de distribuição de eletricidade, mas não inclui os custos de manutenção dessa rede no cálculo tarifário. Ou seja, as variações nos custos de manutenção da rede são transferidas para aqueles consumidores que não possuem *net metering*, tornando-se uma externalidade negativa. Famílias e empresas que não possuem condições de realizar investimentos para transformar suas propriedades em usinas de geração de energia passam a cobrir os custos daqueles que tiveram. Na média, isso implica em elevar as tarifas, pressionando os custos em setores como a indústria de transformação. Nesse caso, há uma tendência desses setores, atingidos pela elevação dos custos de energia, exercer pressões políticas para vetar a adoção de medidas regulatórias que favoreçam o *net metering*.

Duas outras variáveis foram significativas ao nível de 10%: o percentual de eletricidade produzida por fontes fósseis e o nível de emissões per capita de CO₂. Quanto maior o percentual de fontes fósseis na matriz elétrica, maior a probabilidade de adoção dessas políticas; por sua vez, quanto menores os níveis de emissão de carbono, menor se torna essa probabilidade. Uma forma de explicar esse resultado é a utilização do *net metering* como uma estratégia de descarbonização do setor elétrico, a qual é aplicada por países em que o desafio de redução das emissões de gases de efeito estufa não é tão grande. Já em países em que crescem os níveis de emissões, é provável que se utilizem de outras políticas, mais incisivas, em que o peso do Estado para conduzir esses processos de descarbonização seja maior.

O modelo final também incluiu o controle do poder executivo por partidos de esquerda, porém sem valor inferencial. Assim, essa relação pode ser meramente fruto do acaso. Porém, o fato de ter não ter sido excluída pelo algoritmo *stepwise* sinaliza que sua inclusão melhora a capacidade preditiva do modelo. É provável que esses partidos assumam maior disposição para enfrentar o lobby da indústria e avançar em políticas de enfrentamento de mudanças climáticas, como já demonstrado em outros estudos (CADORET; PADOVANO, 2016; JACOBSSON; LAUBER, 2006). Para tanto, a opção pelo *net metering*, significa a adoção de uma estratégia de menores custos fiscais e de fomento de novos mercados, reduzindo os custos políticos desse enfrentamento.

Por fim, ao acrescentar o índice de democracia a esse modelo final, obteve-se o modelo 4.5, o qual apresentou um maior Pseudo-R² e um menor -2LL, mas pior desempenho nos critérios de informação AIC e BIC. Mais importante, é que o modelo 4.5 possui um pior desempenho na análise de diagnóstico. Apesar de a sensibilidade e o valor preditivo positivo não terem sido alterados, houve perda de acurácia, especificidade e valor preditivo negativo, se comparado ao modelo 4.4. Portanto, mesmo que o nível de democracia de um regime político tenha uma relação

bivariada positiva e significativa ao nível de 1% com adoção de *net metering*, há outras variáveis com maior importância para prever o fenômeno.

6. Conclusões

A presente tese procurou compreender de que modo o nível de democracia do regime político favorece a efetivação de transições energéticas para a sustentabilidade. Historicamente, quatro agendas impulsionaram o desenvolvimento das energias renováveis. Cada uma teve um peso diferenciado em diferentes países, em distintos momentos históricos. A primeira agenda foi a busca por segurança energética, que passou a impulsionar o desenvolvimento de energias renováveis na década de 1970, em países como Brasil e Dinamarca. A segunda foi a substituição de energia nuclear, que, especialmente a partir da década de 1980, foi importante para fomentar as energias renováveis em países como Alemanha, Lituânia e Japão.

Nas últimas três décadas, as agendas de combate às mudanças climáticas e de fomento à economia verde têm tido proeminência. Desde os anos de 1990, a mobilização internacional produz impactos importantes nessa área. Tratados como o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris, bem como a atuação de organizações internacionais, como a União Europeia, têm efeitos importantes em fomentar políticas regulatórias para energias renováveis. Além disso, o desenvolvimento de uma economia verde, capaz de gerar emprego, renda e lucros é outro fator crucial. O amadurecimento tecnológico e a significativa redução de custos levaram ao boom de energia eólica na década de 2000 e de energia solar na década de 2010. Esses processos foram acompanhados de uma acirrada competição pela liderança entre China e Estados Unidos, seguidos por um segundo grupo de países que também produzem avanços importantes nessa área, incluindo aqui Alemanha, Austrália, Bélgica, Brasil, Canadá, Dinamarca, Espanha, França, Holanda, Índia, Itália, Japão, México, Reino Unido, Suécia, Turquia e Ucrânia. A maior parte desses países são democráticos, de tal maneira que esse deve ser um fator fundamental no processamento das agendas antes discutidas.

Há motivos teóricos e empíricos para se investigar a relação entre o nível de democracia em um regime político e o avanço em transições energéticas para a sustentabilidade. Regimes democráticos tendem a apresentar melhor desempenho na garantia de direitos básicos, incluindo aqui os direitos ambientais, pois tendem a apresentar maior oferta de bens públicos ambientais e honrar seus compromissos internacionais nessa área (BÄTTIG; BERNAUER, 2009; BERNAUER; KOUBI, 2009; CONGLETON, 1992). Além disso, as liberdades democráticas possibilitam a atuação de movimentos sociais, ONGs, cientistas, partidos políticos e demais interessados na causa ambientalista. Esses atores, além de fiscalizarem a atuação de governos e empresas, podem se mobilizar e também votar em candidatos que defendem o meio-ambiente, criando bases de suporte para implementação de políticas regulatórias sobre poderosos grupos,

como as companhias ligadas aos combustíveis fósseis (BAYER; URPELAINEN, 2016; CADORET; PADOVANO, 2016; GEELS, 2014; GEELS *et al.*, 2016). Do mesmo modo, as democracias favorecem a implementação de políticas regulatórias de melhor qualidade e a promoção do crescimento econômico, gerando recursos necessários para se investir em preservação ambiental e no combate às mudanças climáticas (RODRIG, 2007, 2014; SCRUGGS, 1999, 2003).

Esses argumentos contribuem para as explicar transições energéticas para a sustentabilidade. Observou-se que entre os 42 países com percentual de eletricidade de novas energias renováveis acima da média mundial, 37 são classificados como democráticos, havendo uma alta correlação entre os dois fenômenos. Seja no contexto norte-americano, nos países da OCDE ou em países emergentes, a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis foi um fator fundamental para promover o crescimento da geração de eletricidade e para aumentar o percentual representado pelas fontes renováveis na matriz elétrica. O mecanismo explicativo proposto nesta tese é que regimes democráticos favorecem a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis, as quais são mecanismos efetivos para promover as transições.

Para testar empiricamente essa relação, foi construído uma base de dados de 132 países, com informações sobre a adoção dos quatro tipos de políticas regulatórias mais difundidas no mundo: *Feed-in Tariffs*, adotadas por 67 países; leilões para energias renováveis, adotados em 51 países; *net metering*, adotados em 35 países; cotas para energias renováveis, adotadas em 28 países. Além disso, a base de dados levou em conta três diferentes índices de democracia (*Polity IV*; *Freedom House* e *The Economist Democracy Index*) e 15 variáveis de controle, expressando fatores internacionais, políticos, institucionais, econômicos, energéticos e ambientais que são apontados como relevantes na literatura para explicar a adoção dessas políticas.

Algumas tendências gerais foram encontradas em todas as políticas analisadas. Todas estão em franco processo de difusão, elevando o número total de países que as adotam. A exceção se deve às tarifas-prêmio, que passaram a diminuir entre os países democráticos a partir de 2011, mas continuam se difundindo entre os autoritários. Também, em todas as políticas, existe um corte claro entre países democráticos e não democráticos. Sempre o número de países democráticos a adotar essas políticas é maior que o número de países não democráticos, relação que se demonstrou estatisticamente significativa em todos os modelos *logit* bivariados estimados.

Outro aspecto verificado é que o processo de difusão de três tipos de políticas – cotas, leilões e *net metering*, acelera-se somente na década de 2010. Essas políticas exigem menores níveis de intervenção e recursos estatais, mas maior capacidade de investimento de atores privados,

especialmente de empresas fornecedoras de energia e de “prosumidores”. Portanto, esse é um fenômeno associado ao amadurecimento tecnológico e à redução dos custos operacionais e de financiamento das energias renováveis verificados naquela época. Ou seja, faz sentido pensar que a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis segue um processo evolucionário, em que o *mix* de políticas regulatórias deve ser adaptado à própria mudança econômica e tecnológica.

Ainda, a partir desse conjunto de dados foram estimados 12 modelos *logit* bivariados e 8 modelos *logit* multivariados, utilizando nesses últimos o algoritmo *stepwise* de seleção de variáveis. Em todos os modelos bivariados observou-se uma relação positiva e significativa entre os índices de democracia e a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis. O aumento de 1% no índice de democracia aumenta, em média, em 1,7% a probabilidade a favor da adoção de *feed-in tariffs*; em 4,5% a favor de cotas para energias renováveis; em 1,8% a favor de leilões para energias renováveis; em 3,9% a favor de *net metering*.

Além disso, foi possível identificar o melhor índice de democracia para prever a adoção de cada tipo de política. O índice *polity2* do projeto *Polity IV* foi o melhor preditor significativo para as tarifas-prêmio. O índice de democracia da *The Economist* apresentou melhor desempenho em relação a adoção de cotas para energias renováveis e sistemas de compensação de energia. Já o índice de liberdades democráticas da *Freedom House* demonstrou ser mais apropriado para os leilões de energias renováveis.

Ao estimar os modelos multivariados, verificou-se que a escolha de cada política regulatória segue uma lógica específica, de modo que cada tipo depende de um conjunto próprio de variáveis explicativas. O regime político foi significativo em apenas um modelo multivariado, demonstrando ser importante para se explicar a adoção de cotas para energias renováveis, um tipo de política basilar nos processos de transições energéticas em países como Estados Unidos, Grã-Bretanha e Bélgica. Mesmo controlando por fatores como o pertencimento à União Europeia, a preferência social por bens ambientais, a capacidade estatal, a insegurança energética e a demanda por energia, o índice de democracia ainda apresentou significância estatística ao nível de 5% para explicar a escolha por cotas.

Nesse caso, a própria lógica da política de cotas, que implica capacidade do Estado impor às empresas privadas a aquisição de energias renováveis para compor parcela de seu portfólio de oferta, faz com que o apoio político e a legitimidade angariada por governos eleitos democraticamente sejam fundamentais para respaldar às imposições regulatórias. Essas políticas também dependem da preferência social por bens ambientais, o que significa que, em sociedades com maior difusão de valores ambientalistas, a democratização do regime político favorece a

atuação de movimentos sociais, ONGs, cientistas, jornalistas e outros grupos identificados com essa causa. Esses atores, por sua vez, pressionam governos, que, através de medidas regulatórias, conseguem transferir para o setor privado parte significativa dos custos de uma transição energética para a sustentabilidade.

Para os outros três tipos de políticas – tarifas-prêmio, leilões e sistemas de compensação – os índices de democracia não foram incluídos no modelo final, de forma que outras variáveis tiveram maior peso para explicar a adoção dessas. Para essas três políticas, pode-se considerar que a democracia não é uma causa, propriamente dita, de sua adoção. A alta correlação encontrada nos modelos bivariados, indica que muito provavelmente a democracia opera apenas como um fator a catalisar esses processos. Ou seja, o fato de um país ser democrático não necessariamente significa que ele irá adotar essas políticas, mas é possível que o ambiente democrático favoreça esse fenômeno. Já o fato de um país possuir um regime autoritário não necessariamente implica que ele será impedido de adotar essas políticas, mas a probabilidade de isso ocorrer será baixa.

Cabe ainda discutir os resultados encontrados concernentes às variáveis de controle⁴¹. Um primeiro aspecto a salientar é que a demanda por eletricidade, medida pelo logaritmo do consumo per capita de eletricidade, foi a única variável de controle selecionada pelo algoritmo *stepwise* em todos os modelos multivariados. Essa é uma variável que apresenta alta significância na explicação da adoção de políticas regulatórias para novas energias renováveis, sempre variando na mesma direção: quanto maior o consumo de eletricidade per capita de um país, maior a probabilidade de se adotar os quatro tipos de políticas aqui estudadas. Portanto, a adoção dessas políticas é fortemente motivada pelos objetivos de diversificar e ampliar a oferta de energia elétrica evitando ou corrigindo possíveis desequilíbrios causados por uma crescente demanda (CARLEY, 2011).

Ainda, há de se ressaltar que duas variáveis não foram incluídas em nenhum dos modelos multivariados finais: o nível de polarização política e a participação de energia nuclear na oferta de eletricidade. Ao contrário do previsto pela teoria de George Tsebelis (2002), a distância entre as preferências dos agentes políticos, medida aqui pelo nível de polarização, não demonstrou ser um fator significativo. É provável que os atores criem estratégias para se adaptar ao nível de polarização e, assim, contorná-la, tornando esse um fator de menor relevância. Por exemplo, os resultados apontaram que a presença de partidos de esquerda no poder é uma variável significativa para explicar a adoção de leilões de energias renováveis e *net metering*, independentemente do nível de polarização do sistema. Essa é uma relação que deve ser melhor compreendida,

⁴¹ No apêndice 4, encontra-se uma tabela sintetizando a significância e o sentido da variação de todas as variáveis de controle, em todos os modelos multivariados estimados.

especialmente por estudos de caso. Mas uma hipótese provável é que, para atingir objetivos de descarbonização do sistema elétrico, os partidos de esquerda escolhem levar adiante políticas mais afeitas à lógica de mercado. Dessa forma, sofrem menor resistência de seus adversários e elevam as chances de sucesso no legislativo, seja o cenário polarizado ou não.

Em relação à hipótese de que a substituição de energia nuclear seja uma das motivações relevantes para a promoção de energias renováveis, os modelos aqui estimados demonstraram que, para uma amostra ampla de países, na média, essa não é uma variável relevante. Isso não significa que em casos específicos, como o alemão, o japonês ou o lituânio, esse fator não tenha sido importante, como já apontado por outros estudos (GEELS, 2014; ROGGE; JOHNSTONE, 2017; VEIGA, 2011). Contudo, não é recomendável sua generalização.

Fatores internacionais demonstraram ter relevância explicativa. Ser membro da União Europeia foi importante para explicar a adoção de tarifas-prêmio, ao nível de 5%. Também, foi uma variável incluída no modelo final para estimar a adoção de cotas de energias renováveis, porém sem ter significância estatística. Seu efeito sobre a probabilidade de adotar essas políticas foi sempre positivo, confirmando outros estudos que apontaram a importância da União Europeia para coordenar a política de energética e de mudança climática de seus membros (ALIZADA, 2018; ALVES, 2017; CADORET; PADOVANO, 2016; SCHREURS; TIBERGHIE, 2007; STADELMANN; CASTRO, 2014). Em relação ao Protocolo de Kyoto, sua ratificação apresentou significância estatística ao nível de 1%, elevando em até 36 vezes as chances a favor de leilões de energias renováveis, o que vai ao encontro de outros estudos que demonstraram efeitos importantes decorrentes desse tratado para a adoção de políticas pró-meio-ambiente (ALVES, 2017; BODAS FREITAS; DANTAS; IIZUKA, 2012; NICOLLI; VONA, 2012; STADELMANN; CASTRO, 2014). Contudo, nenhum dos fatores internacionais demonstrou relevância estatística para prever a adoção de *net metering*, a qual é motivada por fatores internos, como a busca de segurança energética, a substituição de combustíveis fósseis e o atendimento da demanda energética.

Resultados interessantes também foram encontrados no vetor de variáveis político-econômicas e institucionais. Na presente investigação, o modelo proposto por Hughes e Urpelainen (2015) foi adaptado e testado para um conjunto abrangente de países. Um primeiro elemento desse modelo é a capacidade das políticas gerarem valor ambiental para a sociedade, de tal forma que, quanto maior a preferência social revelada por bens ambientais, maior seria a probabilidade de se adotar essas políticas. Dada a crescente importância de florestas para gerar bem-estar socioambiental (ABRAMOVAY, 2019), empiricamente, adotou-se a variação das áreas florestais como *proxy* dessa preferência relevada. Contudo, os resultados empíricos indicaram que

essa variável só é relevante para prever a adoção de cotas para energias renováveis, sendo descartada dos demais modelos. Isso corrobora o argumento de que políticas de energias renováveis estão mais relacionadas com objetivos materiais, como atender a demanda energética e fomentar novas atividades econômicas, do que com questões ambientais (MORILLA, 2019).

Nessa direção, o modelo de Hughes e Urpelainen (2015) compreende que as políticas energéticas de combate às mudanças climáticas podem ser vistas, também, como políticas industriais capazes de fomentar novos setores associados à economia verde. Para empiricamente dar conta dessa proposição, o percentual de energias renováveis na oferta de eletricidade foi incluído nos modelos estimados nesta tese. Essa variável, contudo, foi selecionada pelo algoritmo *stepwise* apenas em um modelo final, o de previsão de leilões para energias renováveis, sem apresentar significância estatística. É provável que isso decorra do fato de que apenas poucos países, como China, Estados Unidos, Alemanha ou Dinamarca, possuem uma indústria verde relevante (DEUTCH; STEINFELD, 2013; PODCAMENI, 2014; SHEN, 2017; ZHANG *et al.*, 2013). Ou, ainda, expressa a própria limitação da mensuração, uma vez que a variável escolhida mede apenas o resultado final de uma cadeia produtiva muito mais ampla, a qual apresenta significativo grau de internacionalização, dado que os países acima citados são os que manufaturam e exportam a maior parte dos equipamentos necessários pelo resto do mundo.

Outro fator analisado foi o nível de industrialização de um país. Segundo Hughes e Urpelainen (2015), essa seria uma variável com efeitos negativos que elevaria os custos de adoção de políticas para energias renováveis. O pressuposto subjacente é que setores industriais, caracterizados por grande consumo energético, como bens de capital e siderurgia, mobilizariam seu poder político para impedir a adoção dessas políticas, motivados pelo receio da elevação dos custos médios de eletricidade. Os resultados empíricos apontaram que essa relação é importante no caso dos leilões de energias renováveis e de *net metering*, corroborando outros estudos que demonstraram os efeitos negativos do nível de industrialização para as energias renováveis (CADORET; PADOVANO, 2016; SEQUEIRA; SANTOS, 2018). No caso da regulação de *net metering*, o valor adicionado pela indústria ao PIB exerceu um efeito negativo, significativo ao nível de 5%, que pode estar associado a externalidades negativas geradas por essas políticas, que tendem a transferir para outros consumidores os custos de manutenção das redes elétricas.

Também, a participação das receitas do governo central no PIB, excluídos os financiamentos, foi incluída como variável indicadora da capacidade institucional dos Estados. Essa variável surpreendentemente exerceu um efeito negativo na probabilidade de adoção de três tipos de políticas: cotas, leilões e *net metering*. Isso significa que países com menor capacidade

institucional têm maior probabilidade de implementar essas políticas. Uma explicação para esse fato é que essas transferem para o mercado a responsabilidade de desenvolver o setor de energias renováveis. Ou seja, são políticas que representam menores custos fiscais, quando comparadas a outras opções que exigem uma intervenção governamental mais ativa, como fomento à Pesquisa & Desenvolvimento ou a concessão de subsídios e desonerações fiscais. Dessa forma, tornam-se uma alternativa viável para países com menores capacidades institucionais avançarem em objetivos de descarbonização e ampliação da oferta de energia.

Outra variável testada foi o controle do poder executivo por partidos de esquerda. A importância desse fator já havia sido demonstrada por estudos que avaliaram o nível de consumo de energias renováveis em países europeus (CADORET; PADOVANO, 2016), o percentual representado por energias renováveis na capacidade de oferta do setor elétrico em estados norte-americanos (YI; FEIOCK, 2014) e o volume de investimentos realizados em energias renováveis (ABBAN; HASAN, 2021). Os resultados da presente tese corroboraram esses achados, demonstrando a significância dessa variável, ao nível de 1%, para explicar a adoção de leilões para energias renováveis. Portanto, a promoção desses leilões é uma das estratégias adotadas por partidos de esquerda para promover avanços em diferentes dimensões de transições energéticas, como o consumo, a capacidade instalada e os investimentos.

Seguindo a teoria de George Tsebelis (2002), também foi incluída a variável *checks*, mensurando o número de atores com poder de veto. Essa variável foi importante para a previsão de dois tipos de políticas, as tarifas-prêmio e os leilões. Cabe salientar que para as tarifas-prêmio, o número de atores com poder de veto apresentou significância de 1%, variando positivamente. Isso deve estar relacionado ao fato de que, em países democráticos, pioneiros na adoção das tarifas-prêmio, existe uma tendência de abandonar essas políticas, dado o amadurecimento do setor. Nesse caso, quanto maior o número de atores com poder de veto, maior a dificuldade de abandonar essas tarifas-prêmio e, portanto, maior a probabilidade a favor dessas políticas.

Em regimes autoritários, a tendência é oposta, cresce o número de países que adotam as tarifas-prêmio e isso também pode estar relacionado aos mecanismos de controle entre diferentes atores e instituições políticas, que aumentam o nível de *accountability* nesses sistemas políticos, garantindo certo nível de responsividade aos cidadãos e *enforcement* de acordos internacionais. Assim, um ponto a ser aprofundado em estudos futuros é a existência de diferenças entre regimes autoritários na escolha de políticas energéticas e de combate às mudanças climáticas, enfatizando o papel de diferentes configurações institucionais, número de atores com poder de veto, mecanismos de *accountability*, inserção internacional e ideologia dominante.

O terceiro vetor de variáveis de controle incluiu fatores econômicos, ambientais e energéticos. Como já ressaltado, nesse vetor, uma variável foi relevante em todos os modelos, o logaritmo do consumo per capita de energia, e outra foi descartada em todas as políticas, a participação da energia nuclear na oferta de eletricidade. Restaram o nível de desenvolvimento econômico, a participação de combustíveis fósseis, a insegurança energética e as emissões de carbono per capita, que apresentaram significâncias diferentes, de acordo com o tipo de política.

O nível de desenvolvimento econômico, medido pelo logaritmo do PIB per capita, foi significativo apenas nos modelos que adotaram as tarifas-prêmio como variável dependente. Ao contrário do esperado, a relação encontrada foi negativa: quanto maior o PIB per capita, menor a probabilidade de se adotar tarifas-prêmio. Esse resultado vai de encontro a outros estudos que mostraram uma relação positiva entre esses fatores (SCHAFFER; BERNAUER, 2014; STADELMANN; CASTRO, 2014) e pode ser explicado pelo corte transversal da amostra, feito no ano de 2014, quando muitos dos países de maior nível de renda já estavam em processo de abandonar ou revisar as tarifas-prêmio. O abandono dessas políticas se deve a diferentes razões, como já terem atingido seus objetivos ou quando sua substituição por outras alternativas, como os leilões e o *net metering*, demonstrava ser mais atraentes, em função do amadurecimento técnico e econômico do setor.

O percentual de eletricidade ofertado por fontes fósseis apresentou uma relação positiva e significativa com a adoção de leilões de energia renovável e de *net metering*. Apesar de surpreendente, esse resultado não é inédito, pois foi encontrado também por Schaffer e Bernauer, em um estudo que estimou a probabilidade de adotar políticas para energias renováveis nos 26 países membros da Agência Internacional de Energia:

[...] observamos que as principais características do sistema de abastecimento de energia existente de um país têm implicações para a adoção de políticas de renováveis. Curiosamente, os efeitos observados apontam na direção oposta do que esperávamos. Uma porcentagem maior de produção de energia a partir de combustíveis fósseis tem um efeito positivo significativo na adoção de políticas de energia renovável. Este resultado é, do ponto de vista dos defensores das energias renováveis, uma boa notícia, porque ter uma alta porcentagem inicial de produção de energia baseada em combustíveis fósseis provavelmente está associado a custos de oportunidade mais altos de se mudar para mais fontes renováveis; e isso, à primeira vista, parece ser um obstáculo para políticas ambiciosas de energias renováveis. Nosso resultado sugere que pelo menos alguns países em nossa amostra (a maioria deles indiscutivelmente países da UE) sentem uma maior necessidade de reduzir o consumo de combustível fóssil para atender a metas de política climática mais rígidas e/ou reduzir a dependência de produtores estrangeiros de combustível fóssil (SCHAFFER; BERNAUER, 2014, p. 21, tradução própria).

Esse resultado, agora generalizado para uma amostra de 94 países, contraria a afirmação de que a atuação política de atores ligados à petróleo, gás e carvão seria um impeditivo para adoção de políticas regulatórias sobre energias renováveis (CADORET; PADOVANO, 2016; GEELS,

2014; GEELS *et al.*, 2016). Isso não significa a ausência do lobby contrário desses grupos. Nem que isso não seja um fator importante em contextos específicos. Mas demonstra que, na média dos países, esse é um obstáculo que pode ser superado. Provavelmente, os compromissos internacionais assumidos sejam relevantes nesse aspecto. Como verificado nos testes empíricos, países com maior dependência de fontes fósseis adotam leilões para alcançar objetivos de descarbonização assumidos em tratados, como o Protocolo de Kyoto. Há uma lógica nisso, pois essas políticas não demandam um enfrentamento direto com ofertantes de fontes fósseis, os quais podem inclusive se aventurar em diversificação de portfólio, concorrendo em projetos relacionados às fontes renováveis. Já em relação a adoção de *net metering*, além de serem políticas *market friendly*, tendem a ser implementadas em contextos de maior insegurança energética, em que um alto consumo de fontes fósseis ainda é insuficiente para atender a demanda interna.

Outro fator relevante foi a insegurança energética. A busca por segurança energética esteve entre as primeiras motivações dos países para fomentarem as energias renováveis nos anos de 1970. Contudo, neste estudo, encontrou-se resultados conflitantes para o comportamento dos países frente a uma crescente importação líquida de energia, reforçando a noção de que a escolha das políticas regulatórias se adapta a diferentes objetivos, em diferentes contextos. Em relação às políticas de cotas, a insegurança energética foi significativa ao nível de 10%, apresentando uma relação negativa: quanto maior a importação líquida de energia, menor a probabilidade de adoção de cotas. Essa relação faz sentido, na medida em que, para suprir a exigência de uma cota mínima de oferta de energias renováveis, as distribuidoras teriam a opção de importar essa energia (CARLEY, 2009), não surtindo efeitos sobre a diversificação e a descarbonização e agravando a insegurança energética.

Já para a regulação de *net metering*, encontrou-se uma relação positiva: quanto maior a insegurança energética, maior a probabilidade de um país adotar essas políticas. A lógica dessa relação está no fato de que sistemas de compensação são adequados tanto para aumentar a oferta, quanto para reduzir a demanda setorial agregada, pois a descentralização da produção, transformando domicílios em usinas elétricas, maximiza o aproveitamento dos potenciais energéticos do território. Dessa forma, são políticas que podem contribuir diretamente para reduzir a importação líquida de energia.

Por fim, observou-se que o nível de emissões de CO₂ per capita possui uma relação significativa e negativa com dois tipos de políticas, os leilões de energias renováveis e o *net metering*. Isso ocorre porque em países com menores níveis de emissão, essas políticas são uma opção relativamente barata e efetiva para se avançar no objetivo de descarbonizar o sistema

elétrico. Já, à medida que cresce o nível de emissões per capita, é possível que os países tenham de adotar outras políticas mais agressivas e custosas, como subsídios e desonerações fiscais.

Em síntese, a variável mais importante, para todos os tipos de política, foi a demanda por eletricidade. Quanto maior a demanda por eletricidade, maiores as chances de um país adotar políticas regulatórias para energias renováveis. Fatores internacionais, como o pertencimento à União Europeia e a ratificação do Protocolo de Kyoto também demonstraram grande relevância. Do mesmo modo, fatores políticos e institucionais, como a presença de partidos de esquerda na chefia do poder executivo, o número de atores com poder de veto e as capacidades institucionais são importantes para explicar a adoção dessas políticas. Ainda, características como o nível de insegurança energética, de emissões de CO₂ per capita e de desenvolvimento econômico de um país são relevantes para se compreender as escolhas feitas na área energética.

Ressalta-se, ainda, que essa tese demonstrou uma forte correlação positiva entre o nível de democracia e a adoção de políticas regulatórias para energias renováveis, mesmo que, a rigor, existam outros fatores explicativos de maior importância. Isso significa que a democracia pode ter efeitos positivos nesse processo, contudo a sua ausência não necessariamente é um empecilho para se avançar nessas transições. Essa conclusão faz sentido à luz de que muitos dos casos de transições em estágio avançado são democráticos, mas também se verifica avanços importantes em países autoritários, com destaque para a China. Além disso, há fortes evidências para se afirmar que regimes democráticos tendem a favorecer a adoção de cotas para energias renováveis. Nesses contextos, processos de desdemocratização representam riscos reais ao fomento de transições energéticas para a sustentabilidade.

Por fim, deriva-se desta tese uma proposição teórica mais ampla, que ultrapassa o campo das energias renováveis, e deve ser avaliada em estudos porvindouros: o regime político de um país influencia a escolha de políticas públicas, especialmente aquelas que dependem de apoio dos cidadãos para impor custos ao setor privado. Ou seja, a lógica de escolhas de políticas públicas em regimes autoritários é diferente de regimes democráticos. Como demonstrado nesta tese, há evidências de que políticas na área de sustentabilidade seriam mais propensas a ocorrer em regimes democráticos. Mas isso seria válido para qualquer área de política? Provavelmente, a resposta é não. Essa afirmação teria validade apenas para aquelas áreas em que o suporte político da população é uma variável crucial para que governantes imponham custos ao setor privado, como exemplificado pelas cotas para energias renováveis. Isso não significa que basta o regime ser democrático para essas políticas serem adotadas. Outras variáveis são cruciais, como a preferência dos cidadãos, a posição política dos governantes e a capacidade de mobilização da sociedade civil

para pressionar os governos. Contudo, o regime democrático parece operar como um catalisador, potencializando a ação dessas variáveis. Já no caso de regimes autoritários, a falta de liberdades civis e políticas seria um fator a constrangê-las. De todo modo, salienta-se que essa é uma hipótese mais geral a ser testada em investigações futuras.

Referências

- ABBAN, Abdul Rashid; HASAN, Mohammad Zahid. Revisiting the determinants of renewable energy investment - New evidence from political and government ideology. **Energy Policy**, [s. l.], v. 151, n. February, p. 112184, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112184>.
- ABRAMOVAY, Ricardo. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza**. São Paulo: Elefante, 2019.
- ABRANCHES, Sergio. A COP15: apontamentos de campo. **Estudos Avancados**, [s. l.], v. 24, n. 68, p. 121–132, 2010.
- ABRANCHES, Sergio. Clima, governança e democracia: fundamentos domésticos da governança global do clima. **EcoPolítica**, [s. l.], 2007.
- ABRANCHES, Sergio. **Copenhague: antes e depois**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.
- ADCOCK, Robert; COLLIER, David. Measurement validity: A shared standard for qualitative and quantitative research. **The American Political Science Review**, [s. l.], v. 95, n. 3, p. 529–546, 2001.
- AKLIN, Michaël; URPELAINEN, Johannes. Political competition, path dependence, and the strategy of sustainable energy transitions. **American Journal of Political Science**, [s. l.], v. 57, n. 3, p. 643–658, 2013.
- ALIZADA, Khatera. Rethinking the diffusion of renewable energy policies: A global assessment of feed-in tariffs and renewable portfolio standards. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 44, n. May 2017, p. 346–361, 2018.
- ALTENBURG, Tilman; ASSMANN, Claudia. **Green industrial policy. Concept, policies, country experiences**. Geneva, Bonn: UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), 2017.
- ALTENBURG, Tilman; RODRIK, Dani. Green industrial policy: Accelerating structural change towards wealthy green economies. *Em*: ALTENBURG, Tilman; ASSMANN, Claudia (org.). **Green industrial policy. Concept, policies, country experiences**. Geneva, Bonn: UN Environment; German Development Institute / Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE), 2017.
- ALVES, Elia Elisa Cia. **Da brisa aos quatro ventos: uma análise multimétodo da difusão internacional de políticas de energia renovável. Um olhar para o setor eólico no Brasil (2005-2015)**. 2017. 207 f. - Universidade Federal de Pernambuco, [s. l.], 2017.
- ALVES, Elia Elisa Cia *et al.* From a breeze to the four winds: A panel analysis of the international diffusion of renewable energy incentive policies (2005–2015). **Energy Policy**, [s. l.], v. 125, n. January 2018, p. 317–329, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.064>.

ALVES DA COSTA, Luana Carolina. **Análise comparativa dos leilões de energias renováveis na América Latina: Argentina, Brasil, Chile e México.** 2020. 1–225 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

AMORIM, F. *et al.* How much room for a competitive electricity generation market in Portugal?. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 18, p. 103–118, 2013.

ARAÚJO, Bruno Platteck de; WILLCOX, Luiz Daniel. Reflexões críticas sobre a experiência brasileira de política industrial no setor eólico. **BNDES Setorial**, [s. l.], v. 47, n. Eólica, p. 163–220, 2018.

BACKHOUSE, Maria. **The knowledge-based bioeconomy in the semi-periphery: A case study on second-generation ethanol in Brazil: Bioeconomy & Inequalities.** Jena: Friedrich-Schiller-University Jena - Institute for Sociology, 2020.

BALDWIN, Elizabeth *et al.* Global renewable electricity policy: A comparative policy analysis of countries by income status. **Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 277–298, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13876988.2016.1166866>.

BALDWIN, Elizabeth; CARLEY, Sanya; NICHOLSON-CROTTY, Sean. Why do countries emulate each others' policies? A global study of renewable energy policy diffusion. **World Development**, [s. l.], v. 120, p. 29–45, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.03.012>.

BARBIER, Edward B. The green economy post Rio+20. **Science**, [s. l.], v. 338, n. 6109, p. 887–888, 2012.

BÄTTIG, Michèle B.; BERNAUER, Thomas. National institutions and global public goods: Are democracies more cooperative in climate change policy?. **International Organization**, [s. l.], v. 63, n. 2, p. 281–308, 2009.

BAYER, Patrick; URPELAINEN, Johannes. It is all about political incentives: Democracy and the renewable feed-in tariff. **The Journal of Politics**, [s. l.], v. 78, n. 2, p. 603–619, 2016.

BECK, Thorsten *et al.* New tools in comparative political economy: The database of political institutions. **World Bank Economic Review**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 165–176, 2001.

BECKER, Bertha. Reflexões sobre hidrelétricas na Amazônia: água, energia e desenvolvimento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 783–790, 2012.

BEHRENS, Paul *et al.* Environmental, economic, and social impacts of feed-in tariffs: A Portuguese perspective 2000-2010. **Applied Energy**, [s. l.], v. 173, p. 309–319, 2016.

BERGER, Roland. **Green growth, green profit: How green transformation boosts business.** New York: Palgrave Macmillan, 2011.

BERKHOUT, Frans; SMITH, Adrian; STIRLING, Andy. Socio-technological regimes and transitions contexts. *Em*: ELZEN, Boelie; GEELS, Frank W.; GREEN, Ken (org.). **System innovation and transition to sustainability: Theory, evidence and policy.** Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2004.

- BERNAUER, Thomas. Climate change politics. **Annual Review of Political Science**, [s. l.], v. 16, p. 421–448, 2013.
- BERNAUER, Thomas; KOUBI, Vally. Effects of political institutions on air quality. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 68, n. 5, p. 1355–1365, 2009.
- BINZ, Christian *et al.* Toward technology-sensitive catching-up policies: Insights from renewable energy in China. **World Development**, [s. l.], v. 96, n. 2015, p. 418–437, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.03.027>.
- BODAS FREITAS, Isabel Maria; DANTAS, Eva; IIZUKA, Michiko. The Kyoto mechanisms and the diffusion of renewable energy technologies in the BRICS. **Energy Policy**, [s. l.], v. 42, p. 118–128, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.055>.
- BORDONAL, Ricardo de Oliveira *et al.* Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 38, n. 2, 2018.
- BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Transição, consolidação democrática e revolução capitalista. **DADOS - Revista de Ciências Sociais**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 223–258, 2011.
- BROWN, Wendy. American nightmare: Neoliberalism, neoconservatism, and de-democratization. **Political Theory**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 690–714, 2006.
- BURKE, Matthew J.; STEPHENS, Jennie C. Energy democracy: Goals and policy instruments for sociotechnical transitions. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 33, n. September, p. 35–48, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.024>.
- CADORET, Isabelle; PADOVANO, Fabio. The political drivers of renewable energies policies. **Energy Economics**, [s. l.], v. 56, n. 2016, p. 261–269, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eneco.2016.03.003>.
- CAPRA, Fitjof. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. São Paulo: Cultrix, 1998.
- CARLEY, Sanya *et al.* Global expansion of renewable energy generation: An analysis of policy instruments. **Environmental and Resource Economics**, [s. l.], v. 68, n. 2, p. 397–440, 2017.
- CARLEY, Sanya. State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. **Energy Policy**, [s. l.], v. 37, n. 8, p. 3071–3081, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.03.062>.
- CARLEY, Sanya. The era of state energy policy innovation: A review of policy instruments. **Review of Policy Research**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 265–294, 2011.
- CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Est. Econ., São Paulo**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 587–615, 2010.
- CARVALHO DE OLIVEIRA, Kênia; ZANIN, Vanclei. A bioeconomia e os biocombustíveis no cenário brasileiro. **Revista iPecege**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 23–43, 2015.
- CHIEZA, Rosa Angela; QUEIROZ-STEIN, Guilherme de. Instituições e desempenho socioeconômico na democracia brasileira: preferências liberalizantes e preferências distributivas. **Administração Pública e Gestão Social**, [s. l.], v. 12, 2020.

CONGLETON, Roger D. **Political institutions and pollution control**. [S. l.: s. n.], 1992.
Disponível em: <https://about.jstor.org/terms>. .

CÓRDOBA, Diana *et al.* Family farming, agribusiness and the state: Building consent around oil palm expansion in post-neoliberal Brazil. **Journal of Rural Studies**, [s. l.], v. 57, n. November 2017, p. 147–156, 2018a.

CÓRDOBA, Diana *et al.* Fuelling social inclusion? Neo-extractivism, state–society relations and biofuel policies in Latin America’s Southern Cone. **Development and Change**, [s. l.], v. 49, n. 1, p. 63–88, 2018b.

CRUZ, Cesi; KEEFER, Philip; SCARTASCINI, Carlos. **DPI2020 database of political institutions: Changes and variable definitions**. Washington DC: Inter-American Development Bank, 2021.

DAHL, Robert A. What political institutions does large-scale democracy require?. **Political Science Quarterly**, [s. l.], v. 120, n. 2, p. 187–197, 2005.

D’AMATO, D. *et al.* Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 168, p. 716–734, 2017.

D’AMATO, D.; GAIO, M.; SEMENZIN, E. A review of LCA assessments of forest-based bioeconomy products and processes under an ecosystem services perspective. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 706, p. 135859, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135859>.

DE ASSUNÇÃO, Gardênia Mendes. A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão. **Sistemas & Gestão**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 223–231, 2019.

DE ÁVILA, Ednilson Sebastião; DINIZ, Eliezer Martins. Evidências sobre curva ambiental de Kuznets e convergência das emissões. **Estudos Economicos**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 97–126, 2015.

DELICADO, Ana. **Terras de sol e de vento: dinâmicas sociotécnicas e aceitação social de energias renováveis em Portugal**. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais, 2015.

DELMAS, Magali A.; MONTES-SANCHO, Maria J. U.S. state policies for renewable energy: Context and effectiveness. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 5, p. 2273–2288, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.034>.

DEUTCH, John; STEINFELD, Edward. **A duel in the sun: The solar photovoltaics technology conflict between China and the United States**: MIT Energy Initiative. Massachusetts: [s. n.], 2013.

DIAS, R. F.; DE CARVALHO, C. A.A. Bioeconomia no Brasil e no mundo: panorama atual e perspectivas. **Revista Virtual de Química**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 410–430, 2017.

DIAZ, Johanna Ovalle *et al.* Correlações, risco, razão de chances e avaliação de testes diagnósticos. *Em*: CAPP, Edison; NIENOV, Otto Henrique (org.). **Bioestatística quantitativa aplicada**. Porto Alegre: UFRGS, 2020. p. 177–197.

DIJKGRAAF, Elbert; VAN DORP, Tom P.; MAASLAND, Emiel. On the effectiveness of feed-in tariffs in the development of solar photovoltaics. **Energy Journal**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 81–99, 2018.

DIMITROV, Radoslav S. The Paris Agreement on climate change: Behind closed doors. **Global Environmental Politics**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 1–11, 2016.

DONG, C. G. Feed-in tariff vs. renewable portfolio standard: An empirical test of their relative effectiveness in promoting wind capacity development. **Energy Policy**, [s. l.], v. 42, p. 476–485, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.12.014>.

ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. Democracy Index 2014-Democracy and its discontents. Report from The Economist Intelligence Unit. [s. l.], p. 1–55, 2015.

ECS. **In-depth energy efficiency review Tajikistan**. Brussels: Energy Charter Secretariat, 2013. *E-book*. Disponível em: https://energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/IDEER/IDEER-Tajikistan_2013_en.pdf.

EDMONDSON, Duncan L.; KERN, Florian; ROGGE, Karoline S. The co-evolution of policy mixes and socio-technical systems: Towards a conceptual framework of policy mix feedback in sustainability transitions. **Research Policy**, [s. l.], 2018.

ELLIOT, David. **Green energy futures: A big change for the good**. New York: Palgrave Macmillan, 2015.

FANKHAUSER, Samuel; COLLINS, Murray; GENNAIOLI, Caterina. Do international factors influence the passage of climate change legislation?. **Climate Policy**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 318–331, 2016.

FERNANDES, Antônio Alves Tôrres *et al.* Read this paper if you want to learn logistic regression. **Revista de Sociologia e Política**, [s. l.], v. 28, n. 74, p. 1/1-19/19, 2020.

FISCHER, Frank. **Climate crisis and the democratic prospect: Participatory governance in sustainable communities**. Oxford: Oxford University Press, 2017.

FLEXOR, Georges *et al.* Dilemas institucionais na promoção dos biocombustíveis: o caso do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no Brasil. **Cadernos de Desenvolvimento**, [s. l.], v. 6, n. 8, p. 329–354, 2011.

FLEXOR, Georges; KATO, Karina. Biofuels and inclusive development: the Brazilian experience. **Development in Practice**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 157–167, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/09614524.2017.1284763>.

FREEDOM HOUSE. **Freedom in the world 2019 methodology**. Washington DC: Freedom House, 2019.

FS-UNEP-BNEF. **Global trends in renewable energy investment 2017**. Frankfurt: Frankfurt School - UNEP Centre - Bloomberg New Energy Finance, 2017.

FS-UNEP-BNEF. **Global trends in renewable energy investment 2019**. Frankfurt: Frankfurt School - UNEP Centre - Bloomberg New Energy Finance, 2019.

GALLEGO-CASTILLO, Cristobal; VICTORIA, Marta. Cost-free feed-in tariffs for renewable energy deployment in Spain. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 81, p. 411–420, 2015.

GEELS, Frank W. Regime resistance against low-carbon transitions: Introducing politics and power into the multi-level perspective. **Theory, Culture & Society**, [s. l.], v. 31, n. 5, p. 21–40, 2014.

GEELS, Frank W. *et al.* The enactment of socio-technical transition pathways: A reformulated typology and a comparative multi-level analysis of the German and UK low-carbon electricity transitions (1990-2014). **Research Policy**, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 896–913, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.respol.2016.01.015>.

GEELS, Frank W. The multi-level perspective on sustainability transitions: Responses to seven criticisms. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 24–40, 2011.

GERMAN, Christiano; VIRGÍNIO, Alberto Nogueira. O meio ambiente e seus reflexos na economia do mundo. **Cadernos Adenauer**, [s. l.], n. 2, p. 117–141, 2018.

GIDDENS, Anthony. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

GOMEL, Daniela; ROGGE, Karoline S. Mere deployment of renewables or industry formation, too? Exploring the role of advocacy communities for the Argentinean energy policy mix. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 36, n. February, p. 345–371, 2020.

GRAFF, Michelle; CARLEY, Sanya; PIROG, Maureen. A review of the environmental policy literature from 2014 to 2017 with a closer look at the energy justice field. **Policy Studies Journal**, [s. l.], v. 47, n. S1, p. S17–S44, 2019.

GRASSI, M. C.B.; PEREIRA, G. A.G. Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of biofuels. **Industrial Crops and Products**, [s. l.], v. 129, p. 201–205, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.006>.

GUERRA, João; SCHMIDT, Luísa. Concretizar o wishfull thinking - Dos ODS à COP21. **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 157–174, 2016.

GUGLIANO, Alfredo Alejandro. Apontamentos sobre o conceito de qualidade da democracia. **Revista Debates**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 229–243, 2013. Disponível em: www.revistadebates.ufrgs.br.

GUGLIANO, Alfredo *et al.* O pesadelo brasileiro: conservadorismo, neoliberalismo e neoextrativismo intenso. **Brasiliana: Journal for Brazilian Studies**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 105–127, 2022.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria básica**. 5ªed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2011.

HOBSBAWN, Eric J. **Da revolução industrial inglesa ao imperialismo**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2000.

HORLINGS, Ina; MARSDEN, Terry. Rumo ao desenvolvimento espacial sustentável? Explorando as implicações da nova bioeconomia no setor agroalimentar e na inovação regional. **Sociologias**, [s. l.], n. 27, p. 142–178, 2011.

HOWLETT, M.; RAMESH, M. The two orders of governance failure: Design mismatches and policy capacity issues in modern governance. **Policy and Society**, [s. l.], v. 33, n. 4, p. 317–327, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polsoc.2014.10.002>.

HUAYANAY, Alex de la Cruz. **Modelos de regressão para resposta binária na presença de dados desbalanceados**. 2019. 91 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019.

HUGHES, Llewelyn; LIPSCY, Phillip Y. The politics of energy. **Annual Review of Political Science**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 449–469, 2013.

HUGHES, Llewelyn; MECKLING, Jonas. The politics of renewable energy trade: The US-China solar dispute. **Energy Policy**, [s. l.], v. 105, n. September 2016, p. 256–262, 2017.

HUGHES, Llewelyn; URPELAINEN, Johannes. Interests, institutions, and climate policy: Explaining the choice of policy instruments for the energy sector. **Environmental Science and Policy**, [s. l.], v. 54, p. 52–63, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.06.014>.

HVELPLUND, Frede. Innovative democracy, political economy, and the transition to renewable energy. A full-scale experiment in Denmark 1976-2013. **Environmental Research, Engineering and Management**, [s. l.], v. 66, n. 4, p. 5–21, 2014.

IEA/IRENA. **Renewables policies database**. Paris: IEA/IRENA, 2021.

IRENA. **Renewable power generation costs in 2018**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2019-. ISSN 1476-4687. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf.

IRENA. **Renewable power generation costs in 2019**. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2020-. ISSN 1476-4687. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf.

JACOBSSON, Staffan; LAUBER, Volkmar. The politics and policy of energy system transformation - Explaining the German diffusion of renewable energy technology. **Energy Policy**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 256–276, 2006.

JENNER, Steffen *et al.* What drives states to support renewable energy?. **The Energy Journal**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 1–12, 2012.

JENNER, Steffen; GROBA, Felix; INDVIK, Joe. Assessing the strength and effectiveness of renewable electricity feed-in tariffs in European Union countries. **Energy Policy**, [s. l.], v. 52, p. 385–401, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.09.046>.

KERN, Florian; ROGGE, Karoline S. The pace of governed energy transitions: Agency, international dynamics and the global Paris Agreement accelerating decarbonisation processes?. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 22, p. 13–17, 2016.

KING, Gary; KEOHANE, Robert O.; VERBA, Sidney. **Designing social inquiry: Scientific inference in qualitative research**. Princeton: Princeton University Press, 1994.

KING, Gary; ZENG, Langche. Logistic regression in rare events data. **Political Analysis**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 137–163, 2001. Disponível em: <http://GKing.Harvard.Edu>.

KIVIMAA, Paula; KERN, Florian. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. **Research Policy**, [s. l.], v. 45, p. 205–217, 2016.

KÖHLER, Jonathan *et al.* An agenda for sustainability transitions research: State of the art and future directions. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, [s. l.], v. 31, n. January, p. 1–32, 2019.

KWON, Tae Hyeong. Rent and rent-seeking in renewable energy support policies: Feed-in tariff vs. renewable portfolio standard. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 44, p. 676–681, 2015.

LEVITSKY, Steven; ZIBLATT, Daniel. **Como as democracias morrem**. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.

LOISEAU, Eleonore *et al.* Green economy and related concepts: An overview. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 139, p. 361–371, 2016.

LOSEKANN, Luciano; HALLACK, Michelle. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. *Em: DESAFIOS DA NAÇÃO: ARTIGOS DE APOIO*. Brasília: IPEA, 2018. v. 2, p. 631–655.

LOVELOCK, James. **A vingança de Gaia**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2006.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. Energias renováveis: um futuro sustentável. **Revista USP**, [s. l.], v. 72, p. 6–15, 2007. Disponível em: <http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/viewFile/13564/15382>.

LUND, Henrik. Choice awareness: The development of technological and institutional choice in the public debate of Danish energy planning. **Journal of Environmental Policy and Planning**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 249–259, 2000.

LUND, Henrik. Renewable energy strategies for sustainable development. **Energy**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 912–919, 2007.

MARQUES, António Cardoso; FUINHAS, José Alberto; PEREIRA, Diogo Santos. The dynamics of the short and long-run effects of public policies supporting renewable energy: A comparative study of installed capacity and electricity generation. **Economic Analysis and Policy**, [s. l.], v. 63, p. 188–206, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eap.2019.06.004>.

MARSHALL, Monty G; GURR, Ted Robert; JAGGERS, Keith. **Polity IV project. Political regime: Characteristics and transitions, 1800-2018. Dataset Users' Manual**. Stockholm: Center for Systemic Peace, 2019.

MCCORMICK, Kes; KAUTTO, Niina. The bioeconomy in Europe: An overview. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 5, n. 6, p. 2589–2608, 2013.

MEADOWCROFT, James. What about the politics? Sustainable development, transition management, and long term energy transitions. **Policy Sciences**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 323–340, 2009.

MECKLING, Jonas; NAHM, Jonas. The power of process: State capacity and climate policy. **Governance**, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 741–757, 2018.

MEJIAS, Rafael Gouveia. Bioeconomia e suas aplicações. **R. ÍANDÉ Ciências e Humanidades**, [s. l.], v. 2, n. 3, p. 105–121, 2019.

- MENZ, Fredric C.; VACHON, Stephan. The effectiveness of different policy regimes for promoting wind power: Experiences from the states. **Energy Policy**, [s. l.], v. 34, n. 14, p. 1786–1796, 2006.
- MEYER, Niels I. Renewable energy policy in Denmark. **Energy for Sustainable Development**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 25–35, 2004.
- MME/EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2029**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, 2019. *E-book*. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>.
- MOREIRA, Helena Margarido; GIOMETTI, Analúcia Bueno dos Reis. Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de projetos em energia limpa. **Contexto Internacional**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 9–47, 2008.
- MORILLA, Cecilia Higa Gonzales. **Coalitions in political process to promote bioenergy: The cases of carbon tax in Sweden and the Renovabio in Brazil**. 2019. Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.
- NAHM, Jonas. Renewable futures and industrial legacies: Wind and solar sectors in China, Germany, and the United States. **Business and Politics**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 68–106, 2017.
- NEVES, Fabrício Monteiro *et al.* A construção da sociedade pós-carbono: do que se trata o desafio tecnológico?. **Pensamento Plural**, [s. l.], n. 9, p. 71–86, 2011.
- NICOLLI, Francesco; VONA, Francesco. The evolution of renewable energy policy in OECD countries: Aggregate indicators and determinants. **SSRN Electronic Journal**, [s. l.], 2012.
- NURTON, James. Patenting trends in renewable energy. **WIPO Magazine**, Geneva, n. 1, p. 50–56, 2020. Disponível em: https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2020/01/article_0008.html. Acesso em: 16 dez. 2020.
- O'DONNELL, Guillermo. **Democracia, agência e estado: teoria com intenção comparativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.
- O'DONNELL, Guillemos. Democracia, desenvolvimento e direitos humanos. **Revista Debates**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 15–114, 2013. Disponível em: www.revistadebates.ufrgs.br.
- OECD. **Eco-innovation in industry: Enabling green growth**. Paris: OECD, 2009.
- OSTROM, Elinor. **Governing the commons: The evolution of institutions for collective action**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- OSTROM, Elinor. Polycentric systems for coping with collective action and global environmental change. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 550–557, 2010.
- OSTROM, Elinor; BASURTO, Xavier. Crafting analytical tools to study institutional change. **Journal of Institutional Economics**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 317–343, 2011.
- PANG, Ruizhi; BAI, Xuejie; LOVELL, Knox. **Energy, environment and transitional green growth in China**. Singapore: Springer, 2018.

PEGELS, Anna; LÜTKENHORST, Wilfried. Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV. **Energy Policy**, [s. l.], v. 74, p. 522–534, 2014.

PFAU, Swinda F. *et al.* Visions of sustainability in bioeconomy research. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 1222–1249, 2014.

PODCAMENI, Maria Gabriela von Bochkor. **Sistema de inovação e energia eólica: a experiência brasileira**. 2014. Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, [s. l.], 2014.

POUSA, Gabriella P. A. G.; SANTOS, André L. F.; SUAREZ, Paulo A. Z. History and policy of biodiesel in Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 35, p. 5393–5398, 2007.

PRZEWORSKI, Adam *et al.* **Democracy and development: Political institutions and well-being in the world, 1950-1990**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

QUEIROZ-STEIN, Guilherme de. A pesquisa sobre energias renováveis nas Ciências Humanas: em busca de marcos analíticos a respeito de transições energéticas para a sustentabilidade. **Rev. Cadernos de Campo**, [s. l.], v. 27, p. 211–233, 2019. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/cadernos/article/view/12901>. Acesso em: 6 dez. 2022.

RAMÍREZ, Riquel Ernes Mitma. Análisis de la regulación de energías renovables en el Perú. **Derecho & Sociedad**, [s. l.], n. 45, p. 167–176, 2015. Disponível em: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoysociedad/article/view/15235/15703>.

REN21. **Key findings of the renewables 2020 global status report**. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

REN21. **Renewables 2005. Global status report**. Washington DC: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2005.

REN21. **Renewables 2007. Global status report**. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2008. *E-book*. Disponível em: www.ren21.net.

REN21. **Renewables 2010. Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2010. *E-book*. Disponível em: <http://www.ren21.net>.

REN21. **Renewables 2011 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2011-. ISSN 14775360. Disponível em: http://www.ren21.net/Portals/97/documents/GSR/REN21_GSR2011.pdf.

REN21. **Renewables 2012 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2012. *E-book*. Disponível em: <http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>.

REN21. **Renewables 2013. Global status report**. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2013.

REN21. **Renewables 2014 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2014.

REN21. **Renewables 2015 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2015-. ISSN 02673649.

REN21. **Renewables 2017 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2017.

- REN21. **Renewables 2020 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2020-. ISSN 11320249. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR_2020_Press_Release_ES.pdf.
- REN21. **Renewables. Global status report. 2006 update**. Paris: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 2006. *E-book*. Disponível em: www.ren21.net.
- REN21. **Renewables global status report. 2009 update**. Paris: REN21 Secretariat, 2009. *E-book*. Disponível em: http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Topical Reports/REN21_10yr.pdf.
- REN21. **Renewables 2019 - Global status report**. Paris: REN21 Secretariat, 2019. *E-book*. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28496/REN2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://www.ren21.net/cities/wp-content/uploads/2019/05/REC-GSR-Low-Res.pdf>.
- RINGEL, Marc. Fostering the use of renewable energies in the European Union: The race between feed-in tariffs and green certificates. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 1–17, 2006.
- RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. **Access to energy**. [S. l.], 2019a. Disponível em: <https://ourworldindata.org/energy-access>. Acesso em: 29 dez. 2019.
- RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. **CO2 and greenhouse gas emissions**. [S. l.], 2019b. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. **Renewable energy**. [S. l.], 2019c. Disponível em: <https://ourworldindata.org/renewable-energy>. Acesso em: 27 jul. 2019.
- RODRIK, Dani. Green industrial policy. **Oxford Review of Economic Policy**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 469–491, 2014.
- RODRIK, Dani. **One economics, many recipes: Globalization, institutions and economic growth**. New Jersey: Princeton University Press, 2007.
- ROGGE, Karoline S.; JOHNSTONE, Phil. Exploring the role of phase-out policies for low-carbon energy transitions: The case of the German Energiewende. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 33, n. February, p. 128–137, 2017.
- ROGGE, Karoline S.; REICHARDT, Kristin. Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. **Research Policy**, [s. l.], v. 45, n. 8, p. 1620–1635, 2016.
- ROSS, Michael L. **A maldição do petróleo: como a riqueza petrolífera molda o desenvolvimento das nações**. Porto Alegre: CDG, 2015.
- RÜDIGER, Mogens. From import dependence to self-sufficiency in Denmark, 1945–2000. **Energy Policy**, [s. l.], v. 125, n. April 2018, p. 82–89, 2019.
- SACHS, Ignacy. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 21, n. 59, p. 21–38, 2007.

SACHS, Ignacy. Da civilização do petróleo a uma nova civilização verde. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 19, n. 55, p. 196–214, 2005.

SANT'ANNA, Ivan. **O Terceiro templo: os conflitos árabe-israelenses e os choques do petróleo**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2015.

SAWYER, Donald. Economia verde e desenvolvimento sustentável. **Política Ambiental/Conservação Internacional**, [s. l.], n. 8, p. 36–42, 2011.

SCHAFFER, Lena Maria; BERNAUER, Thomas. Explaining government choices for promoting renewable energy. **Energy Policy**, [s. l.], v. 68, p. 15–27, 2014.

SCHREURS, Miranda A.; TIBERGHIEN, Yves. European union leadership in climate change: Mitigation through multilevel reinforcement. **Global Environmental Politics**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 19–46, 2007.

SCRUGGS, Lyle A. Institutions and environmental performance in seventeen western democracies. **British Journal of Political Science**, [s. l.], v. 29, n. 1, p. 1–31, 1999.

SCRUGGS, Lyle A. **Sustaining abundance: Environmental performance in industrial democracies**. Cambridge: Ca, 2003.

SEIFERT JR, Carlos Alberto; QUEIROZ-STEIN, Guilherme de; GUGLIANO, Alfredo Alejandro. Between Polis and Physis: Democracy as a problem and a solution for the climate crisis. **Ambiente e Sociedade**, [s. l.], v. 23, p. 1–9, 2020.

SEIFERT JR, Carlos Alberto; QUEIROZ-STEIN, Guilherme de; GUGLIANO, Alfredo. Bolsonaro's government and the dismantling of the participative institutions in environmental policy. **Latin American Policy**, [s. l.], v. Forthcoming, 2023.

SEN, Amartya. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2018.

SEQUEIRA, Tiago Neves; SANTOS, Marcelo Serra. Renewable energy and politics: A systematic review and new evidence. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 192, p. 553–568, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.190>.

SHEN, Wei. Who drives China's renewable energy policies? Understanding the role of industrial corporations. **Environmental Development**, [s. l.], v. 21, p. 87–97, 2017.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis; PEROSA, Bruno Benzaquen. Alcool combustível no Brasil e path dependence. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [s. l.], v. 50, n. 2, p. 243–262, 2012.

SMIL, Vaclav. **Energy transitions - History, requirements, prospects**. Santa Barbara: Greenwood Publishing Group, 2010.

SMITH, Adrian; STIRLING, Andy; BERKHOUT, Frans. The governance of sustainable socio-technical transitions. **Research Policy**, [s. l.], v. 34, n. 10, p. 1491–1510, 2005.

SOUZA, Maria Cristina Oliveira; CORAZZA, Rosana Icassatti. Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 42, p. 52–80, 2017.

SOVACOOOL, Benjamin K. Diversity: Energy studies need social science. **Nature**, [s. l.], v. 511, n. 7511, p. 529–530, 2014a.

SOVACOOOL, Benjamin K. What are we doing here? Analyzing fifteen years of energy scholarship and proposing a social science research agenda. **Energy Research and Social Science**, [s. l.], v. 1, p. 1–29, 2014b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2014.02.003>.

STADELMANN, Martin; CASTRO, Paula. Climate policy innovation in the South - Domestic and international determinants of renewable energy policies in developing and emerging countries. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 29, p. 413–423, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.011>.

STEEVES, Brye Butler; OURIQUES, Helton Ricardo. Energy security: China and the United States and the divergence in renewable energy. **Contexto Internacional**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 643–662, 2016.

THE ECONOMIST. **Democracy Index 2019: A year of democratic setbacks and popular protest**. London: [s. n.], 2020.

TILLY, Charles. **Democracy**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

TOLMASQUIM, Maurício T. *et al.* Electricity market design and renewable energy auctions: The case of Brazil. **Energy Policy**, [s. l.], v. 158, 2021.

TRENBERTH, Kevin. **Earth's energy balance**. *Em: ENCYCLOPEDIA OF ENERGY SERIES - VOLUME 1*. [S. l.]: Elsevier Science, 2004. p. 859–870.

TSEBELIS, George. **Veto players: how political institutions work**. Princeton: Princeton University Press, 2002.

VEIGA, José Eli da. Perspectiva nuclear pós-Fukushima. **Política Externa**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 153–159, 2011. Disponível em: [http://politicaexterna.com.br/1005/perspectiva-nuclear-pos-fukushima/%5Cn/Users/apcamelo/Library/Application Support/Firefox/Profiles/l67qgv16.default/zotero/storage/HC4VD6V2/perspectiva-nuclear-pos-fukushima.html](http://politicaexterna.com.br/1005/perspectiva-nuclear-pos-fukushima/%5Cn/Users/apcamelo/Library/Application%20Support/Firefox/Profiles/l67qgv16.default/zotero/storage/HC4VD6V2/perspectiva-nuclear-pos-fukushima.html).

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matías. **Brazil and climate change: beyond the Amazon**. New York: Taylor & Francis, 2018.

VON STEIN, Jana. **Democracy, autocracy and everything in between: Understanding how domestic institutions affect environmental protection**. Wellington, New Zealand: [s. n.], 2017.

WORLD BANK. **World development indicators**. Washington DC: World Bank, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>.

YI, Hongtao; FEIOCK, Richard C. Renewable energy politics: Policy typologies, policy tools, and state deployment of renewables. **Policy Studies Journal**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 391–415, 2014.

ZHANG, Sufang *et al.* Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. **Energy policy**, [s. l.], v. 62, p. 342–353, 2013.

ZHANG, Yu; SONG, Junghyun; HAMORI, Shigeyuki. Impact of subsidy policies on diffusion of photovoltaic power generation. **Energy Policy**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 1958–1964, 2011.

ZHAO, Xu; LUO, Dongkun. **Driving force of rising renewable energy in China: Environment, regulation and employment**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2017.

ZHI, Qiang *et al.* China's solar photovoltaic policy: An analysis based on policy instruments. **Applied Energy**, [s. l.], v. 129, p. 308–319, 2014.

Apêndice 1 – Razões de Chance

A interpretação dos coeficientes β estimados baseou-se nas razões de chances estimadas e em seus intervalos de confiança a 95% (IC 95% e β) (FERNANDES *et al.*, 2020, p. 7). Para tanto, o procedimento padrão é aplicar a função exponencial à β :

Em geral, se tomarmos o antilogarítmo do k-ésimo coeficiente angular (no caso em que haja mais de um regressor no modelo), subtraímos 1 dele e multiplicamos o resultado por 100, obtemos a variação percentual das chances em favor de um aumento de uma unidade no k-ésimo regressor (GUJARATI; PORTER, 2011, p. 557).

Em relação aos índices de democracia, como foi feita sua padronização, de forma que todos variam entre 1 a 100, pode-se interpretar os coeficientes estimados como a variação percentual nas chances a favor da adoção da política “j” quando o indicador de democracia varia em 1% no país “i”. As demais variáveis de controle não foram padronizadas, de tal modo que se recomenda cautela na comparação de seus efeitos.

Tabela 12 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Tarifas-prêmio

Variáveis	Razões de Chance	
	Modelo 1.4	Modelo 1.5
<i>Polity IV – Polity2 Normalizado</i>	-	0,99
<i>União Europeia</i>	5,19	5,97
<i>Veto Players</i>	1,69	1,85
<i>Log PIB per capita</i>	0,33	0,32
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	2,88	2,99

Fonte: Elaboração própria

Tabela 13 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Cotas

Variáveis	Razões de Chance	
	Modelo 2.4	Modelo 2.5
<i>Democracy Index 100</i>	1,053	-
<i>União Europeia</i>	4,524	7,148
<i>Variação Área Florestal</i>	3,033	2,898
<i>Receitas do Governo Central</i>	0,833	0,839
<i>Insegurança Energética</i>	0,995	0,995
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	1,802	2,414

Fonte: Elaboração própria

Tabela 14 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: Leilões

Variáveis	Razões de Chance	
	Modelo 3.4	Modelo 3.5
<i>FH Índice Democracia</i>	-	1,011
<i>Protocolo de Kyoto</i>	36,953	39,670
<i>Novas Energias Renováveis (%)</i>	1,043	1,036
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	0,913	0,921
<i>Receitas do Governo</i>	0,910	0,910
<i>Partidos de Esquerda</i>	9,645	8,757
<i>Veto Players</i>	1,342	1,273
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	1,033	1,034
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	5,956	5,216
<i>Emissões de CO2 per capita</i>	0,750	0,757

Fonte: Elaboração própria

Tabela 15 - Razões de Chance - Modelos Multivariados. Variável Resposta: *Net Metering*

Variáveis	Razões de Chance	
	Modelo 4.4	Modelo 4.5
<i>Democracy Index 100 (Econ)</i>	-	1,027
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	0,865	0,875
<i>Receitas do Governo Central</i>	0,896	0,889
<i>Partidos de Esquerda</i>	2,821	2,625
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	1,019	1,022
<i>Insegurança Energética</i>	1,013	1,012
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	4,008	3,285
<i>Emissões de CO2 per capita</i>	0,809	0,814

Fonte - Elaboração própria

Apêndice 2 – Tabelas de Classificação

Os indicadores de diagnóstico expressam a relação entre os resultados previstos (Y^*) e os verdadeiros (Y), identificando casos verdadeiramente positivos (VP), verdadeiramente negativos (VN), bem como falsos positivos (FP) e falsos negativos (FN). Os cruzamentos entre os resultados verdadeiros e os previstos pelos modelos estimados foram sistematizados em tabelas de classificação, apresentadas abaixo. Essas tabelas assumem sempre a seguinte estrutura:

Tabela 16 - Estrutura Padrão das Tabelas de Classificação

	Previsto	$Y^*=0$	$Y^*=1$
Efetivo	$Y = 0$	VN	FP
	$Y = 1$	FN	VP

Fonte: elaboração própria.

Tabela 17 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Tarifas-prêmio

		Modelo 1.1		Modelo 1.2		Modelo 1.3		Modelo 1.4		Modelo 1.5	
	Previsto	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$
Efetivo	$Y = 0$	35	29	27	36	33	31	23	17	25	15
	$Y = 1$	21	46	18	48	22	45	14	40	13	41

Fonte: Elaboração própria

Tabela 18 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Cotas

		Modelo 2.1		Modelo 2.2		Modelo 2.3		Modelo 2.4		Modelo 2.5	
	Previsto	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$
Efetivo	$Y = 0$	104	0	101	0	102	1	59	10	64	5
	$Y = 1$	27	0	28	0	26	2	13	12	15	10

Fonte: Elaboração própria

Tabela 19 – Tabela de Classificação. Variável Resposta: Leilões

		Modelo 3.1		Modelo 3.2		Modelo 3.3		Modelo 3.4		Modelo 3.5	
	Previsto	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$
Efetivo	$Y = 0$	64	16	78	0	65	15	38	11	38	11
	$Y = 1$	33	18	51	0	34	17	11	34	11	34

Fonte: Elaboração própria

Tabela 20 - Tabela de Classificação. Variável Resposta: Net Metering

		Modelo 4.1		Modelo 4.2		Modelo 4.3		Modelo 4.4		Modelo 4.5	
	Previsto	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$	$Y^*=0$	$Y^*=1$
Efetivo	$Y = 0$	96	0	95	0	89	7	58	6	57	7
	$Y = 1$	35	0	34	0	32	3	16	14	16	14

Fonte - Elaboração própria

Apêndice 3 – Fator de Inflação da Variância

A presença de multicolinearidade nos modelos estimados nesta tese foi avaliada pelo cálculo do Fator de Inflação da Variância (*Variance inflation fator* - VIF), seguindo a clássica fórmula, em que R^2_k é o coeficiente de correlação múltipla entre o regressor k e os demais regressores:

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2_k}$$

Considera-se que se o valor do VIF for maior que 10, pode haver níveis problemáticos de colinearidade.

Tabela 21 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Tarifas-prêmio

Variável	VIF	
	Modelo 1.4	Modelo 1.5
<i>Polity IV – Polity2 Normalizado</i>	-	1,564
<i>União Europeia</i>	1,605	1,67
<i>Veto Players</i>	1,41	1,715
<i>Log PIB per capita</i>	8,379	8,393
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	6,775	6,841

Fonte: Elaboração própria

Tabela 22 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Cotas

Variável	VIF	
	Modelo 2.4	Modelo 2.5
<i>Democracy Index 100</i>	1,708	-
<i>União Europeia</i>	2,222	2,071
<i>Varição Área Florestal</i>	1,167	1,153
<i>Receitas do Governo Central</i>	2,181	2,181
<i>Insegurança Energética</i>	1,267	1,226
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	1,732	1,498

Fonte: Elaboração própria

Tabela 23 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: Leilões

Variáveis	VIF	
	Modelo 3.4	Modelo 3.5
<i>FH Índice Democracia</i>	-	2,332
<i>Protocolo de Kyoto</i>	1,119	1,124
<i>Novas Energias Renováveis (%)</i>	1,246	1,347
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	1,175	1,181
<i>Receitas do Governo</i>	1,747	1,751
<i>Partidos de Esquerda</i>	1,138	1,173
<i>Veto Players</i>	1,251	1,451
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	1,344	1,391
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	3,041	3,703
<i>Emissões de CO2 per capita</i>	2,295	2,356

Fonte: Elaboração própria

Tabela 24 - VIF dos Modelos Multivariados. Variável Resposta: *Net Metering*

Variável	VIF	
	Modelo 4.4	Modelo 4.5
<i>Democracy Index 100 (Econ)</i>	-	1,806
<i>Valor Adicionado pela Indústria</i>	1,230	1,243
<i>Receitas do Governo Central</i>	1,669	1,672
<i>Partidos de Esquerda</i>	1,129	1,155
<i>Eletricidade de Fontes Fósseis</i>	1,293	1,339
<i>Insegurança Energética</i>	1,230	1,327
<i>Log Consumo de Eletricidade pc</i>	3,075	3,905
<i>Emissões de CO2 per capita</i>	2,448	2,523

Fonte - Elaboração própria

Apêndice 4 – Síntese dos Resultados – Variáveis de Controle

Na tabela abaixo, encontra-se a síntese dos resultados estimados para as variáveis de controle, em todos os modelos multivariados, apresentando sua significância e o sentido da variação. Essa tabela foi fundamental para a guiar a discussão dos resultados, apresentada na conclusão desta tese.

Tabela 25 - Síntese das Estimativas - Variáveis de Controle - Significância e Sentido

MODELOS	Significância								Sentido							
	1.4	1.5	2.4	2.5	3.4	3.5	4.4	4.5	1.4	1.5	2.4	2.5	3.4	3.5	4.4	4.5
União Europeia	5%	5%	MF	5%					+	+	+	+				
Protocolo de Kyoto					1%	1%							+	+		
Varição Área Florestal			5%	5%							+	+				
Novas Energias Renováveis (%)					MF	MF										
Valor Adicionado pela Indústria					10%	MF	5%	5%					-	-	-	-
Receitas do Governo			1%	1%	5%	5%	1%	1%			-	-	-	-	-	-
Partidos de Esquerda					1%	1%	MF	MF					+	+	+	+
Veto Players	1%	1%			MF	MF			+	+			+	+		
Polarização																
Log PIB per capita	5%	5%							-	-						
Eletricidade de Fontes Fósseis					1%	1%	10%	10%					+	+	+	+
Eletricidade de Fontes Nucleares																
Insegurança Energética			10%	10%			5%	5%			-	-			+	+
Log Consumo de Energia	5%	MF	MF	1%	1%	1%	5%	5%	+	+	+	+	+	+	+	+
Emissões de CO2 per capita					5%	5%	10%	MF					-	-	-	-

Fonte: elaboração do autor com base nos modelos multivariados estimados nesta tese

LEGENDA

- 1% Variável estatisticamente significativa ao nível de 1%
 - 5% Variável estatisticamente significativa ao nível de 5%
 - 10% Variável estatisticamente significativa ao nível de 10%
 - MF Variável incluída no modelo final pelo método stepwise, porém com significância estatística maior que 10%
 - +
 -
- Indica que a variável de controle aumenta a probabilidade a favor da ocorrência da variável dependente
- Indica que a variável de controle diminui a probabilidade a favor da ocorrência da variável dependente