



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS



ANNA MANUELLA MELO NUNES

**POLÍTICAS PÚBLICAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS E A
BIOELETRICIDADE FLORESTAL BRASILEIRA: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS
PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR**

JOÃO PESSOA - PB
2021

PPGER / MESTRADO ACADÊMICO/ N° 82

ANNA MANUELLA MELO NUNES

**POLÍTICAS PÚBLICAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS E A
BIOELETRICIDADE FLORESTAL BRASILEIRA: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS
PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração em energias renováveis, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Luiz Moreira Coelho Junior
Orientador

**JOÃO PESSOA - PB
2021**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

N972p Nunes, Anna Manuella Melo.

Políticas públicas em energias renováveis e a bioeletricidade florestal brasileira : evidências empíricas para uma economia circular / Anna Manuella Melo Nunes. - João Pessoa, 2021.

142 f. : il.

Orientação: Luiz Moreira Coelho Junior.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CEAR.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Aproveitamento energético. 3. Circularidade. 4. Economia verde. I. Coelho Junior, Luiz Moreira. II. Título.

UFPB/BC

CDU 502.131.1(043)

ANNA MANUELLA MELO NUNES

**POLÍTICAS PÚBLICAS EM ENERGIAS RENOVÁVEIS E A
BIOELETRICIDADE FLORESTAL BRASILEIRA: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS
PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Paraíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energias Renováveis do Centro de Energias Alternativas e Renováveis, área de concentração em energias renováveis, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 28 de julho de 2021

Prof. Dr. Flávio José Simioni

UDESC/Lajes

Prof. Dr. Jevuks Matheus de Araújo



Documento assinado digitalmente

JEVUKS MATHEUS DE ARAUJO

Data: 14/02/2022 17:10:59-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

PB

Profa. Dra. Maria João Carreiro Pereira Rolim

FGV RJ

Profa. Dra. Monica Carvalho

UFPB

Dr. Luiz Moreira Coelho Junior

Prof. Orientador

DEER/CEAR/UFPB

SIAPE 1643037

JOÃO PESSOA – PB

2021

Aos meus três amores Tina, Vini e a minha Mãe, Ana Lúcia.

Amo vocês do tamanho do universo!

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Houve um tempo em que desistir do Mestrado poderia parecer ser um caminho convidativo, mas ao lembrar da oportunidade concedida em viver este sonho e do desafio em executar em meio às adversidades, louvava a Deus, ao amado mestre Jesus e a espiritualidade amiga por toda luz nos momentos de escuridão, por toda perseverança nos momentos de cansaço, por todos os livramentos nos caminhos trilhados semanalmente, pela(s) mão(s) estendidas no momento de solidão e “desespero” e pela saúde da minha família e a minha, que possibilitou finalizar este ciclo mais forte, com mais conhecimento e com muita gratidão!

Compromissos profissionais inadiáveis e prioritários, períodos longe da família, filhos pequenos, avó e pais idosos, seriam motivos mais do que suficientes para não continuar. Por isso, o apoio, o incentivo e a compreensão da minha família e do meu Diretor, Roberto Pires, inspiração profissional no setor elétrico, que a partir da confiança, serviram de força motriz para seguir adiante e superar as madrugadas. Sem isso, não teria conseguido!

Agradeço incondicionalmente a minha família, mais perfeita não poderia ter, por compreenderem minhas ausências, meus momentos de estresse e por incentivarem e vibrarem em todos os momentos, por cada conquista: Meus pais, Ana Lucia e Manoel, por todo amor e zelo com meus filhos amados, Anna Valentina e Marcos Vinicius, para que eu pudesse seguir com afinco o caminho escolhido. Marcos, pela parceria com nossos filhos. A minha irmã Luzia pelas infundáveis orações e aos meus queridos sobrinhos, Davi, que preenche de motivação meus dias e minha Lé, pela ajuda nos entabulamentos e transcrições das aulas, sempre auxiliando com muito amor. Que sorte a minha!! Agradeço a minha doce irmã caçula, Anita que foi esteio e encorajou a elaborar o projeto do mestrado, enquanto acompanhava meu pai no hospital em uma segunda cirurgia do câncer de próstata. Minha irmã do coração, Fatinha e meu cunhado Menezes pelo apoio e torcida em todas as minhas ousadas decisões e a minha amada Avó, Amara, pelas melhores risadas nos dias corridos. Amo-te, Vó!

Sou imensamente grata ao amigo, que se revelou irmão, durante os dois anos da academia, Edvaldo Pereira Santos Júnior, por todo apoio, paciência, dedicação, lições, aulas de revisão nas vésperas das provas, apoio indelével nas pesquisas, o “coorientador de fato”. A bem da verdade, todos os gráficos e tabelas inseridos nesta dissertação foram organizados por esse amigo de valor inestimável e que nada recompensará o auxílio prestado nos momentos que mais precisei! Conte comigo sempre!

Gratidão ao professor Luiz Moreira Coelho Junior pela orientação, dedicação, pelas discussões acaloradas, compreensão nas limitações, estímulo contínuo para as superações e produção científica, e pelas amizades que a mim presenteou: Julia e Luiza, as quais levo para a vida!

Agradeço ao acolhimento da amiga Karol, que abriu a porta da sua casa e do seu coração. A amiga Fabrícia Michely (*in memoriun*) que antes de sua repentina partida pela Covid, auxiliou nas atividades de termodinâmica. As lições de garra e perseverança da minha amada amiga Bianka (*in memmorium*). Do apoio emocional da amiga Fabianna Arnaud e da minha comadre Lu Bosco, do incentivo acadêmico da amiga Anna Priscylla, do estímulo das minhas Amigas Forever, da torcida de Jessi, Mila, Lobo e Luly e pelas vibrações de amor da minha Martinha e dos meus irmãos do CERLUZ.

Ao apoio do Roberto Pinto, Eletrobras, por colaborar com as informações para o aperfeiçoamento da política do PROINFA. Ao Diretor Técnico da IE Garanhuns, Moacir Aversí, pela confiança e compressão nas minhas ausências.

Finalmente, agradeço ao Prof. Raphael Abraão pela colaboração e revisão dos textos e aos Professores membros da banca: Monica Carvalho, por todo conhecimento compartilhado e a sua brilhante atuação na coordenação do PPGER; Jevuks, por sua paciência e disponibilidade em auxiliar nos modelos econométricos utilizados na pesquisa; Simione com as suas inequívocas contribuições aos artigos que nos assegurou publicações; Professora Maria João, que há 6 anos esteve na avaliação do meu primeiro artigo publicado na área do Direito de Energia do IBDE e que desde então despertou o mais profundo desejo em seguir estudando o setor elétrico, retribuo com admiração quanto os conhecimentos que com maestria partilhas na área do direito de energia. Enfim, é com muita honra e alegria que vos agradeço a participação na banca de avaliação.

O lance sobre o futuro...,
é que toda vez que você olha para ele;
Ele muda, porque você olhou pra ele.
E isso muda todo o resto.

Philip K. Dick

RESUMO

O eminente esgotamento das reservas fósseis, a crescente demanda energética mundial e a necessidade do cumprimento das políticas ambientais de combate às emissões de gases do efeito estufa (GEE) têm ocasionado aumento da utilização de fontes de energias renováveis na matriz energética mundial. Uma transição sistêmica para regimes de energia mais eficientes requer uma sequência estrategicamente projetada de ações envolvendo todos os níveis de políticas. Dentre as diferentes abordagens para atingir o desenvolvimento sustentável está a economia circular, aplicada às energias renováveis, em especial, à bioeconomia. O objetivo desta pesquisa é analisar os impactos das políticas públicas em energias renováveis e a evolução estrutural da bioeletricidade florestal brasileira sob uma perspectiva da economia circular. Os dados utilizados foram das usinas participantes do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e das termelétricas da biomassa florestal, através do Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Para atingir os objetivos foi realizada uma revisão sistemática da taxonomia das Políticas Públicas (PP), assim como as principais fontes, os beneficiados e as convergências de circularidade associadas às PP para energias renováveis. Também se realizou análise *ex-post* e *ex-ante*, baseada no modelo econométrico do *Diff-in-Diff* para mensurar o impacto da política pública do PROINFA no Brasil; por fim, realizou-se análise descritiva das termelétricas da bioeletricidade florestal e sua classificação com relação às premissas da economia circular. Dentre os resultados obtidos, notou-se um cenário de desenvolvimento energético nos últimos 20 anos e a aplicação de conceitos de circularidade observado nas publicações dos últimos 5 anos. Todavia, os artigos de revisão, imprescindíveis para avaliação das políticas implementadas até o momento, são apresentados em uma menor quantidade, existindo oportunidade para realizar pesquisas comparativas. Com relação ao PROINFA, observou-se uma elevação de 10% na renda per capita nos municípios participantes, 13,82% no número de trabalhadores formais e 0,39% na despesa do capital, demonstrando que os beneficiados com o programa alcançaram desenvolvimento econômico e social. As análises realizadas demonstraram que o PROINFA colaborou com o desenvolvimento regional. Da análise de circularidade foi identificado que as termelétricas que utilizam Licor Negro e Resíduo Florestal apresentaram maior quantidade de premissas de economia circular em seus processos produtivos. Também foi verificado que possuem atuação no mercado internacional, o que evidenciou o engajamento para atendimento das práticas circulares e das metas da COP 21. Esses resultados podem auxiliar a um maior desenvolvimento das premissas de economia circular no setor da bioeletricidade florestal, indicando aos *stakeholders* a necessidade de investimentos e de políticas públicas voltadas à economia circular.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, Aproveitamento energético, Circularidade; Economia verde.

ABSTRACT

The imminent depletion of fossil reserves, the growing global energy demand and the need to comply with environmental policies to combat greenhouse gas (GHG) emissions have led to an increase in the use of renewable energy sources in the global energy matrix. A systemic transition to more efficient energy regimes requires a strategically designed sequence of actions involving all levels of policy. Among the different approaches to achieving sustainable development is the circular economy, applied to renewable energies, in particular the bioeconomy. The objective of this research is to analyze the impacts of public policies on renewable energy and the structural evolution of Brazilian forest bioelectricity from a circular economy perspective. The data used were from plants participating in the Incentive Program for Alternative Sources of Electric Energy (PROINFA) and from forest biomass thermoelectric plants, through the Aneel Generation Information System (SIGA) of the National Electric Energy Agency (ANEEL). To achieve the objectives, a systematic review of the taxonomy of Public Policies (PP) was carried out, as well as the main sources, beneficiaries and convergences of circularity associated with PP for renewable energy. An ex-post and ex-ante analysis was also carried out, based on the econometric model of Diff-in-Diff to measure the impact of PROINFA's public policy in Brazil; finally, a descriptive analysis of the forest bioelectricity thermoelectric plants and their classification in relation to the assumptions of the circular economy was carried out. Among the results obtained, it was noted a scenario of energy development in the last 20 years and the application of circularity concepts observed in publications of the last 5 years. However, the review articles, which are essential for evaluating the policies implemented so far, are presented in a smaller quantity, and there is an opportunity to carry out comparative research. Regarding PROINFA, there was an increase of 10% in per capita income in the participating municipalities, 13.82% in the number of formal workers and 0.39% in capital expenditure, demonstrating that those benefiting from the program achieved economic development and Social. The analyzes carried out showed that PROINFA collaborated with regional development. From the circularity analysis, it was identified that the thermoelectric plants that use Black Liquor and Forest Residue presented a greater amount of circular economy premises in their production processes. It was also verified that they have operations in the international market, which evidenced the commitment to comply with the circular practices and the COP 21 goals. Those results can support a greater development of circular economy premises on the forest bioelectricity section needed for investments and public policies aimed at the circular economy.

Keywords: Sustainable development, Energy use, Circularity; Green economy.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1.1	OBJETIVOS	19
1.1.1	Objetivo geral.....	19
1.1.2	Objetivos específicos	19
2	ARTIGO 1 – POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS SOB AS PERSPECTIVAS DA ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO	20
	RESUMO	20
	ABSTRACT	21
2.1	INTRODUÇÃO	22
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	24
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
2.3.1	Análise bibliométrica das energias renováveis sob perspectiva da economia circular e políticas públicas.	32
2.3.2	Revisão sistemática da Literatura para formulação de políticas públicas para energias renováveis.....	40
2.3.3	Economia Circular e as Energias renováveis	51
2.4	CONCLUSÃO	55
2.5	REFERÊNCIAS.....	56
3	- ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA POLÍTICA PÚBLICA NOS MUNICÍPIOS DE ABRANGÊNCIA PELO PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVA – PROINFA	65
	RESUMO	65
	ABSTRACT	66
3.1	INTRODUÇÃO	67
3.2	BACKGROUND INSTITUCIONAL.....	69
3.2.1	Segurança Energética e as Fontes Renováveis no Setor Elétrico Brasileiro.....	69
3.2.2	O Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa – PROINFA.....	72
3.2.3	Localização das Usinas do PROINFA	74
3.2.4	Avaliação de Impacto de Políticas Públicas.....	76

3.3	MATERIAL E MÉTODOS	79
3.3.1	Objeto de Estudo	79
3.3.2	Estratégia Empírica	80
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
3.5	CONCLUSÃO	92
3.6	REFERÊNCIAS	93
4	ARTIGO 3 - TERMOELÉTRICAS DE BASE FLORESTAL NO BRASIL: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR.....	98
	RESUMO	98
	ABSTRACT	99
4.1	INTRODUÇÃO	100
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	102
4.2.1	Objeto de Estudo	102
4.2.2	Evidências empíricas para uma economia circular	104
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
4.4	CONCLUSÃO	121
4.5	REFERÊNCIAS	123
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6	REFERÊNCIAS	129

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sumário descritivo da revisão sistemática de literatura.....	25
Figura 2.2 - Planejamento da amostragem para revisão sistemática de literatura das políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular.	27
Figura 2.3 - Processo de análise das políticas públicas e as etapas para classificação dos artigos.	29
Figura 2.4 - Etapas de Análise Prévia, Prospecção e Avaliação.	30
Figura 2.5 - Distribuição espacial dos países, por quartis, das publicações de políticas públicas às energias renováveis sob as perspectivas da economia circular, de 1999 a abril de 2020	33
Figura 2.6 - Evolução das publicações e das citações (Artigos e Artigos de Revisão) das políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, anual e acumulado, no período de 1999 a abril de 2020.	33
Figura 2.7 - Diagrama de Venn dos grupos beneficiados diretamente pelos estudos.	38
Figura 2.8 - Evolução da rede de palavras-chave associadas a políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, no período de 2017 a 2019.	40
Figura 2.9 - Sistematização telegráfica do objetivo das pesquisas com os tipos de políticas públicas.....	50
Figura 3.1 - Geração de eletricidade, por (a) fontes não renováveis e (b) renováveis, no Brasil, em GWh (Giga Watts hora), para 2000 e 2019.....	71
Figura 3.2 - Distribuição espacial da quantidade de usinas do PROINFA, (a) por quartis estaduais e (b) por tipo de fonte, acumulado de 2004 a 2013.	74
Figura 3.3 - Redução do viés associado (a) e o ajuste de pareamento (b) das variáveis de tratadas e controle.....	87
Figura 4.1 - Evolução da quantidade e potência instalada (MW) das termelétricas de biomassa florestal brasileiras, por tipo de combustível, de 2000 a 2020.	106
Figura 4.2 - Distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração e quartis de potência instalada (MW), em 2020.....	107

Figura 4.3 - Distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração, e quartis de potência instalada (MW), em 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.	109
Figura 4.4 - Evolução da quantidade de termelétricas brasileiras de base florestal, por regime de operação, de 2000 a 2020.	110
Figura 4.5 - Quantidade de termelétricas brasileiras de base florestal, por regime de operação, (a) por fonte de biomassa florestal e (b) por regiões, em 2020.....	112
Figura 4.6 - Participação brasileira das termelétricas de base florestal com práticas de economia circular estabelecidas em seus produtivos, em 2020.....	114
Figura 4.7 - Participação das termelétricas de base florestal que atenderam às perspectivas da economia circular no Brasil, em 2020.	116

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Visão geral das categorias de Políticas Públicas sob o aspecto social de acordo com a classificação de LOWI (1964).	31
Tabela 2.2 - Classificação dos periódicos de maior impacto, com mais de nove citações, organizados com mais de das citações, no período de 1999 a abril de 2020.....	35
Tabela 2.3 - Evolução dos artigos quanto ao tipo de método vinculado e o objetivo das políticas públicas identificados nos estudos.	36
Tabela 2.4 - Evolução das publicações nas áreas de pesquisas no período de 1999 a abril de 2020.	37
Tabela 2.5 - Classificação sistemática das políticas públicas por fontes de energias renováveis e seus respectivos países.	42
Tabela 2.6 - Classificação dos artigos quanto aos benefícios associados na etapa do ciclo de políticas públicas.	45
Tabela 2.7 - Classificação das perspectivas da economia circular vis-à-vis premissas associadas encontradas nos artigos de RSL.....	53
Tabela 3.1 - Regressão Logit.....	87
Tabela 3.2 - Impactos nos municípios contemplados pelo PROINFA sobre os renda per capita, despesas de capital e empregos formais, entre 2001 e 2016.....	89
Tabela 4.1 – Associação das termelétricas de base florestal no Brasil às premissas da economia circular, em 2020.....	120

1 INTRODUÇÃO GERAL

A energia desempenha um papel fundamental tanto na vida dos seres humanos quanto no desenvolvimento das economias. Lu et al. (2020) ressaltaram a existência de três grandes transições para a aplicação energética mundial. A primeira trata-se do carvão substituindo a madeira para ser a principal fonte de energia; seguida do petróleo em substituição ao carvão para ser a fonte de energia dominante e terceira com a transição dos combustíveis fósseis para as energias renováveis.

Reis, Fadigas e Carvalho (2012) destacaram que até o século XVII, com uma população relativamente pequena e baixo consumo per capita de calor e potência, foi possível manter um equilíbrio entre as reservas de madeira e a demanda de energia. Entretanto, com o avanço tecnológico, o desenvolvimento econômico da indústria, o comércio e a agricultura e a expansão urbana, os recursos energéticos mostraram-se insuficientes para a demanda mundial. Assim, foi necessária a utilização de outros recursos, como o carvão mineral, primeiro recurso fóssil a ser explorado de forma maciça pelo homem.

Ediger e Bowlus (2019) ressaltaram que a segunda mudança energética, do carvão para o petróleo se concentrou principalmente em fatores comerciais e tecnológicos, destacando que o petróleo era mais eficiente que o carvão - mais poderoso, barato, limpo e prático de usar - e que o motor de combustão interna tornava seu uso mais vantajoso no transporte. Além de este ser uma *commodity* estratégica, que estados poderosos procuravam adquirir por motivos militares.

A terceira mudança entre as fontes trata-se de uma transição energética em andamento. O eminente esgotamento das reservas fósseis e o crescente apelo ambiental, motivado pelas políticas do desenvolvimento sustentável, para diminuição das emissões de gases do efeito estufa (GEE), em especial o dióxido de carbono (CO₂), tem ocasionado aumento substancial das fontes de energias renováveis na matriz energética mundial, todavia a participação exaurível ainda é superior.

O desenvolvimento sustentável pode ser definido de forma mais ampla como a capacidade de produzir bens na atualidade, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. As políticas de desenvolvimento

sustentável devem ser aplicadas às mais diferentes formas de produção, desde bens de serviço até a geração de energia; com aplicabilidade a nível internacional, nacional e local (TWIDELL; WEIR, 2015).

Muito embora identifique-se regulamentações, no setor energético, com preocupações ambientais anteriores à década de 90, foi nesse momento histórico que se intensificaram as discussões acerca do meio ambiente e das mudanças climáticas que mudaram as regras do jogo. O mundo passou a exigir uma nova realidade depois do Acordo de Paris. As grandes potências estão conscientes de suas atitudes e da importância da sustentabilidade, cuidando dos processos produtivos, emissões de gases, uso das florestas e da água (O'BRIEN; SARKIS, 2014).

Cresceram, a partir dali, as discussões para uma maior inserção de fontes de geração de energia menos agressivas ao meio ambiente. A consequência disso foi o desenvolvimento de uma série de políticas, pautadas em ações multinacionais em várias frentes. No âmbito da energia, o objetivo sempre foi o combate às emissões: os gases do efeito estufa (GEE). Assim, a implementação de políticas e medidas para enfrentar as mudanças do clima é fundamental para que os países cumpram com a sua responsabilidade. Em 2015, o Brasil ratificou o Acordo de Paris para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. Esse compromisso é fundamental para obtenção de resultados concretos rumo à economia de baixo carbono.

Magrini e Veiga (2018) destacaram um conjunto de conferências que influenciaram nas perspectivas do desenvolvimento energético sustentável como: a Política Ambiental Americana, em 1969 (National Environmental Policy Act – NEPA); a realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972; a publicação do relatório “Nosso Futuro Comum”, em 1987; a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro, em 1992 (ECO 92); a assinatura, em 1997, e a vigência, a partir de 2005, do Protocolo de Quioto; e a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável, também ocorrida no Rio de Janeiro, em 2012 (Rio+20).

De acordo com Looney (2020), em 2019, o consumo energético mundial foi 13.946,21 milhões de toneladas equivalente de petróleo (tep). Deste total, os combustíveis exauríveis foram responsáveis por 12.354,54 milhões tep (88,59%) e os renováveis 1.591,67 milhões tep (11,41%). Para a eletricidade, em 2019, a produção mundial foi 26.691 TWh (Tera Watts hora), e a participação das renováveis mostrou-se ainda mais

importante, com 7.105,14 TWh (26,62%). Entre as fontes, a biomassa foi a terceira principal fonte renovável para eletricidade no mundo, com 595,60 TWh gerados. A Ásia foi o continente com maior produção, com 12.391 TWh (45,16%), seguido das Américas (6.679 TWh) e da Europa (3.831 TWh). Os países principais foram a China (7.482 TWh), os Estados Unidos (4.385 TWh) e a Índia (1.614 TWh) (ENERDATA, 2020).

O Brasil, em comparação aos demais países do mundo, possui condição privilegiada devido à predominância de fontes renováveis, em razão do seu relevo, clima e recursos naturais. A oferta total de energia, em 2019, foi de 294,04 milhões tep, com 135,64 milhões tep (46,13%) produzido a partir das renováveis. Destas, destacou-se a biomassa (bagaço de cana, lenha e carvão vegetal), com 78,57 milhões tep. Para a eletricidade, a oferta foi de 683.664,77 GWh, com 546.572,19 GWh (79,94%) das energias renováveis, a oferta a partir da biomassa alcançou 78.398,47 GWh (11,53%) (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2020a).

Uma transição sistêmica para regimes de energia mais eficientes requer uma sequência estrategicamente projetada de ações envolvendo todos os níveis de política, do local ao global (GOLDTHAU, 2016). Para que as tomadas de decisão no setor sejam mais eficientes e o mercado mais bem planejado foi necessário considerar as diversas políticas públicas desenvolvidas para otimizar a utilização e a eficiência das fontes renováveis, além de transformar vantagens comparativas em vantagens competitivas via economia circular (REZENDE et al., 2008).

Dentre as renováveis, a biomassa mostrou-se como fonte importante para a oferta energética mundial e do Brasil. Apesar de não possuir a capacidade de suprir totalmente a demanda energética, a bioenergia apresentou-se como uma alternativa com potencial de substituir parcialmente os combustíveis fósseis (GOLDEMBERG et al., 2008). Essa realidade, junto aos desafios da crescente demanda de energia, da poluição ambiental e do risco de suprimento, contribuiu para a volatilidade do preço de *commodities*. Dessa forma uma economia circular, aplicada à bioeconomia pode auxiliar a estabilização de alguns desses fatores, divorciando o crescimento econômico do consumo de novos recursos implementando uma concepção cíclica e de reuso de fontes secundárias, não findáveis e de produção controláveis (TOPPINEN; D'AMATO; STERN, 2020).

A bioeletricidade florestal é uma das formas de geração com grande aplicabilidade da circularidade, com destaque para a utilização dos subprodutos industriais do setor madeireiro como combustível para geração de calor e eletricidade, na forma de cogeração.

As estratégias de autossuprimento apoiam-se na necessidade legal e de promoção da eficiência energética da indústria. O uso do recurso florestal é economicamente competitivo e torna-se uma opção estratégica para diversificação, visando a segurança da matriz energética e manutenção do nível de CO₂ na atmosfera (BIERNASKI; SILVA, 2018; SHELL,1994; ZENG; REN; WANG, 2009).

Entre os desafios pontuais a serem superados, cabe destacar as limitações de infraestrutura e a falta de incentivos para o uso de recursos secundários em múltiplos ciclos. Adicionalmente, perde-se muito valor no descarte inadequado de resíduos, que pode ser associado à falta de percepção de valor dos recursos, levando o mercado a não valorizar esses materiais. Portanto, para acelerar a transição para uma Economia Circular, o Brasil deve desenvolver as condições de inovação para o desenvolvimento e crescimento dos Sistemas de Negócios Circulares. Explorando esse contexto, aliado a biodiversidade, diversidade sociocultural, cultura de inovação e empreendedorismo, o país tem o potencial de se tornar a referência de inovação e geração de valores econômico, ambiental e social do século XXI (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI, 2018).

Diante da relevância da participação das energias renováveis na matriz energética mundial e do Brasil, destacando também, a bioeletricidade florestal brasileira. Este trabalho analisou os impactos das políticas públicas em energias renováveis e a evolução estrutural da bioeletricidade florestal brasileira sob uma perspectiva da economia circular.

Esta dissertação foi desenvolvida em 03 (três) artigos. No primeiro artigo foi realizada uma revisão sistemática dos trabalhos de Políticas Públicas (PP), Energia Renovável (ER) e Economia Circular (EC) assim como as principais fontes, os beneficiados e as premissas de circularidade associadas às PP para ER, encontradas na plataforma da ISI Web of Knowledge, entre 1970 e 2020. O segundo artigo analisou o impacto da PP do Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa - PROINFA no Brasil. Após criar o grupo de controle no período pré-PROINFA, estimou-se o efeito médio do tratamento pelo método de diferenças em diferenças (DD) a partir de dados agrupados para diferentes cortes no tempo para cada grupo de municípios tratados. O terceiro artigo analisou a estrutura da bioeletricidade florestal brasileira e destacou as perspectivas e principais premissas da economia circular para este setor, com o objetivo de medir o grau de circularidade das usinas termelétricas em operação comercial. As informações das termelétricas foram obtidas do Sistema de Informações de Geração da

Aneel (SIGA) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e as premissas da circularidade foram associadas às informações disponíveis das empresas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os impactos das políticas públicas em energias renováveis e a evolução estrutural da bioeletricidade florestal brasileira sob uma perspectiva da economia circular.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a bibliometria e a revisão sistemática das políticas públicas para as energias renováveis sob as perspectivas da economia circular.
- b) Analisar o impacto da política pública do Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa - PROINFA no Brasil.
- c) Analisar a estrutura econômica da bioeletricidade florestal brasileira com base em evidências empíricas para uma economia circular.

2 ARTIGO 1 – POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIAS RENOVÁVEIS SOB AS PERSPECTIVAS DA ECONOMIA CIRCULAR: UMA REVISÃO

RESUMO

As políticas públicas às energias renováveis são cruciais para enfrentar os desafios da humanidade contemporânea. Frequentemente, os “3R” (reduzir, reutilizar e reciclar) como prática da economia circular vem sendo citada como uma das melhores soluções para o desenvolvimento sustentável. Logo, este trabalho analisou as políticas públicas para Energias Renováveis sob as perspectivas da economia circular. Foi realizada uma revisão sistemática dos beneficiados e as convergências de circularidades encontradas na plataforma da *ISI Web of Knowledge*, entre 1970 e 2020. Para as análises da amostra selecionada Políticas públicas as PP para ER, os artigos tiveram as PP classificadas em três tipos (distributivas, redistributivas e regulatórias). Os resultados mostraram que os primeiros estudos iniciaram em 1999, com aumento significativo das publicações durante a década de 2010, sendo a Alemanha o país com maior contribuição. As análises associadas ao espaço evidenciaram os países comprometidos no uso de energias renováveis e os 3R da economia circular, para diminuição das emissões de gases de efeito estufa. As análises econômicas apontaram que a economia circular para geração de ER tem retorno econômico positivo em termos de bem-estar social e mitigação da degradação do meio ambiente. Há barreira ao seu desenvolvimento em razão do custo para implantação no setor privado e a resistência na conscientização da sociedade, necessitando de forte engajamento do setor público na tomada de decisão e constante avaliação das políticas públicas. Conclui-se que a economia circular traz uma estrutura produtiva e de políticas públicas mais eficientes, promovendo alternativas para segurança energética e sustentabilidade para a matriz energética mundial.

Palavras-chave: Políticas Energéticas, Desenvolvimento Sustentável, Circularidade, bibliometria.

ARTICLE 1 - PUBLIC POLICIES FOR RENEWABLE ENERGIES UNDER THE PERSPECTIVES OF THE CIRCULAR ECONOMY

ABSTRACT

Public policies on renewable energies are crucial to face the challenges of the contemporary humanity. Often, the “3R” (reduce, reuse and recycle) as a practice of the circular economy has been cited as one of the best solutions for sustainable development. Therefore, this work analyzed the public policies for Renewable Energy from the perspectives of the circular economy. A systematic review of the beneficiaries and the convergences of circularities found in the ISI Web of Knowledge platform was carried out between 1970 and 2020. For the analyzes of the selected sample Public Policies the PP for RE, the articles had the PP classified into three types (distributive, redistributive and regulatory). The results showed that the first studies started in 1999, with a significant increase in publications during the 2010s, with Germany being the country with the greatest contribution. The analyzes associated with space showed countries committed to the use of renewable energy and the 3Rs of the circular economy, to reduce greenhouse gas emissions. Economic analyzes pointed out that the circular economy for generating RE has a positive economic return in terms of social well-being and mitigation of environmental degradation. There is a barrier to its development due to the cost of implementing it in the private sector and the resistance in raising awareness in society, requiring a strong engagement of the public sector in decision-making and constant evaluation of public policies. It is concluded that the circular economy brings a productive structure and more efficient public policies, promoting alternatives for energy security and sustainability for the world energy matrix.

Keywords: Energy Policies, Sustainable Development, Circularity, bibliometrics.

2.1 INTRODUÇÃO

A Análise de Política tem um papel importante no conhecimento da ação do governo e auxilia aos “fazedores de política” (*policy makers*), a contribuir com a qualidade e elaboração das políticas públicas (DYE, 1976). Lasswell (1951), Dror (1971) e Ham e Hill (1993) afirmam que a análise de políticas pode ser descritiva e prescritiva. A descritiva atua como elemento de ajuste imediato, orientações ou práticas assertivas. Já a prescritiva visa como ferramenta de planejamento para mitigar problemas existentes ou potencialmente existentes. Wildavsky (1979) mostrou que o papel da Análise de Política é de encontrar problemas onde as soluções podem ser promovidas. A não promoção de políticas públicas no fomento nas energias renováveis eclode no enfraquecimento econômico. As políticas que apoiam às energias renováveis são cruciais para enfrentar os desafios (MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019). O progresso tecnológico do uso de fontes renováveis são instrumentos positivos e quebra de paradigma frente à crescente demanda energética, visando mitigar as mudanças climáticas, com a premissa de reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GALLAGHER et al., 2019).

A promoção de políticas públicas às comunidades heterogêneas tende a melhorar o bem-estar, imbuído no desenvolvimento econômico (LOWI, 1964). A Economia Circular (EC) tem como base uma discussão transdisciplinar, visando a circularidade no processo de gestão dos recursos naturais. Torna-se imprescindível o uso das políticas para incentivar práticas inovadoras no ciclo de vida dos materiais, sendo este o desafio a ser enfrentado pelos setores público e privado, alinhado às tecnologias disponíveis para mitigar os impactos ambientais. A adoção de práticas circulares dentro da gestão ambiental vem ganhando reconhecimento mundial devido aos avanços da Indústria 4.0, associados ao rápido esgotamento dos recursos e os efeitos negativos na mudança do clima (PRIYADARSHINI; ABHILASH, 2020).

A relação entre políticas públicas e os benefícios da sustentabilidade permanece pouco explorada nas ciências sociais (GELHARD; VON DELFT, 2016). Os instrumentos de política são essenciais para a inserção da circularidade na geração de energias renováveis no curto e longo prazo (MARQUES; FUINHAS; PEREIRA, 2019). O impacto econômico de uma matriz energética com predominância de fontes renováveis, com ampla capacidade de reduzir a necessidade do combustível fóssil e mitigação de impactos ambientais, a partir do aumento do grau de circularidade de seus produtos e processos, implica no desenvolvimento social que alavanca a geração de empregos e o crescimento

simultâneo do PIB, além de uma modernização cultural lastreada na sustentabilidade (HAAS et al., 2015; MIHAI et al., 2018).

O risco de intensificar os impactos ao meio ambiente, associados às alterações climáticas e a escassez de recursos para atender o aumento da população mundial, induz os países comprometidos no Acordo de Paris, o mais amplo tratado do clima, assinado na França em 2015, com o objetivo de promover medidas que contenham o aquecimento global, que vão desde a descarbonização, redução da degradação ambiental e geração de energia limpa, no modelo econômico disruptivo com base na circularidade. A economia circular é a solução apresentada nas últimas décadas para apoiar o desenvolvimento sustentável mais eficaz, pois articula a capacidade de estender a vida produtiva dos recursos como um meio de criar valor e reduzir a destruição de valor (BLOMSMA; BRENNAN, 2017; WYSOKIŃSKA, 2018).

As energias renováveis, entretanto, necessitam de políticas públicas modificadoras e de um amplo aporte ao desenvolvimento de projetos, seja no âmbito público e privado para estimular o bem-estar, alinhados aos benefícios sociais e ambientais (HOFFMAN, 2003; NGAN et al., 2019). Os estudos de viabilidade econômico-financeira são fundamentais na propagação da economia circular e as análises de sensibilidade apontam a importância e o efeito das taxas de adoção de tecnologias verdes perante a estrutura social (RAMSHANI et al., 2020). Embora existam conhecimentos sobre energias renováveis e a economia circular no campo da inovação, é necessário expandir pesquisas no enfrentamento da inexistência de políticas públicas e as intervenções governamentais e privadas, para superar de maneira eficaz os desafios emergentes da sustentabilidade (BATISTA et al., 2019).

A valorização dos recursos extraídos utilizados na produção de um produto ou serviço e a manutenção destes em circulação, por meio de cadeias produtivas integradas, são os desafios propostos na EC. A concepção tem como base superar o conceito do fim da utilidade, lixo, e visualizar a finalidade de cada material dentro de um fluxo cíclico, possibilitando a trajetória dele ‘do berço ao berço’ – de produto a produto, preservando e transmitindo seu valor (WEBSTER, 2015). Para explorar e enquadrar os benefícios da economia circular no desenvolvimento das energias renováveis elaborou uma revisão sistemática, trazendo conceitos guarda-chuva, em uma perspectiva analítica (HIRSCH; LEVIN 1999). A revisão sistemática apresenta um *framework* que ilustra as interfaces existentes entre os conceitos e benefícios identificados no uso da economia circular para

desenvolvimento das fontes de energias renováveis, e a sua inserção no ciclo de políticas públicas, identificando os *stakeholders* de maior interesse nos estudos realizados, responsáveis pela promoção da inovação, geração de empregos e renda. Os ensaios que apresentam perspectivas de estudos teóricos como Giezen (2018), que trouxeram proposições de políticas públicas em energias renováveis; Ünal; Shao (2019) abordaram uma perspectiva empírica, com a análise prévia de políticas públicas para implementação; West et al. (2010) fizeram uma avaliação e readequação de Políticas implementadas, explorando formas de políticas públicas para energias renováveis poderem ser adaptadas para gerar um maior apoio e participação do público.

Em estudos demográficos, os legisladores de políticas públicas necessitam fazer uso de revisão sistemática para integrar e analisar de forma eficiente a informação, possibilitando a tomada de decisão mais eficaz, aumentando a confiabilidade e acuracidade dos ensaios (MULROW, 1994).

Os estudos relacionados ao desenvolvimento das energias renováveis através da circularidade projetam as empresas, investidores, setor público e a sociedade a obter benefícios que podem ser assegurados e expandidos à tomada de decisão. Contudo, este artigo analisou políticas públicas para energias renováveis sob as perspectivas da economia circular por meio da revisão sistemática de literatura.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é utilizada para identificar, avaliar e interpretar estudos disponíveis e relevantes sobre uma questão de pesquisa específica (KITCHENHAM et al. 2004). A Figura 2.1 apresenta o sumário descritivo da revisão sistemática de literatura das políticas públicas para energias renováveis sob perspectivas da economia circular. A RSL foi organizada em três estágios: Planejamento da pesquisa (exploratória), condução da revisão (desenvolvimento) e relatório de divulgação (análise).

Estágio 1 – Planejamento da revisão

Na primeira etapa foi realizada uma revisão exploratória não estruturada, aferindo uma percepção inicial ao objetivo da pesquisa, de constituir uma sistematização dos principais artigos publicados ao longo dos últimos quarenta anos referente às políticas públicas em energias renováveis e a utilização dos conceitos de economia circular. Tranfield et al. (2003) destacam a importância do estudo prévio na fase exploratória para

avaliar as relevâncias do sujeito a ser pesquisado, bem como delimitar área de estudo e a plataforma de pesquisa a ser escolhida.

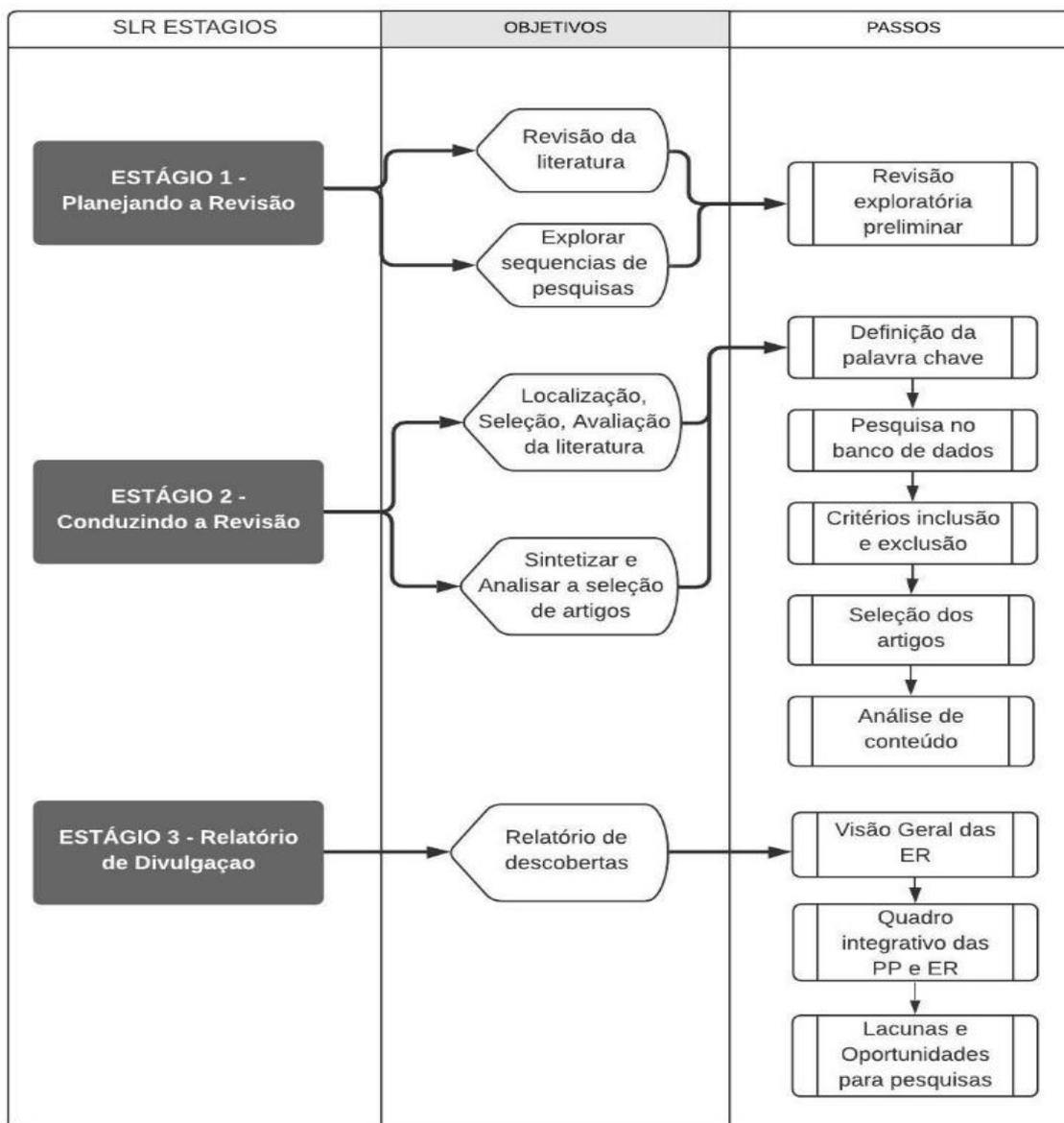


Figura 2.1 - Sumário descritivo da revisão sistemática de literatura.

Fonte: Adaptado de Tranfield et al., 2003.

Como estratégia para aumentar a eficiência e a qualidade da pesquisa, utilizou-se cadeias de palavras como um conjunto de bolas de neve (*snowball sampling*), reduzindo as chances de viés na amostragem (TAMAR; COHEN, 2011). As palavras-chave Energias Renováveis, Políticas públicas e Economia circular estiveram presentes em grande parte das cadeias de referência da pesquisa preliminar.

Estágio 2 – Conduzindo a revisão

Utilizou a plataforma ISI *Web of Knowledge* - WOS para a realização da pesquisa, com as publicações disponíveis no período de 1970 até maio de 2020. Para a realização da Revisão Sistemática de Literatura foram definidas três palavras-chaves “public policy”, “renewable energy” e “circular economy”, utilizando as combinações em duas etapas da pesquisa. A Figura 2.2 apresenta o planejamento para revisão sistemática de literatura utilizando as palavras-chave. A pesquisa 1 utilizou “public policy” e “renewable energy” ambas por “título”, que resultou 32 trabalhos. Na “pesquisa 2” foram utilizadas as palavras “renewable energy” por “tópico” e “circular economy” por “título”. Essa estrutura escolhida pretende trazer os “títulos” como figura central de sua busca e correlacioná-los com os “tópicos”, alcançando 63 trabalhos. O somatório da pesquisa totalizou uma amostra final com 65 artigos.

Ensslin et al. (2017) e Tranfield et al. (2003) recomendaram, para a seleção da amostra, realizar análises buscando consonância com o tema da pesquisa por meio dos títulos, resumos e alinhamento completo dos artigos. Apenas estudos que atendam aos critérios de inclusão especificados fizeram parte da amostra, ressaltando a importância de documentar os estudos incluídos e excluídos em cada etapa, fornecendo razões para as exclusões. Para exclusão foram utilizados os critérios: Tipo de documento, considerados apenas os Artigos e Artigos de revisão; Categoria, com a exclusão de 22 artigos de áreas não afins ao tema proposto pela pesquisa como ciências da computação, sistemas de controle da automação, matemática, tecnologia alimentar e ciência da informação; Repetição, inexistindo artigos repetidos como resultado das duas pesquisas; com a Leitura dos abstracts excluiu 6 artigos que não estavam relacionados ao objetivo da pesquisa, e por último a Leitura dos artigos, com a exclusão de 1 artigo, utilizando as mesmas considerações usadas nas leituras dos abstracts. A amostra final consistiu em 65 artigos. Para extração de informações relevantes, devem ser considerados dados necessários para projetar tabelas de resumo e realizar a síntese de dados na revisão sistemática de literatura (TRANFIELD et al., 2003).

A construção do entabulamento dos artigos selecionados foi fundamental para análise de conteúdo, levantamento bibliográfico e classificação sistemática do artigo. Para o entabulamento dos artigos selecionados foram utilizadas informações sobre a ficha técnica do artigo disponíveis na base de dados (título, autores, periódicos e detalhes técnicos específicos da publicação). Foi gerada pelo WOS uma planilha no formato de

“tabulação WIN” e exportada para o MS Excel e complementada, manualmente, com informações necessárias para uma completa análise dos estudos do conteúdo e da bibliometria como ano, número de citações, objetivos, teorias, métodos, lacunas, tipos de política pública, objetivo da pesquisa, benefícios da política pública e perspectiva da economia circular. A análise de conteúdo proporciona uma pesquisa bastante flexível e amplamente utilizada para uma abordagem sistemática e rigorosa para analisar dados obtidos ou gerados durante o estudo e pode ter aplicações qualitativas e quantitativas (WHITE; MARSH, 2006). A partir dos levantamentos dessas informações foi gerado um resumo bibliométrico e sistemático das metodologias e pesquisas realizadas.

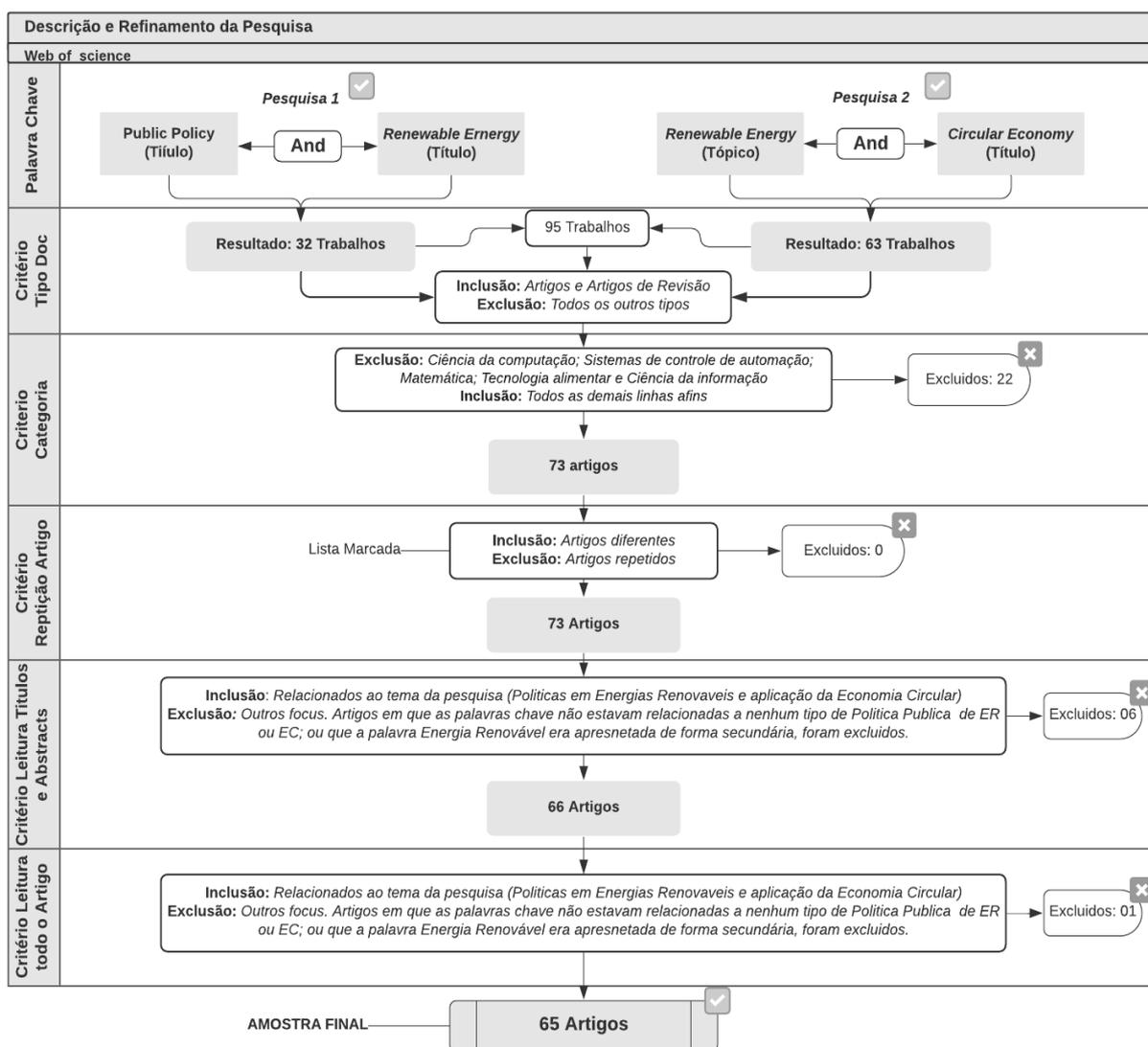


Figura 2.2 - Planejamento da amostragem para revisão sistemática de literatura das políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular.

Fonte: Os autores (2021).

Etapa 3 - Relatório de divulgação

Construiu um mapa mundi mostrando a distribuição das publicações nos países por meio do *software* QGIS versão 3.4.14 (QGIS, 2020). A distribuição espacial dos trabalhos nos países foi realizada por quartis (Equação 2.1) (CRESPO, 2009).

$$Q_k = \frac{k \sum f_i}{4} \quad (2.1)$$

em que: k = número de ordem do quartil; $\sum f_i$ = somatório da quantidade de publicações por país.

Observou a evolução, anual e acumulada, das publicações e das citações e classificou os periódicos de maior impacto. Verificou-se o progresso por tipo de método utilizado na pesquisa, empírico ou teórico, vinculando a finalidade da política pública e por tipo de publicações, artigo e artigo de revisão, nas áreas de conhecimento. Construiu o diagrama de Venn, que retratou os grupos beneficiados (setor público, empresa e sociedade) diretamente pelos estudos propostos. Mostrou o desenvolvimento da rede de palavras-chave associadas a Políticas Públicas às Energias Renováveis sob perspectivas da Economia Circular no mundo, utilizando *software VosViewer*.

Na Revisão Sistemática de Literatura (RSL), buscou-se obter um *framework* da expansão das fontes de energia renováveis com as práticas que fundamentam a economia circular, correlacionando ao ciclo de políticas públicas que estes estudos despontam entre os *stakeholders* (TRANFIELD et al., 2003). O desenvolvimento da RSL abordou da seguinte forma: Fontes de Energias renováveis e as políticas públicas; O 1º agrupamento setorizou as fontes de energias renováveis em que foram classificadas de forma sistêmica e objetiva dos artigos, na qual permitiu correlacionar o ciclo, o tipo ou as tendências de políticas públicas. A revisão sistemática não só apresentou as pesquisas relacionadas a energias renováveis e sua evolução no modelo econômico circular, mas sim uma contribuição robusta e eficaz na elaboração de políticas públicas e repassar a solução de ordem econômica, social e ambiental.

Foi fundamental identificar os fatos, atores sociais, benefícios, tendências, etc. A Figura 2.3 ilustra o processo de análise das políticas públicas e as etapas para classificação dos artigos. As publicações foram submetidas ao processo mediante a apreensão da realidade e a compreensão quanto a necessidade da Política Pública. Para melhor dimensionamento da política, a apreensão da realidade deve ser realizada a partir de

pesquisas, seja para a elaboração de uma Política Pública ou a análise de uma já existente. As pesquisas, ao serem inseridas no ciclo de políticas públicas, serão classificadas de acordo com as etapas que as políticas se encontram: análise prévia, prospecção ou implementação e avaliação das políticas públicas

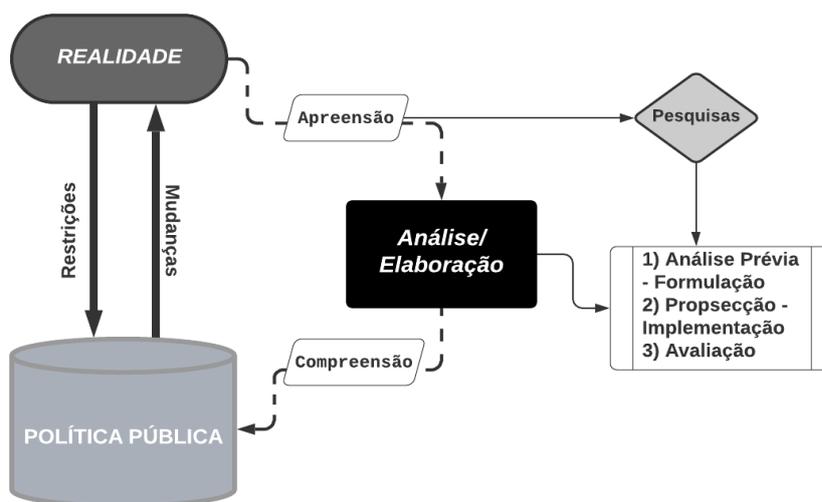


Figura 2.3 - Processo de análise das políticas públicas e as etapas para classificação dos artigos.

Fonte: Os autores (2021).

A revisão bibliométrica e a revisão sistemática de literatura apresentam uma proposta alternativa e simplificada de classificação das políticas públicas, contribuindo para a consolidação de um modelo heurístico de decomposição do processo político em sequências ou etapas, para fins analíticos e sistemáticos. A partir da conceituação das etapas indicadas por Lasswell (1951), algumas fases foram aglutinadas e sintetizadas em um ciclo de três etapas: Análise Prévia, Prospecção e Avaliação, conforme apresentado na Figura 2.4. Identificou cada um dos artigos na “amostra final” nas etapas do ciclo as políticas propostas que estavam inseridas, sistematizando quanto às perspectivas na formulação e avaliação das políticas para as energias renováveis. Utilizou o método indutivo com a aplicação da metodologia SPIN Selling, que é uma qualificação de leads criada pelo Neil Rackham nas décadas de 70 e 80 na busca pela forma correta de se fazer perguntas investigativas, selecionando a situação, o problema, a implicação e necessidade de solução (RACKHAM, 2009).

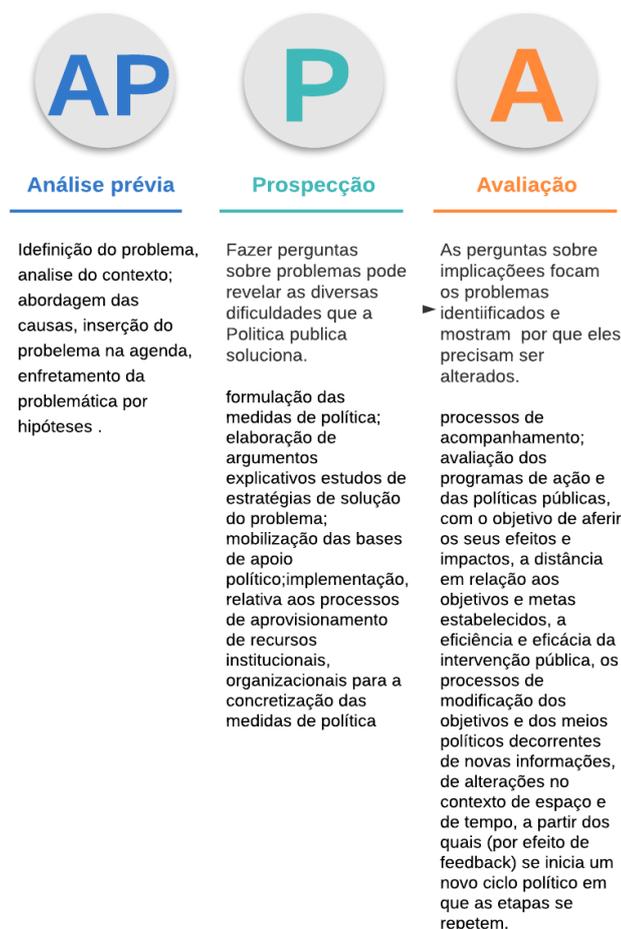


Figura 2.4 - Etapas de Análise Prévia, Prospecção e Avaliação.

Fonte: Os autores (2021).

Como todos os modelos heurísticos, a classificação apresentada é utilizada com cautela, sendo apenas uma representação simplificada da realidade, com a função de providenciar um enquadramento analítico facilitador da compreensão do processo político. É indispensável entender as políticas como um fluxo contínuo de decisões e procedimentos, para os quais é necessário encontrar um sentido. O desenvolvimento da sistemática do ciclo de políticas complementou o processo de decisões e análises que implica em responder as seguintes perguntas (LASSWELL, 1951): Quem ganha o que? Por quê? E que diferença faz?

Agrupou os artigos em categorias considerando conceitos e definições correlacionadas às fontes de energias renováveis, os benefícios de economia circular e as políticas públicas identificados (ELO; KYNGÄS, 2008). O 2º agrupamento sistematizou e visualizou as categorias de Políticas Públicas para Energias renováveis. Por meio da taxonomia das políticas públicas descritas por Lowi (1964), Tabela 2.1, identificou os

aspectos comuns nos fenômenos que poderiam auxiliar à tomada de decisão de prospecção ou à avaliação das políticas existentes. O 3º agrupamento relacionou a metodologia dos estudos (prático ou teórico) ao ciclo de políticas públicas e identificou os benefícios da economia circular e os *stakeholders* que serão beneficiados com os estudos desenvolvidos. O 4º agrupamento foi realizado para realizar uma análise integrativa, vislumbrando o panorama das PPER, as práticas de EC e as tendências observadas.

Tabela 2.1 - Visão geral das categorias de Políticas Públicas sob o aspecto social de acordo com a classificação de LOWI (1964).

Categorias PPER	Definição	Público alvo
PPER1 Distributiva	Possuem objetivos pontuais para o oferecimento de serviços do estado e/ou equipamentos.	Grupos pequenos ou indivíduos de distintas camadas sociais.
PPER2 Redistributivas	Redistribuir a renda em forma de financiamento em serviços e equipamentos e na forma de recursos.	As camadas mais altas da sociedade são as responsáveis por financiar, via incentivo, as pessoas rendas menores.
PPER2 Regulatória	As políticas regulatórias são criadas para avaliar alguns setores no intuito de criar normas ou implementar serviços e equipamentos	Toda a sociedade civil.

Fonte: Os autores (2021).

Com as categorias de políticas públicas identificadas, um procedimento semelhante foi realizado para identificar os maiores beneficiários com os estudos e se estes eram baseados para fomento tecnológico e inovação ou investigação de resultados e mecanismos para implementação das PPER. Esses benefícios também foram agrupados em categorias mais amplas "relações entre políticas Públicas de Energias Renováveis e as perspectivas da economia circular". Cada benefício identificado foi relacionado ao artigo do qual foi extraído.

Apesar de possuir um caráter narrativo, a revisão sistemática tem como base a aplicação de métodos com rigor técnico conceitual, a fim de elaborar *frameworks* utilizados na classificação, alcançar resultados robustos e mitigar erros (COOK; MULROW; HAYNES, 1997). A finalidade da classificação é viabilizar o desenvolvimento de políticas públicas para energias renováveis e práticas circulares extraindo das pesquisas as necessidades sociais, servindo a sistematização de apoio metodológico quando não se conta ainda com artigos que apresentem como resultados a avaliação das políticas públicas

para energias renováveis. Assim, são apresentados elementos para realizar um estudo focado em relacionar as pesquisas desenvolvidas em Energias Renováveis, capaz de proporcionar insights e pistas de pesquisa que permitam iniciar o trabalho de uma forma metódica, através do uso interrelacionado dos conceitos próprios dos tipos de Políticas e avaliação. A partir das análises apresentadas, foi possível desenvolver uma revisão sistemática da literatura, integrando os estudos de política pública e economia circular nos benefícios esperados, além de fornecer uma visão geral das lacunas de pesquisa sobre o tema.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

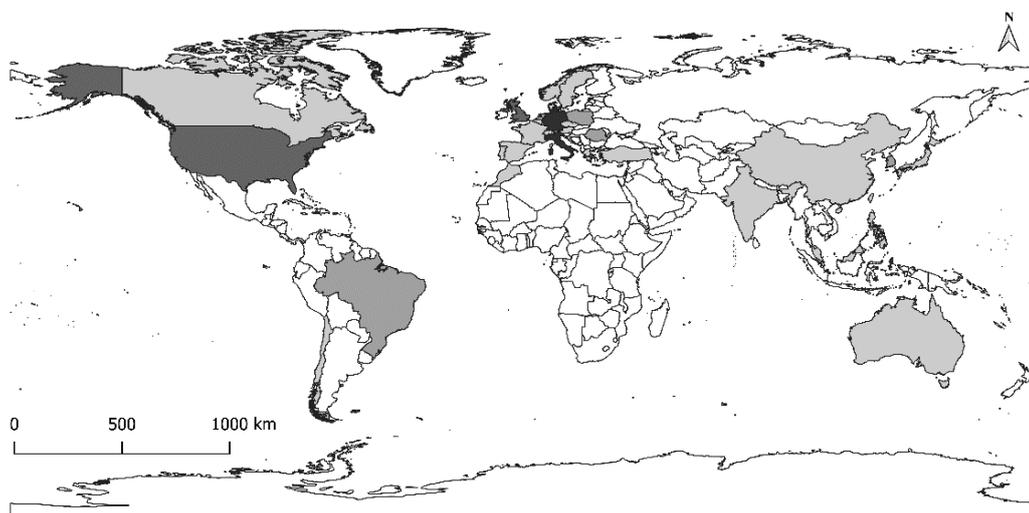
2.3.1 Análise bibliométrica das energias renováveis sob perspectiva da economia circular e políticas públicas.

A Figura 2.5 apresenta a distribuição espacial dos países, por quartis, das publicações ao longo do período de 1999 a abril de 2020. Foram encontradas 65 publicações distribuídas em 37 países. O Q4 é formado pelos países que possuem de 8 a 10 publicações, representados pela Alemanha com 10 e Itália com 8 publicações. Este quartil detém 27% das publicações. O Q3 foi composto pela Inglaterra com 7 publicações e Estados Unidos com 6 estudos, apresentando 22% das publicações. O Brasil integra o Q2 com 4 publicações, à frente da Holanda, Polônia, Romênia, Coreia do Sul e Irlanda, que apresentaram 3 publicações. O Q1 foi composto por 27 países, dos quais 9 apresentaram 2 publicações cada e 18 países com 1 publicação cada. O Q1 evidencia a discrepância a pulverização de estudos sobre o tema, demonstrando a universalização temática, que integra a pauta internacional de mitigação dos efeitos da mudança climática e a importância da economia circular para suprimento da energia renovável.

A Figura 2.6 apresenta a evolução das publicações e das citações (Artigos e Artigos de Revisão) das políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, anual e acumulado, no período de 1999 a 2020.

O primeiro artigo da amostra é datado do ano de 1999, este também foi o terceiro artigo mais citado da seleção, e apresentou um estudo da política de desenvolvimento da energia eólica nos Estados Unidos, baseado nas políticas de incentivo, não só da difusão da energia eólica, mas de inovação tecnológica, pois concentrar as políticas apenas na suposta demanda por energia eólica correria o risco em ocorrer o dispêndio de recursos públicos em programas energéticos que poderiam ser fadados ao insucesso, sendo interessante o

desenvolvimento de políticas energéticas de inovação com a criação de um mercado para energias renováveis nos EUA. Tal estudo também demarcou o desenvolvimento da energia eólica no final da década de 90 (LOITER; NORBERG-BOHM, 1999).



Legenda: $1 \leq Q_1 \leq 2,5$ $2,5 < Q_2 \leq 5$ $5 < Q_3 \leq 7,5$ $7,5 < Q_4 \leq 10$

Figura 2.5 - Distribuição espacial dos países, por quartis, das publicações de políticas públicas às energias renováveis sob as perspectivas da economia circular, de 1999 a abril de 2020

Fonte: Os autores (2021).

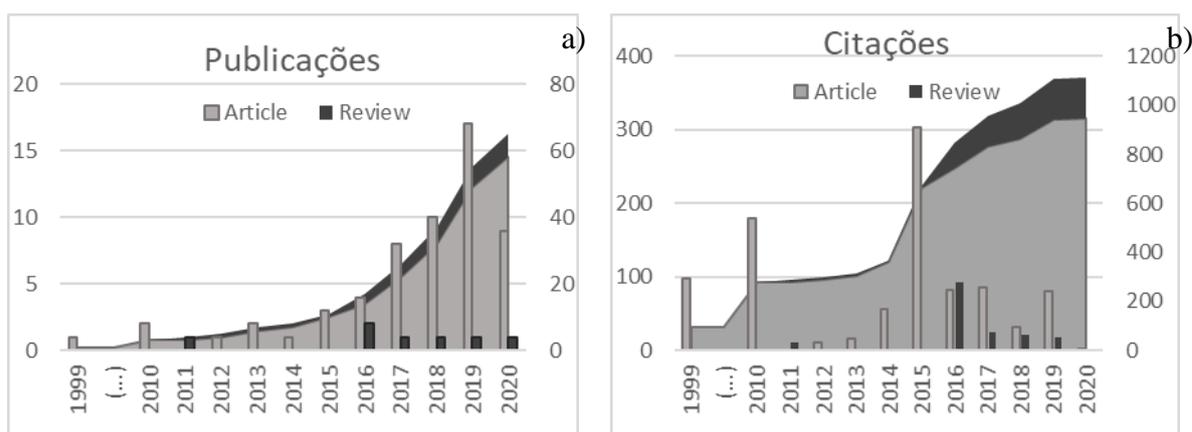


Figura 2.6 - Evolução das publicações e das citações (Artigos e Artigos de Revisão) das políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, anual e acumulado, no período de 1999 a abril de 2020.

Fonte: Os autores (2021).

Essa concepção permeia os objetivos dos trabalhos selecionados. Após uma década sem estudos com a temática definida, em 2010 foram publicados dois artigos, West et al. (2010) com a política de Energia Renovável e as percepções públicas de ER na abordagem da teoria cultural, e a importante contribuição do Barradale (2010), trazendo o impacto da incerteza na Política Pública sobre o investimento de ER, a energia eólica e o crédito fiscal de produção. Tais obras somaram 180 citações, demarcando o ano com discussões promissoras e relevantes ao setor energético. A partir de 2015 foi verificado um paulatino crescimento na quantidade de publicações, atingindo uma maior quantidade no ano de 2019 com 18 publicações de artigos que somaram 99 citações. Entretanto, o ano de 2015 é destacado com relevantes pesquisas, somando 304 citações. HAAS et al. (2015), abordam diretamente a EC e as ER em uma avaliação global na União Europeia e no mundo no ano de 2005, com a avaliação das políticas adotadas para aumento do grau de circularidade nos produtos e nos fluxos de processos em função da geração de ER, foi o artigo mais citado e alcançou o primeiro lugar no ranking com 199 citações, o que demonstrou uma maior propensão aos estudos sobre a EC nos últimos anos.

Nos anos de 2016 a 2020 ocorreram publicações na temática. Ressalta-se que em 2020 abrange apenas cinco meses, e contabilizou 10 publicações, indicando intensificação e relevância no atual contexto. Priyadarshini; Abhilash (2020) foi o último artigo incluso na Revisão, abordando a adoção de práticas para integração das políticas de gestão de resíduos no incremento da geração de energia, inserida numa política de guarda-chuva para fomento da economia circular, que vem a corroborar as transformações inerentes a ao desenvolvimento sustentável. Os artigos foram publicados em 39 revistas diferentes. Alguns desses periódicos têm como escopo principal tópicos relacionados a energia, políticas e questões ambientais, enquanto outros têm um escopo científico diversificado, o que indica que diferentes áreas estão vinculando sua pesquisa abordagem de práticas de economia circular no setor energético para o fomento de políticas públicas.

A Tabela 2.2 apresenta a classificação dos periódicos de maior impacto, com mais de nove citações, em publicações no período de 1999 a abril de 2020. O periódico mais significativo da amostra foi o *Energy Policy*, com 9 artigos e 460 citações, em seguida aparecem a *Bioresource Technology*; *Journal of Cleaner Production* e a *Sustainability*, com 5 publicações cada. A *Journal of Industrial Ecology* apesar de apenas 2 artigos foi que teve maior impacto médio de citações por artigo que foi de 102,5.

Tabela 2.2 - Classificação dos periódicos de maior impacto, com mais de nove citações, organizados com mais de das citações, no período de 1999 a abril de 2020.

Revista	Qde	Citações
Energy policy	9	460
Journal of industrial ecology	2	205
Bioresource technology	5	112
Journal of cleaner production	5	63
Energy	1	57
Renewable & sustainable energy reviews	3	41
Nature energy	1	40
Resources conservation and recycling	2	18
Sustainability	5	15
Sustainable energy technologies and assessments	1	11
Entrepreneurship and regional development	1	10
Renewable energy	1	10
Sustainability Science	1	10
Outras revistas	28	63
Total	65	1.115

Fonte: Os autores (2021).

A Tabela 2.3 apresenta os estudos que foram realizados utilizando os métodos de abordagem empírica e teórica e a correlação às 3 etapas do ciclo de políticas públicas que compreende a análise prévia, avaliação e prospecção. Em relação aos artigos teóricos, foram identificados 12 artigos, representando 13% em relação ao total das publicações. Os empíricos apresentaram uma maior quantidade, 53 artigos. Isso corrobora o fato de ser objeto de pesquisas recentes e ainda exigir exploração do conhecimento, principalmente no campo das ciências sociais. Os artigos teóricos abordam conceitos, perspectivas de implementação da sustentabilidade em um território com práticas para o engajamento das políticas energéticas e das análises de cenários econômicos ou tecnológicos, que propiciem o desenvolvimento das energias renováveis.

Entre os artigos com abordagem teórica, apenas 2 trabalhos propõem uma avaliação das políticas públicas executadas, que foram o Sherwood (2020), com a avaliação de um cenário de produção sustentável da biomassa e enaltece sua função como matéria-prima a partir de uma perspectiva da política europeia e o Maciel et al. (2018), que propõe a diversificação da matriz energética no Brasil com fontes renováveis em substituição ao modelo energético usual, com predominância fóssil, a partir de algumas políticas públicas que o Governo Federal implementou em Instituições de Ensino Superior Federal (IFES) para o incentivo à utilização de energias renováveis .

Tabela 2.3 - Evolução dos artigos quanto ao tipo de método vinculado e o objetivo das políticas públicas identificados nos estudos.

		1999	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Empírico	Análise Prévia								1	3	1	4		9
	Avaliação		2	1	1	1		3	3	1	4	5	3	24
	Prospecção	1					1		2	4	2	5	5	20
	Subtotal	1	2	1	1	1	1	3	6	8	7	14	8	53
Teórico	Análise Prévia										2	3		5
	Avaliação										1		1	2
	Prospecção					1				1	1	1	1	5
	Subtotal					1				1	4	4	2	12
Total	1	2	1	1	2	1	3	6	9	11	18	10	65	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A pesquisa teórica em artigos de revisão foi observada com o Sherwood (2020), Sassanelli et al. (2019) e Stiles et al. (2020). No entanto, nenhum dos artigos tinham como objetivo desenvolver uma estrutura integradora que relacionasse as políticas energéticas, política inovação ou política social à economia circular e os benefícios da economia circular, o que confirma a importância deste estudo.

Entre os estudos empíricos, alguns deles têm uma abordagem longitudinal, a exemplo do Dalmazzo-Bermejo et al. (2017), que apresenta contribuições para a orientação de políticas públicas que promovam a produção de energias renováveis não tradicional, a partir da análise da produção de energia na América Latina ao longo do período 1995-2007. Não está explícito se existe uma tendência no uso desse método ao longo do tempo. No entanto, foi utilizado o estudo de caso em todos os anos de publicação, o que demonstra a validade desse método dentro deste tema de pesquisa.

A Tabela 2.4 mostra a evolução das publicações por áreas de pesquisas, no período de 1999 a abril de 2020. A área de Economia e Negócios destaca-se com 21 Artigos, não apresentando nenhum artigo de revisão na seleção. Contemplou a primeira publicação com Loiter; Norberg-Bohm (1999) e foi a única área a apresentar trabalhos nos anos de 1999, 2010, 2013 e 2014. A área de Ciências e Tecnologia apresentou o segundo lugar no *ranking* com 20 publicações, onde 3 destes artigos são de Revisão, publicados nos anos de 2011, 2016 e 2019. O ano de 2017 apresentou a maior quantidade de publicações nesta área e o seu único artigo de revisão foi o do Wall et al. (2017), que apresentou a legislação da União Europeia de incentivos à produção e uso de biocombustíveis de terceira geração e

a integração de tecnologias e matérias-primas avançadas, demarcando a propagação de conceitos de reduzir, reutilizar e reciclar.

Tabela 2.4 - Evolução das publicações nas áreas de pesquisas no período de 1999 a abril de 2020.

	1999	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Ciência e Tecnologia			1	1			1	2	2	4	7	2	20
Artigo				1			1	1	2	4	6	2	17
Revisão			1					1			1		3
Ciências Agrárias								1	1	1		2	5
Artigo												1	1
Revisão								1	1	1		1	4
Ciências Ambientais									2	1	3	4	10
Artigo									2	1	3	4	10
Ciências Sociais									1		1		2
Artigo									1		1		2
Economia e Negócios	1	2			2	1	2	2	1	4	5	1	21
Artigo	1	2			2	1	2	2	1	4	5	1	21
Energia e Combustíveis								1	2	1	2	1	7
Artigo								1	2	1	2	1	7
Total Geral	1	2	1	1	2	1	3	6	9	11	18	10	65

Fonte: Os autores (2021).

Não obstante, a área da Ciências Ambientais iniciou com 2 publicações em 2017 do Budzianowski (2017) e Lausset et al. (2017), ambas com destaque para o uso da economia circular como forma de desenvolvimento e propagação das fontes de energias renováveis e a aplicação de captura de carbono, utilização e armazenamento. Em 2020 esta área foi responsável por maior quantidade das publicações, detendo 4 artigos dos 10 publicados naquele ano. A área de Energias e Combustíveis apresentou 7 Artigos, sem nenhuma publicação de artigos de revisão. A área de Ciências Agrárias apresentou a maior quantidade de artigos de Revisão, com 4 artigos. As demais áreas de concentração são distribuídas por campos que fundamentam estudos de economia circular, como Energia e Combustíveis, Ciências Tecnológicas, Termodinâmica, Engenharia, Biotecnologia, dentre outros, o que comprova a interdisciplinaridade do tema, que revela trabalhos com abordagens sociais e de planejamento a publicações de artigos com inovações em processos e produtos.

A Figura 2.7 apresenta o diagrama de Venn dos grupos beneficiados diretamente pelos estudos. Por estar relacionado à geração de Energias Renováveis, não só proveniente das fontes renováveis, mas também ao uso de novas formas renováveis de energia, com a

aplicação da circularidade nos recursos finitos, os estudos beneficiam os atores: sociedade, setor público e empresa.

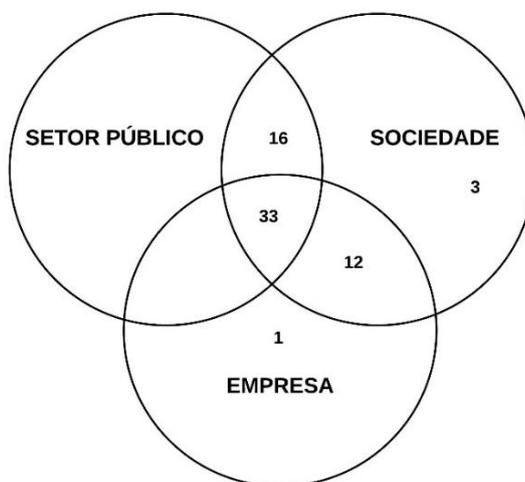


Figura 2.7 - Diagrama de Venn dos grupos beneficiados diretamente pelos estudos.

Fonte: Os autores (2021).

O setor público (com 49 artigos), também designado na literatura como setor estatal, é representado pelo Estado que lida com a produção, entrega e distribuição de bens e serviços por e para o governo ou para a Sociedade (64 artigos) que, por sua vez, é representada pela coletividade de pessoas, grupos e associações. A empresa (46 artigos) é a principal representação do setor privado, que maneja ações de prospecção de políticas públicas para desenvolvimento econômico, seja por meio de políticas fiscais, extrafiscais, desenvolvimento tecnológico, indústria e emprego, que vincula benefícios a sociedade e setor público.

Em uma análise sistemática, os estudos revelam possíveis políticas para o fortalecimento das energias renováveis através de práticas circulares, que devem ser propagadas entre todos os stakeholders: Sociedade, Empresa e Setor Público. As políticas públicas auxiliam a tomada de decisão para o setor energético e são instrumentos para a transformação social e modelagem econômica, utilizadas pelo Estado para a Sociedade e para o Setor privado, a exemplo das políticas energéticas para alcance da eficiência e o planejamento do mercado (REZENDE et al., 2008).

O setor privado foi beneficiado com 46 artigos que disseminam desenvolvimento com práticas tecnológicas, ecológicas, sustentáveis e de inovação com estudos de

viabilidade para utilização de preceitos da economia circular, a exemplo de Hao et al. (2020) que discutem as condições econômicas para o crescimento da indústria e recomendam a reutilização de fibras de carbono extraídos das pás dos aerogeradores, para fechar o ciclo de material na concepção da circularidade, reduzindo o valor dos investimentos no setor eólico, caracterizado pelo alto custo de implantação.

As políticas de inovação, baseadas no princípio “3R” da economia circular - reduzir, reutilizar e reciclar, nortearam os estudos da economia circular para alcançar a redução da poluição e desenvolvimento de baixo carbono através do uso de fontes renováveis (ZENG; REN; YANG, 2009). Apesar das políticas públicas serem emitidas pelo setor público, a sociedade é propulsora e maior beneficiada por essas políticas, que pode ser visualizada com intersecção entre os três grupos no diagrama de Venn.

Os incentivos e desenvolvimento tecnológico (empresa), ganhos econômicos (setor público e sociedade), bem estar social (sociedade) são a materialização do fortalecimento de padrões positivos de sustentabilidade, de preservação do meio ambiente e do espaço, a exemplo dos autores Liebe e Dobers (2019), que apresentam um mapeamento de aceitação para construção de novas usinas de Energias Renováveis e a implementação de políticas para atitudes mais positivas, com menos intenções de protestos, que enfraquecem o movimento de desenvolvimento das políticas energéticas de expansão da matriz renovável.

A Figura 2.8 apresenta a evolução da rede de palavras-chave associadas a políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, no período de 2017 a 2019. Entre as 65 publicações, alguns artigos apresentaram grande abrangência e contemplaram mais de um cluster temático, as principais observações foram para: mudança climática, política pública, Energias Renováveis e consumo com maior intensidade em 2017, Economia circular, eficiência, sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, reciclagem. Estiveram presentes nas publicações em 2018 e atualmente verifica-se uma maior ocorrência das palavras desenvolvimento sustentável, biomassa, avaliação ciclo de vida, energia desperdício.

As discussões ecológicas e do desenvolvimento sustentável foram as que apresentaram maior número de palavras-chave, evidenciando um campo amplo da pesquisa, embora menos denso que os demais. É importante destacar que, embora esses não sejam temas diretamente relacionados ao tema desta pesquisa é indicativo de que esses temas estão próximos das energias renováveis e da economia circular. Destacaram os estudos das energias renováveis (*biomass e renewable energy*), mudanças climáticas

(*climate change*) e circular economy (*efficiency, recycling, sustainability e life-cycle assessment*).

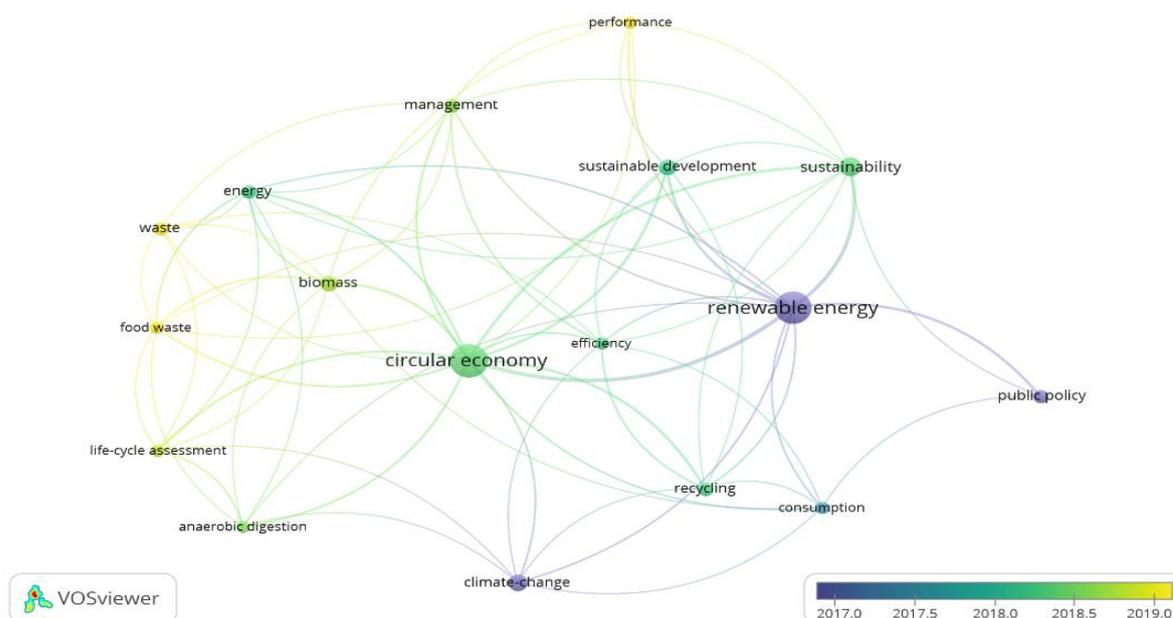


Figura 2.8 - Evolução da rede de palavras-chave associadas a políticas públicas às energias renováveis sob perspectivas da economia circular no mundo, no período de 2017 a 2019.

Fonte: Os autores (2021).

2.3.2 Revisão sistemática da Literatura para formulação de políticas públicas para energias renováveis

2.3.2.1 Fontes de Energias renováveis e as políticas públicas

A energia, bem essencial à existência humana, assume ponto de interesse e preocupação na agenda mundial, em razão das fontes energéticas em uso no mundo ainda assumirem predominância não renovável, fator este que sinaliza a falta de estudo e planejamento, em qualidade, eficiência energética e tecnologia associada as fontes de energias renováveis.

A preocupação ambiental foi o ponta pé para a ocorrência de um crescente estudos e pesquisas, principalmente nos países desenvolvidos, a partir do ano de 2005 com a vigência do Tratado de Kyoto, segundo o qual os países desenvolvidos assumiram

compromissos para atingir as metas de redução da emissão de gases poluentes, com destaque para o dióxido de carbono (CO₂).

A preocupação com questões energéticas, em especial a segurança do abastecimento, e as conseqüentes repercussões econômicas e regulatórias, integrou importantes estudos para adequar as orientações da agenda mundial. A Comunidade Europeia iniciava a discussão da matéria no âmbito da política ambiental, com um enfoque temático e setorial, através de diretivas, que originaram os primeiros Programas de Ação das Comunidades Europeias em Matéria de Ambiente (ARAUJO; COELHO 2013).

Dentre as medidas para atingir as metas, Gawel et al. (2014) aponta o aumento da eficiência energética, assim como o fomento a pesquisa, promoção, desenvolvimento e aumento do uso de novas formas renováveis de energia. O Acordo de Paris, que possui como premissa fortalecer mecanismos global à ameaça da mudança climática e impulsionar a capacidade dos países em combater os impactos decorrentes dessas mudanças, estabelece as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs), onde países se comprometeram a reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em até 45% abaixo dos níveis de 2005, até 2025. A diversificação da matriz energética é um ponto crucial para garantir qualidade e confiabilidade em energia, característica estratégica de um setor energético eficiente. Por outro lado, a diversificação da matriz energética de um país baseada em fontes não renováveis gera altos riscos à sustentabilidade do planeta, um ponto relevante na hora de ascender um país como desenvolvido.

Para o desenvolvimento de busca de soluções para a rápida adequação, Dalmazzo-Bermejo et al. (2017) destaca em sua revisão a importância das políticas públicas na promoção das fontes renováveis, de forma a superar as barreiras que podem variar a depender das fragilidades encontradas em cada país no âmbito a) regulatório; b) econômico; c) tecnológico; ou d) técnico. Apesar da inexistência de artigos de revisão na amostra que relacionem os países e suas respectivas políticas públicas para energias renováveis, a Tabela 2.5 apresenta uma classificação sistemática dos artigos por fontes de energias renováveis com seus respectivos países e autores, capaz de aferir os países que estão a se dedicar ao estudo das energias renováveis e a economia circular para a tomada de decisão de política pública no setor energético. A partir da leitura dos artigos, foi identificado as fontes em destaques nos estudos. A classificação da fonte “Energias renováveis” está relacionada ao sentido *strictu* da palavra, sem qualquer identificação de

fonte específica no estudo, mas sim da importância das energias renováveis e suas diferentes formas de geração.

Tabela 2.5 - Classificação sistemática das políticas públicas por fontes de energias renováveis e seus respectivos países.

FONTES	PAÍSES DE ESTUDO	AUTORES
Energias renováveis (Lato senso)	Alemanha; América Latina; Austrália; Áustria; Brasil; Canadá; Chile; China; Coreia do Sul; Croácia; Espanha; Estados Unidos; Coreia do Sul; Grécia; França; Itália; Índia; Irlanda; Japão; Malásia; Filipinas; República Tcheca; México; Portugal; Polônia; Portugal; Reino Unido; Romênia; Romênia/Europa; Taiwan; Turquia; Suíça; Turquia; Noruega	Cascone et al. (2020); Desing et al. (2019); Katz-Gerro; Sintas (2019); Kilkis; Kilkis (2017); Stokes; Warshaw (2017); Bassi; Dias (2019); Doblinger et al. (2016); Marques et al. (2019); Antoniou et al. (2019); Aranda-Uso et al. (2019); Arnette; Zobel (2011); Arrese; Wells (2016); Baran (2015); Batista et; Bertsch et al. (2016); Burger et al. (2019); Carfora et al. (2018); Celikkaya (2017); Chen; Kim (2019); Dalmazzo-Bermejo et al. (2017); Di Fraia et al. (2020); Fobissie (2019); Gallagher et al. (2019); Gawel et al. (2014); Groh; Mollendorff (2020); Haas et al. (2015); Lee et al. (2017); Maciel et al. (2018); Mavi; Mavi (2019); Mihai et al. (2018); Nedelea et al. (2018); Ngan et al. (2019); Olson-Hazboun et al. (2018); Polzin et al. (2015); Priyadarshini; Abhilash (2020); Samperio; Acosta (2013); Sassanelli (2019); Skrinjaric (2020); Sung; Song (2013); Suwa; Jupesta (2012); Tsai (2019); Unal; Shao (2019); Walker et al. (2018); West et al. (2010); Wysokinska (2018); Zamfir et al. (2016); Lauselet et al. (2017); Deutz et al. (2017).
Biogás	Brasil, Togo, Alemanha, Rep. Tcheca	Ribeiro et al. (2016); Azouma et al. (2019)
Biomassa	Índia; Irlanda; Itália; Reino Unido; Brasil	Liguori; Faraco (2016); Sharma et al. (2020); Sherwood (2020); Wall et al. (2017); Silva et al. (2020); Stiles et al., (2018)
Eólica	Alemanha; Estados Unidos; China	Barradale (2010); Loiter; Norberg-Bohm (1999); Schoden et al. (2020); Hao et al. (2020)
Solar	Coreia do Sul	Kim; Park (2018)
Solar, biomassa, natural	Alemanha	Liebe; Dobers (2019)
Outras Fontes	Holanda; Polônia	Meyer et al. (2018); Giezen (2018); Budzianowski (2017)

Fonte: Os autores (2021).

Estudos sobre biomassa são comuns em países em desenvolvimento, que buscam utilizar fontes viáveis na área rural para produção de energia. O Brasil apresentou estudos relativos à Biomassa florestal e ao Biogás, assim como Energias renováveis, o que demonstra seu engajamento em realizar expansão das energias renováveis e o coloca entre os três mercados emergentes mais atraentes para investimentos no setor de energias

renováveis (CLIMATESCOPE, 2020), seja via fonte renovável de energia ou reaproveitamento de material com conceitos de circularidade.

A utilização da biomassa foi reduzida basicamente a regiões agrícolas. Contudo, com o aumento das discussões ambientais, a maioria dos países, em maior ou menor intensidade, vem empreendendo esforços para a utilização tecnologias suficientemente maduras, e a biomassa que é utilizada em processos com alta eficiência se destaca por possuir a flexibilidade de suprir tanto a produção de energia elétrica quanto para a mobilidade no setor de transportes (CORTEZ; LORA; GOMEZ, 2008), quando então é observada uma área que carece de incentivos governamentais para a expansão.

Logo, o Silva et al. (2020) apresenta uma política para biomassa florestal baseada em um acordo industrial que favorece a aplicação de um modelo econômico Circular, com a redução do uso de recursos virgens e incentivo a geração de resíduo no setor florestal, que possui a vantagem de proporcionar a alta exploração dos materiais, fornecer energia limpa e renovável e reduzir a necessidade de aterro e o Ribeiro et al. (2016) traz importante destaque ao Biogás com a geração de energia menos poluente a partir da utilização do esterco do aviário com benefício à sociedade e ao setor público, com capacidade para gerar até 1.277 TWh/ano, comprovando cientificamente a capacidade do modelo circular ser um propulsor de transformação e reaproveitamento para geração de eletricidade.

A maior parte dos estudos sobre Energias renováveis sob o aspecto da economia circular estão concentradas na União Europeia, que se destaca pela gama de países desenvolvidos que buscam estratégias eficientes e economicamente viáveis para alcançar as metas firmadas no Acordo de Paris, pautada em uma adequação cultural que a sustentabilidade impõe a sociedade. Para tanto, a redução na entrada de materiais virgens e o controle na saída de resíduos são essenciais para atingir um ciclo pragmático na geração de energia e um complemento no abastecimento elétrico. Segundo Haas et al. (2015), todo o material gerado pela sociedade a nível mundial (aproximadamente 62Gt / ano) possui um fluxo para descarte (41Gt / ano processados). Na União Europeia (UE-27) os materiais são rastreados desde a extração até o descarte, porém também mantêm um baixo grau de circularidade por duas razões: 1) 44% de materiais processados são usadas para fornecer energia e, portanto, não estão disponíveis para a reciclagem e 2) as ações socioeconômicas ainda estão crescendo a um ritmo elevado.

A Alemanha foi o país que apresentou estudos mais contundentes quanto as políticas para energias renováveis, seja na avaliação ou prospecção das políticas públicas,

em um contexto econômico e social, que o coloca na terceira posição de país com geração de eletricidade renovável. Devido a sua condição de país desenvolvido e precursor no desenvolvimento tecnológico em constante inovação, a Alemanha concentra suas pesquisas na temática da circularidade para fortalecer suas políticas regulatórias, nos principais aspectos: 1) avaliar os impactos das medidas e políticas energéticas implementadas e os investimentos em capacidade de geração de eletricidade por investidores institucionais (POLZIN et al. 2015); 2) análise da aceitação pública da infra estrutura de energia (BERTSCH et al. 2016); 3) aumentar a eficiência e eficácia global da política climática e energética, a melhoria de processos e economia circular (GAWEL; STRUNZ; LEHMANN, 2014); 4) aumentar capacidade de inovação e parcerias com associações de pesquisa (DOBLINGER; DOWLING; HELM, 2016); 5) Melhoria de processo; produtos com metade da energias renováveis para atingir zero emissões de CO₂ e atingir emissões líquidas zero a partir do modelo circular (MEYER et al. 2018; LEE et al. 2017); e 6) Aumentar a consciência pública sobre a tecnologia de energias renováveis/economia circular e Compensar as consequências negativas do processo de transição, sensibilizando a sociedade/público para a sua própria participação na emissão de gases de efeito estufa (SCHODEN et al. 2020 e GROH, 2020).

As políticas públicas assumem fundamental importância na expansão das energias renováveis e dos propósitos repassados na agenda mundial do clima, por serem instrumentos viabilizadores do bem-estar social e do desenvolvimento econômico. A análise das políticas públicas tem como objeto as decisões políticas e os programas de ação dos governos, identificando a origem dos problemas que as políticas necessitam solucionar e as condições da sua implementação.

2.3.2.2 Análise de políticas públicas em energias renováveis

Com o intuito de aferir a contribuição dos estudos para a formulação ou avaliação das políticas públicas em energias renováveis, a análise sistemática dos trabalhos utilizou a classificação do *Ciclo de Políticas Públicas* que é o encadeamento de fases ou estágios do ciclo político para a formulação de políticas públicas, buscando dar racionalidade às ações pretendidas. A Tabela 2.6. apresenta a classificação dos artigos quanto aos benefícios associados as etapas do ciclo de políticas públicas, qual seja, Análise prévia, Prospecção ou Implementação e Avaliação, possibilitando visualizar as tendências, a atuação dos

governos e dos stakeholders envolvidos de acordo com os benefícios identificados nas publicações.

Tabela 2.6 - Classificação dos artigos quanto aos benefícios associados na etapa do ciclo de políticas públicas.

Descrição	Autores
Análise Prévia	Antoniou et al. (2019), Azouma et al. (2019), Budzianowski (2017), Desing et al. (2019), Kilkis; Kilkis (2017), Lausselet et al. (2017), Olson-Hazboun et al. (2018), Unal; Shao (2019), Zamfir et al. (2016); Burger et al. (2019), Chen; Kim (2019), Sassanelli (2019), Stiles et al. (2018), Walker et al. (2018).
Prospecção	Bassi; Dias (2019), Batista et al. (2019), Cascone et al. (2020), Celikkaya (2017), Dalmazzo-Bermejo et al. (2017), Deutz et al. (2017), Fobissie (2019), Gallagher et al. (2019), Gawel et al. (2014), Katz-Gerro; Sintas (2019), Kim; Park (2018), Liguori; Faraco (2016), Loiter; Norberg-Bohm (1999), Meyer et al. (2018), Priyadarshini; Abhilash (2020), Ribeiro et al. (2016), Schoden et al. (2020), Sharma et al. (2020), Silva et al. (2020), Wall et al. (2017);Giezen (2018), Hao et al. (2020), Lee et al. (2017), Ngan et al. (2019), Samperio; Acosta (2013).
Avaliação	Aranda-Uso et al. (2019), Arnette; Zobel (2011), Arrese; Wells (2016), Baran (2015), Barradale (2010), Bertsch et al. (2016), Carfora et al. (2018), Di Fraia et al. (2020), Doblinger et al. (2016), Groh; Mollendorff (2020), Haas et al. (2015), Liebe; Dobers (2019), Mavi; Mavi (2019), Marques et al. (2019), Mihai et al. (2018), Nedelea et al. (2018), Polzin et al. (2015), Skrinjaric (2020), Stokes; Warshaw (2017), Sung; Song (2013), Suwa; Jupesta (2012), Tsai (2019), West et al. (2010), Wysokinska (2018);Maciel et al. (2018), Sherwood (2020)

Fonte: Os autores (2021).

A etapa da Análise prévia ocorre antes da tomada de qualquer decisão, dentro do campo de atuação, e busca o interesse coletivo, com amplos efeitos para a sociedade (VÁZQUEZ, D.; DELAPLACE, D.; 2011). É primeira fase no ciclo de políticas públicas e foi verificada em 14 publicações. Entende-se como possível a utilização destes estudos para potencial desenvolvimento da expansão da energia renovável aliada a prática de economia circular a partir de políticas públicas que promoverão os seguintes benefícios: 1) Análise sobre oportunidades e os riscos de emprego, habilidades e educação que estão relacionados com uma economia circular (CE) nos Estados Unidos; Base de futuras pesquisas sobre políticas públicas para o desenvolvimento de projetos de energias renováveis; 2) Apoiar o desenvolvimento de energias renováveis na Romênia; 3) Contribuição para a literatura de estratégia/gestores atingir grau mais elevado de circularidade; 4) Diminuição do consumo de combustíveis fósseis, emprego de forma eficaz um sistema simples para produção de biogás e um sistema de secagem de duas fases; 5) Envolver os alunos na Política Pública. Dimensionar, criar processos e estimular a

sustentabilidade ambiental; 6) Produção de matérias-primas secundárias, valorização de novos fluxos de resíduos que ocorrem na reciclagem de material; 7) Medir e avaliar o grau de circularidade de uma empresa; 8) Melhorar a eficiência do material; 9) Reduzir impactos no meio ambiente e escassez de recursos, circularidade do produto, melhorar a eficiência do material; 10) Mitigar possíveis excessos regionais, e substituir os produtos de alto impacto convencionais com bio-recursos, reforçando a sustentabilidade dentro de uma economia circular; 11) Prever a resposta de diferentes locais sobre o uso das fontes renováveis, uso da economia circular; 12) Profunda redução nas emissões de CO₂, melhoria do processo de captura e armazenagem; 14) Tecnologia e Inovação; Promoção da economia circular entre as indústrias, potencializar a mitigação de gases com efeito adicional, melhora do processo numa avaliação e consideração na concepção de produtos sustentável circulares e sistemas; 15) Disponibilidade da Energias Renováveis face ao crescimento da demanda populacional.

Lausset et al. (2017) classificaram como análise prévia em razão dos questionamentos realizados nos objetivos do estudo em que os resultados da pesquisa podem desdobrar em políticas a serem implementadas. Perante estes fatores, o autor analisou as possibilidades da Noruega para os resíduos da energia gerados em uma década. Quais são as ameaças e as oportunidades estão previstas? Na tentativa de responder a estas questões, o estudo combina uma análise baseada em quatro situações: 1) a situação atual do setor da Noruega; 2) as implicações da economia circular; 3) a adição de circularidade no atual sistema; e (4) um cenário de descarte dos resíduos em aterro. A mudança climática é considerada como um grande desafio global, e a descarbonização do setor energético requer transformação e envolve um aumento de ações renováveis e da incorporação de captura de carbono e processos de armazenamento.

O mapeamento do ‘problema público’, na análise prévia, estabelece a estruturação a partir da sua origem e as possibilidades de diferentes soluções serão apresentadas. Caso estejam afastadas de um estudo técnico científico, as soluções poderão considerar apenas ideologias políticas momentâneas e os interesses em jogo dos grupos envolvidos. A partir daí, as decisões serão tomadas pelas soluções apresentadas que possuem maior certeza técnica para a futura implementação, que caracteriza a segunda etapa do ciclo de políticas públicas (FONSECA; BONFIM FILHO, 2019).

A segunda etapa, denominada Prospeção, apresentou 25 publicações que trouxeram a estruturação do problema com as alternativas a serem implementadas. Os

principais benefícios, de acordo com os autores, foram catalogados e divididos em dois grupos temáticos: Políticas de Eficiência e Políticas de Inovação.

Nos estudos que abordam as Políticas de Eficiência à Energia Renovável e Economia Circular foram registrados os benefícios que fomentam a redução de custo, a eficiência energética e a expansão das renováveis, tais como: 1) Análise de eficiência e eficácia de uma combinação de políticas, aumentar a eficiência global da política climática e energética, aumentar a consciência pública sobre a tecnologia de energias renováveis/economia circular; 2) Diminuição no consumo de recursos, estimular a adoção de economia circular, apoiar o desenvolvimento sustentável e proporcionar orientações em diferentes estágios do ciclo da indústria para transição para a economia circular; 3) Melhor análise, planejamento e implementação das políticas de enquadramento da Economia Circular na União Europeia, melhoria de processo e produtos para atingir zero emissões de CO₂; 4) Otimizar o sistema de economia circular, crescimento da indústria; 5) Política de desenvolvimento da energia eólica nos Estados Unidos; 6) Viabilidade comercial da Política de Energias Renováveis, Integração das Políticas de Gestão de Resíduo; Desenvolvimento Sustentável; 7) Práticas de economia circular, promover a recuperação de recursos, gestão de resíduos, prática e política com um impacto duradouro na recuperação de recursos; 8) Reduzir o custo da eletricidade, investir na educação e criar consciência sobre os benefícios das energias renováveis.

O grupo composto pelas Políticas de Inovação à Energia Renovável e Economia Circular na etapa da prospecção apresentou benefícios para a promoção de pesquisas e uso de tecnologia, tais como: 1) Fontes alternativas, econômicas, renováveis e verdes de energia como o hidrogênio, viabilidade comercial da produção de hidrogênio, fontes viáveis na área rural do estado; 2) Geração de energia mais limpa, utilizar esterco para gerar energia, seria possível gerar 1.277 TW h ano, caminhos que a indústria de biometano poderia materializar; 3) Inovação na produção e no processo de utilização, módulo PV para reciclagem mais fácil ou reutilização integração de sistemas diferentes; 4) Minimização de resíduos, replanejamento do uso de energia, redesenhar produtos e serviços, aprovação de atividades EC interdependentes; 5) Proporcionar alta exploração dos materiais, reduz a necessidade de extração de recursos virgens, fornece energia limpa e renovável, e reduziu a necessidade de aterro; 6) Redução dos efeitos nocivos dos combustíveis fósseis sobre o clima, reduzir a intensidade de recursos para mitigar as mudanças climáticas; 7) Tratamento biológico para a produção de energia, Biorrefinaria, Melhoria de Processo,

reduzir a dependência dos combustíveis fósseis; 8) Redução na exploração de recursos de Energia Não renovável e de emissões GEE; 9) Gestão de resíduos e sustentável no uso do plástico agrícola.

Ultrapassada as duas etapas, o gestor/pesquisador estará apto a avaliar os resultados da política pública, observando os impactos e se houve possibilidade de atingir os resultados esperados. Não sendo satisfatórios ou negativos, poderá promover reajuste ou substituição por outras ações, políticas públicas.

Para a fase de Avaliação foram identificadas 26 publicações, com as seguintes discussões: 1) Design e enquadramento para incentivar a opinião pública para o fortalecimento das medidas que integram as Políticas Públicas de Energias renováveis; 2) Análise da aceitação pública sobre a infraestrutura de energia; 3) Aumentar a consciência de temas de economia circular; 4) Compensar as consequências negativas do processo de transição; tomar medidas de confiança; sensibilizar o público para a sua própria participação na emissão de gases de efeito estufa; 5) Compreender o que vem frustrando a implementação de energias renováveis no Japão; 6) Considerável redução de CO₂; Crescimento de emprego; Exportação de produto, Crescimento Verde; efeitos econômicos importantes; 7) Empresas aumentarem capacidade de inovação; Parcerias com associações de pesquisa; portfólio de produtos inovadores; 8) Exportação de matéria-prima, emprego da população na economia circular; 9) Gerar um maior apoio e participação do público; 10) Implicações de implementação da política com base no estudo; instrumentos de política para permitir difusão no mercado curto; Manter o investimento em energias renováveis a longo prazo; 11) Mapeamento de aceitação para construção de novas usinas de energias Renováveis; 12) Políticas para atitudes mais positivas; menos intenções de protesto; 13) Melhorar crescimento do estoque social em função da geração de energias renováveis; 14) Melhorar a segurança do fornecimento de energia doméstica e valorização de resíduos. 15) Diminuição de Gases de efeito estufa; Melhorar as condições de investimentos institucionais, instrumentos de política aconselhável, incentivos económicos e fiscais; 16) Melhorar o conhecimento sobre gestão de recursos financeiros; Minimizar a degradação do meio ambiente; incentivo e a utilização de energias renováveis; monitorar a eficiência energética e ambiental para cooperação do OCDE; Mudanças climáticas como um objeto de política internacional; desenvolvimento de projetos NCR; 17) Alternativas para priorizar as fontes de energia renováveis (indústria petroquímica e produção de fertilizantes renováveis; biomassa abundante para dar prioridade outras fontes de energia

renováveis; e agricultura voltar a economia a partir de cooperação das partes interessadas entre cadeias de valor; 18) Programa de Bioeconomia global, Alcance da principal premissa da economia circular.

West et al. (2010), apresentou avaliação quanto a política de expansão das energias renováveis ao identificar a insatisfação pública à localização das instalações e a relutância pública para investir em energias renováveis, tornando um dos principais obstáculos para a expansão do setor das energias renováveis no Reino Unido e outros países europeus. Entretanto, a pesquisa foi realizada para explorar formas em que as políticas do governo para Energias Renováveis podem ser adaptadas para gerar um maior apoio e participação do público. Questões discutidas incluem a concessão de incentivos econômicos e conscientização da sociedade sobre as alterações climáticas que liga as energias renováveis ao comportamento global de energia e preservação do meio ambiente.

2.3.2.3 Análise dos tipos de políticas públicas em energias renováveis

Há infinitas possibilidades de tipologias de Políticas Públicas, o que dificulta a construção de uma linguagem unificada. Logo, foi realizada a definição de conceitos e classificação em análise aos benefícios identificados nos 65 artigos. Os aspectos comuns foram agrupados e baseado em três das categorias da tipologia de Lowi (1964): regulatórias (de monitoramento e controle); distributivas (de ajuda ou subsídios); e redistributivas (Economia e bem-estar; reestruturação).

As Políticas Distributivas possuem como premissa viabilizar subsídios e estímulo para adoção das políticas. Foram identificados 2 (dois) artigos, um deles do Stokes; Warshaw (2017) que sugere um design e enquadramento econômico da sociedade para incentivar a opinião pública no fortalecimento das medidas que integram as Políticas Públicas de Energia Renovável nos Estados Unidos.

As Políticas Redistributivas apresentaram 23 (vinte e três) contribuições voltadas a economia, bem-estar e reestruturação, a exemplo do Arnette; Zobel (2011), que realizou a análise no Apalaches do sul e do leste dos Estados Unidos, devido à forte dependência de carvão para a eletricidade na região e do seu potencial para o aumento da utilização de energia eólica e solar. Os resultados foram analisados para determinar o impacto que estas políticas têm no custo de geração e emissão de poluentes na região, buscando um redimensionamento econômico e um maior bem-estar na região com a descarbonização.

A Figura 2.9 apresenta uma sistematização telegráfica, onde relacionou o objetivo das pesquisas com os tipos de políticas públicas. As Políticas Públicas Regulatórias foram encontradas em 40 estudos. A relevante quantidade revela o momento de transição vivenciado nas grandes economias, que vivenciam a economia circular e buscam mecanismos de desenvolvimento, a exemplo da abordagem pautada no monitoramento e controle do setor energético, realizada por Doblínger et al. (2016), na Alemanha, que apresentou os efeitos das políticas públicas de estímulo à procura de tecnologia e o aumento da capacidade de inovação a partir de parcerias com associações de pesquisa.

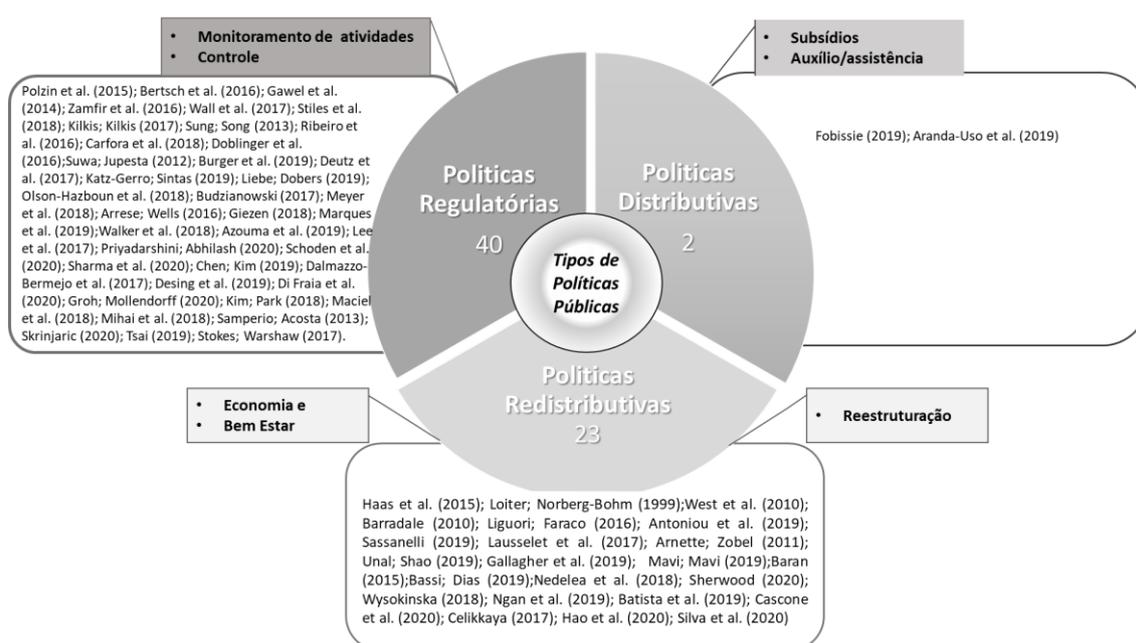


Figura 2.9 - Sistematização telegráfica do objetivo das pesquisas com os tipos de políticas públicas.

Fonte: Os autores (2021).

As Políticas Distributivas possuem como premissa viabilizar subsídios e estímulo para adoção das políticas. Foram identificados 2 (dois) artigos, um deles do Stokes; Warshaw (2017) que sugere um design e enquadramento econômico da sociedade para incentivar a opinião pública no fortalecimento das medidas que integram as Políticas Públicas de Energia Renovável nos Estados Unidos.

As Políticas Redistributivas apresentaram 23 (vinte e três) contribuições voltadas a economia, bem-estar e reestruturação, a exemplo do Arnette; Zobel (2011), que realizou a análise no Apalaches do sul e do leste dos Estados Unidos, devido à forte dependência de

carvão para a eletricidade na região e do seu potencial para o aumento da utilização de energia eólica e solar. Os resultados foram analisados para determinar o impacto que estas políticas têm no custo de geração e emissão de poluentes na região, buscando um redimensionamento econômico e um maior bem-estar na região com a descarbonização.

2.3.3 Economia Circular e as Energias renováveis

Os produtos e serviços estão adequando os seus fins, buscando o não esgotamento da sua matéria, com grande interesse à renovação do ciclo de vida. O modelo tradicional de produção e serviços foi firmado na lógica linear ou “*take-make-dispose*”, fundamentado na modificação de produtos a partir da extração de matérias-primas, de fonte esgotável e não possuem uma forma de tratamento correta para os resíduos gerados. A poluição gerada, advinda do crescimento populacional, exigirá mais produtos, mais alimentos, mais água e mais energia, necessitando adotar medidas concretas que mitiguem esse cenário. (WIJKMAN et al. 2015).

Nos países considerados em desenvolvimento e emergentes, as energias renováveis são consideradas elementos precípuos para evolução e crescimento econômico, assim como de igualdade, bem-estar social e inserção econômica. Governos e empresas em todo o mundo adotam o conceito da economia circular (EC) como uma ferramenta de gestão inteligente, pois revela o fim da vida e os desafios da qualidade dos produtos (KAPSALIS et al., 2019). Murray et al. (2017) descreve a EC como "um eco modelo econômico em que recursos, compras, produção e reprocessamento são projetados para considerar o desempenho ambiental e bem-estar humano". A EC no mundo surgiu de uma necessidade, como modelo alternativo para alcançar a sustentabilidade que busca manter o fluxo de materiais e produtos em sua maior utilidade e valor por meio do re-design dos produtos e novos modelos de negócios (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013). Em uma abordagem holística, a EC transforma os resíduos em novos recursos, o uso de energias renováveis, e a eliminação ou minimização de componentes tóxicos (RIBEIRO; KRUGLIANSKAS, 2015). Ellen MacArthur Foundation (2015) afirmaram que a EC passou a ter maior visibilidade a partir da década de 1990, propagada em diversas escolas de pensamento, como por exemplo, o Design Regenerativo (Lyle, 1994), a Ecologia industrial (Lifset e Graedel, 2002) e a Economia de Desempenho (Stahel, 2006).

Geissdoerfer et al. (2017) definem EC como “um sistema regenerativo em que a entrada de recursos e emissão de resíduos e o vazamento de energia é minimizado ao

desacelerar, fechar e estreitar os circuitos de energia”. EC regula estratégias e planos práticos em diferentes níveis (GENG; DOBERSTEIN, 2008; YUAN et al., 2006) para um uso mais eficiente de energia, água e recursos naturais materiais de um lado e restringindo a eliminação de resíduos no ambiente, por outro lado (LIU et al., 2019). O valor da economia circular se relaciona com a escassez de recursos e os impostos cobrados sobre eles. Portanto, a EC é capaz de refletir as externalidades sociais e ambientais. Sob a perspectiva da EC, materiais e recursos podem ser recuperados e reutilizados como um interminável processo que garante a realização do valor econômico (KAPSALIS et al., 2019).

No setor energético, as iniciativas se concentram desde o desenvolvimento de fontes mais limpas de energia a partir de resíduos orgânicos e novos modelos de negócio até a gestão de energia. Para tanto, foi realizada uma classificação levando em consideração as perspectivas da economia circular e relacionando as premissas identificadas nos artigos da revisão sistemática. Desse modo, as interfaces foram identificadas entre as características conceituais descritas na literatura para cada um dos termos analisados, com base nas práticas de logística reversa, *closed loop*, *double loop*, *upcycle*, simbiose industrial, análise do ciclo de vida, *cradle to cradle*, e economia circular. A seguir, a Tabela 2.7 apresenta a correlação realizada entre as perspectivas da economia circular e suas premissas, associando os estudos os autores identificados a partir dos benefícios viabilizados nos artigos que compõem a revisão.

Entende-se como perspectivas complementares aquelas que possuem interfaces entre si, são aplicadas, muitas vezes, de forma concomitante nas atividades industriais e produzem resultados efetivos à sustentabilidade do planeta. A complexidade das práticas necessárias à efetividade da EC tem aplicação ao longo de toda a cadeia de produção, de tal forma a tornar imprescindível os investimentos e formulação de políticas de inovação que viabilizem o desenvolvimento sustentável. A sobreposição existente entre tais perspectivas contribui para criar uma conjuntura sistêmica de uma cadeia de produção, na qual os ganhos podem ser compartilhados entre todos os elos, gerando resultados às empresas e à sociedade seja de forma autônoma ou por meio de incentivos.

Além de esclarecer os aspectos conceituais relacionados aos termos técnicos da EC, que são utilizados no ambiente acadêmico e empresarial de alto nível, é necessário difundir ideias de reaproveitamento e reuso que deve alcançar principalmente a parcela da sociedade que é onerada com os efeitos de uma maior geração e acúmulo de lixo. Assim o

framework construído ilustra as interfaces existentes e aponta aos pesquisadores estudos futuros que poderiam ser desenvolvidos, identificar e analisar as diversas metodologias e ferramentas que podem ser utilizadas para operacionalizar as perspectivas descritas, assim como deflagrar para as organizações o comprometimento com as diretrizes de sustentabilidade promulgadas pela ONU (políticas públicas redistributivas e distributivas) e ajudar aqueles países que adotam diretrizes sustentáveis de modo reativo sob a égide de uma punição (políticas públicas regulatórias).

Tabela 2.7 - Classificação das perspectivas da economia circular vis-à-vis premissas associadas encontradas nos artigos de RSL.

Perspectivas Economia Circular	Premissas Associadas nos artigos	Autores	Qde.
Análise do ciclo de vida (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Quantifica os impactos ambientais associados a um produto ou processo; – Compila a entrada de energia e materiais relevantes inseridos e emissões ambientais; – Desenvolve produtos mais sustentáveis; – Avalia estratégica de produtos frente a concorrentes; – Analisa alternativas para redução de impactos dentro da cadeia de valor; – Conhece o processo produtivo; – Faz a gestão de impactos na cadeia produtiva; – Atende às leis e políticas ambientais (ex.: Política Nacional de Resíduos Sólidos) – Melhora a imagem do setor frente à sociedade (Marketing verde); – Elabora relatórios de sustentabilidade (ex.: Global Initiative Reporting – GRI); – Cria rótulos ambientais (ex.: Declarações Ambientais de Produto – DAP). 	Aranda-Uso et al. (2019); Arnette; Zobel (2011); Barradale (2010); Carfora et al. (2018); Groh; Mollendorff (2020); Liebe; Dobers (2019); Mavi (2019); Ribeiro et al. (2016); Walker et al. (2018)	9
Closed loop (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Preza a circularidade dos recursos; – Recicla materiais. 	Marques et al. (2019); Budzianowski (2017); Celikkaya (2017); Deutz et al. (2017); Gallagher et al. (2019); Maciel et al. (2018); Meyer et al. (2018); Mihai et al. (2018); Ngan et al. (2019) e Polzin et al. (2015)	10

Cradle to cradle (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Os recursos são geridos em uma lógica circular de criação e reutilização, em que cada passagem de ciclo se torna um novo berço para determinado material; – Introduz os sistemas cíclicos, permitindo que recursos sejam reutilizados indefinidamente e circulem em fluxos seguros e saudáveis para os seres humanos e para a natureza. 	Antoniou et al. (2019); Silva et al. (2020)	2
Double loop (ênfase na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Usa novos modelos e padrões mentais; – Olha para um resíduo e procura criar alternativas novas para reintroduzi-lo na cadeia de produção. 	Bassi; Dias (2019); Baran (2015); Burger et al. (2019); Desing et al. (2019); Fobissie (2019); Kilkis; Kilkis (2017); Kim; Park (2018); Stiles et al. (2018); Stokes; Warshaw (2017); Sung; Song (2013); Suwa; Jupesta (2012); Wall et al. (2017); Zamfir et al. (2016)	13
Economia circular (foco na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Enfatiza o ciclo biológico e ciclo técnicos nos materiais; – Prima pela Manutenção do produto; – Reutiliza/redistribui– produto usado; – Atualiza/remanufatura o produto; – Recicla produto. 	Chen; Kim (2019); Gawel et al. (2014); Haas et al. (2015); Katz-Gerro; Sintas (2019); Lee et al. (2017); Liguori; Faraco (2016); Nedelea et al. (2018); Olson-Hazboun et al. (2018); Priyadarshini; Abhilash (2020); Sassanelli (2019); Sharma et al. (2020); Wysokinska (2018);	15
Logística reversa (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Prima pela coleta e restituição dos resíduos para a indústria, a fim de que possam ser reintroduzidos na cadeia de produção ou reaproveitados; – Atribui responsabilidade compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e dos titulares de serviços públicos e de limpeza urbana para destinos reversos de embalagens e produtos; – Foca no reaproveitamento; – Produtos são reciclados e remanufaturados pelos fabricantes. 	Bertsch et al. (2016); Cascone et al. (2020); Dalmazzo-Bermejo et al. (2017); Di Fraia et al. (2020); Lausset et al. (2017); Samperio; Acosta (2013); Sherwood (2020); Tsai (2019); West et al. (2010)	9
Simbiose industrial	<ul style="list-style-type: none"> – Foca no mutualismo, na cooperação e no compartilhamento. 	Azouma et al. (2019); Batista et al. (2019); Doblinger et al. (2016); Giezen (2018); Hao et al. (2020); Loiter; Norberg-Bohm (1999)	6
Upcycle (ênfase na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Usa criatividade e inovatividade; – Usa novos modelos e padrões mentais; – Enfatiza contemporâneos de sustentabilidade. 	Arrese; Wells (2016)	1

Fonte: Os autores (2021).

A revisão sistemática correlacionada às perspectivas da EC e às suas respectivas premissas pode ser útil para gestores e consultores disseminarem nas empresas a contribuição da literatura para à tomada de decisões relacionadas às melhores técnicas e

práticas a serem adotadas na cadeia de produção com o intuito de promoverem a sustentabilidade (SEHNEM; PEREIRA, 2019). O *framework* possibilitou o mapeamento de autores e respectivos países de cada uma das práticas, possibilitando futuros estudos sobre impactos na eficiência operacional dentro das organizações adotantes. Os gestores públicos podem usar as diferentes tipologias aqui apresentadas com o propósito de proporem políticas públicas às energias renováveis que contribuam para o progresso da sustentabilidade nas organizações e para a ampliação da circularidade dos recursos nos processos de transição da matriz elétrica. A produção de energia é crítica questão na economia circular. Assim, o estágio de recuperação da abordagem 4R incluindo redução, reutilização, reciclagem e recuperação é relacionado com a recuperação de energia por meio da reciclagem de resíduos (MANICKAM; DURAISAMY, 2019).

2.4 CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas foi verificado que os estudos que integram Políticas para Energias Renováveis iniciaram em 1999, porém, a partir de 2010 houve um maior impacto na publicação da temática, envolvendo energias renováveis e o crescimento do mercado da eólica a partir de políticas energéticas nos Estados Unidos. As principais fontes de estudo foram biomassa, eólica, hidrogênio, solar e as renováveis lato sensu.

Os países com maior contribuição foram Alemanha, Reino Unido, Itália, Brasil e Chile relacionados a países desenvolvidos e/ou elevada demanda de energia e disponibilidade de recurso. A análise das Políticas Públicas em Energias Renováveis e a integração da Economia Circular foi a partir de 2015. As avaliações do espaço estiveram diretamente ligadas às análises ambientais, econômicas e de disponibilidade das fontes renováveis. As análises ambientais associadas ao espaço evidenciaram eficiência do uso da energia renováveis para diminuição das emissões de GEE, além de ser alternativa viável para cumprimento de políticas energéticas para os países de maior desenvolvimento. Notou-se que o processo tecnológico representa o maior expoente das emissões de poluentes, havendo crescente esforço nos estudos e na prospecção de políticas para implantação da circularidade no ambiente das indústrias e sociedade.

Foi observada uma lacuna para realização de estudos nos países que não apresentaram pesquisas ou poucas pesquisas quanto as PPER na EC e são aconselhados a aumentar a consciência sobre temas de EC aliados a políticas energéticas, minimizando a dependência de matérias-primas e uma maior participação pública e privada na

conscientização e realização dos objetivos propostos nos estudos.

Os estudos demonstram a efetivação da participação do ente privado, como investidores e indústrias, buscando regular os recursos, reduzir os custos, ampliar a sustentabilidade e promover o desenvolvimento e a concepção disruptiva no modelo econômico global. Este trabalho apresentou algumas limitações associadas, principalmente, ao conjunto de palavras-chave, que podem omitir algumas pesquisas relevantes para a área de estudo. Produções futuras podem incorporar as análises de referências da literatura identificada dos dados de pesquisa, ampliando significativamente o objeto de estudo e podendo extrair novas informações.

Baseadas em recursos naturais cíclicos, a matriz energética dos países, desenvolvidos ou não, possuem potencial para atender as concepções mundiais de sustentabilidade, que apesar do potencial de recurso natural encontrado em diversos países e do discurso alinhado com as melhores práticas e das boas perspectivas para uma matriz com predominância verde, as barreiras encontradas para o desenvolvimento são pautadas na falta de incentivo à circularidade econômica.

No entanto, a difusão da circularidade no setor industrial é propagada de forma lenta, especialmente nos países em desenvolvimento. A aplicabilidade das evidências extraídas na RSL pode gerar conhecimentos relevantes à tomada de decisão dos gestores públicos e organizacionais, conseqüentemente, à economia e sociedade. É crucial certificar que o desenvolvimento dessas nações é sustentável, a partir da formulação de Políticas Públicas que propaguem o incentivo e a consciência sustentável, mitigando efeitos de uma economia linear, que apesar de tecnológica e prática, terá o custo sobrepesado na degradação do meio ambiente para as futuras gerações.

2.5 REFERÊNCIAS

ANTONIOU, N.; MONLAU, F.; SAMBUSITI, C. FICARA, E. BARAKAT, A.; ZABANIOTOU, A. Contribution to Circular Economy options of mixed agricultural wastes management: Coupling anaerobic digestion with gasification for enhanced energy and material recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 505–514, 2019.

ARANDA-USÓN, A.; PORTILLO-TARRAGONA, P.; MARIN-VINUESA, L. M.; SCARPELLINI, S. Financial resources for the circular economy: A perspective from businesses. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 3, p. 888, 2019.

ARNETTE, A. N.; ZOBEL, C. W. The role of public policy in optimizing renewable energy development in the greater southern Appalachian mountains. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3690–3702, 2011.

AZOUMA, Y.O.; DRIGALSKI, L.; JEGLA, Z.; REPPICH, M.; TUREK, V.; WEIß, Indirect Convective Solar Drying Process of Pineapples as Part of Circular Economy Strategy. **Energies**, v. 12, n. 15, p. 1-18, 2019.

BARAN, B. Support for renewable energy in Germany as an example of effective public policy. **Oeconomia Copernicana**, v. 6, n. 2, p. 143, 2015.

BARRADALE, M. J. Impact of public policy uncertainty on renewable energy investment: Wind power and the production tax credit. **Energy Policy**, v. 38, n. 12, p. 7698–7709, 2010.

BASSI, F.; DIAS, J. G. The use of circular economy practices in SMEs across the EU. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 146, p. 523–533, 2019.

BATISTA, A. G.; BETINI, R. C.; BARETA, M. L. E.; SANDIM, Á. A.; PEPPLOW, L. A. Public policies to be implemented to encourage the use of renewable energy sources in the rural area of Parana. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, n. specialissue, p. 1–8, 2019.

BERTSCH, V.; HALL, M.; WEINHARDT, C.; FICHTNER, W. Public acceptance and preferences related to renewable energy and grid expansion policy: Empirical insights for Germany. **Energy**, v. 114, p. 465–477, 2016.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, p. 603-614, 2017.

BUDZIONOVSKY W.M. Implementing carbon capture, utilization and storage in the circular economy. **International Journal of Global Warming**, v. 12, n.2, p. 272-296, 2017.

BURGER, M.; STAVROPOULOS, S.; RAMKUMAR, S.; DUFOURMONT, J.; VAN OORT, F. The heterogeneous skill-base of circular economy employment. **Research Policy**, v. 48, n. 1, p. 248–261, 2019.

CARFORA, A.; PANSINI, R. V.; ROMANO, A. A.; SCANDURRA, G. Renewable energy development and green public policies complementarities: The case of developed and developing countries. **Renewable Energy**, v. 115, p. 741–749, 2018.

CASCONE, S.; INGRAO, C.; VALENTI, F.; PORTO, S. M. Energy and environmental assessment of plastic granule production from recycled greenhouse covering films in a circular economy perspective. **Journal of Environmental Management**, v. 254, p. 109796, 2020.

CHEN, W. M.; KIM, H. Circular economy and energy transition: A nexus focusing on the non-energy use of fuels. **Energy and Environment**, v. 30, n. 4, p. 586–600, 2019.

CLIMATESCOPE. **Global Climate Scope**, [2019]. <<http://global-climatescope.org/results/CL/clean-energy-investment>> Acesso: 18 de maio de 2020.

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de Projetos Sociais**. 9ª Ed., Petrópolis/RJ, Editora: Vozes, 2008.

COOK, D.J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R.B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**, v.126, n.5, p.376-380, 1997.

CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S.; GOMEZ, E.O. **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2008.

CRESPO, A. A. **Estatística Fácil**. 15º ed. São Paulo: Saraiva, 1997. 224p.

DALMAZZO-BERMEJO, E.; ESPINOZA-BRITO, L. Production of non-traditional renewable energy in Latin America: economy and public policies. **Apuntes**, v. 44, n. 81, p. 63–82, 2017.

DESING, H.; WIDMER, R.; BELOIN-SAINT-PIERRE, D.; HISCHIER, R.; WÄGER, P. Powering a sustainable and circular economy -an engineering approach to estimating renewable energy potentials within earth system boundaries. **Energies**, v. 12, n. 24, p. 4723, 2019.

DEUTZ, P.; BAXTER, H.; GIBBS, D.; MAYES, W. M.; GOMES, H. I. Resource recovery and remediation of highly alkaline residues: A political-industrial ecology approach to building a circular economy. **Geoforum**, v. 85, p. 336–344, 2017.

DOBLINGER, C.; DOWLING, M.; HELM, R. An institutional perspective of public policy and network effects in the renewable energy industry: enablers or disablers of entrepreneurial behaviour and innovation? **Entrepreneurship and Regional Development**, v. 28, n. 1–2, p. 126–156, 2016.

DROR, Y. **Design for policy sciences**. New York, 1971.

DYE, T.R. **The policy analysis**. Alabama: The University of Alabama Press, 1976.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: O Racional de Negócio para Acelerar a Transição**, 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 16 set. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector**. Ellen MacArthur Foundation, 2013.

ELO, S.; KYNGÄS, H.; O processo qualitativo de análise de conteúdo. **Jornal de Enfermagem Avançada**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A.; NUNES, N.A., REIS, C. BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. **Bus. Process Manag. J.**, v. 23, p. 71–86, 2017. doi:10.1108/BPMJ-11-2015-0159. 2017.

FOBISSIE, E.N.; INC, F. The role of environmental values and political ideology on public support for renewable energy policy in Ottawa, Canada. **Energy Policy**, v. 134, p. 110918, 2019.

FONSECA, V.; BONFIM FILHO, E. Políticas Públicas: conceito, ciclo, processo de formação e sua ineficácia no âmbito do sistema penitenciário brasileiro. **Revista Neiba, Cadernos Argentina-Brasil**, Rio de Janeiro, Vol. 8, 2019.

FRAIA, S.; MASSAROTTI, N.; PRATI, M. V.; VANOLI, L. A new example of circular economy: Waste vegetable oil for cogeneration in wastewater treatment plants. **Energy Conversion and Management**, v. 211, p. 112763, 2020.

GALLAGHER, J.; BASU, B.; BROWNE, M.; KENNA, A.; MCCORMACK, S.; PILLA, F.; STYLES, D. Adapting Stand-Alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco-Design and Recycling. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 133–140, 2019.

GAWEL, E.; STRUNZ, S.; LEHMANN, P. A public choice view on the climate and energy policy mix in the EU - How do the emissions trading scheme and support for renewable energies interact? **Energy Policy**, v. 64, p. 175–182, 2014.

GEISSDOERFER, D. V.; EVANS, S. Sustainable Business Model Innovation: Review. **J. Clean. Production.**, v.198, p. 401-416, 2017.

GELHARD, Carsten; VON DELFT, Stephan. O papel das capacidades organizacionais para alcançar um desempenho de sustentabilidade superior. *Journal of Business Research*, v. 69, n. 10, pág. 4632-4642, 2016.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Tornando as compras governamentais mais verdes em países em desenvolvimento: Capacitando na China. **Revista de gestão ambiental**, v. 88, n. 4, p. 932-938, 2008.

GIEZEN, M. Shifting infrastructure landscapes in a circular economy: An institutionalwork analysis of the water and energy sector. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3487, 2018.

GROH, E.D.; MÖLLENDORFF, C. V. What shapes the support of renewable energy expansion? Public attitudes between policy goals and risk, time, and social preferences. **Energy Policy**, v. 137, p. 111171, 2020.

HAAS, W.; KRAUSMANN, F.; WIEDENHOFER, D.; HEINZ, M. How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, p. 765–777, 2015.

HAM, C.; HILL M. **The policy process in the modern capitalist state**. Londres, 1993.

HAO, S.; KUAH, A. T.; RUDD, C. D.; WONG, K. H.; LAI, N. Y. G.; MAO, J.; LIU, X. A circular economy approach to green energy: Wind turbine, waste, and material recovery. **Science of the Total Environment**, v. 702, p. 135054, 2020.

HIRSCH, P.M; LEVIN, D.Z. Umbrella advocates versus validity police: A life-cycle model. **Organization Science**, v. 10, n. 2, p. 199-212, 1999.

HOFFMAN, A. J. Linking social systems analysis to the industrial ecology framework. **Organization & Environment**, v. 16, n. 1, p. 66-86, 2003.

Inc., p. 26, 1994.

KAPSALIS, V.C.; KYRIAKOPOULOS, G.L.; ARAVOSSIS, K.G. Investigation of Ecosystem Services and Circular Economy Interactions under an Inter-organizational Framework. **Energies**, v. 12, p. 1734, 2019.

KATZ-GERRO, T.; LÓPEZ SINTAS, J. Mapping circular economy activities in the European Union: Patterns of implementation and their correlates in small and medium-sized enterprises. **Business Strategy and the Environment**, v. 28, n. 4, p. 485–496, 2019.

KILKIŞ, Ş.; KILKIŞ, B. Integrated circular economy and education model to address aspects of an energy-water-food nexus in a dairy facility and local contexts. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1084–1098, 2017.

KIM, H.; PARK, H. PV waste management at the crossroads of circular economy and energy transition: The case of South Korea. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3565, 2018.

KITCHENHAM, BARBARA A.; DYBA, TORE; JORGENSEN, MAGNE. Evidencebased software engineering. In: Proceedings of the 26th international conference on software engineering. **IEEE Computer Society**, 2004. p. 273-281.

LASSWELL, H. The policy orientation. In: LERNER, D; LASSWELL, H. **The Policy Sciences**. Stanford: Stanford University Press., 1951.

LAUSSELET, C.; CHERUBINI, F.; OREGGIONI, G. D.; SERRANO, G. A.; BECIDAN, M.; HU, X.; RØRSTAD, P. K.; STRØMMAN, A. H. Norwegian Waste-to-Energy: Climate change, circular economy and carbon capture and storage. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 126, p. 50–61, 2017.

LEE, Roh Pin; KELLER, Florian; MEYER, Bernd. Um conceito para apoiar a transformação de uma economia de carbono linear em circular: emissões líquidas zero, eficiência de recursos e conservação através de um acoplamento dos setores de energia, química e gestão de resíduos. **Energia Limpa**, v. 1, n. 1, pág. 102-113, 2017

LIEBE, U.; DOBERS, G.M. Decomposing public support for energy policy: What drives acceptance of and intentions to protest against renewable energy expansion in Germany? **Energy Research and Social Science**, v. 47, p. 247–260, 2019.

LIFSET, R., & GRAEDEL, T. E. (2002). **Industrial Ecology: goals and definitions**. In Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (eds). *A Handbook of Industrial Ecology*. Reino Unido. Edward Elgar Publishing, 3-15, 2002.

LIGUORI, R.; FARACO, V. Biological processes for advancing lignocellulosic waste biorefinery by advocating circular economy. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 13–20, 2016.

LIU, J. China's renewable energy law and policy: a critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 99, p. 212-219, 2019.

- LOITER, J.M.; NORBERG-BOHM, V. Technology policy and renewable energy: Public roles in the development of new energy technologies. **Energy Policy**, v. 27, n. 2, p. 85–97, 1999.
- LOWI, T. American Business, Public Policy, Case-Studies and Political Theory. **World Politics**. v. 16, n.4, p.677-715, 1964.
- LU, Y.; KHAN, Z. A.; ALVAREZ-ALVARADO, M. S.; ZHANG, Y.; HUANG, Z.; IMRAN, M. A critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5078, 2020.
- LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable development**. Ed. John Wiley & Sons,
- MACIEL FILHO, P. N.; ALCÓCER, J. C. A.; PINTO, O. R. O.; DOLIBAINA, L. I. L. Sustainable energy public policies planning: encouraging the production and use of renewable energies. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 22, p. 10, 2018.
- MANICKAM, P.; DURAISAMY, G. 3Rs and circular economy. *In: Circular Economy in Textiles and Apparel*. **Woodhead Publishing**, p. 77-93, 2019.
- MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A.; PEREIRA, D. S. 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**, v. 63, p. 188–206, 2019.
- MAVI, N. K.; MAVI, R. K. Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index. **Journal of Environmental Management**, v. 247, p. 651–661, 2019.
- MEYER, B.; KELLER, F.; WOLFERSDORF, C.; LEE, R. P. A Concept for the Circular Carbon Economy Sector Coupling of the Energy, Waste, and Chemical Industry. **Chemie-Ingenieur-Technik**, v. 90, n. 1, p. 241–248, 2018.
- MIHAI, M.; MANEA, D.; TITAN, E.; VASILE, V. Correlations in the european circular economy. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, v. 52, n. 4, p. 61–78, 2018.
- MULROW, C. D. Systematic reviews rationale for systematic reviews. **British Medical Journal**, v.309, p.597–599,1994.
- MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **J Bus Ethics**, v. 140, p. 369–380, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.
- NGAN, S. L.; HOW, B. S.; TENG, S. Y.; PROMENTILLA, M. A. B.; YATIM, P.; ER, A. C.; LAM, H. L. Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 314–331, 2019.

OLSON-HAZBOUN, S.K.; HOWE, P. D.; LEISEROWITZ, A. The influence of extractive activities on public support for renewable energy policy. **Energy Policy**, v. 123, p. 117–126, 2018.

POLZIN, F.; MIGENDT, M.; TÄUBE, F. A.; VON FLOTOW, P. Public policy influence on renewable energy investments-A panel data study across OECD countries. **Energy Policy**, v. 80, p. 98–111, 2015.

PRIYADARSHINI, P.; ABHILASH, P. C. Circular economy practices within energy and waste management sectors of India: A meta-analysis. **Bioresource Technology**, v. 304, p. 123018, 2020.

RACKHAM, N. **Spin Selling: Alcançando Excelência em Vendas**, Ed. M. Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo – SP, Brasil. 2009.

RAMSHANI, M.; LI, X.; KHOJANDI, A.; OMITAOMU, O. An agent-based approach to study the diffusion rate and the effect of policies on joint placement of photovoltaic panels and green roof under climate change uncertainty. **Applied Energy**, v. 261, p. 114402-114418, 2020.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. *In*: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III**. Jerônimo Monteiro: Suprema, p.11-42, 2008.

RIBEIRO, E. M.; BARROS, R. M.; TIAGO FILHO, G. L.; DOS SANTOS, I. F. S.; SAMPAIO, L. C.; SANTOS, T. C.; SILVA, F. G. B.; SILVA, A. P. M.; FREITAS, J. V. R. Power generation potential in posture aviaries in Brazil in the context of a circular economy. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 18, p. 153–163, 2016.

RIBEIRO, E. M.; KRUGLIANSKAS, I. Principles of environmental regulatory quality: a synthesis from literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p.58-76, 2015.

SASSANELLI, C.; ROSA, P.; ROCCA, R.; TERZI, S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 440–453, 2019.

SCHODEN, F.; SIEBERT, A.; KESKIN, A.; HERZIG, K.; STRAUS, M.; SCHWENZFEIER-HELLKAMP, E. Building a wind power plant from scrap and raising public awareness for renewable energy technology in a circular economy. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 1–11, 2020.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v.18, n.1, 35-62, 2019.

SHARMA, S.; BASU, S.; SHETTI, N. P.; AMINABHAVI, T. M. Waste-to-energy nexus for circular economy and environmental protection: Recent trends in hydrogen energy. **Science of the Total Environment**, v. 713, p. 136633, 2020.

- SHERWOOD, J. The significance of biomass in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 300, p. 122755, 2020.
- SILVA, F.; SIMIONI, F. J.; HOFF, D.N. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 706, p. 135973, 2020.
- ŠKRINJARÍ, T. Empirical assessment of the circular economy of selected European countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, p. 120246, 2020.
- STAHEL, W. R. **The performance economy**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2006.
- STILES, W. A.V. et al. Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 267, p. 732–742, 2018.
- STOKES, L. C.; WARSHAW, C. Renewable energy policy design and framing influence public support in the United States. **Nature Energy**, v. 2, n. 8, p. 1–6, 2017.
- SUNG, B.; SONG, W. Y. Causality between public policies and exports of renewable energy technologies. **Energy Policy**, v. 55, p. 95–104, 2013.
- SUWA, A.; JUPESTA, J. Policy innovation for technology diffusion: A case-study of Japanese renewable energy public support programs. **Sustainability Science**, v. 7, n. 2, p. 185–197, 2012.
- TAMAR, A.; COHEN, N. Field research in conflict environments: Methodological challenges and snowball sampling. **Revista Journal of Peace Research**, v. 48, n. 4, p. 423-435, 2011.
- TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Rumo a uma metodologia para desenvolver conhecimento de gestão baseado em evidências por meio de revisão sistemática. **Jornal britânico de administração**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.
- TSAI, W. T. Promoting the circular economy via waste-to-power (WTP) in Taiwan. **Resources**, v. 8, n. 2, p. 1–9, 2019.
- ÜNAL, E.; SHAO, J. A taxonomy of circular economy implementation strategies for manufacturing firms: Analysis of 391 cradle-to-cradle products. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 754–765, 2019.
- VÁZQUEZ, Daniel; DELAPLACE, Domitille. Políticas Públicas na Perspectiva de Direitos Humanos: um Campo em Construção. In **Revista Internacional de Direitos Humanos**, v. 8, n. 14, jun. 2011.
- WALKER, S.; COLEMAN, N.; HODGSON, P.; COLLINS, N.; BRIMACOMBE, L. Evaluating the environmental dimension of material efficiency strategies relating to the circular economy. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2018.
- WALL, D.M.; MCDONAGH, S.; MURPHY, J.D. Cascading biomethane energy systems for sustainable green gas production in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 1207–1215, 2017.

WEBSTER, K. The circular economy: a wealth of flows. **Ellen MacArthur Foundation Publishing**. 2 ed. 2015.

WEST, J.; BAILEY, I.; WINTER, M. Renewable energy policy and public perceptions of renewable energy: A cultural theory approach. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 5739–5748, 2010.

WHITE, M; MARSH, E. **Análise de conteúdo**: uma metodologia flexível. p. 22-45, 2006.

WIJKMAN, A.; SKÅNBERG, K.; BERGLUND, M. The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. 2015. Disponível em: <http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>. Acesso em: 07 de fev. 2020.

WILDAVSKY, A. **Speaking truth to power**: the art and craft of policy analysis. Boston, 1979.

WYSOKIŃSKA, Z. Implementing the Main Circular Economy Principles within the Concept of Sustainable Development in the Global and European economy, with Particular Emphasis on Central and Eastern Europe - The Case of Poland and the Region of Lodz. **Comparative Economic Research**, v. 21, n. 3, p. 75–93, 2018.

YUAN, Z.W.; BI, J.; MORIGUICHI, Y. The Circular Ecology: A New Development Strategy in China. **Journal of Industrial Ecology**, v.10, p. 4-8, 2006.

ZAMFIR, A.; COLESCA, S. E.; CORBOS, R. A. Public policies to support the development of renewable energy in Romania: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 87–106, 2016.

ZENG, S. L.; REN, Y. L.; WANG, W. Research of circular economy assessment: progress and prospect. **Ecology and Environmental Sciences**, v. 18, n. 2, p. 783-789, 2009.

3 - ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA POLÍTICA PÚBLICA NOS MUNICÍPIOS DE ABRANGÊNCIA PELO PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES DE ENERGIA ALTERNATIVA – PROINFA

RESUMO

Avaliar os impactos de política pública permitem mostrar se os recursos públicos foram empregados de forma eficiente e se alcançaram a população de forma democrática. A expansão do setor elétrico beneficia toda população, proporcionando o bem-estar social e não apenas uma política econômica intervencionista. Este artigo avaliou o impacto da política pública nos municípios de abrangência pelo PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa. O programa teve como base a inserção das fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, atrelada aos princípios da eficiência energética, do desenvolvimento econômico e da promoção do bem-estar social. Realizou uma análise *ex post* e *ex ante* do programa e utilizou os modelos econométricos PSM e *Diff-in-Diff* sobre indicadores socioeconômicos, no período de 2002 a 2018. O grupo de controle foram os municípios que receberam usinas beneficiadas pelo PROINFA e o grupo de tratamento, aqueles municípios que apresentaram características semelhantes por meio das covariáveis selecionadas. Os resultados mostraram que o PROINFA apresentou uma elevação de 10% na renda per capita nos municípios, 13,82% no número de trabalhadores formais e 0,39% na despesa do capital, demonstrando que os beneficiados com o programa alcançaram desenvolvimento econômico e social. A análise *ex ante* e *ex post* da política pública indicou um bom nível de coordenação do programa entre as organizações que planejaram e executaram a política, MME e Eletrobrás, e utilizou métodos adequados para o alcance dos propósitos na implementação da política. Conclui-se que o PROINFA trouxe impactos positivos aos municípios de sua abrangência e colaborou com o desenvolvimento regional, como uma política orientada para assegurar a sustentabilidade do desenvolvimento econômico, o que decerto exige planejamento e engajamento governamental.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, Energias renováveis, *Diff-in-Diff*.

**ARTICLE 2 - IMPACT ASSESSMENT OF PUBLIC POLICY IN THE
MUNICIPALITIES COVERED BY THE INCENTIVE PROGRAM FOR
ALTERNATIVE ENERGY SOURCES – PROINFA**

ABSTRACT

Assessing the impacts of public policy makes it possible to show whether public resources were used efficiently and if they reached the population in a democratic way. The expansion of the electricity sector benefits the entire population, providing social well-being and not just an interventionist economic policy. This article evaluated the impact of public policy in the municipalities covered by PROINFA - Program for Incentives to Alternative Energy Sources. The program was based on the inclusion of renewable sources in the Brazilian electricity matrix, linked to the principles of energy efficiency, economic development and the promotion of social well-being. It carried out an ex post and ex ante analysis of the program and used the econometric models PSM and Diff-in-Diff on socioeconomic indicators, in the period 2002 to 2018. The control group were the municipalities that received plants benefiting from PROINFA and the group of treatment, those municipalities that presented similar characteristics through the selected covariates. The results showed that PROINFA presented a 10% increase in per capita income in the municipalities, 13.82% in the number of formal workers and 0.39% in capital expenditure, demonstrating that those benefiting from the program achieved economic and social development. The ex-ante and ex-post analysis of the public policy indicated a good level of program coordination between the organizations that planned and executed the policy, MME and Eletrobrás, and used appropriate methods to achieve the purposes in implementing the policy. It is concluded that PROINFA brought positive impacts to the municipalities in its coverage and collaborated with regional development, as a policy oriented to ensure the sustainability of economic development, which certainly requires planning and government engagement.

Keywords: Sustainable development, Renewable energies, Diff-in-Diff.

3.1 INTRODUÇÃO

A institucionalização de políticas públicas para o gerenciamento das questões ambientais e aos impactos na qualidade de vida das populações, torna a renovação da matriz elétrica tema de relevante importância na pauta mundial e no setor elétrico brasileiro. Nos últimos anos, o Brasil tem mantido um esforço contínuo para a manutenção e diversificação de uma matriz energética limpa (LEITE et al., 2020). As condições edafoclimáticas do país favorecem a geração de energias renováveis, dentre elas a eólica, solar, hidráulica e biomassa.

De acordo com Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2021), em 1970 predominava no Brasil duas fontes de energia, o petróleo e a lenha, com 78% da oferta interna de energia. Após 30 anos, no ano de 2000, 74% do consumo estava com as duas fontes, além da energia hidráulica, que teve participação revolucionária na matriz elétrica. O Brasil, ao ser confrontado inicialmente com os obstáculos econômicos e socioambientais na utilização dos recursos fósseis, como fonte de energia direta ou para a produção de eletricidade, foi iniciando uma tímida diversificação da matriz para explorar seus potenciais naturais, tanto pelo uso de recursos hídricos quanto pela produção de biomassa. (MARTINS; SENJU, 2007).

Após apagão de 2001, recuou para a direção oposta, fomentando a criação de uma capacidade reserva de geração de energia baseada em fósseis, dada a intermitência das termelétricas. Porém, mais relevante é perceber que, em ambos os eventos, o país favoreceu processos mais lucrativos ante processos mais limpos ou mais sustentáveis (SIMIONI, 2006), pois a segurança energética não desclassifica as fontes renováveis, mas sim requer um maior investimento do Estado para garantir a diversificação da matriz, a sustentabilidade e autossuficiência do Sistema Integrado Nacional (SIN).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), destacou em seus relatórios, que as atividades humanas são responsáveis pelo aumento da temperatura média do planeta. Neste argumento, torna-se necessário uma postura proativa por parte do setor industrial, assim como de toda a sociedade, em relação à diminuição das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) e à intensificação das propostas de medidas mitigadoras (AGUIAR; FORTES; MARTINS, 2016). O governo brasileiro adotou medidas que apoiavam o desenvolvimento de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), fontes não convencionais e conservação de energia. Esta tendência culminou com o Programa de

Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), implantado pelo Decreto nº 5.025/2004 com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólicas, biomassa e PCHs, bem como desenvolver a cadeia produtiva dessas fontes (CNI, 2017).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2021), a previsão da matriz para 2030 é formação predominante por fontes renováveis e a descarbonização. Segundo Perdigão (2020), nos últimos vinte anos, o Brasil tem buscado expandir a matriz e subsidiar energia de forma mais seletiva, com foco em energias renováveis e nos consumidores mais carentes. O grande desafio para o setor elétrico brasileiro, para parametrizar a segurança energética, é o fortalecimento das políticas públicas e do marco regulatório, que assegurem os investimentos necessários do setor (TORRES JÚNIOR; MOREIRA, 2020). Assim, por ser a avaliação de políticas públicas uma etapa do ciclo de políticas imprescindível para analisar, reparar e corrigir desvios e equívocos das políticas, de forma a assegurar que os objetivos sejam alcançados, aprimorados ou replicados, foi realizada uma avaliação *ex ante* e *ex post* à implementação (COSTA; CASTANHAR 2003), com o objetivo de identificar o alcance dos objetivos proposto na política do PROINFA.

A análise DD aliando ao *Propensity Score Matching* (PSM) traz uma maior robustez e não apenas elimina os fatores incontroláveis que surgem antes e depois de um evento, mas também remove as diferenças entre grupos experimentais e de controle após a ocorrência de um evento (WANG; WATANABE, 2019), permitindo uma determinação clara dos efeitos do evento para examinar os impactos. A partir do resultado obtido, a Política Informada por Evidência (PIE), corrobora os efeitos sociais e econômicos positivos do programa cabendo ajustes que reflitam o novo momento regulatório e político, previsto com a desestatização.

De acordo com Geller et al. (2004), o aumento da geração de energia por fontes renováveis, através de políticas nacionais, tem se mostrado bem-sucedidas. O PROINFA revelou que o incentivo às fontes renováveis vai além da segurança energética pretendida com a disseminação das fontes, representando sinônimo de inclusão social, energia limpa e desenvolvimento econômico do país. As regiões pouco favorecidas do ponto de vista econômico e os municípios com baixos índices de desenvolvimento e oportunidades, receberam empreendimentos eólicos, usinas de biomassa e PCH, a partir da identificação do potencial por estudos realizados pela EPE.

Como Política Pública, o PROINFA possuiu relevância na disseminação das fontes renováveis e podem ser interpretadas como ações estatais incipientes de promover tipos de produção de energia e que buscou de forma precisa o desenvolvimento social e econômico do país e estabelecer a relação política entre setor público, setor privado e atores da sociedade civil (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007). Em busca de compreender um dos mais ambiciosos programas mundiais de apoio às fontes alternativas de energia e o mais importante firmado no Brasil. Este artigo avaliou o impacto da política pública nos municípios de abrangência pelo PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa.

3.2 BACKGROUND INSTITUCIONAL

3.2.1 Segurança Energética e as Fontes Renováveis no Setor Elétrico Brasileiro

Em 1996, o Ministério de Minas e Energia (MME) implantou o Projeto de Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro (RE-SEB), que culminou na desverticalização da cadeia produtiva e dividiu em diferentes e independentes áreas de negócios, qual seja, a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia. Com a nova configuração, foi criado pelo Governo Federal a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), cuja função é regular e fiscalizar as atividades do setor elétrico brasileiro. Outras mudanças foram implantadas com o objetivo de organizar o mercado e a estrutura da matriz energética brasileira, com destaque para o e do Operador Nacional do Sistema (ONS), ambos em 1998 (MME, 2020).

Na década de 2000, três fontes de energia (petróleo, lenha e hidráulica) correspondiam a 74% do consumo. Baseado em um modelo de geração hidrelétrico e sem a expansão necessária, o Brasil deparou com situação de emergência ao atravessar um período de crise hídrica, com baixa dos reservatórios das usinas. E vivenciou uma crise energética que conduziu ao racionamento de energia elétrica, decretado pelas autoridades federais. Oriunda da incapacidade do setor elétrico em garantir investimentos na expansão da capacidade de geração, levando a uma progressiva queda de confiabilidade do sistema.

A crise alavancou a necessidade de uma reestruturação do modelo regulatório e a inserção das novas fontes de geração no setor elétrico. Em 2004 houve importante reestruturação regulatória do setor elétrico brasileiro, com a criação do mercado regulado, mercado livre e o mercado de curto prazo, base para as políticas desenvolvimentista de expansão do sistema e de transição energética por fontes renováveis.

A defasagem entre o aumento do consumo e capacidade instalada ampliou os riscos, devido a dependência das questões hidrológicas. Foi neste contexto que os Governos Federais iniciaram o Programa de Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), um importante instrumento para a diversificação da matriz energética do país, visando garantir maior confiabilidade e segurança ao abastecimento.

O Plano Nacional de Energia (BRASIL, 2007), projetou em 2030 a inserção das novas fontes, em especial cana de açúcar e gás natural, para atender 77% da população, ou seja, a manutenção da estrutura da matriz energética compromete o abastecimento de energia elétrica. A diversificação das fontes é essencial para garantia da segurança energética e vem a afastar a falta do fornecimento de energia, seja por causas naturais, acidentes, catástrofes, fenômenos meteorológicos, mudança climática, ou pela má administração do sistema.

O PROINFA consistiu na contratação da energia a partir das fontes renováveis a uma tarifa-prêmio, ou *feed-in-tariff*, equivalente a até 90% da tarifa final paga pelos consumidores, permitiu diminuir os riscos associados ao investimento em fontes ainda não difundidas comercialmente à época. Para tanto, foi estabelecido que o valor pago pela energia elétrica adquirida fosse rateado entre todas as classes de consumidores finais, com exceção dos consumidores da subclasse residencial baixa renda (consumo igual ou inferior a 80 kWh/mês).

Toda a energia produzida através do PROINFA compõe o montante comercializado pela Eletrobrás no curto prazo, através das usinas participantes do programa e são compradas pelas concessionárias de distribuição de energia, consumidores livres e especiais e autoprodutores adquirentes da quota parte deste programa. A partir dos contratos firmados e o surgimento dos leilões, definido pelo poder público, para empreendimentos de energia nova ou energia existente, era permitida a previsibilidade para o mercado e para o investidor. A segurança energética passa a ser firmada a partir da existência de um mercado regulado, com diversificação de fontes renováveis que deve caminhar atrelado a segurança jurídica e econômica, propício ao desenvolvimento e a manutenção de um mercado estruturado, capaz de proporcionar a sociedade, a geração do emprego, aumento da renda, preços razoáveis para os serviços públicos disponíveis e com empresas fortalecidas no setor elétrico, a partir do acesso a crédito e a investimento.

Em 2015, o Brasil vivenciou uma segunda retomada da crise hídrica e a expansão das renováveis, iniciada na década anterior, assumiu papel fundamental na diversificação

das fontes renováveis na matriz, deixando as termelétricas como energia de reserva/ancilar, diante do seu alto custo. No entanto, o cenário mundial urge por uma transição energética limpa, que garanta os suprimentos de energia, sustentável e aliada ao desenvolvimento da sociedade. A Figura 3.1 apresenta a geração de eletricidade por tipo de fonte no Brasil, em GWh (Giga Watts hora), para 2000 e 2019. Em 2000, o fornecimento de eletricidade por energia renovável foi de 322.796,78 GWh. Em 2019, obteve-se 546.572,19 GWh, com um aumento médio de 6,02% a.a. O intervalo de maior crescimento na produção de eletricidade foi 2000 a 2010, com aumento absoluto de 124.401,61 TWh, dos quais 68,09% foram acrescidos dos recursos renováveis e 31,91% dos exauríveis devido a globalização e o progresso tecnológico das indústrias.

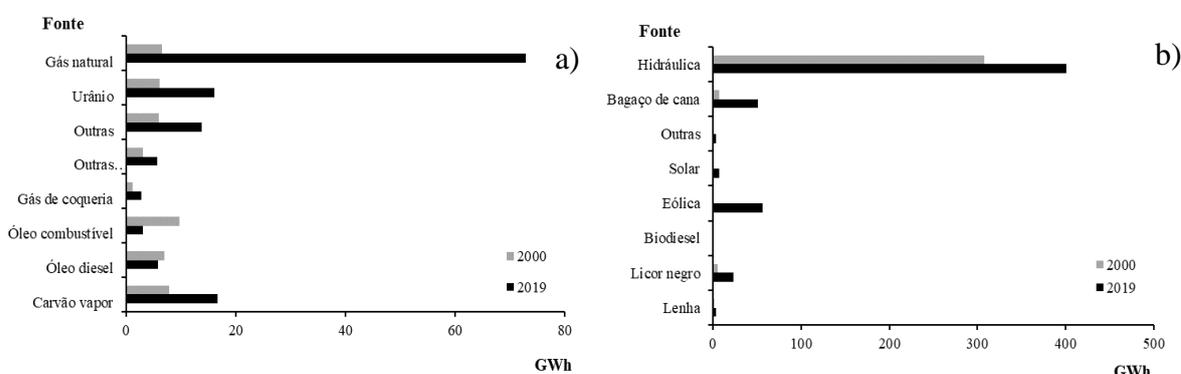


Figura 3.1- Geração de eletricidade, por (a) fontes não renováveis e (b) renováveis, no Brasil, em GWh (Giga Watts hora), para 2000 e 2019.

Fonte: EPE (2020).

Apesar da importância da energia hidráulica na geração de eletricidade no Brasil, desde a década de 1970 apresentou decréscimo em sua participação, caindo de 83,25% (1970) para 58,65% (2019). Por sua vez, a biomassa apresentou aumento médio de 9,26% a.a., com participação de 3,83% (2000), 9,29% (2010) e 11,53% (2019); parte do crescimento pode ser atribuído ao aumento da demanda energética industrial, as crises energéticas enfrentadas em 2001 e 2002 e ao Programa de incentivo as fontes alternativas – PROINFA. Entre as fontes não renovável destaque para o forte crescimento do consumo do gás natural, com 6,5 % 2000, alcançou o patamar de 73% em 2019. Tal cenário é indicativo dos esforços e das políticas públicas a nível mundial de incentivo a descarbonização, pois o óleo combustível, de costumeiro crescimento, apresentou redução

de consumo com 9,7% em 2000 para 3,1% em 2019. É nítido o esforço realizado para expansão das renováveis que vem expandindo o consumo nas duas últimas décadas.

Historicamente, o consumo de energia elétrica vem crescendo mais que o PIB, na déc. 1980 foi de 5,9% a.a. e o PIB foi de 1,6% a.a. e nos anos de 1990, as taxas foram 4,1% a.a (eletricidade) e 2,6% a.a. (PIB). Vale destacar que a expansão da demanda por eletricidade foi em função do aumento das classes residencial e comercial. Entre 1980 e 2000, o consumo total dessas classes evoluiu de 20,4% e 12% para 27,6% e 15,4%, respectivamente. Nos domicílios em particular, ocorreu mais nos anos 90 devido ao crescimento do consumo da primeira fase do Plano Real, com o aumento do poder aquisitivo e da melhoria dos mecanismos de crédito, refletidos diretamente nas vendas dos aparelhos eletroeletrônicos. Enquanto isso, a participação do consumo industrial caiu de 53,6% para 43,2%, no mesmo período, devido ao aumento da produtividade das empresas, decorrente da abertura comercial (PÊGO FILHO et al., 2001).

Diante do crescimento do PIB de 4,2% em 2000 e a expectativa de se repetir a mesma taxa em 2001, evidenciou-se um sério desequilíbrio entre a capacidade de oferta de energia elétrica e a necessidade de consumo. Segundo o Operador nacional do Sistema - ONS (2002) levou ao racionamento de eletricidade previsto desde 1999, e possuiu três causas gerais: longa e dessincronizada transição do modelo estatal para o modelo privado; aumento dos riscos regulatórios do novo modelo; e falta de articulação durante a concepção e na implementação das reformas dos setores elétrico, petróleo e gás natural.

3.2.2 O Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa – PROINFA

O Programa de Incentivo às Fontes de Energia Alternativa - PROINFA, criado para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, foi instituído pela Lei nº 10.438/2002 e estimulado pela Lei nº 10.762/2003. O PROINFA foi um programa de governo que buscou a diversificação da matriz energética, aumentando a segurança e o abastecimento e incentivar a participação de fontes alternativas na matriz energética brasileira (BRASIL, 2002; 2003).

O objetivo principal do Programa foi 1) Fomentar projetos de geração de energias a partir dos ventos (eólica), pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) e bagaço da cana, casca de arroz, cavaco de madeira e biogás de lixo (biomassa); 2) Promover a valorização das características e potencialidades regionais e locais com a criação de empregos, capacitação e formação de mão-de-obra ; 3) Tecnologia Nacional gerando desenvolvimento e 4)

Redução de emissão de gases de efeito estufa. O programa foi para a geração de 3.300 MW de energia, distribuídos 1.100 MW entre as 3 fontes, com previsão de investimentos de R\$ 8,6 bilhões (BRASIL, 2002).

Os contratos foram assinados em maio de 2004 com entrada em operação prevista até o final de 2006. Vale destacar que o programa é dividido em duas etapas: a primeira implementa projetos em curto prazo e a segunda implementa projetos em longo prazo. Em sua primeira fase, o PROINFA garante uma contratação de 3.300 MW (megawatts) de energia distribuída igualmente em projetos de biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e energia eólica para projetos iniciados até 30 de dezembro de 2006. O prazo para o início de funcionamento dos empreendimentos foi prorrogado por duas vezes, sendo a última para 30 de dezembro de 2010, conforme a Lei nº 11.943 (BRASIL, 2010).

A energia gerada por cada uma das três fontes participantes seria comprada pelas Centrais Elétricas Brasileiras (Eletrobrás) durante vinte anos, a partir da data de operação dos empreendimentos, e os respectivos valores de compra da energia foram estabelecidos pela Lei nº 10.762/03, ficando sob responsabilidade do Poder Executivo definir seu preço fixo, conforme o valor econômico de cada fonte de energia. Conforme a lei, os custos de geração de energia seriam distribuídos entre todas as classes de consumidores finais (BRASIL, 2003).

Para a segunda fase, já atingida a meta de 3.300 MW, o programa objetivou atender 10% do consumo anual de energia do Brasil até 2020, cerca de 10.000 MW. Para essa fase, os contratos celebrados pela Eletrobrás teriam prazo de vinte anos de duração e, além disso, o custo de geração das fontes eólica, PCH e biomassa, e o preço da energia convencional calculada pelo Poder Executivo, seria paga ao produtor independente como forma de subsídio com recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). Por fim, acerca dos critérios de seleção do programa, a contratação dos empreendimentos é feita através do processo de chamada pública, na qual os interessados habilitam projetos e são selecionados.

O Programa foi delineado para garantir a regionalização, estabeleceu um limite de contratação por estado de 20% da potência total destinada às fontes eólica e biomassa e 15% para as PCH's, com o suporte do BNDES para financiar os projetos, desde que observado os requisitos, a exemplo da obrigatoriedade de um índice mínimo de nacionalização de 60% do custo total de construção dos projetos.

3.2.3 Localização das Usinas do PROINFA

O desenvolvimento do uso das fontes renováveis iniciou uma nova etapa no país. A Figura 3.2 mostra a distribuição espacial da quantidade de usinas do PROINFA, por quartis estaduais e por tipo de fonte, do período acumulado de implantação dos empreendimentos, 2004 a 2013. Foram 156 usinas contratadas distribuídas em 93 municípios, totalizando 3.38 MW de capacidade instalada, sendo: 1.2 MW provenientes de 66 PCHs, 1.5 MW de 60 usinas eólicas (EOLs), e 0,68MW de 30 usinas térmicas à biomassa (UTES), distribuídas em quase todos os Estados do Brasil (ELETROBRAS, 2020). Analisou a distribuição a partir da classificação em 4 grupos: Concentração de empreendimentos muito alta, alta, média e baixa.

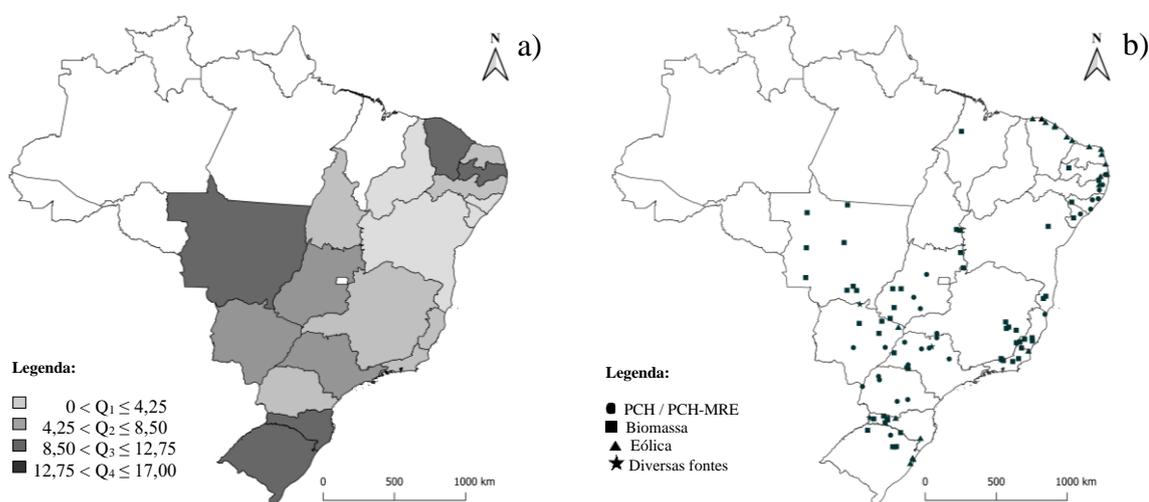


Figura 3.2 - Distribuição espacial da quantidade de usinas do PROINFA, (a) por quartis estaduais e (b) por tipo de fonte, acumulado de 2004 a 2013.

Fonte: Os autores (2021).

Os estados com concentração de usinas muito alta, estão situados no Q4, e possuem de 14 a 17 empreendimentos. No Nordeste, o estado do Ceará recebeu 17 Parques Eólicos, distribuídos em 7 Municípios localizados no litoral do estado, com contratos assinados nos anos de 2004 e 2005 e em operação comercial desde os anos de 2009 e 2010. O estado da Paraíba recebeu 15 empreendimentos, sendo 1 de Biomassa, com entrada em operação em 2006 e 14 Parque eólicos, porém apenas 12 destes estão em operação comercial. O Nordeste possui 84,85 MWH de potência através dos parques do PROINFA.

No Centro Oeste, o estado do Mato Grosso apresenta 17 empreendimentos contratados de PCH. No entanto, 2 usinas, localizadas no município de Novo Mundo, não

entraram em operação comercial. A região Sul, concentra em Santa Catarina também 17 usinas, sendo 11 Parques eólicos, distribuídos 2 municípios e 6 PCHs distribuídas 6 municípios, com 101 MWH de potencia, havendo uma diversificação de fontes no mesmo estado, dado maior aproveitamento dos recursos naturais disponíveis. O estado do Rio Grande do Sul apresenta 14 empreendimentos, sendo 5 Parques eólicos e 9 PCHs, que estão distribuídos em 9 municípios.

Os 3 estados que apresentaram 9 empreendimentos integraram o Q3, considerado com alta quantidade de usinas, foram eles São Paulo, Mato Grosso do Sul e Goiás. Foram contabilizadas 27 usinas neste quartil, sendo 10 PCHs, distribuídas em 9 Municípios dos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás e 16 usinas de Biomassa, onde 6 não estão em operação comercial. As 10 usinas em operação comercial à Biomassa estão distribuídas em 11 municípios, 9 em São Paulo e 2 em Goiás.

O Q2, considerado com média concentração de usinas, 7 a 5 empreendimentos por estado, foi integrado por 6 estados, sendo eles Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Tocantins, Espírito Santo e Rio Grande do Norte, com total de 37 empreendimentos contratados, mas apenas 34 em operação comercial. Usinas a biomassa foi de menor participação nesse quartil, com apenas 2 usinas termelétricas em Pernambuco e Minas gerais No entanto, 11 Parques eólicos foram distribuídos em 5 municípios dos estados de Pernambuco e Rio Grande do Norte. Foram contabilizadas 20 PCHs, onde 14 estão concentradas na região Sudeste, distribuídas em 14 municípios entre os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espirito Santo e 4 usinas na região Norte, em 2 municípios do estado de Tocantins.

O Q1 foi formado por 4 estados que recepcionaram baixa quantidade, de 3 a 1, projetos do PROINFA. O estado da Bahia apresentou 3 usinas PCHs distribuídas em 2 municípios. Alagoas recebeu 2 usinas termelétricas a biomassa localizada em 2 municípios. Sergipe 1 usina a biomassa e Piauí com um parque eólico no município do arnaíba. Pôde ser verificado na distribuição dos empreendimentos que o PROINFA pulverizou a alocação das usinas, distribuindo oportunidade de desenvolvimento entre as regiões, com aproveitamento dos recursos naturais e disponíveis no local.

A Figura 3.2b apresenta a concentração das Usinas por tipo de fonte. As usinas de Biomassa apresentaram maior concentração no Sudeste com 36% empreendimentos e Centro Oeste com 26% termelétricas e Nordeste com 20%, a maioria das termelétricas estiveram associadas a produção da cana de açúcar. As PCHs tiveram maior concentração

no Sul, Sudeste e Centro Oeste e os empreendimentos eólicos mantiveram 70% da concentração no Nordeste, 27% na região Sul e 3% no Sudeste.

O crescimento das fontes renováveis vem sendo superior ao das fontes convencionais. Segundo AIE (2000) as tecnologias eólicas de maior eficiência já conseguiram ser competitivas, em termos de custo por kWh, com as usinas termelétricas a gás natural em ciclo combinado ou usinas a carvão mineral. Enquanto a eólica apresentou taxa de progresso técnico de 82% entre 1980 e 1995, as usinas a gás natural e a carvão apresentam taxas de 96 e 97%, respectivamente. Ou seja, conseguem reduzir apenas 3 e 4% de seus custos e que as fontes renováveis de energia necessitam obrigatoriamente de recursos (ALVES, 2010).

A caracterização da regionalização demonstra a concentração das usinas nos 93 municípios. Os locais de instalação dos empreendimentos foram estudados e avaliados previamente pela Empresa de Pesquisa Energética, para a elaboração dos planos de decenal de energia, realizam as avaliações dos locais com viabilidade geográfica, edafoclimática para atender a geração da demanda estimada. Os municípios que receberam empreendimentos do PROINFA, em sua maioria, apresentavam baixa densidade demográfica, e estão localizados em média há mais de 100 km da capital. A produção de cana mostrou mais intensa nos municípios do litoral nordestino e interior do estado de São Paulo, não estando limitada essas características aos municípios participantes.

Com a implantação dos empreendimentos, o Programa estimou além de diversificar a matriz, até então concentrando 90% da geração na fonte hídrica, viabilizar o desenvolvimento do PIB, a quantidade de empregos e a despesa de capital desses municípios. A produção de energia elétrica renovável, passou a: diversificar a matriz elétrica, que estava com a geração concentrada em 90% na fonte hídrica; atenuar o risco hidrológico nos períodos de estiagem; menor custo da geração de energia; ampliar o acesso ao serviço essencial, buscar o desenvolvimento econômico com a política industrial e garantiu o bem-estar social aos pequenos municípios.

3.2.4 Avaliação de Impacto de Políticas Públicas

De forma geral, as políticas públicas são instrumentos de atuação do Estado, devem ser legitimadas pelo Congresso Nacional, e são instituídas mediante lei, que definem as regras e os recursos a elas associados. Devido à importância dessa legislação associados aos custos e benefícios, torna-se essencial na fase de discussão, que se avalie

criteriosamente a proposição e possíveis alternativas (GARCIA, 2015).

A avaliação prévia de programas, na maioria das vezes, não é feita com o devido cuidado. Caupers (2003) apresenta a questão da efetividade e da eficácia da Política pública. Cohen e Franco (2008) apresentam uma discussão metodológica sobre a avaliação de projetos sociais, apresentando os conceitos, o relacionamento da avaliação com o planejamento e a descrição dos modelos existentes na literatura. Três pontos que merecem atenção na tomada de decisão de uma política pública:

- i) Reconhecer a existência do problema a ser tratado e onde reside o problema. Caso contrário, a intenção será boa, mas a ineficiência inevitável, pois teríamos uma intervenção governamental em busca de um problema, realidade que se pretende afastar. O estudo é direcionado a expansão do setor elétrico, o consequente bem-estar social e o desenvolvimento sustentável do país. Parte do pressuposto que o problema existe, é conhecido e cabe avaliar se a política eleita de fato ajudou a mitigá-lo ou não;
- ii) Há relação de causalidade entre a intervenção da Administração Pública (tratamento) e o problema existente? Avaliar se a política pública contribuirá para solucionar o problema diagnosticado de forma democrática, e não apenas atendendo uma parte da sociedade;
- iii) Realizada no momento *ex-post*: o nível de eficiência atingido é proporcional ao custo ao erário público. Para tanto, a política pública necessita ser acessível, de alcance dos protagonistas e terceiros que devem estar envolvidos diante do seu caráter público.

A avaliação de impacto da política pública pode ser realizada tanto antes de o projeto ser iniciado, quanto durante sua execução ou ainda após seu encerramento.

3.2.4.1 Análise *Ex-Ante* e *Ex-Post*

A avaliação *Ex Ante* possui o intuito de tratar a avaliação das políticas públicas ainda no estágio de elaboração, em que temas como o diagnóstico do problema, a proposta e a expansão de uma política pública, são objetos de apreciação (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2018). O exame minucioso nessa fase é fundamental para que uma política pública alcance os objetivos propostos, ao evitar o emprego ineficiente de recursos que poderiam ser utilizados para outro fim. Posterior ao

estágio de criação, existe aquele no qual uma política pública já se encontra em andamento (COUTO, 2020).

A avaliação anterior à implementação de determinada política pública procura antecipar seus efeitos e estabelecer parâmetros de aferição do seu desempenho. (CEBALLOS, 2008). A entidade responsável pela formulação do projeto deveria se encarregar de elaborar a referida análise de impacto e submetê-la ao escrutínio social. Reconhece-se que a administração pública precisa evoluir nesse processo, que assegura publicidade e transparência dos investimentos públicos, além de contribuir com o aprimoramento da política antes de sua implementação.

A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), realiza consulta pública como forma de escrutínio prévio de suas decisões, embora o conteúdo e a maneira como o processo é apresentado e conduzido nem sempre permitam uma análise realmente minuciosa da política proposta. Ainda há muito temor e despreparo para lidar com avaliações quantitativas, de forma que o debate sobre eficácia e eficiência se mantém superficial.

A falta ou desorganização dos dados e a conseqüente dificuldade de acesso à informação explicam parcialmente a baixa frequência com que são realizadas análises prévias de impacto das políticas públicas no Brasil (SANTOS, 2021). Contudo, é motivante a ideia de se desenvolver, nos quadros da administração pública, a cultura e os procedimentos técnicos e jurídicos para submeter políticas públicas à avaliação *ex-post*, em cumprimento a já referida atribuição constitucional do Congresso Nacional.

Nas avaliações que acontecem durante ou após o curso de uma política pública, há a vantagem de se conhecer alguns dos efeitos produzidos, de tal forma que é possível comparar a realidade com o planejado, analisar as alterações nas principais variáveis envolvidas e as conseqüências geradas no estrato da sociedade que se pretendia atingir (DE TONI, 2019). É preciso ter em mente, contudo, que uma avaliação *ex-post* também é um exercício de abstração, na medida em que o impacto de um programa é definido como a diferença – medida na variável de interesse (salário, nível de emprego, penetração de um serviço público etc.) – entre o valor médio atingido por seus beneficiários e o mesmo valor aferido em uma população, com características semelhantes, mas que não teve acesso ao programa (COHEN, 2008).

Segundo o IPEA (2018) é necessário dispor também de métodos específicos para lidar com o monitoramento e avaliar o seu alcance. A análise *ex post*, ao incorporar

técnicas de gerenciamento, permite acessar os pontos críticos de uma política pública, propondo aprimoramentos ou mesmo dizer se tal política deve ser suspensa ou substituída (BRASIL, 2018). Também por meio de instrumental estatístico específico é possível saber com elevado grau de confiança o impacto, o retorno ou a eficiência de determinada política (GERTLER, 2018).

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Objeto de Estudo

Os dados utilizados são informações dos 5.568 municípios brasileiros municipais para avaliar os efeitos do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) sobre indicadores socioeconômicos, como PIB per capita, número de empregos formais e a despesa de capital por município, no período de 2002 a 2018.

Identificou os municípios e os empreendimentos com cobertura do PROINFA por meio da Eletrobrás concebidos no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) e data de adesão dos contratos através da Lei nº 10.438/2002. O tratamento dado ao programa foi apresentado por uma variável binária que recebe o valor 1, caso o município tenha recebido algum empreendimento a partir do PROINFA e 0 caso contrário.

O Quadro 2.1 lista estas e outras variáveis adicionais usadas como controles nas especificações para cada variável de resultado, trazendo uma breve descrição e as fontes de dados referentes. O tratamento provoca efeitos sobre um conjunto de características que foram esboçadas como variáveis dependentes em diferentes estimações, como PIB per capita, número de empregos formais e a despesa de capital por município. A análise do Produto Interno Bruto (PIB) per capita municipal se justifica por ser uma medida usualmente utilizada para mensurar a atividade econômica do município a partir dos dados do IBGE. Por outro lado, para representar a empregabilidade nos municípios analisados, foram utilizados dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

Com o objetivo formular uma aproximação para o contingente de trabalhadores empregados dos municípios estudados, permitindo a visualização dos efeitos do programa em questão sobre os componentes econômicos municipais, em especial, a empregabilidade. Já o uso das despesas de capital municipal justifica-se por incluir investimentos para planejamento e execução de obras e instalações, aquisições de imóveis necessários para a realização de obras, aquisição de equipamentos e material permanente, constituição ou

aumento de capital de empresas industriais, entre outros, que se presume que tenham sido aumentadas nos municípios que receberam os novos empreendimentos energéticos.

Quadro 3.1. Descrição das variáveis a serem utilizadas para avaliar os impactos das políticas públicas do PROINFA nos Municípios.

Variável	Descrição	Fonte
Variáveis de Resultado		
<i>Pib_pc</i>	PIB per capita	IBGE
<i>Empregos</i>	Empregos Formais	RAIS
<i>Desp_capital</i>	Despesa de capital por município	FINBRA
Variável de Tratamento		
<i>T</i>	Tratamento: 1 se o município faz parte do PROINFA e 0 caso contrário	Eletrobrás
Variáveis utilizadas na construção do PSM		
<i>densidade_demografica</i>	Densidade demográfica municipal	IBGE
<i>Precipitação</i>	Precipitação anual por município (mm)	GCM
<i>Temperatura</i>	Temperatura média anual por município (°C)	GCM
<i>Produção de cana</i>	Produção anual de cana-de-açúcar por município (tonelada)	IBGE
<i>Prod_madeira</i>	Produção anual de madeira por município (tonelada)	IBGE
<i>Distância</i>	Distância em relação à capital estadual (km)	IBGE

Fonte: Os autores (2021).

3.3.2 Estratégia Empírica

Para inferir o impacto do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) sobre as variáveis de resultado, tornou-se necessário saber o que teria acontecido com os municípios que receberam empreendimentos através do PROINFA na ausência desse programa. A principal dificuldade enfrentada na avaliação de políticas públicas surge da impossibilidade de observar o que teria acontecido com o grupo de municípios participantes do PROINFA na ausência do programa. O chamado contrafactual da unidade tratada só é diretamente obtido através de experimentos aleatórios.

No entanto, dados totalmente aleatórios estão raramente disponíveis, portanto, foi fundamental conhecer como é designado o tratamento. No caso do PROINFA, o critério de seleção do programa é feito via chamada pública divulgada pela Eletrobrás para o conhecimento dos interessados em participar do PROINFA, ou seja, o fato do empreendedor manifestar a intenção de participar do programa causa um problema de viés de auto seleção do grupo de tratamento, grande desvantagem de experimentos não

aleatórios. Uma vez que o mecanismo de seleção pode estar relacionado às características da linha de base, ou seja, às características dos indivíduos com perfil ideal para o recebimento do programa, o mecanismo de seleção pode estar, portanto, relacionado ao resultado final podendo confundir as análises.

Para contornar as dificuldades da ausência de aleatorização dos critérios de seleção do PROINFA, utilizou os métodos quase-experimentais de avaliação do impacto. Esse método consiste em comparar o antes e o depois de uma amostra que recebeu um tratamento específico (municípios que receberam empreendimentos do PROINFA) e uma amostra semelhante que não recebeu tratamento. Os ganhos em usar os métodos quase-experimentais se dão por reduzir os vieses de seleção que possam ocorrer, uma vez que se comparam indivíduos semelhantes quanto a determinadas características observáveis.

Para controlar o viés de seleção, combinou metodologia de Diferenças em Diferenças com o *Propensity Score Matching* (PSM), que consiste em duas etapas: primeiro, realiza-se o PSM e depois a regressão de diferenças em diferenças, ponderada pelos pesos atribuídos aos controles, a partir dos escores de propensão estimados no primeiro estágio. O PSM permite parear os municípios controles com os municípios tratados conforme características observáveis similares no período anterior ao tratamento (ano base). Com a subamostra de não tratados selecionada pelo PSM, pode-se então estimar o efeito médio do tratamento sobre os tratados através do estimador de diferenças em diferenças (BERTRAND; DUFLO; MULLAINATHAN, 2004; RAVAILLION, 2007).

3.3.2.1 *Propensity Score Matching*

O PSM é uma função de escores de propensão derivados de características observadas dos municípios tratados e não tratados. Os indivíduos tratados são combinados com indivíduos “similares” não tratados para reduzir o viés das estimativas do efeito do tratamento. Rosenbaum (1993) afirmou que é possível parear indivíduos a partir de uma função de informação X . O escore de propensão mostra a probabilidade de o município participar do PROINFA, dado o vetor de características de pré-tratamento (X). Os efeitos do programa foram alcançados comparando os resultados dos municípios que participaram do PROINFA e os que não participaram de acordo com os escores de propensão semelhantes. Tal escore é definido como a Equação 3.1.

$$P(X) = Pr[T = 1|X] \quad (3.1)$$

De acordo com Rosenbaum e Rubin (1983), para eliminar o viés e fornecer estimativas consistentes dos efeitos do programa a partir do PSM, duas hipóteses devem ser atendidas:

(i) Hipótese 1: Ignorabilidade do Tratamento

Dado um conjunto de covariáveis observáveis (X) que não são afetadas pelo tratamento T , o resultado potencial (Y_i^0, Y_i^1) independe do tratamento. Ou seja, $Y_i^0, Y_i^1 \perp T|X$, o que significa que os resultados potenciais são independentes do tratamento condicionado às características observáveis.

(ii) Hipótese 2: Suporte Comum

A hipótese de suporte comum garante que as observações dos dois grupos tenham uma distribuição semelhante de *propensity score*. Ou seja, o PSM irá ponderar a amostra do grupo de controle a fim de aumentar a semelhança com os municípios do grupo de tratamento. A hipótese de sobreposição garantiu que cada município tenha uma probabilidade positiva de participar ou não do PROINFA. Formalmente, a segunda hipótese é descrita como: $0 < \text{pr}(T = 1|X) < 1$.

Os escores de propensão foram estimados a partir de procedimentos paramétricos para a estimação de probabilidade, por meio do modelo *logit* e selecionar previamente os grupos de municípios tratados e controle. Estimou-se a probabilidade destes municípios serem listados, dado um vetor de características pré-programa ($X_{i,-t}$) para reduzir o viés de seleção resultante da segmentação da lista negra para distritos com altas taxas de desmatamento, por meio de um modelo *logit*, Equação 3.2.

$$\text{Pr}(T_{i,0} = 1) = \Phi(\beta X_{i,-t}) \quad (3.2)$$

em que, Φ é uma função de distribuição acumulada logística e T é uma variável *dummy* igual a 1 se o município é tratado e 0 caso contrário. Após a estimação do modelo de participação do programa, os escores de propensão estimados são então utilizados para computar pesos necessários para balancear os municípios no grupo de controle tornando-os, na média, semelhantes aos tratados. Os principais procedimentos de estimação do escore de propensão descritos na literatura são os seguintes: estimador de pareamento do vizinho mais próximo (*The Nearest Neighbor Matching*), pareamento de Kernel e raio correspondente (*Radius Matching*).

Segundo Cameron e Trivedi (2005), o *Nearest Neighbor Matching* consiste no

pareamento de cada unidade de tratamento com a unidade de comparação do grupo de controle de acordo com o escore de propensão mais próximo. Por outro lado, no procedimento de estimação pelo *Radius Matching* cada unidade de tratamento só é comparável com unidades de controle com escores de propensão que estão dentro de um limite pré-definido pelos escores da unidade de controle. Por último, no método de Kernel todas as unidades tratadas são comparadas com a média ponderada de todas as unidades de controle com pesos definidos a partir da distância inversamente proporcionais entre os escores de propensão das unidades tratadas e controles.

Tendo em vista que o método PSM controla apenas por variáveis observadas dos municípios, mesmo após sua aplicação, o viés pode ainda persistir, dado que características não observadas dos municípios podem também afetar a variável de resultado. De modo a contornar essa limitação do método, foi combinado o PSM ao método de diferenças em diferenças.

3.3.2.2 Estimador de Diferenças em Diferenças

O estimador de diferenças em diferenças requer informações do grupo de tratados e controles em, pelo menos, dois períodos. A partir daí o estimador irá comparar o grupo de tratamento ao grupo de controle antes, primeira diferença, e depois da intervenção, segunda diferença. Para além disso, o método é comumente utilizado quando há características não observáveis heterogêneas entre os grupos que influenciam a participação na política, mas que não variam ao longo do tempo (MEYER, 1995).

Para formalizar o modelo de diferenças em diferenças, seja um painel de dados com observações de municípios que foram atingidos pelo PROINFA (grupo de tratamento) e municípios que não foram atingidos (grupo de controle). Considere ainda que, Y é uma das variáveis de resultado utilizadas no trabalho, X são as variáveis de controle adicionadas ao modelo para maior robustez da estimação, e T a variável que representa o tratamento.

Segundo Meyer (1995), a identificação dos efeitos causais de uma política de intervenção depende de algumas premissas fundamentais para a aplicação do método de diferenças em diferenças:

- (i) Equilíbrio Parcial: assume-se que os efeitos do tratamento são pequenos o suficiente para não afetar as variáveis exógenas;
- (ii) Stable Unit Treatment Value Assumption (SUTVA): o efeito do tratamento

não afeta indiretamente o grupo de controle;

(iii) Independência Condicional: condicionais a \mathbf{X} , o resultado das variáveis de interesse dos dois grupos é ortogonal ao tratamento (Equação 3.3):

$$Y_1, Y_0 \perp M P | X \quad (3.3)$$

Em que Y_1 e Y_0 representam as variáveis de interesse do grupo de tratamento e controle, respectivamente. Mais fraca que (i), a independência condicional do tratamento garante que uma outra variável dependente do grupo de controle, Y_0 , não seja afetada pelo tratamento, implicando a inexistência de viés de variável observável.

(iv) Média Condicional: esse pressuposto assegura que a média de Y_0 não determina a participação do programa, ou seja, a média dos municípios de controle está condicionada apenas às suas características observáveis.

(v) Tendência de Retas Paralelas: principal hipótese por trás do método Diferenças em diferenças, requer que as trajetórias das variáveis de resultado do grupo de tratados e controles evoluam paralelamente antes do tratamento (heterogeneidade invariante no tempo). Em outras palavras, na ausência do PROINFA, admite-se que os municípios tratados e de controle tenham a mesma mudança das variáveis de resultado. Desse modo, qualquer efeito do tratamento seria capturado pela diferença da diferença das variáveis de resultado antes e após o tratamento (MEYER, 1995).

Deixe $t = 1$ ser o período posterior à política e $t = 0$ ser o período anterior.

Formalmente, o estimador de diferenças em diferenças é expresso conforme Equação 3.4.

$$DD_i = E[(Y_{i1}^1 - Y_{i0}^1) - (Y_{j1}^0 - Y_{j0}^0)] \quad (3.4)$$

Em que: Y_i é a variável de resultado de um município tratado e Y_j é a variável de resultado de um município do grupo de controle. De acordo com Heckman et al. (1998), o estimador de diferenças em diferenças pressupõe que diferença não observada entre a média do produto dos tratados e controles não varia com o tempo. Dito de outra forma, o viés de seleção não varia com o tempo. Em resumo, no caso da presença de viés de seleção, ao fazer a diferença da diferença das variáveis de resultado, o viés se anula. Portanto, o método de diferenças em diferenças se destaca por relaxar a suposição de exogeneidade condicional ou seleções baseadas em características observadas e fornecem uma maneira atraente e intuitiva de explicar a seleção em características não observadas.

3.3.2.3 Estimação do Efeito Homogêneo do PROINFA

Para garantir que a hipótese de tendências paralelas seja atendida, foi utilizado o *Propensity Score Matching* (PSM) como etapa inicial da estimação dos efeitos do programa, de modo a filtrar controles inadequados. A estimação do PSM foi realizada em dois passos: primeiro, foi estimado um modelo *logit* da probabilidade de tratamento ($P(X)$) e depois calculou um esquema de pesos para o grupo de controle.

Portanto, $P(X)$ é a probabilidade de o município participar do PROINFA, dado um vetor de características observáveis. O vetor X é um vetor de características de pré-tratamento, ou seja, em X vão estar todas as variáveis observáveis que aumentam ou não a probabilidade do município fazer parte do PROINFA no período que antecede o programa. Visto que o programa foi criado em 2002, mas as datas das assinaturas dos contratos das empresas ocorreram após 2004, este trabalho adotará 2004 como início do programa. Portanto, para o PSM será necessário coletar dados municipais anteriores a 2004 que afetem a probabilidade do tratamento (2001-2003). Parte desses dados incluem características dos municípios que devem influenciar na participação do programa.

Após a estimação do modelo de participação dos municípios no PROINFA, na etapa seguinte, os escores de propensão estimados são então utilizados para computar pesos necessários para balancear os municípios no grupo de controle sob a região de suporte comum tornando-os, na média, semelhantes aos tratados. Posteriormente, será verificado qual das métricas de pareamento abordadas aqui fornecerá o resultado mais satisfatório.

Estabelecendo $T_0 = 2001 - 2003$ e $T_1 = 2004 - 2018$, que verificou o efeito do PROINFA entre o período de pré-política ($T_0 = 2001 - 2003$) e o efeito médio total desde a data de assinatura até após o início das operações comerciais, portanto o período de pós-política (T_1) considerado aqui será $T_1 = 2004 - 2018$. O modelo a ser estimado seguirá a seguinte especificação (Equação 3.5):

$$y_{jt,k} = \theta + \delta P_{jt} + \beta w_j + \alpha P_{jt} \times w_j + \sum_k \gamma_k X_{itk} + \mu \quad (3.5)$$

Em que, $j = 1, \dots, N$ e N é o número de municípios; em que $y_{jt,k}$ representa a variável de resultado k para o município j no tempo t , com k abrangendo todas as variáveis de resultado propostas pelo trabalho. P indica o período, com $P_{j0} = 0$ se ano ≤ 2003 e $P_{j1} = 1$ se ano ≥ 2004 e w_j é uma variável binária que assume valor 1 se o município recebeu o PROINFA e 0 caso contrário. O efeito da política é obtido pela estimativa do termo de interação $\alpha P_{jt} \times w_j$, no qual $\alpha P_{jt} \times w_j = 1$ indica os municípios que receberam o PROINFA no período de pós política. Por último, $\sum_k \gamma_k X_{itk}$ é um vetor de covariadas.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estrutura de painel foi organizada com dados de 5.556 municípios do Brasil, incluindo os 156 Municípios que participaram do PROINFA. Para o tratamento inicial das informações foi realizado o PSM, para encontrar o grupo mais próximo das características observáveis, e a estimação do Logit, com as variáveis trabalhadas.

As características observadas para realizar o pareamento levaram em consideração a estimativa dos efeitos nos municípios, de acordo com a fonte de energia utilizadas nos projetos implementados pelo PROINFA. A produção de cana e madeira, para estimar o impacto da oferta e demanda da biomassa na região onde foram instaladas as usinas de biomassa nos municípios. A precipitação revela a condição favorável nas regiões onde foram operadas as PCHs e Eólicas. Adicionalmente colocamos duas variáveis um para capturar características demográficas (densidade populacional) e outra geográfica (distancia para capital do Estado).

Estimou a probabilidade de tratamento por meio da regressão Logit (Tabela 3.1) utilizando a média dos três anos anteriores ao início do PROINFA (2001 a 2003), observando os municípios pela densidade demográfica, precipitação, da distância da capital, da produção de cana em tonelada e da produção de madeira, deixando os indivíduos o mais próximo possível, reduzindo as diferenças, conforme observado. Para regressão logit foi realizado com 3.369 interações apresentando um p-valor $< 1\%$ (0,0002) indicando que o modelo foi significativo e obtendo o logaritmo da verossimilhança de -339,78.

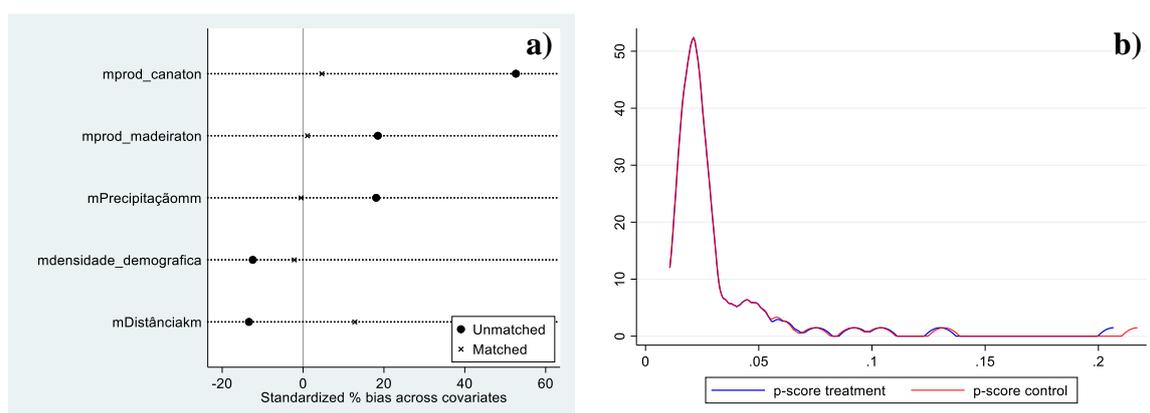
Os escores de propensão foram utilizados para parear os grupos de tratamento e de controle. Observou a presença de indivíduos no grupo de controle que tenham

características similares aos indivíduos no grupo de tratamento. Com a regressão Logit na Figura 3.3, que apresentou as possibilidades tratamento dada às características apresentadas, resultando na redução de viés entre antes e depois do pareamento dos municípios pelas variáveis.

Tabela 3.1 - Regressão Logit.

Variáveis explicativas	Coefficiente	Std. Err.	z	P > z
Densidade demográfica (hab/km ²)	-0,0012	0,0013	-0,9300	0,3500
Precipitação (mm)	0,0002	0,0003	0,7900	0,4280
Distância da capital (km)	-0,0012	0,0007	-1,8200	0,0690
Produção de cana (t)	0,0000	0,0000	4,8400	0,0000
Produção de madeira (t)	0,0000	0,0000	0,5200	0,6000

Fonte: Os autores (2021).



Obs. • observações não pareadas; × observações pareadas.

Figura 3.3 - Redução do viés associado (a) e o ajuste de pareamento (b) das variáveis de tratadas e controle.

Fonte: Os autores (2021).

O pareamento realizado apresentou significativa diferença de médias que passaram a ser reduzidas após o pareamento (match) conforme a Figura 3.3.a. Para a produção de cana, em tonelada, a diferença antes do pareamento (antes do mach) as médias de tratamento (350.000 t) e controle (94.638 t) apresentou diferença de 52,6%. Quando fez o pareamento (com mach), a diferença das médias de tratamento (360.000 t) e controle (340.000 t) foi de 4,6%, proporcionando uma redução de viés das médias em 91,2% nas características observadas. Para a produção de madeira, em tonelada (t), a redução do viés

foi de 94,2% entre as médias de tratamento e controle. Conforme observado à diferença antes do pareamento das médias de tratamento (50.072 t) e controle (21.017 t) teve uma discrepância de 18,5%. Com o pareamento, essa proporção diminuiu para 1,1%, entre as médias de tratamento (28.172 t) e controle (26.489 t).

Já a precipitação, em milímetros (mm) de chuva, a diferença antes do pareamento (antes do *mach*) as médias de tratamento (1.484,1 mm) e controle (94.638 t) tiveram uma diferença de -13,4%. Com o pareamento (com *mach*), a diferença das médias de tratamento (1.473,7 mm) e controle (1.475,9 mm) ficou com -0,5%, reduzindo o viés das médias em 97,2%. Para a densidade demográfica, em habitantes por quilometro quadrado (hab/km^2), a redução do viés foi de 82,4% entre as médias de tratamento e controle. Conforme observado à diferença antes do pareamento das médias de tratamento (52,11 hab/km^2) e controle (hab/km^2) teve uma discrepância de -12,4%. Com o pareamento, essa proporção diminuiu para -2,2%, entre as médias de tratamento (54,05 hab/km^2) e controle (62,5 hab/km^2).

Para a distância dos municípios para capital, em quilômetros, a diferença antes do pareamento (antes do *mach*) as médias de tratamento (280,94 km) e controle (307,48 km) apresentou diferença de -13,4%. Quando fez o pareamento (com *mach*), a diferença das médias de tratamento (280,41 km) e controle (255,09 km) foi de 12,8%, proporcionando uma redução de viés das médias em 4,6%. A partir da aplicação da regressão do Logit e do PSM, de forma a diminuir o viés, foi alcançada a média do tratamento do controle. Observou que todas as variáveis houve redução de viés, e após o pareamento eles não apresentam diferenças em média, trabalhando com as características semelhantes entre os grupos de tratamento e controle.

A Figura 3.3b atestou os resultados uniformizados obtidos com o pareamento. A linha vermelha é a probabilidade de o grupo de controle ser tratado, e a linha azul é a probabilidade de o grupo de tratamento ser tratado. O modelo de participação reduz o problema de pareamento para uma dimensão única (escore de propensão). O comportamento da distribuição foi satisfatório, demonstrada na área uma união da sobreposição, sem discrepâncias. Foi utilizado o grupo de tratamento e controle como todo o suporte comum.

As vantagens de combinar os dois métodos resultaram na melhoria dos resultados, pois o DD traz uma maior robustez ao PSM, pois controla por heterogeneidade não observada, permanecendo constante no tempo. O PSM enriqueceu o DD, e permitiu que o

pressuposto de tendência paralela ficasse aceitável. Por possuir uma relevante quantidade de dados (grande amostra para grupo de controle) foi possível aplicar o PSM e reduzir o viés causado por características observáveis. Ao utilizar o pareamento é afastado os vieses das características observadas nos 156 Municípios que possuem empreendimentos no PROINFA em relação ao grupo de controle de 5.400 municípios do Brasil, que não receberam o programa. Após o PSM foi estimado o modelo diferenças em diferenças (DD) apenas com os municípios no suporte comum. Foi realizado pareamento com base nas características pré-política (2001 a 2003) e estime o impacto com dupla diferença (controle/tratamento e antes/depois).

A Tabela 3.2 apresenta os resultados da estimação do modelo de diferenças em diferenças. A aplicação do modelo “*two way fixed effects*”, garantiu o controle do efeito fixo e o efeito de tempo, no modelo DD na área do suporte comum, utilizando o modelo de efeitos fixos para dados em Painel.

Tabela 3.2 - Impactos nos municípios contemplados pelo PROINFA sobre os renda per capita, despesas de capital e empregos formais, entre 2001 e 2016.

Variáveis	PIB per capita		Despesas de Capital		Empregos Formais	
	Coef.	<i>p valor</i>	Coef.	<i>p valor</i>	Coef.	<i>p valor</i>
PROINFA	0,0993	0,032**	0,3940	0,000***	0,13829	0,018**
Densidade demográfica	0,0009	0,001***	0,0050	0,000***	0,00235	0,000***
Precipitação	0,0015	0,86	0,0700	0,003***	-0,01019	0,242
Temperatura	-1,7517	0,000***	-6,2008	0,000***	-1,71750	0,000***
Produção de madeira	0,0166	0,000***	0,0326	0,000***	0,01440	0,000***
Produção de cana	0,0018	0,567	-0,0133	0,043**	-0,00338	0,362
Dummie de tempo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Nota: *** p-valor $\leq 0,01$; ** p-valor $\leq 0,05$; * p-valor $\leq 0,10$.

Fonte: Os autores (2021).

Na coluna 2 observamos que o impacto do PROINFA foi uma elevação de 10% na renda per capita nos municípios que receberam empreendimento do programa de incentivo as energias renováveis. O investimento público com a implementação dos empreendimentos, e o incremento da atividade privada em municípios, foram propulsores do aumento da renda per capita com a instalação das Usinas nos municípios tratados.

O PROINFA apresentou efeito de 13,82% no número de trabalhadores formais. Os municípios onde foram operados empreendimento apresentou um impacto positivo no

número de trabalhadores e obteve medida de evidência (p-valor) de 5% de significância, atestando a baixa discrepância em relação aos dados observados, com claro efeito positivo sobre o número de trabalhadores.

Em relação aos gastos com capital, o impacto de efeito de 39,40% na despesa do capital, demonstra que os municípios que têm o PROINFA investiram na infraestrutura do município, com a implantação dos empreendimentos. Houve um efeito positivo em relação aos Municípios que não receberam o PROINFA. A significância foi de 7% e atesta o impacto positivo do programa no grupo dos municípios tratados. O critério para escolha dos Municípios é indicado pelo MME a partir de estudos prévios executados pela Empresa de Pesquisa Energética, que elabora a definição da matriz energética e o planejamento da expansão do setor elétrico (geração e transmissão) e prevê, através do Plano Decenal de Expansão de Energia a demanda para os próximos dez anos e a possibilidade de expansão (EPE, 2020).

O aumento de oportunidades de emprego, melhoria na infraestrutura da cidade decorrente da construção do parque eólico, usinas PCH ou Biomassa, alavancam a realização de projetos socioambientais, previstos nos Termos de Referência para implantação. A diversificação das atividades econômicas dos municípios, no momento da construção, corrobora o aumento do PIB local. De acordo com os dados observados, os Municípios que recebem os empreendimentos são informados com antecedência, antes do início das construções, no intuito de se adequar para receber o empreendimento, a partir investimento de dinheiro público na construção de uma infraestrutura para o município. No entanto, alguns Municípios não empregam o recurso da melhor forma. O resultado apresenta um tímido efeito positivo na despesa capital, sendo inconteste a sua ocorrência, no entanto não haveria óbice para a concretização de um maior investimento.

Em uma análise *ex ante* do cenário econômico dos municípios que receberam o programa e *ex post*, constatada através das diferenças capturadas no período, resta evidente a contribuição do PROINFA no desenvolvimento de municípios que não previam perspectivas de desenvolvimento. Alguns dos 93 municípios, que receberam o programa, estão distantes da capital e não possuíam nenhuma atividade econômica de destaque que possibilitasse um incremento de 10% na renda per capita dos trabalhadores da região.

O setor privado passou a contratar trabalhadores para a construção, gerando emprego e renda. Foi percebido que mesmo após a construção das usinas, com a diminuição do emprego direto, houve o desenvolvimento de um comércio local, o que

deixa a renda per capita em patamares superiores aos índices iniciais. As atividades de operação e manutenção das usinas e da infraestrutura, também justificam o impacto econômico e social positivo ocasionado pelo PROINFA nos municípios em que receberam o programa.

Expansão da energia renovável foi sinônimo de desenvolvimento, emprego e renda. Despertou nos pequenos municípios a melhoria das condições socioeconômicas dos moradores, que dificilmente seriam beneficiados, a partir do desenvolvimento de uma cadeia produtiva para o suprimento das Usinas associadas ao PROINFA. Seja em termos de expansão de áreas de plantio de cana-de açúcar e florestas de rápido crescimento para atender as necessidades das usinas de biomassa; atender a demanda local por trabalhadores na região de instalação e operação das usinas PCH, Eólica e Biomassa promovendo o desenvolvimento local; formação de clusters industriais mais próximo dos Parques eólicos, principalmente, no Nordeste brasileiro, em atendimento às regras do FINAME (70% das peças devem ser adquiridas de empresas nacionais), foram um dos fatores que contribuíram para o desenvolvimento nos municípios beneficiados pelo programa.

Por meio das análises dos dados e avaliação *ex-post* da Política (BRASIL, 2018b), infere-se que os objetivos do programa estão de acordo com as necessidades apontadas pelos relatórios oficiais sobre a política (ELETROBRAS, 2017). Assim, é possível constatar que as mudanças foram positivas e atenderam o fim proposto. Essas medidas parecem ir ao encontro do que propõe a literatura de avaliação de políticas públicas (TESOURO, 2015). É necessário, porém, compreender que ainda há problemas que não estão necessariamente resolvidos, como o índice de inadimplência para a conta Eletrobras nos contratos em fase de amortização.

O PROINFA, além de diversificar a matriz energética, levou desenvolvimento econômico das áreas (municípios) que recebem os aportes de financiamento. Desta forma, os resultados apresentam que municípios que receberam investimentos subsidiados pelo programa apresentem melhor desempenho econômico que os seus pares (municípios com características semelhantes). De forma clara, foi comprovado os municípios que receberam os investimentos do PROINFA apresentem uma taxa de crescimento do emprego e da renda superior aos municípios que não foram beneficiados.

Para aproveitar o potencial de energias renováveis do Brasil, é necessário partir de um programa bem estruturado de incentivos. O PROINFA na condição de iniciativa pioneira, enfrentou vários problemas legislativos e de mercado (ELETROBRAS, 2017).

Alguns desses problemas foram corrigidos ao longo do programa, como a extensão de prazos e a revisão de índices; outros pontos persistiram. Estes problemas foram explicitados com o resultado do primeiro leilão de energia alternativa e mostrou as limitações do sistema de leilões como mecanismo de disponibilização de energias renováveis para o Autoprodutores independentes. No entanto, é inegável o desenvolvimento regional, tecnológico, econômico e social que alcançou muitos municípios da região nordeste (com a implantação dos Parques eólicos) e a ascensão do mercado da cana de açúcar que vivia a depender unicamente do álcool.

3.5 CONCLUSÃO

O PROINFA foi propulsor da geração de energia elétrica limpa, menos danosa ao meio ambiente, mas cuja operação é mais cara quando comparada com os custos de produção de energia tradicional. Alcançou forte repercussão por ser considerado o maior programa do mundo de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica, que contribuiu para a diversificação da matriz energética nacional. Além de ter fomentado a geração de milhares de empregos diretos e indiretos em todo o país, especialmente na região dos empreendimentos com inexpressiva visibilidade econômica, proporcionando avanço industrial e internalização de tecnologia de ponta. Além disso, o programa possibilitou a redução de emissões de gases de efeito estufa.

A expansão das fontes renovável é essencial para o desenvolvimento econômico, criando condições que equilibrem as opções de fontes e a segurança energética ao passo que prezem pela descarbonização e diversificação da matriz, em prol de uma modicidade tarifária e o desenvolvimento econômico da sociedade. A política pública é essencial para que não haja competição entre as fontes renováveis disponíveis e sim o fomento e desenvolvimento diversificado dessas fontes e o acesso à toda sociedade dos benefícios, através de ações governamentais que fomentem a sustentabilidade econômica, ambiental e social.

Pode-se afirmar que a intervenção estatal na economia, através de uma política pública desenvolvimentista, de apoio ao produtor independente de energia e de subsídio para financiamento, desde que respeitado o índice de nacionalização do empreendimento, foram essenciais para alcançar os efeitos econômicos positivos esperados do PROINFA e que a condição econômica dos municípios com a política, realizada análise *ex post* e *ex*

ante, evidenciou na avaliação de impacto da Política Pública, com o método do Diff in diff, efeitos positivos.

Os resultados mostraram que o PROINFA apresentou uma elevação de 10% na renda per capita dos 93 municípios, 13,82% no número de trabalhadores formais e 39% na despesa do capital, demonstrando que os beneficiados com o programa alcançaram desenvolvimento econômico e social. As análises realizadas demonstraram que o PROINFA colaborou com o desenvolvimento regional. Para tanto, a regra básica para o setor elétrico sustentável é que dentro das reformas garanta que a indústria de eletricidade, além de ser competitiva, seja também capaz de atender a objetivos sociais, de proteção ambiental e assegurar investimentos que promovam avanços tecnológicos para a sustentabilidade e uma maior diversidade da matriz energética. Assim, o estudo evidenciou os bons resultados econômicos e sociais do PROINFA em municípios sem potenciais de desenvolvimento, até implantação do empreendimento.

Logo, este trabalho incentiva os tomadores de decisão a avaliar e desenvolver novas políticas para o setor elétrico, utilizando o PROINFA como referência de mecanismos de desenvolvimento regional e diversificação da matriz. Ao passo que, a eventual constatação de impactos negativos em estudos futuros, relativos ao custo suportado pela Eletrobrás em razão da garantia do preço fornecido aos participantes, deve ser enfrentada sob a égide de mecanismos de implementação da extra fiscalidade. Normalmente, a concessão de benefícios e incentivos fiscais, desoneração da incidência tributária por meio de isenções ou tributação com alíquota zero, são indutores de desenvolvimento em uma economia baseada na circularidade, afastada do pragmatismo, devendo observar os benefícios e o retorno social de curto prazo, como aconteceu nos 93 municípios em que os empreendimentos do PROINFA estiveram em operação.

3.6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª Ed. Brasília: ANEEL, 243 p., 2005. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b. Acesso em: 30 de jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição**. 2012. Disponível em:

http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_4_Retificacao_1.pdf. Acesso em: 30 de jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa nº. 482**. 2012. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>. Acesso em: 30 de jan. 2020.

AGUIAR, L.V.; FORTES, J.D.N.; MARTINS, E. Neutralização compensatória de carbono: estudo de caso: indústria do setor metal mecânico, Rio de Janeiro (RJ). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 197-205, Mar.2016.

AIE. International Energy Agency. **Greenhouse**, GAS R&D. 2000.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.

ASHENFELTER, O., CARD, D. Using the Longitudinal Structure of Earnings to Estimate the Effect of Training Programs, **Review of Economics and Statistics**, 67, 648-660,1985.

BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S.. How much should we trust differences-in-differences estimates? **The Quarterly journal of economics**, v. 119, n. 1, p. 249-275, 2004.

BRASIL, F. G.; CAPELLA, A. C. N. Os Estudos das Políticas Públicas no Brasil: passado, presente e caminhos futuros da pesquisa sobre análise de políticas. **Revista Política Hoje**, v. 25, n 1, p. 71-90, 2016.

BRASIL. Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex ante volume 1. Brasília: Ipea, 2018a.

BRASIL. Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex post, volume 2.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000.

BRASIL. Lei nº 10.762, de 11 de novembro de 2003. Dispõe sobre a criação do Programa Emergencial e Excepcional de Apoio às Concessionárias de Serviços Públicos de Distribuição de Energia Elétrica, altera as Leis nos 8.631, de 4 de março de 1993, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 11.943, de 28 de maio de 2009. Conversão da Medida Provisória nº 450, de 2008. Autoriza a União a participar de Fundo de Garantia a Empreendimentos de Energia Elétrica - FGEE; altera o § 4º do art. 1º da Lei no 11.805, de 6 de novembro de 2008; dispõe sobre a utilização do excesso de arrecadação e do superávit financeiro das fontes de recursos existentes no Tesouro Nacional; altera o art. 1º da Lei no 10.841, de 18

de fevereiro de 2004, as Leis nos 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.848, de 15 de março de 2004, 3.890-A, de 25 de abril de 1961, 10.847, de 15 de março de 2004, e 10.438, de 26 de abril de 2002; e autoriza a União a repassar ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES recursos captados junto ao Banco Internacional para a Reconstrução e o Desenvolvimento - BIRD.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

Brasília: Ipea, 2018b.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. Cambridge university press, 2005.

CARD, D.; KRUEGER, A. B. Minimum Wages and Employment: A Case Study of the FastFood Industry in New Jersey and Pennsylvania. **The American Economic Review**,

CAUPERS, J. **Relatório sobre o programa, conteúdo e métodos de uma**

CEBALLOS, C. A. V. Dos modos de legitimidad gubernamental vía política social: como efecto (ex post) y en el proceso (ex ante). **Espacios Públicos**, v. 11, n. 22, p. 128-137, 2008.

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de Projetos Sociais**. 9ª Ed., Petrópolis/RJ, Editora: Vozes, 2008.

Confederação Nacional da Indústria. A evolução do setor elétrico rumo à sustentabilidade / Confederação Nacional da Indústria, **Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico** – Brasília: CNI, 2017.132 p.

COSTA, F. L.; CASTANHAR, J. C. Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos. **Revista de Administração Pública**. v. 37, n.5, set./out., 2003.

COUTO, Leandro Freitas. **Análise Ex-Ante de Políticas Públicas: uma abordagem prática**. 2020.

DE TONI, J. Curso: Avaliação Ex-Post para Políticas Públicas. 2019.

disciplina de Metodica da Legislação. Cadernos de Ciência de Legislação, nº 35, outdez/2003. Oeiras/Portugal: Instituto Nacional de Administração.

ELETROBRAS. **PROINFA – Áreas de atuação**. 2017. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>. Acesso em 29 jan. 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Séries Históricas**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 20 jan. 2021.

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas e Análise do Mercado de Energia. Estatísticas de Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 de novembro 2010.

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas. Análise Periódica do Setor Energético Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 de outubro 2020a.

EPE - Empresa de Pesquisas Energéticas. Plano Decenal da Expansão de Energia. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 15 de setembro 2020b.

GARCIA, R. C. **A Reorganização do Processo de Planejamento do Governo Federal: o PPA 2000-2003**. In: Planejamento e avaliação de políticas públicas / organizadores: José Celso Cardoso Jr., Alexandre dos Santos Cunha. – Brasília: Ipea, 2015.

GCM. **Global Climate Monitor**. 2019.

GELLER, H. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy**, v.32, n.12, p.1437-50, 2004.

GERTLER, P. J. et al. **Avaliação de Impacto na Prática**. 2a. ed. Washington D.C.: World Bank Publications, v. 1, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Área e Densidade demográfica da unidade territorial**. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal**. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex ante**. Casa Civil da Presidência da República, Brasília: Ipea. v. 1, 192 p., 2018.

LEITE, A. C. C.; ALVES, E. E.; PICCHI, L. A cooperação climática multilateral e a promoção da agenda da transição energética no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, 2020.

MARTINS, E.; SENJU, E.A. A reestruturação do setor elétrico brasileiro nos anos 90 e as implicações sobre o segmento da distribuição. **Revista de Economia da UEG**, v. 3, n. 2, 2007.

MEYER, B. D. Natural and quasi-experiments in economics. **Journal of business & economic statistics**, v. 13, n. 2, p. 151-161, 1995.

MME - Ministério de Minas e Energia, “**PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica**”. Disponível online em: www.mme.gov.br/programas/proinfa/, acessada em 10 nov. 2019.

NERI, M. C.; MEDRADO, A. L. **Experimentando Microcrédito: uma análise de impacto de CrediAmigo no acesso a crédito.** Revista Econômica do Nordeste, v. 41, p. 133-154, 2010.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Planejamento anual da operação energética.** Brasília, 2002.

PÊGO FILHO, B.; MOTA, J. A.; CARVALHO, J. C. J.; PINHEIRO, M. M. S. **Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002.** Rio de Janeiro, 2001.

PERDIGÃO, D. Atuação política de grupos de interesse na evolução da matriz energética do Brasil de 1960 a 2019. **Revista Mundi Sociais e Humanidades** (ISSN: 2525-4774), v. 5, n. 3, 2020.

Pittsburgh, v. 84, n. 4, p. 772-793, set. 1994.

RAVALLION, Martin. Evaluating anti-poverty programs. **Handbook of development economics**, v. 4, p. 3787-3846, 2007.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

SIMIONI, C. A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis.** Tese Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

TESOURO, Secretaria do. **Avaliação de Políticas Públicas: êxitos e possibilidades de avanço.** Boletim de Avaliação de Políticas Públicas, volume 1, nº 1. Brasília: Tesouro Nacional, 2015^a.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R., Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos Cebrap**, São Paulo, n.79, p.47-69, nov.2007.

TORRES JÚNIOR, P., MOREIRA, C.A.L. O programa de incentivo às energias renováveis no Brasil (PROINFA) e a sua relação com a sustentabilidade: um estudo sobre a política energética brasileira sob a ótica neoliberal neoextrativista. **Brazilian Journal of Development** 6, 15466–15478, 2020.

WANG, L.; WATANABE, T. Effects of environmental policy on public risk perceptions of haze in Tianjin City: A difference-in-differences analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 109, p. 199-212, 2019.

4 ARTIGO 3 - TERMOELÉTRICAS DE BASE FLORESTAL NO BRASIL: EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS PARA UMA ECONOMIA CIRCULAR

RESUMO

A Economia Circular é conjunto de processos aplicados a sistemas técnico-econômico com foco no aumento da eficiência. A circularidade e a bioeconomia compartilham das metas de gestão sustentável dos recursos da biomassa, seja esta, agroindustrial ou do segmento florestal. No setor florestal brasileiro a economia circular é utilizada, principalmente, no uso de subprodutos industriais como combustível, para geração de vapor (calor e eletricidade), favorecendo o melhor aproveitamento dos materiais, recuperação energética e a cogeração na indústria. Este artigo analisou a estrutura da bioeletricidade florestal brasileira com base em evidências empíricas para uma economia circular. As informações das termelétricas foram obtidas do Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e as premissas da circularidade foram associadas às informações disponíveis das empresas. Da análise estrutural, observou-se um aumento de 12,78% a.a. termelétricas de base florestal e de 11,27% a.a. para a potência instalada, entre 2000 e 2020. Em 2020, a oferta esteve centrada nos estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais, indicando um polo para geração de bioeletricidade no país. As termelétricas que utilizam Licor Negro e Resíduo Florestal apresentaram maior quantidade de premissas de economia circular em seus processos produtivos. Também foi verificado que possuem atuação no mercado internacional o que evidenciou o engajamento para atendimento as práticas circulares e as metas da COP 21. Cerca de 40% das termelétricas a base de carvão vegetal e gás de alto forno não apresentaram informações quanto aos seus processos produtivos, não atendendo a importante premissa do marketing verde. As termelétricas a base de Lenha, possuem níveis de circularidade em evolução. Esses resultados podem auxiliar a um maior desenvolvimento das premissas de economia circular no setor da bioeletricidade florestal, indicando aos *stakeholders* a necessidade de investimentos e de políticas públicas voltadas à economia circular.

Palavras-chave: Bioenergia, perspectivas circulares, marketing verde.

ARTICLE 3 - FOREST-BASED POWER PLANT IN BRAZIL: EMPIRICAL EVIDENCE FOR A CIRCULAR ECONOMY

ABSTRACT

Circular Economy is a set of processes applied to technical-economic systems with a focus on increasing efficiency. Circularity and bioeconomy share the goals of sustainable management of biomass resources, be it agro-industrial or forestry. In the Brazilian forest sector, the circular economy is mainly used in the use of industrial by-products as fuel, for steam generation (heat and electricity), favoring better use of materials, energy recovery and cogeneration in industry. This paper analyzed a structure of Brazilian forest bioelectricity based on empirical evidence for a circular economy. Information on thermoelectric plants was obtained from the Aneel Generation Information System (SIGA) of the National Electric Energy Agency (ANEEL) and the assumptions of circularity were associated with the information available from the companies. From the structural analysis, an increase of 12.78% p.a. forest-based thermoelectric plants and of 11.27% p.a. for installed power, between 2000 and 2020. In 2020, the offer was centered in the states of Mato Grosso do Sul, São Paulo and Minas Gerais, indicating a hub for the generation of bioelectricity in the country. The thermoelectric plants that use Licor Negro and Forest Residue presented a greater amount of circular economy assumptions in their production processes. It was also verified that they operate in the international market, which evidenced the commitment to comply with the circular practices and the goals of COP 21. About 40% of the thermoelectric plants based on charcoal and blast furnace gas did not present information regarding their production processes, not meeting the important premise of green marketing. Firewood-based thermoelectric plants have evolving circularity levels. These results can help to further develop the circular economy premises in the forest bioelectricity sector, indicating to stakeholders the need for investments and public policies aimed at the circular economy.

Keywords: Bioenergy, circular perspectives, green marketing.

4.1 INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande potencial de produção florestal, possuindo vantagens comparativas e competitivas. Em 2018, a produção nacional da madeira para fins energéticos foi de 123,44 milhões de m³, fazendo com que o Estado brasileiro fosse o terceiro maior produtor mundial, para esta finalidade. A produção florestal brasileira ocorre, principalmente, a partir da silvicultura, contando com uma área de florestas plantadas de 7,83 milhões de hectares, ocupados por 5,7 x10⁶ ha (72,80%) de eucalipto, 1,6 ha x 10⁶ (20,43%) de pinus e 0,53 ha x 10⁶ (6,77%) de outras espécies (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2020; INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ, 2020).

Silva, Simioni e Hoff (2020) afirmaram que no setor florestal brasileiro, com ênfase no Sul do país, a utilização de subprodutos industriais como combustível para geração de vapor (calor e eletricidade) é a característica mais importante da circularidade, neste segmento; permitindo um melhor aproveitamento dos materiais, recuperação energética e favorecendo a cogeração na indústria. Os autores destacaram ainda, que o uso dos resíduos, resulta na valorização da economia dos subprodutos e na diminuição de custos.

A indústria nacional de celulose e papel é um exemplo significativo da reutilização de recursos nos processos industriais. Segundo o IBÁ (2019), em 2018, neste segmento, cerca 64% da demanda elétrica foi suprida pelo licor negro e 18% com biomassa residual florestal. Outros setores industriais, como as siderúrgicas e serrarias, também utilizam da cogeração como mecanismo de EC. Para a eletricidade disponível a partir dos recursos florestais, o Brasil apresentou, em 2020, 4,42 GW de potência outorgada (2,09% do nacional), composto por: licor negro (3,28 GW), resíduos florestais (0,84 GW), gás de alto forno da biomassa (0,13 GW), carvão vegetal (0,05 GW) e lenha (0,12 GW) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA DE ELÉTRICA - ANEEL, 2020).

A economia circular (EC) apresenta-se como uma evolução ao modelo tradicional da indústria de extração – produção – descarte, sua instituição mostrou-se motivada pelas necessidades de transição das atuais tecnologias para sistemas produtivos mais sustentáveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION - EMF, 2013; SEIFFERT; LOCH, 2005). Korthonen, Honkasalo e Seppälä (2018) destacaram que a EC é um conceito utilizado e priorizado em diversos governos, incluindo China, Japão, Reino Unido, França, Canadá, Holanda, Suécia e Finlândia, mas também em menor escala, aplicado a empresas específicas ao redor do mundo. Além do aspecto ambiental, a EC resulta em ganhos

financeiros substanciais, estimativas apontam que a implementação resultaria em lucratividade de 1.000 bilhões de dólares, em escala mundial (EMF, 2013).

A EC pode ser descrita como conjunto de sistemas tecno econômico que substituem o descarte de produtos pela redução do uso, reutilização, reciclagem, e recuperação, com foco no desenvolvimento sustentável (KIRCHHERR et al., 2017; SILVA; SIMIONI; HOFF, 2020). Husgafvelet al. (2018) destacaram que as estruturas de EC e da bioeconomia compartilham das metas de sustentabilidade e eficiência de recursos, principalmente com relação a gestão eficiente dos recursos da biomassa, seja esta agroindustrial ou do segmento florestal.

A transição para uma economia circular é um requisito para garantia da sustentabilidade ambiental, dos meios de produção industriais e desenvolvimento energético através das fontes renováveis, além de ser o caminho para soluções globais beneficiando a sociedade (SASSANELLI et al., 2019). A circularidade em uma indústria não está limitada a redução de custos e perdas produtivas, as também criam fontes de receita, a exemplo da energia utilizada, que poderá ser autoproduzida através do reuso dos seus resíduos, com a possibilidade da venda do excedente da energia produzida para o mercado de energia (ZAMFIR et al., 2017).

Uma política energética que preze pela eficiência e redução dos custos, são desafios contínuos para expansão das fontes renováveis e da circularidade. As perspectivas e premissas de circularidade associadas aos meios produtivos, indicam maior consonância às práticas circulares que seguem o passo do desenvolvimento requerido no mercado internacional (SEHNEM et al., 2020).

Diversos estudos tratam da EC associada a bioeconomia, Husgafvel et al. (2018) observaram as vantagens competitivas geradas pela implementação da EC no setor florestal na região de Kymenlaakso, Finlândia; por sua vez, Bosman e Rotmans (2016) investigaram as semelhanças e diferenças no processo de transição para EC da bioeconomia, entre a Holanda e a Finlândia; os autores destacaram que uma governança facilitadora (Holanda) tende a apresentar melhores resultados que um processo onde o governo atua como diretor dos processos de EC (Finlândia). Sherwood (2020), contribuiu com a relação entre EC e bioeconomia ao realizar uma revisão sobre a produção sustentável de biomassa e sua função como matéria-prima na perspectiva europeia.

No Brasil destacam-se os ensaios de Silva, Simioni e Hoff (2020) que apresentaram uma política para biomassa florestal baseada em um modelo de EC, com a redução do uso

de recursos virgens e uso do resíduo gerado no setor florestal para finalidades energéticas; para as indústrias do setor florestal de Lages – SC e Paes et al. (2019) que trouxeram a associação da EC para destinação dos resíduos sólidos urbanos em três municípios do estado de São Paulo, visando traçar ações e diretrizes para políticas públicas.

Apesar do crescente número de artigos científicos associando a “Economia circular” e a “bioeconomia”, Toppinen; D’Amato; Stern (2020) destacaram que as pesquisas se encontram com foco em análises técnicas, negligenciando as abordagens políticas sobre o significado conceitual e estratégico de negócios de 'bioeconomia circular'. Portanto, esta pesquisa analisou a estrutura econômica da bioeletricidade florestal brasileira com base em evidências empíricas para uma economia circular.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Objeto de Estudo

O objeto de estudo foi às termelétricas de base florestal brasileiras, no período de 2000 a 2020. Foi realizada pesquisa exploratória e descritiva, os dados utilizados estiveram disponíveis nos Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA) da ANEEL. Para a análise da conjuntura da oferta de bioeletricidade florestal nacional foram consideradas as usinas da biomassa florestal, classificadas por combustível nível 2 (Lenha, Resíduos Florestais, Carvão Vegetal, Licor Negro e Gás de Alto Forno).

Para a biomassa florestal observou-se a evolução da quantidade e potência instalada das termelétricas (MW), por combustível final, por tamanho da geração e por tipo de outorga, de 2000 a 2020. A conjuntura relacionou os ciclos de curto prazo da economia e da política para o setor florestal e energético brasileiro, envolvendo a estrutura produtiva nos ciclos de longo prazo.

A geração distribuída pode ser classificada, de acordo com a sua potência instalada, como: Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 KW; Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5MW para as demais fontes e geração superiores a 5 MW (CCEE, 2019). Por regime de operação as usinas podem ser classificadas como: (i) Autoprodutor de Energia Elétrica (APE) - como “a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo” O APE é o agente que, na mesma pessoa jurídica,

realiza a atividade de geração de energia elétrica para suprir seu próprio consumo, podendo, no entanto, comercializar excedentes desde que previamente autorizado pela ANEEL; (ii) Produtor Independente de Energia Elétrica - “a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir eletricidade destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco”. O PIE é o agente setorial que investe em geração de energia com o intuito de comercializar o produto de sua geração sem, no entanto, ser-lhe imperativo fazê-lo integralmente. Daí a existência da expressão “de toda ou parte”, pois o PIE pode optar por consumir integralmente a sua própria energia elétrica ou, caso se mostre mais vantajoso e (iii) Registro que é o tipo usual de outorga para geração (ANEEL, 2020).

Realizou-se uma análise descritiva da distribuição espacial e da potência instalada (em quartis) das termelétricas de biomassa florestal nos estados brasileiros. A distribuição espacial das usinas nacionais foi realizada por quartis (Equação 4.1) (CRESPO, 2009).

$$Q_k = \frac{k \sum f_i}{4} \quad (4.1)$$

em que: k = número de ordem do quartil; $\sum f_i$ = somatório da quantidade ou potência instalada de termelétricas. Estabeleceu-se níveis de oferta baixa (Quartil um – Q1), média (Quartil dois – Q2), alta (Quartil três – Q3) e muito alta (Quartil quatro – Q4). Os quartis foram categorizados pela primeira quarta parte da potência instalada (MW), o Q1 ($0 < Q1 \leq 25\%$), segunda quarta parte, o Q2 ($25\% < Q2 \leq 50\%$), terceira quarta parte, o Q3 ($50\% < Q3 \leq 75\%$) e quarta parte final, o Q4 ($75\% < Q4 \leq 100\%$) (DAWSON, 2011).

Para observar as alterações (aumento e diminuição) na quantidade de termelétricas e da potência instalada (2000-2020) foi utilizada a Taxa Geométrica de crescimento (TGC), Equação 4.2, (CUENCA; DOMPIERI, 2016).

$$TGC[\%] = \left[\sqrt[\Delta t]{\frac{V_F}{V_O}} - 1 \right] * 100 \quad (4.2)$$

em que, V_F = a quantidade ou potência outorgada (MW) das termelétricas de biomassa florestal no ano final; V_O = a quantidade ou potência das termelétricas de biomassa florestal no ano inicial; Δt é a variação temporal (expressa em anos).

4.2.2 Evidências empíricas para uma economia circular

O Quadro 4.1 classificou perspectivas e premissas da economia circular pelos processos participantes do mercado da bioeletricidade florestal e as políticas públicas circunscritas a este segmento.

Quadro 4.1 - Perspectivas e premissas da economia circular.

Perspectivas	Premissas associadas
Logística reversa (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Prima pela coleta e restituição dos resíduos para a indústria, a fim de que possam ser reintroduzidos na cadeia de produção ou reaproveitados; – Foca no reaproveitamento;
Cradle to cradle (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Os recursos são geridos em uma lógica circular de criação e reutilização, em que cada passagem de ciclo se torna um novo berço para determinado material;
Double loop (ênfase na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Olha para um resíduo e procura criar alternativas novas para reintroduzi-lo na cadeia de produção.
Closed loop (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Preza a circularidade dos recursos; – Recicla materiais/ Utiliza Fontes Renováveis
Upcycle (ênfase na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Usa criatividade e inovatividade; – Enfatiza contemporâneos de sustentabilidade.
Simbiose industrial (ênfase na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Foca no mutualismo, na cooperação e no compartilhamento.
Análise do Ciclo de Vida (foco na gestão de operações)	<ul style="list-style-type: none"> – Quantifica os impactos ambientais associados a um produto ou processo; – Compila a entrada de energia e materiais relevantes inseridos e emissões ambientais; – Desenvolve produtos mais sustentáveis; – Atende às leis e políticas ambientais e certificações – Melhora a imagem do setor frente à sociedade (Marketing verde);
Economia espiral (foco na gestão do sistema)	<ul style="list-style-type: none"> – Reutiliza/redistribui– produto usado; – Atualiza/remanufatura o produto; – Recicla o produto como fonte

Fonte: Sehnem e Pereira (2018).

Para coleta de informações dos processos produtivos das termelétricas de base florestal foram observadas especificações técnicas dos processos de outorga junto à ANEEL. Identificou 126 usinas que compõe o objeto de estudos e associou as premissas das 8 (oito) perspectivas da Economia Circular: Logística reversa, *cradle to cradle*, *double loop*, *closed loop*, *upcycle*, simbiose industrial, análise do ciclo de vida e economia espiral.

Utilizou como critério o marketing verde, pois a responsabilidade social e ambiental solidifica a imagem das empresas, que adequa a cultura empresarial e o agir na consecução de políticas sustentáveis, voltadas à economia circular (MACHADO, 2020). Muitas empresas podem praticar algumas das perspectivas, mas desconhecem que praticam. Logo, o marketing verde da economia circular não se limitou ao discurso, mas

possuir programas, certificações, políticas de governança e relatório de sustentabilidade disponíveis para a sociedade e o mercado (COSTA; CONCEIÇÃO; DA SILVA, 2021), que reflitam a redução de custos, diminuição de materiais e energia utilizada, além da geração de renda resultado dos empregos gerados com a implementação da economia circular (NETO, 2015). Essas informações são de domínio público e disponíveis nos canais oficiais de comunicação das empresas para a classificação.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aproveitamento das fontes de biomassa para geração de eletricidade é uma importante prática, que colabora com a instituição da economia circular na gestão de empresas do setor madeireiro, como as fábricas do setor de celulose e papel, por exemplo. Para compreender a conjuntura das termelétricas do setor, no Brasil, a Figura 4.1 apresenta a evolução da quantidade e potência instalada (MW) das termelétricas de biomassa florestal brasileiras, por tipo de combustível, de 2000 a 2020. Em 2000, no Brasil, registrou-se apenas 11 termelétricas da biomassa florestal outorgadas. Esse potencial esteve associado, principalmente, as usinas de licor negro (9 termelétricas); sendo o licor, ou lixívia, o principal resíduo do processo produtivo da celulose. Em termos de potencial instalado foram 562,90 MW (97,01% de licor negro). Para 2020, foram identificadas 122 termelétricas outorgadas, resultado de um incremento médio de 12,78% a.a. da quantidade de empresas; para o potencial instalado, em 2020, a oferta nacional foi de 4.761,90 MW, que representou aumento médio anual de 11,27% a.a., com relação a 2000.

Para a quantidade de empresas, Figura 4.1a, a década de 2000 foi a que apresentou maior crescimento para o setor (22,23% a.a., de 2000 a 2009). Os principais fatores que colaboraram com esse incremento foram as mudanças no setor elétrico, a crise do apagão ocorrida em 2001 e 2002, e a instituição dos leilões de energia renovável, que facilitaram a entrada de novas empresas no mercado de eletricidade regulada. A partir de 2002, foram instaladas usinas do Carvão Vegetal, Gás de Alto Forno e Lenha. Entre 2010 e 2020, o ganho no número de empresas foi de 5,56% a.a., partindo de 71 para 122 termelétricas outorgadas; a geração a partir do carvão vegetal com maior aumento médio (18,58% a.a.). Da potência instalada, Figura 4.1.b, entre 2000 e 2009 foi o maior incremento médio anual (12,64% a.a.), porém a partir de 2010, registrou-se maiores aumentos à potência, em termos absolutos, saltando de 1.690,94 MW (2010) para 4.761,90 MW (2020). A expansão esteve relacionada a busca de eficiência energética e do melhor aproveitamento de resíduos

nas indústrias; dos 3.070,96 MW acrescidos na oferta da bioeletricidade florestal, 64,93% foram da instalação ou expansão das térmicas associadas ao segmento de celulose e papel.

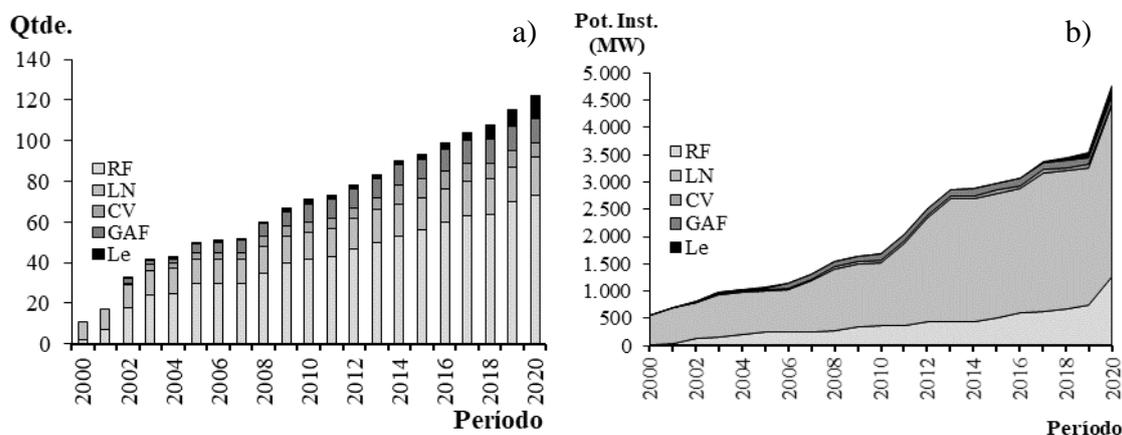


Figura 4.1 - Evolução da quantidade e potência instalada (MW) das termelétricas de biomassa florestal brasileiras, por tipo de combustível, de 2000 a 2020.

Fonte: ANEEL (2020).

A oferta de bioeletricidade no Brasil encontra relação com as indústrias de celulose, que usam o licor negro, as serrarias, com utilização dos resíduos florestais e as siderúrgicas, as quais fazem a substituição de óleo combustível por carvão vegetal. Essas associações fazem com que a oferta esteja associada às regiões com maior capacidade de produção madeireira, como o Sul e Centro-Oeste (COELHO JUNIOR et al., 2020; SIMIONI et al., 2017).

A Figura 4.2 apresenta o recorte da distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração e quartis de potência instalada (MW), em 2020. Apenas quatro usinas estiveram na categoria de microgeração, a Marfrig São Gabriel (15,00 kW), as usinas da Gaseifamaz I e II (ambas com 27,00 kW) e a Santo Antônio (60,00 kW); com isso o estado do Pará foi o de potência mais significativa para esta categoria. Para a minigeração foram 53 termelétricas, o que demonstra o grande potencial dos recursos florestais para geração distribuída de energia. Os estados com maior potencial (Q₄) foram Minas Gerais (38,18 MW) e Santa Catarina (32,75 MW), o estado mineiro destacou-se pelo uso da cogeração a partir do gás de alto forno de biomassa. No Q₂ (Moderada) estiveram São Paulo (13,56 MW), Paraná (16,20 MW) e Mato Grosso do Sul (10,97 MW), os Resíduos florestais (35 termelétricas) foram o recurso com melhor

adaptação à categoria de minigeração, em seguida estiveram o Gas de alto forno (7 termelétricas) e o Carvão vegetal (5 termelétricas).

Para geração acima de 5 MW as unidades federativas com grandes usinas do licor negro apresentaram-se nos quartis de maior potência. Os estados do Mato Grosso do Sul (731,72 MW), São Paulo (592,31 MW) e Minas Gerais (562,21 MW) compuseram o Q₄. Dentre as usinas, a Bracell – SP foi a principal participante com 409,30 MW outorgados (a termelétrica encontra-se em fase de construção), em seguida estiveram a Klabin Celulose – PR (330,00 MW) e a Euca Energy -MT (324,00 MW).

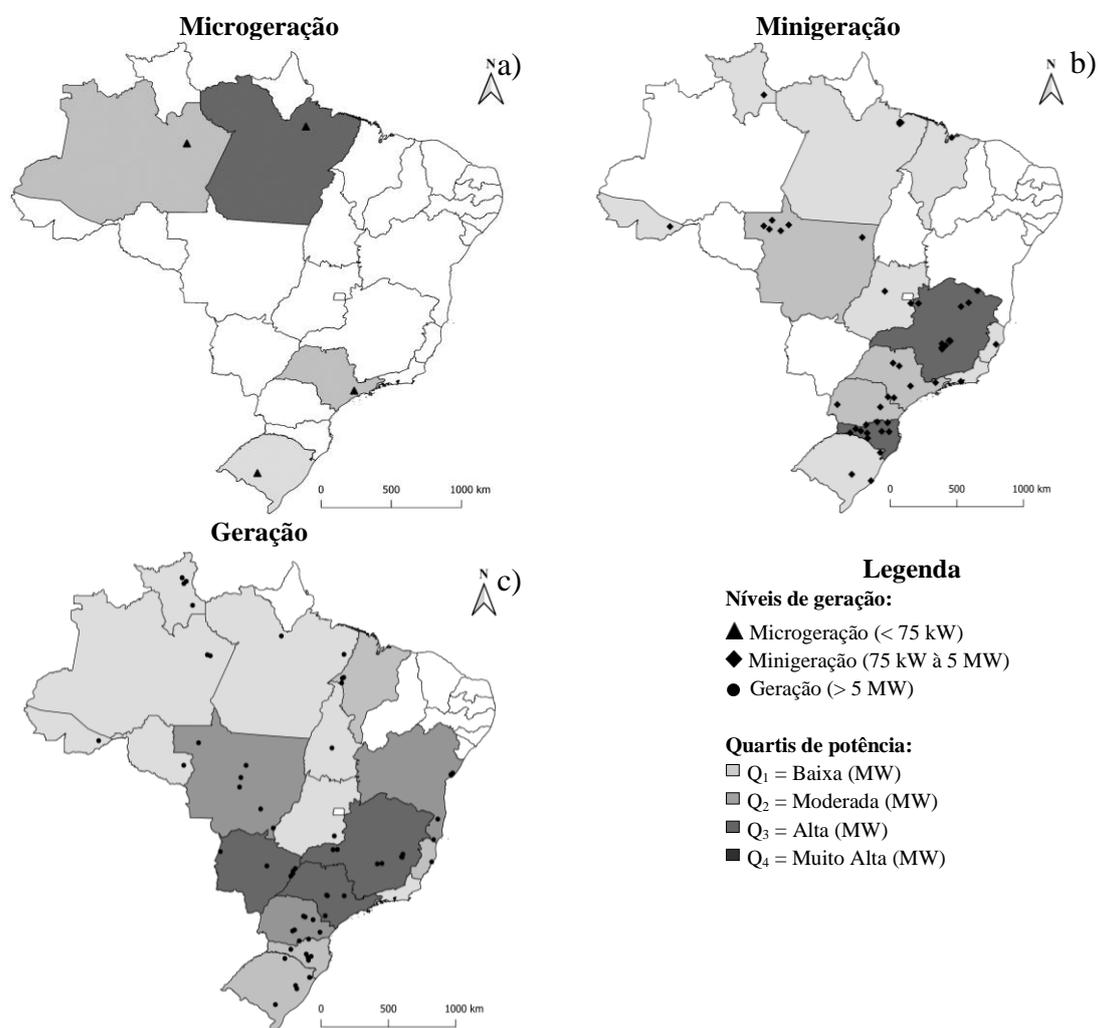


Figura 4.2 - Distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração e quartis de potência instalada (MW), em 2020.

Fonte: ANEEL (2020).

No quartil 3 estiveram os estados do Mato Grosso (511,66 MW), com foco no uso dos resíduos florestais a partir da Euca Energy, Paraná (500,58 MW) e Bahia (466,07

MW). Para o quartil 2 estiveram Rio grande do Sul (347,99 MW), Maranhão (275,04 MW), Espírito Santo (210,40 MW) e Santa Catarina (203,06 MW), nessas regiões também destacou-se termelétricas do licor negro, porém a partir de unidades mais antigas, o que pode ter reflexo sobre a capacidade instalada e no nível de eficiência da geração. Para o Q₁ estiveram os estados do Pará (75,00 MW), Roraima (49,80 MW), Acre (28,97 MW), Rondônia (24,00 MW), Amazônia (17,00 MW), Tocantins (11,50 MW) e Goiás (10,20 MW), sendo apenas este localizado fora da região Norte do país. No último quartil se destacaram as térmicas dos resíduos florestais, o que pode indicar uma tentativa de aumento nos índices de sustentabilidade das serrarias presentes na região.

A Figura 4.3 apresenta a evolução da distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração, e quartis de potência instalada (MW), em 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. Em 2000, das 11 termelétricas instaladas (562,90 MW), 90,90% apresentaram potência superior a 5 MW. O Espírito Santo (142,90 MW) foi o único estado participante do Q₄, destacando a usina da Aracruz Celulose. Para o Q₃ estiveram a Bahia (105,60 MW) e Minas Gerais (100,00 MW), destacaram-se a Bahia Pulp e Cenibra, ambas utilizando o licor negro. Para o Q₂, o Pará (55,00 MW) foi o principal estado, a partir da Jari Celulose, em seguida estiveram: PR (48,85 MW), RS (48,80 MW) e SC (46,75 MW). Embora com estados apenas no Q₂, a região Sul demonstrou forte vocação para esta forma de geração. No Q₁, esteve apenas o estado de São Paulo (15,00 MW), a partir da Ripasa, usina de resíduos florestais.

Para 2005, houve a entrada de 39 termelétricas, sendo 2 de microgeração e 21 de minigeração; esse aumento demonstrou o impacto das políticas públicas para incremento da geração distribuída a partir fontes renováveis de energia. A potência instalada foi de 1.065,65 MW; no quartil superior (Q₄) estiveram os estados da Bahia (222,64 MW) e Espírito Santo (210,40 MW). Para o Q₃ foram Minas Gerais (144,22 MW), destacando a instalação de usinas do GAF e Santa Catarina (117,10 MW), com térmicas de licor negro e resíduos florestais. Compuseram o Q₂: São Paulo (107,84 MW), com a expansão da Ripasa, PR (96,85 MW) e RS (58,80 MW). No quartil de baixa potência estiveram: Pará (55,55 MW), Rondônia (20,00 MW), Amazonas (17,03 MW), Maranhão (7,20 MW), Mato Grosso (4,51 MW) e Mato Grosso do Sul (3,50 MW).

Em 2010 registrou-se aumento de 21 termelétricas (1 de microgeração, 10 de minigeração e 10 de geração superior a 5 MW) e 625,28 MW instalados. O Q₄ foi composto pelo estado da Bahia (327,20 MW) e Minas Gerais (249,18 MW). Para o Q₃

estiveram: Espírito Santo (210,40 MW), Mato Grosso do Sul (192,04 MW), Paraná (180,58 MW) e Santa Catarina (175,62 MW), em todos os estados destacaram-se as termelétricas de licor negro.

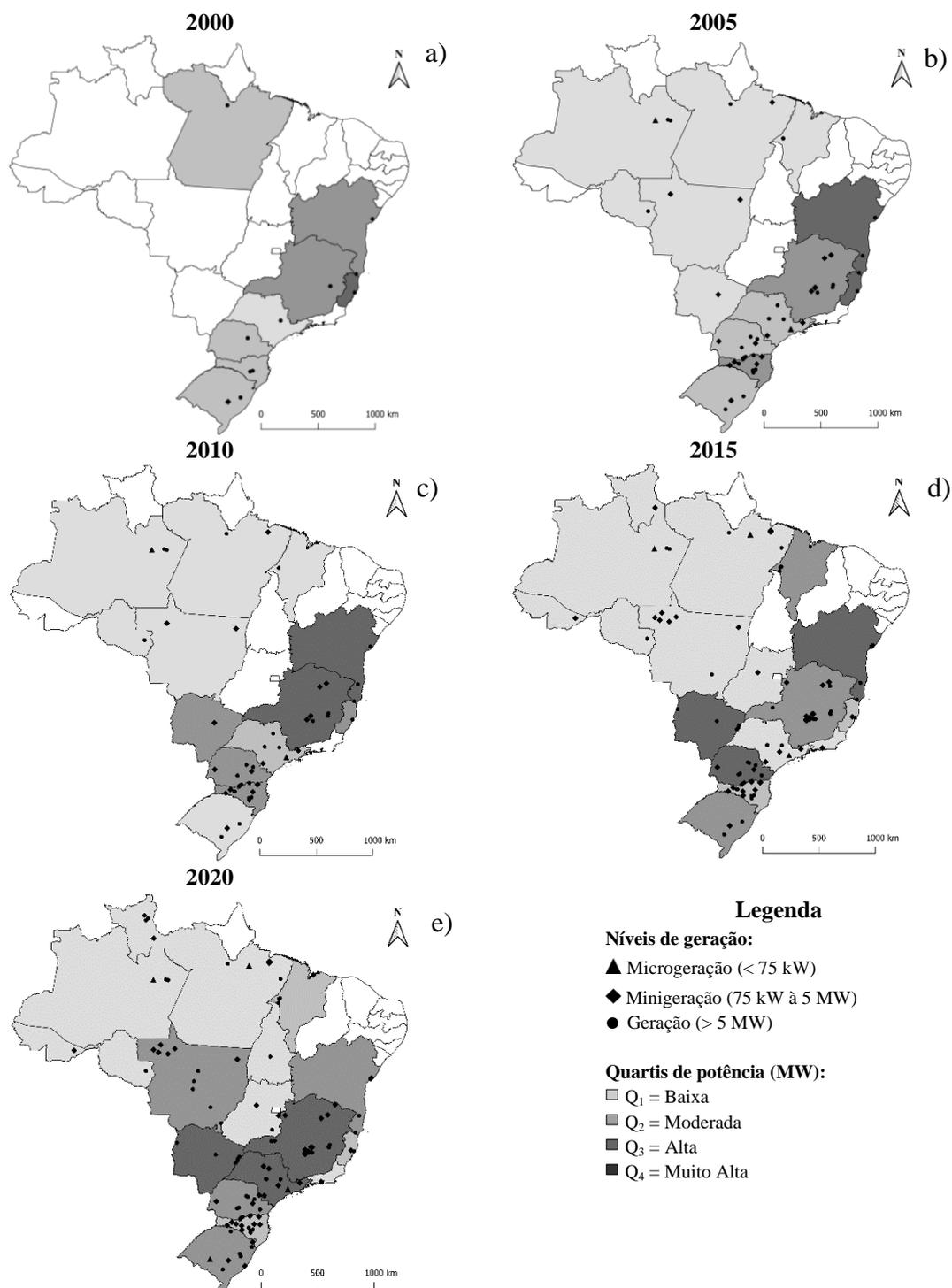


Figura 4.3 - Distribuição espacial das termelétricas brasileiras de base florestal, por níveis de geração, e quartis de potência instalada (MW), em 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020.

Fonte: ANEEL (2020).

Para 2015 destacou-se a instalação da Klabin Celulose, segunda maior termelétrica (330,00 MW) da biomassa florestal, localizada no Paraná, o que fez com que o estado se tornasse o principal na oferta nacional; complementou o Q₄, a Bahia (466,07 MW) e Mato Grosso do Sul (424,04 MW). Os participantes do Q₃ foram: Espírito Santo (210,40 MW), Mato Grosso do Sul (192,04 MW), Paraná (180,58 MW) e Santa Catarina (175,62 MW). No quartil de baixa potência estiveram: Pará (78,31 MW), Roraima (54,60 MW), Acre (30,47 MW), Rondônia (24,00 MW), Goiás (18,20 MW), Amazonas (17,03 MW), Tocantins (11,50 MW) e Rio de Janeiro (2,70 MW). Entre 2015 e 2020 houve entrada de 33 termelétricas, sendo 1 de microgeração, 10 de minigeração e 22 térmicas de grande geração. Para esse período o destaque foi a outorga da termelétrica Bracell (409,31 MW), maior usina do país, com relação ao potencial instalado.

Segundo a classificação da ANEEL (2020), as termelétricas da biomassa florestal apresentam três tipos de regime de operação (Autoprodução de eletricidade, Produção Independente de Energia e Registro). A Figura 4.4 apresenta a evolução da quantidade de termelétricas brasileiras de base florestal, por regime de operação, de 2000 a 2020. Foi possível observar que a maior quantidade de termelétricas brasileiras esteve alocada no regime de registro, tendo em vista que são muitas as empresas classificadas como de Minigeração (Pot. Out. \leq 5MW).

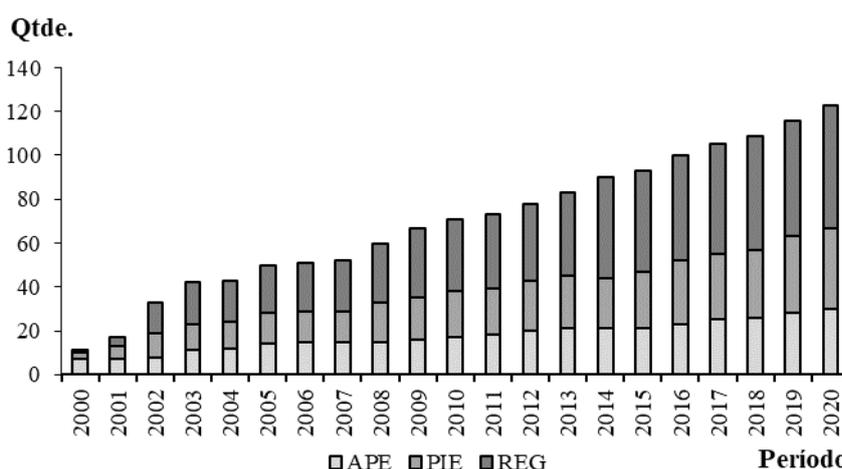


Figura 4.4 - Evolução da quantidade de termelétricas brasileiras de base florestal, por regime de operação, de 2000 a 2020.

Fonte: ANEEL (2020).

Em 2000, das 11 termelétricas instaladas, 7 termelétricas (63,63%) foram classificadas como APE, ou seja, empresas (ou um grupo delas) autorizadas a

comercializar os excedentes de eletricidade consumida em seus processos produtivos. A participação expressiva para este regime de operação deveu-se ao grande número de termelétricas do licor negro instaladas, as quais apresentavam excedentes da energia gerada em seu processo produtivo. Também registrou-se 3 termelétricas de APE (27,27%), categoria onde estiveram aquelas empresas autorizadas a comercializar toda ou parte da energia produzida, arcando com eventuais riscos de mercado; apenas 1 termelétrica foi classificada como de registro (9,01%). A partir de 2002, com os incentivos governamentais voltados a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis, foi iniciada a instalação de usinas de pequeno porte com uso da lenha, carvão vegetal e gás de alto forno, o que ocasionou aumento significativo para a categoria de registro. No intervalo de 2000 a 2020, o regime de registro apresentou o maior aumento anual médio com 22,30% a.a.; em seguida estiveram a PIE (13,23%) e a APE (7,55% a.a.). Em 2020, foram observadas 30 termelétricas sob regime de APE (24,59%), para a PIE foram 37 termelétricas (29,50%) e 56 termelétricas para regime (45,90%).

Para compreender melhor o regime de operação das termelétricas da biomassa florestal brasileiras, a Figura 4.5 apresenta sua distribuição por fonte de biomassa florestal por regiões, em 2020. Para o licor negro foram 9 APE, 9 PIE e 1 REG, as empresas de maior robustez e maior potência instalada utilizaram deste recurso para geração de bioeletricidade, o que torna os participantes aptos a participarem da geração distribuída. Observou-se que as grandes empresas do setor (Bracell, Klabin Celulose e Fibria MS-II) estiveram sob regime de operação PIE, evidenciando que o regime apresenta vantagem para grandes grupos empresariais. As usinas dos resíduos florestais foram as mais bem distribuídas com relação ao regime de operação, sendo 14 APE, 21 PIE, 38 REG. Este nível apresenta grande adaptabilidade de potência instalada, adequando-se a realidade de empresas de diferente porte.

Em termos espaciais, Figura 4.5b, as empresas com regime de operação APE estiveram centradas na porção Centro Sul do país, com destaque para os estados de Minas Gerais (5 termelétricas), Santa Catarina (5 termelétricas) e Mato Grosso (4 termelétricas). Para o regime PIE, destacou-se o estado do Paraná, com 6 termelétricas e forte domínio das usinas do grupo Klabin que adotam este regime operacional. Em seguida estiveram os estados de Roraima (4 termelétricas) e São Paulo (4 termelétricas). Por fim, para o regime de registro destacou-se Minas Gerais (13 termelétricas) em razão ao elevado número de

térmicas do carvão vegetal e GAF, seguido de Santa Catarina (10 termelétricas) e Mato Grosso (6 termelétricas), associadas ao uso de resíduos florestais.

Para o carvão vegetal foram 1 termelétrica para APE, 1 para PIE e 5 termelétricas para registro, o gás de alto forno apresentou comportamento semelhante ao carvão, com 3 APE, 2 PIE e 7 REG, as empresas desses setores centraram-se em termelétricas de pequeno porte. Para a lenha foram 3 APE, 3 PIE e 5 REG, nas cinco maiores termelétricas deste nível de fonte observou-se os regimes de operação APE e PIE, demonstrando que as empresas de maior porte tendem a utilizar esta modalidade.

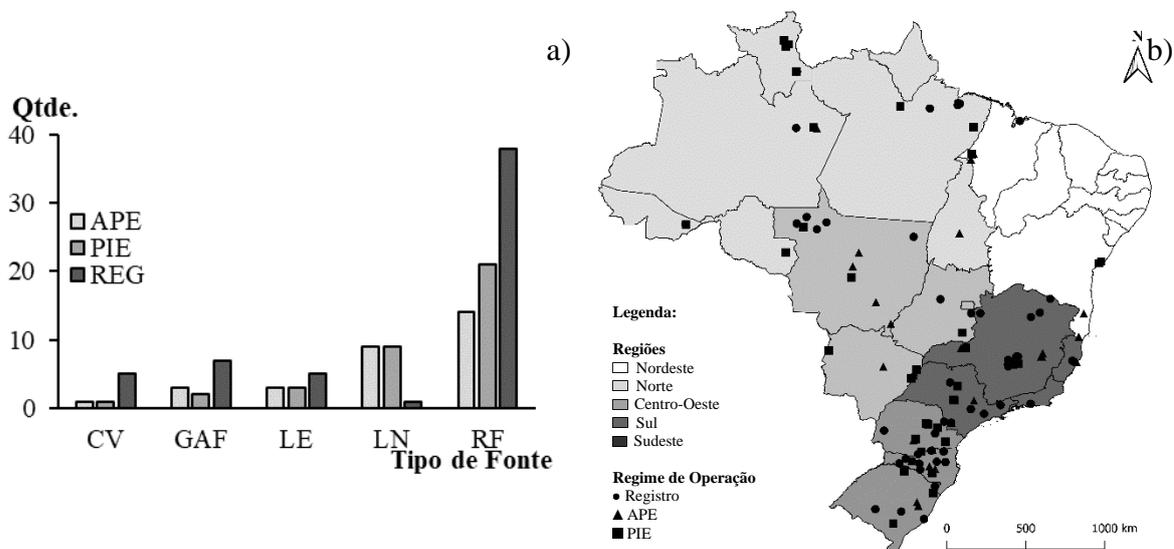


Figura 4.5 - Quantidade de termelétricas brasileiras de base florestal, por regime de operação, (a) por fonte de biomassa florestal e (b) por regiões, em 2020.

Fonte: ANEEL (2020).

Para o licor negro foram 9 APE, 9 PIE e 1 REG, as empresas de maior robustez e maior potência instalada utilizaram deste recurso para geração de bioeletricidade, o que torna os participantes aptos a participarem da geração distribuída. Observou-se que as grandes empresas do setor (Bracell, Klabin Celulose e Fibria MS-II) estiveram sobre regime de operação PIE, evidenciando que o regime apresenta vantagem para grandes grupos empresariais. As usinas dos resíduos florestais foram as mais bem distribuídas com relação ao regime de operação, sendo 14 APE, 21 PIE, 38 REG. Este nível apresenta grande adaptabilidade de potência instalada, adequando-se a realidade de empresas de diferente porte.

Em termos espaciais, Figura 4.5b, as empresas com regime de operação APE estiveram centradas na porção Centro Sul do país, com destaque para os estados de Minas Gerais (5 termelétricas), Santa Catarina (5 termelétricas) e Mato Grosso (4 termelétricas). Para o regime PIE, destacou-se o estado do Paraná, com 6 termelétricas e forte domínio das usinas do grupo Klabin que adotam este regime operacional. Em seguida estiveram os estados de Roraima (4 termelétricas) e São Paulo (4 termelétricas). Por fim, para o regime de registro destacou-se Minas Gerais (13 termelétricas) em razão ao elevado número de térmicas do carvão vegetal e GAF, seguido de Santa Catarina (10 termelétricas) e Mato Grosso (6 termelétricas), associadas ao uso de resíduos florestais.

A Figura 4.6 apresenta a quantidade de termelétricas da biomassa florestal com práticas de economia circular estabelecidas em seus processos produtivos, no Brasil, em 2020. As 126 usinas de bioeletricidade florestal em operação estão distribuídas quantitativamente entre seguintes fontes: 9 de carvão vegetal, 11 de lenha, 12 gás de alto forno, 19 licor negro e 76 resíduos florestais. Tais usinas foram analisadas a partir do critério do marketing verde, de acordo com as informações divulgadas pelas empresas nos canais de comunicação, disponíveis na rede, ao passo que foi submetida à classificação das premissas da Economia Circular.

Do total de usinas termelétricas analisadas, 78% (99 empresas) possui práticas de Economia Circular em seu processo produtivo, com políticas internas de engajamento, na otimização de processo e na sustentabilidade. Das 99 empresas de biomassa florestal com práticas de economia circular, destacam-se as de Resíduo Florestal, representada por 61% e Licor Negro, com 18% de participação ativa no setor elétrico. Estas 77 termelétricas são representadas, em sua maior parte, por indústrias do setor de papel, embalagens, combustível, alimentos e artefatos de madeira com participação no mercado nacional e internacional, o que lhe incube uma responsabilidade as práticas circulares e a observância dos compromissos firmado no Acordo de Paris e Comitê do Clima da ONU (LEITE; ALVES; PICCHI, 2020).

A empresa com destaque no mercado de celulose, mantém a termelétrica (APE) na unidade de Guaíba, a base de Licor Negro e gera 83% da energia consumida na planta. A empresa divulga em seus relatórios de governança disponíveis, que atua orientado pelos conceitos da Economia Circular, de forma que toda uma cadeia de negócios e pessoas vinculados a atividade seja favorecida de forma sustentável. Do total de resíduos sólidos gerados na produção de celulose, 99,8% são reciclados.

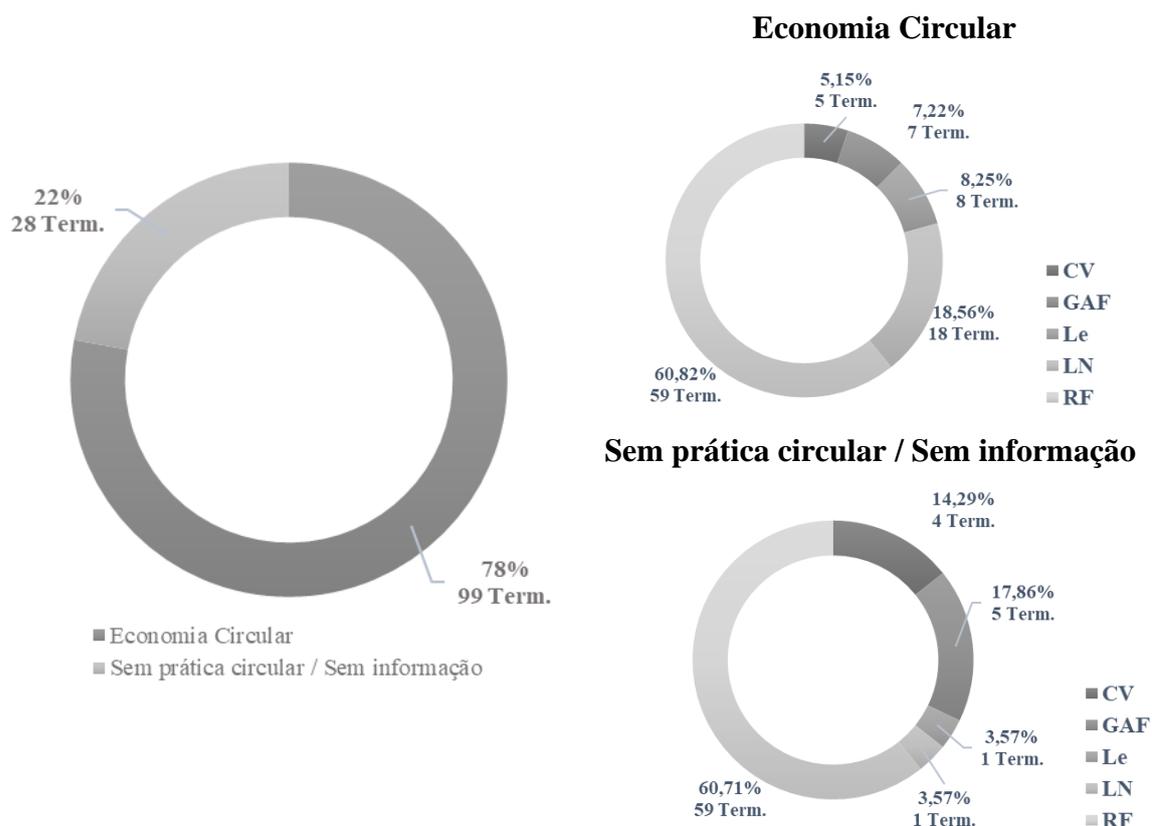


Figura 4.6 - Participação brasileira das termelétricas de base florestal com práticas de economia circular estabelecidas em seus produtivos, em 2020.

Fonte: Os autores (2021).

A empresa busca fazer o melhor uso de todo material consumido, aproveitando resíduos e materiais descartados, para transformá-los em novos produtos, que beneficiam a comunidade. Ao todo são geradas 600 mil toneladas por ano da produção de celulose que são tratados no Hub da indústria de Economia Circular e, posteriormente, transformados em mais de 15 novos produtos como fertilizante orgânico para o solo, chapas de madeira MDF, matéria-prima para produção de cimento, palmilhas de calçados, caixas de ovos, entre outros. Em seguida, aparecem as empresas termelétricas com prática circular a base de Lenha com 8%, Gás de Alto Forno com 7% e Carvão Vegetal com 5%, que remetem a um total de 20 empresas, que são destaques no setor do papel e celulose, agroindústrias, alimentos e aço.

Saes, Miranda e Sá (2008) apresentaram o estudo de caso da indústria de alimentos Sadia, com a termelétrica Chapecó-SC, a base de lenha. Dado que a produção de aves consome muita energia, há incentivo do plantio de florestas de rápido crescimento para

energia proporcionando uma alternativa de redução de custos no processo produtivo. Além do meio hectare de lenha consumido anualmente por aviário mais a demanda deste recurso energético para o suprimento das caldeiras da planta industrial, aumentando a parceria entre integrados e a empresa, ou quem sabe, a inserção dos avicultores em outros mercados do setor florestal. Tais estratégias dependem do engajamento entre empresas e integrados, que é fundamental a conscientização com os ganhos potenciais decorrentes às práticas de Economia circular.

Entre as perspectivas da Economia Circular foi observado que é essencial o engajamento das empresas no fornecimento de educação aos seus parceiros, fortalecimento de políticas, marketing verde e uma governança sustentável, atribuições estas não observadas em 22% das usinas termelétricas de biomassa florestal, representadas por 28 termelétricas, pois não disponibilizam informações (ausência de páginas/sites e relatórios de sustentabilidade em empresas de consultoria) em canais de comunicação na rede, tampouco sinalizam em reportagens a execução de práticas circulares em seus processos, não praticando o marketing verde que é sinônimo de compromisso com a sustentabilidade (OTTMAN, 2009).

Entre as 28 usinas de biomassa florestal que não possuem práticas circulares expostas em seus canais de comunicação estão as termelétricas de Resíduo Florestal com 61%, Licor Negro 3%, Lenha 3%, Gás de alto Forno 18% e Carvão Vegetal com 14%. Estas não apresentaram informações publicadas quanto as práticas de sustentabilidade e economia circular, mas cabe refletir que a não divulgação não, necessariamente, significa que as empresas não adotam as práticas circulares. Logo, as firmas devem alcançar as premissas da circularidade com a minimização de resíduos, replanejamento do uso de energia, redesenho de produtos, melhor uso da água e serviços sustentáveis, como sugere a Comissão Europeia procurando maneiras de incentivar a adoção da economia circular atividades das pequenas e médias empresas da União Europeia (KATZ-GERRO; SINTAS, 2019). As práticas das empresas de bioeletricidade foram classificadas com base nas 8 perspectivas da economia circular proposta por Sehnem e Pereira (2018). A Figura 4.7 apresenta a quantidade de termelétricas de base florestal, no Brasil, que cumprem com algum preceito associado a circularidade. Necessário destacar que as perspectivas se sobrepõem e se complementam na busca de práticas plenamente circulares em seus negócios.



Figura 4.7 - Participação das termelétricas de base florestal que atenderam às perspectivas da economia circular no Brasil, em 2020.

Fonte: Os autores (2021).

Para a perspectiva de logística reversa foram identificadas 976 empresas, sendo a terceira perspectiva com maior aplicação nas usinas termelétricas de base florestal. Essa perspectiva é responsável pelo processo de mover mercadorias de seu destino típico, com o objetivo de recuperar o valor ou disposição adequada (ROGERS; TIBBEN-LEMBKE, 1998). Nesta perspectiva, estão associadas duas premissas, as quais apresentaram ações significativas de reaproveitamento dos resíduos para geração de energia de suas plantas e em alguns casos, possuem receita com a venda do excedente da energia gerada. Di Fraia et al. (2020) mostraram que as usinas termoelétricas de base florestal centraram suas atividades em reaproveitar os resíduos para reintroduzir na cadeia produtiva ou ser reaproveitados para geração de energia renovável, para formar comunidades locais inteligentes e resilientes, melhorando a segurança do fornecimento de energia doméstica e valorização de resíduos.

No *Cradle to Cradle* foram identificadas 74 termelétricas, que buscam a eficácia e ultrapassam as abordagens convencionais de sustentabilidade, com o uso seguro e infundável de materiais em ciclos. Uma economia baseada no condicionamento, remanufatura e reciclagem. Nessa perspectiva foi observado, principalmente, o reaproveitamento de resíduos para geração de energia nos processos produtivos, o que reduz a extração de produtos virgens para produção de energia. Integram este grupo de

forma significativa as empresas de embalagens que buscam a reciclagem como forma de otimizar custos em seus processos produtivos (GREGSON et al., 2015; SILVA; SIMIONI; HOFF, 2020).

A perspectiva do *Double Loop* foi observada em 75 termelétricas que procuram criar novas alternativas para reintroduzir o resíduo na cadeia de produção. Tal preceito busca substituir os produtos de alto impacto convencionais com bio-recursos, reforçando a sustentabilidade dentro de uma economia circular (STILES et al., 2018).

As premissas do *Closed Loop* estiveram associadas a 99 termelétricas. Foi a característica mais presente nas termelétricas de bioeletricidade florestal em operação, por ser nítido a gestão estabelecida na circularidade e utilizar a energia renovável como premissa. Para ilustração desta prática circular, o complexo industrial que mantém, termelétrica a base de Licor Negro, em Três Lagoas (MS), é completamente autossuficiente em energia elétrica. A eletricidade gerada vem do reaproveitamento da biomassa não utilizada no processo fabril, que alimenta uma caldeira que produz vapor e movimentam turbogeradores (ELDORADO BRASIL, 2019).

Esta empresa utiliza duas turbinas para a transformação de parte da energia do vapor em energia elétrica, e o excedente é utilizado no processo de produção de celulose. As turbinas distribuem a energia gerada para a fábrica e para rede externa. O parque de geração tem potência instalada para produzir até 220 MW/hora. Dessa quantidade, 95 MW são utilizados na fábrica de produção de celulose, 50 MW são fornecidos para as indústrias que produzem insumos necessários ao processo e o excedente é exportado para o sistema elétrico nacional, para comercialização. A quantidade de energia gerada por esta usina pode abastecer uma cidade com cerca de 1 milhão de habitante.

Conforme Wahrlich e Simioni (2019), a perspectiva da Simbiose Industrial esteve presente em 70 termelétricas cuja atividade base foi o mutualismo, a cooperação e o compartilhamento. Foi a menor participação encontrada entre a classificação e as perspectivas da economia circular, pela necessidade de vislumbrar uma prática circular beneficiando todos os envolvidos na cadeia produtiva. As energias renováveis, a partir de práticas circulares não seria apenas ecologicamente interessante, mas melhora a qualidade de vida dos produtores, parceiros e todos aqueles inseridos no processo produtivo, promovendo emprego, renda e sustentabilidade (PINHEIRO et al., 2020). Batista et al. (2019) sugerem o uso das fontes viáveis na área rural, para melhorar a condição de vida

dos produtores rurais, com base nas experiências de outros países, havendo um beneficiamento mútuo.

Para a perspectiva do *upcycle* foram classificadas 86 termelétricas que utilizam práticas de inovação e mecanismos de sustentabilidade com objetivo de atingir uma maior circularidade com ressignificação do produto com o objetivo final de evitar desperdício em por material de fabricação em sumidouros, bem como evitar criar resíduos tóxicos (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2013). Uma das termelétricas a base de Resíduo Florestal que compõe o grupo, apresentou a perspectiva a partir da uma agenda com três marcos: Comitê de Sustentabilidade; Lançamento de um produto inovador que reaproveita resíduos do seu processo e Cogeração de energia elétrica e vapor a partir de fontes 100% renováveis (INNOVA, 2019)

O produto inovador foi o primeiro poliestireno fabricado no Brasil com até 30% de material pós-consumo em sua composição e propriedades similares às do produto fabricado com resina 100% virgem. O produto insere o poliestireno, 100% reciclável, na economia circular. O que era considerado lixo torna-se matéria-prima. A coleta seletiva na cidade onde está localizada a indústria, foi desenvolvida através de um programa com o fim de manter a circularidade do produto e conscientização da sociedade e foi laureada pela UNESCO com o Prêmio em Educação Para o Desenvolvimento Sustentável (INNOVA, 2019). Esta perspectiva aplicada pela citada usina, é um exemplo de Política Pública aplicada através de uma análise das transformações territoriais, gerado por um grupo de políticas empresariais que pode ser implementada de forma a beneficiar empresários, investidores e sociedade (ARRESE; WELLS, 2016).

A perspectiva da análise do ciclo de vida apresentou em 90 usinas térmicas de base florestal, que comumente avaliaram os benefícios ambientais da recuperação e reciclagem de materiais na cadeia de suprimentos de fabricação e no final de sua vida útil. As empresas neste grupo buscam analisar alternativas para redução de impactos, possuir as certificações e praticar o marketing verde, relacionando as boas práticas sustentáveis do seu produto a imagem da empresa. As empresas deste grupo estão incorporadas a sustentabilidade e investindo na economia circular. Os resultados demonstram que o marketing verde preza pela sustentabilidade tanto na divulgação de suas ações sociais e ambientais, nos produtos verdes e seus processos produtivos, como na conscientização dos consumidores, ampliando a responsabilidade social para todos (ALMEIDA et al., 2019; MACHADO, 2020; WALKER et al., 2018).

A perspectiva da economia espiral apresentou 98 empresas que exercem as práticas do Reusar/Redistribuir, Remanufaturar e Reciclar os resíduos, seja na ampliação da cadeia dos produtos, beneficiamento, ou na geração de energia elétrica para suprir as demandas energéticas. As indústrias de celulose destacam-se pela busca em adequar suas práticas circulares à maior eficiência, sustentabilidade e economia. A realização de uma economia circular através do uso de resíduos lignocelulósicos como recursos renováveis, pode levar a reduzir a dependência de recursos fósseis e contribuir para uma gestão sustentável dos resíduos (LIGUORI; FARACO, 2016).

As perspectivas da EC descritas na Figura 4.7 podem ser aplicadas em toda a cadeia de valor de um produto ou serviço, desde a sua criação até a sua destinação final. No entanto, é percebido em sua caracterização que são necessárias diversas práticas em cada etapa da cadeia de produção e circulação do produto ou serviço, e passam a exigir maior engajamento com ações sustentáveis desde a concepção do produto, dos serviços utilizados e os que serão fornecidos, como aumenta também a necessidade de inovações que viabilizem o desenvolvimento sustentável. A circularidade será plenamente atingida e os seus efeitos serão perceptíveis na sociedade ao construir uma cadeia de valor que agregue todas ou a maior quantidade de perspectivas. As perspectivas são complementares e possuem interfaces entre si, seja no âmbito da gestão de operações, dos sistemas, que podem ser de produção ou biológicos (STOCCO, 2020).

A Tabela 4.1 reflete a quantidade de termelétricas da biomassa florestal, no Brasil, dividida por fontes e associadas às premissas da economia circular, em 2020. Estes resultados demonstram o nível de circularidade utilizado nas Usinas, de acordo com a quantidade de premissas, descritas no Quadro 4.1., que estão associadas as práticas sustentáveis de reuso, reciclar e reaproveitar desenvolvidas pelas Usinas

Por segmento, as Usinas de Carvão Vegetal e Gás de alto forno apresentaram maior quantidade empresas, proporcional ao seu total, com ausência de práticas circulares, com 44% e 41% respectivamente. Foi identificado durante a pesquisa que boa parte das indústrias siderúrgicas funciona em precárias condições sem observar as políticas ambientais e saúde e segurança dos trabalhadores. As plantas foram construídas com baixo investimento, sem tecnologia e obsoletas e usavam apenas o carvão vegetal. Os desmatamentos é uma das metas mundiais de combate ao aquecimento global. Por falta de planejamento poucas empresas se qualificavam e a maioria teve que comprar carvão a preços elevados e iniciar a produção própria de carvão a partir de eucaliptos que tem um

ciclo de 5 anos. Este período que elas trabalharam com o carvão não certificado gerou um passivo ambiental, adicionando custos aos guseiros de menor porte (MALHEIRO, 2019).

Tabela 4.1 – Associação das termelétricas de base florestal no Brasil às premissas da economia circular, em 2020.

	Baixa	Média	Alta	Muito Alta	NA	Total
Carvão Vegetal	-	1	3	1	4	9
Gás de Alto Forno	-	2	1	4	5	12
Lenha	1	3	2	4	1	11
Licor Negro	-	-	2	16	1	19
Resíduos florestais	2	7	16	34	17	76
Floresta	3	13	24	59	28	127

Fonte: Os autores (2021).

O Q1 agrupa as empresas com uma baixa circularidade, possuem de 1 a 4 premissas. Lenha apresentou apenas 1 Usina e Resíduos Florestais apresentaram 2 Usinas. As demais fontes não apresentaram usinas com baixa circularidade. Integraram o Q2 as Usinas que possuem de 5 a 8 premissas, com índice de média circularidade em suas atividades. Carvão vegetal com 1 empresa, Gás de alto forno com 2 usinas, Lenha com 3 usinas e Resíduos Florestais com 7 usinas. As usinas de Licor Negro não integraram este quartil. O Q3 formado pelas Usinas com 9 a 12 premissas associadas, foi liderado pelas empresas de Resíduos Florestais, demonstrando a alta performance de engajamento desta fonte nas práticas positivas relacionadas ao meio ambiente e sustentabilidade. Soluções inovadoras e o uso das tecnologias são características chaves das empresas que compõem esse quartil.

As térmicas a carvão vegetal aparecem em segundo lugar no ranking do Q3, com 3 usinas. Apesar de boa parte das usinas desta fonte integrar o grupo NA, há uma participação de empresas que utilizam o carvão vegetal para geração de energia em suas plantas. O Licor Negro apresenta usinas a partir do Q3, com 2 empresas. As empresas desta fonte possuem minimamente 9 premissas associadas, uma alta performance de circularidade. As usinas a base de Lenha, também aparecem com 2 usinas neste quartil, apesar de apresentar uma distribuição em todos os níveis. As de Gás de alto Forno apresenta apenas 1 usina com alta circularidade em suas atividades.

O Quartil 4, formado por empresas que apresentam uma circularidade muito alta, com 13 a 17 premissas associadas, em termos quantitativos, é liderado por 34 usinas de

Resíduos Florestal, em segundo lugar o Licor Negro com 16 usinas, que detém a concentração de 84% de suas usinas neste quartil. Lenha e Gás de alto forno aparecem em terceiro lugar com 4 usinas e Carvão Vegetal com apenas 1 usina, uma das maiores produtoras de ferro gusa do Brasil que mantém a produção de carvão a partir de florestas renováveis. O reaproveitamento de finos de carvão e geração de energia termelétrica são algumas das ações de responsabilidade ambiental adotadas pela empresa, que investiu na construção de uma usina termelétrica, com capacidade instalada de 9,7 MWh, alimentada pelos gases dos seus altos-fornos. Esta iniciativa, além de gerar a autossuficiência em energia, evita a emissão de poluentes na atmosfera.

A redução do impacto ambiental durante as etapas do processo produtivo das empresas que compõe o Q4, verificadas em seus relatórios de sustentabilidade disponíveis e nas informações de governança expostas em suas páginas. Boa parte deste grupo demonstrou resultados de suas auditorias realizadas por empresas externas que avaliam as conformidades. Também foi verificado que possuem atuação no mercado internacional o que viabiliza o atendimento as metas

A complementaridade e sobreposição existente entre as perspectivas e premissas contribui para criar uma gestão circular dos processos e procedimentos adotados, cabendo a cada uma adoção de estratégias eficientes na cadeia de produção, na qual os ganhos podem ser compartilhados entre todos os stakeholders gerando resultados às empresas e à sociedade, são diretrizes para executar de forma plena a Economia Circular que produzem resultados efetivos à sustentabilidade do planeta.

4.4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos verificou-se da análise de conjuntura, um aumento de 12,78% a.a. para a quantidade de termelétricas e de 11,27% a.a. para a potência instalada. O principal recurso para geração de bioeletricidade foi o licor negro, seguido dos resíduos florestais. Em 2020, a oferta esteve centrada nos estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais, indicando um polo para geração de bioeletricidade, no país. Para o regime de operação notou-se que as maiores empresas do setor (termelétricas de licor negro) estiveram categorizadas como produtoras independente de energia (PIE).

Com relação ao total de usinas termelétricas de biomassa florestal, foi identificado que 78% possuíam práticas de economia circular e destacam-se as de Resíduo Florestal e

Licor Negro. Estas termelétricas são representadas, em sua maior parte, por indústrias do setor de papel, embalagens, combustível, alimentos e artefatos de madeira com participação no mercado nacional e internacional, o que lhe incube uma responsabilidade as práticas circulares e a observância dos compromissos firmado no Acordo de Paris e Comitê do Clima da ONU.

Foi observado que 22% das usinas termelétricas de biomassa florestal, não disponibilizam informações publicadas em suas páginas, dissociadas do marketing verde e das práticas de governança sustentável, havendo uma maior participação do setor de carvão vegetal neste grupo. Conclui-se que a falta de tecnologia na modernização das plantas e a falta de investimento, contribuem para o resultado.

Em análise ao processo produtivo das usinas termelétricas que utilizam a lenha, foi identificado o nível de adoção das premissas de circularidade baixo ao muito alto, deflagrando como um setor em busca de melhoria em seus processos e notória preocupação em manter a transparência de seus processos. As termelétricas a base de resíduo florestal e licor negro apresentaram mais da metade de suas usinas nos níveis alto e muito alto de circularidade, dada a representação deste segmento na manutenção das usinas de cogeração em suas indústrias.

Das térmicas de carvão vegetal e gás de alto forno notou-se baixo a médio os níveis de circularidade, indicando que o setor pode incorporar premissas para aumento da sua eficiência. Entende-se que, para os pesquisadores, *stakeholders* e tomadores de decisão, é oportuno o estudo da economia circular no setor elétrico, evidenciando a importância da cogeração das usinas de biomassa florestal em suas plantas industriais, que contribuem com a geração de energia renovável, agregando valor ao mercado brasileiro e auxiliando a descarbonização no setor industrial. A cogeração contribuiu para que a produção de energia elétrica ganhasse papel fundamental na composição de receita dos autoprodutores, empresas e indústrias, que geralmente não possuem essa atividade como *core business*.

A autonomia e gestão da energia consumida, assim como a mitigação de riscos perante o mercado, são alguns dos principais benefícios da autoprodução. Outro diferencial relevante é a possibilidade de exportação do excedente de geração para a rede. Essa operação torna ainda mais atrativo o resultado da autoprodução e produção independente para as empresas, a medida que adotam mais premissas circulares em seu processo produtivo.

Outro aspecto bastante favorável no estudo está na possibilidade de Política pública

para abatimento dos encargos setoriais por meio da alocação de geração própria de energia para os consumidores que fazem uso de autoprodução.

4.5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 03. mai. 2020.

ARRESE, MA Hernando; WELLS, GE Blanco. Territory and non-conventional renewable energy: Lessons for the construction of public policy from the case of rukatayo alto, region of los ríos, Chile. **Gestión y política pública**, v. 25, n. 1, p. 165-202, 2016.

BATISTA, A. G.; BETINI, R. C.; BARETA, M. L. E.; SANDIM, Á. A.; PEPPLOW, L. A. Public policies to be implemented to encourage the use of renewable energy sources in the rural area of Parana. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, n. specialissue, p. 1–8, 2019.

BOSMAN, R.; ROTMANS, J. Transition governance towards a bioeconomy: A comparison of Finland and The Netherlands. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1017, 2016.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. 20 anos do mercado brasileiro de

COELHO JUNIOR, L. M.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; NUNES, A. M. M.; SIMIONI, F. J.; ABRAHÃO, R.; ROTELLA JUNIOR, P. Concentration and Spatial Clustering of Forest-Based Thermoelectric Plants in Brazil. **IEEE Access**, v. 8, p. 221932-221941, 2020.

COSTA, R., CONCEIÇÃO, M. M., DA SILVA, A. R. Marketing verde – A importância do consumo sustentável para as empresas. **Research, Society and Development**. 2021

CRESPO, A. A. **Estatística Fácil**. 15º ed. São Paulo: Saraiva, 1997.

CUENCA, G. M. A.; DOMPIERI, M. H. G. Dinâmica espacial da canavicultura e análise dos efeitos sobre o valor bruto da produção, na região dos tabuleiros costeiros da Paraíba, Pernambuco e Alagoas. **Rev. Econ. NE**, v. 47, n. 4, p. 91–106, 2016.

DAWSON, R. How significant is a boxplot outlier?. **Journal of Statistics Education**, v. 19, n. 2, 2011.

DI FRAIA, S.; MASSAROTTI, N.; PRATI, M. V.; VANOLI, L. A new example of circular economy: Waste vegetable oil for cogeneration in wastewater treatment plants. **Energy Conversion and Management**, v. 211, p. 112763, 2020

Disponível em:

<https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticiasopiniaio/noticias/noticialeitura?contentid=CCEE_649373&_afLoop=399391258389640&_ad

ELDORADO BRASIL. Relatório de Sustentabilidade 2019. Disponível em: <<http://eldoradobrasil.com.br/Sustentabilidade/Sustentabilidade-Eldorado/Relatorio-de-Sustentabilidade>>. Acesso em: 20 de maio de 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy**. EMAF, 2013.

energia elétrica / Roberto Rockmann (Organizador). - 1. ed. - São Paulo: CCEE, 2019.

f.ctrlstate=wk89fuz8o_107#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_649373%26_afrLoop%3D399391258389640%26_adf.ctrl-state%3Dwk89fuz8o>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **FAO Data**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

GREGSON, N., CRANG, M, FULLER, S, HOLMES, H. Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 2(44), 218–243, 2015.

HUSGAFVEL, R.; LINKOSALMI, L.; HUGHES, M.; KANERVA, J.; DAHL, O. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 483-497, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2019**. São Paulo, 2019.

INNOVA. 2019. Relatório Sustentabilidade INNOVA 2019. Disponível em: <<https://innova.com.br/wp-content/uploads/2021/01/RELAT%C3%93RIO-DESUSTENTABILIDADE-2019.pdf>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

KATZ-GERRO, T.; LÓPEZ SINTAS, J. Mapping circular economy activities in the European Union: Patterns of implementation and their correlates in small and medium-sized enterprises. **Business Strategy and the Environment**, v. 28, n. 4, p. 485–496, 2019.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M.. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, v. 127, p. 221-232, 2017.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.

LEITE, A. C. C.; ALVES, E.E.C.; PICCHI, L., A cooperação multilateral climática e a promoção da agenda da transição energética no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, 2020.

LIGUORI, R.; FARACO, V. Biological processes for advancing lignocellulosic waste biorefinery by advocating circular economy. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 13–20, 2016.

MACHADO, S. F. A Relação do Marketing com a sustentabilidade. **Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza**, ano MMXX, Nº. 000193, 06/05/2020.

MALHEIRO, F. Explosão em siderúrgica deixa ao menos três pessoas feridas em Divinópolis. **Otempo.com.br**, São Paulo, 27 dez. 2019, 15:27. Disponível em: <https://www.otempo.com.br/cidades/explosao-em-siderurgica-deixa-ao-menos-tres-pessoas-feridas-em-divinopolis-1.2278767>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. The upcycle: beyond sustainability designing for abundance. New York: Melcher Media., 2013.

NÄYHÄ, A. Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 1294-1306, 2019.

NETO, João A. A era do Ecobusiness: Criando negócios sustentáveis. Barueri: Editora Manole, 2015

OTTMAN, J. A. As novas regras do marketing verde: Estratégias, ferramentas e inspiração para o branding. São Paulo: M. Books do Brasil, 2009.

PAES, M.X.; MEDEIROS, G. A.; MANCINI, S.D.; RIBEIRO, F. M.; OLIVEIRA, J.A.P. Transition to circular economy in Brazil. **Management Decision**, v. 57, p. MD-09-2018-1053, 2019.

PINHEIRO, A. B., DAS CHAGAS, A. C. C., DOS SANTOS, S. M. D. S., SILVA, S. M., DE ABREU LOPES, F. M.. Obstáculos para a adoção da Simbiose Industrial no Distrito Industrial de Maracanaú: Insights para o Desenvolvimento Sustentável. *Revista de Casos e Consultoria*, v. 11, n. 1, p. e11113-e11113, 2020.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R. S. Going Backwards: Reverse Logistics

SAES, M. S. M., MIRANDA, B. V., DE SÁ, C. D., Estudo de caso Sadia: Desafios de uma cadeia produtiva. In: SEMINÁRIO INICIATIVA PRÓ ALIMENTO SUSTENTÁVEL (IPAS), 2008.

SASSANELLI, C.; ROSA, P.; ROCCA, R.; TERZI, S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 440–453, 2019.

SEHNEM, S.; NDUBISI, N. O.; PRESCHLAK, D.; BERNARDY, R. J.; SANTOS JUNIOR, S. Circular economy in the wine chain production: maturity, challenges, and lessons from an emerging economy perspective. **Production Planning & Control**, p. 1-21, 2020.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v.18, n.1, 35-62, 2019.

SEIFFERT, M. E. B.; LOCH, C. Systemic thinking in environmental management: support for sustainable development. **Journal of cleaner Production**, v. 13, n. 12, p. 1197-1202, 2005.

SHERWOOD, J. The significance of biomass in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 300, 2020.

SILVA, F. A.; SIMIONI, F. J.; HOFF, D. N. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 706, p. 135973, 2020.

SIMIONI, F.J.; MAGALHÃES, M.J.; MOREIRA, P.Á.; FACHINELLO, L.A.; BUSCHINELLI, A.C.C.; MATSUURA, F. S. I. M. Evolution and concentration of the production of firewood and charcoal from forestry in Brazil (In Portuguese). **Ciência Florestal**, v. 27, p. 731–742, 2017.

STILES, W. A.V. et al. Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 267, p. 732–742, 2018.

STOCCO, L. C., Framework de economia circular 4.0 para o setor atacado distribuidor: perspectivas a partir da regionalidade. 2020.

TOPPINEN, A.; D'AMATO, D.; STERN, T. Forest-based circular bioeconomy: matching sustainability challenges and novel business opportunities? **Forest Policy and Economics**, v. 110, p. 102041, 2020.

Trends and Practices. University of Nevada, Reno, 1998.

WAHRLICH, J.; SIMIONI, F. J. Industrial symbiosis in the forestry sector. *Journal of Industrial Ecology*, v. 23, p. 1470-1482. 2019

WALKER, S.; COLEMAN, N.; HODGSON, P.; COLLINS, N.; BRIMACOMBE, L. Evaluating the environmental dimension of material efficiency strategies relating to the circular economy. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2018.

ZAMFIR, A. M.; MOCANU, C.; GRIGORESCU, A. Circular economy and decision models among European SMEs. **Sustainability**, v. 9, n. 9, p. 1507, 2017

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises realizadas conclui-se que a dissertação analisou os impactos das políticas públicas em energias renováveis e a evolução estrutural da Bioeletricidade florestal brasileira sob uma perspectiva empirista da economia circular.

No primeiro artigo, foi possível constatar que: os estudos que integram Políticas para Energias Renováveis iniciaram em 1999, porém, a partir de 2010 houve um maior impacto na publicação da temática e as principais fontes de estudo foram biomassa, eólica, hidrogênio, solar e as renováveis lato sensu relacionados a países desenvolvidos e/ou elevada demanda de energia e disponibilidade de recurso. A análise das Políticas Públicas em Energias Renováveis e a integração da Economia Circular foi a partir de 2015 e evidenciaram eficiência do uso da energia renováveis para diminuição das emissões de GEE, havendo crescente esforço nos estudos e na prospecção de políticas para implantação da circularidade no ambiente das indústrias e sociedade. A aplicabilidade das evidências extraídas na RSL pode gerar conhecimentos relevantes à tomada de decisão dos gestores públicos e organizacionais, conseqüentemente, à economia e sociedade, a partir da formulação de Políticas Públicas que propaguem o incentivo e a consciência sustentável.

Por meio do segundo artigo foi observado os efeitos socioeconômicos positivos da avaliação de impacto da política pública do PROINFA. Verificou-se também que o modelo econométrico Diff in Diff apresentou adequado para análise empirista dos indicadores ex ante e ex post do programa. Os resultados mostraram que o PROINFA apresentou nos 93 municípios com projetos recepcionados, uma elevação na renda per capita, aumento do número de trabalhadores formais e da despesa do capital. Conclui-se que o PROINFA colaborou com o desenvolvimento regional em municípios sem potenciais de desenvolvimento, até implantação do empreendimento. A pesquisa contribui para os tomadores de decisão avaliar e desenvolver novas políticas para o setor elétrico, utilizando o programa como referência de mecanismos de desenvolvimento regional e indústria nacional, a partir da expansão das fontes renováveis, ao passo que prezam pela descarbonização e diversificação da matriz.

Referente ao terceiro artigo, concluiu-se que a estrutura econômica da bioeletricidade florestal apresenta um aumento anual para a quantidade de termelétricas e

ara potencia instaladas. O principal recurso para geração de Bioeletricidade foi o licor negro, seguido dos resíduos florestais, para fornecimento de energia elétrica de suas plantas industriais. Em 2020, os estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais, indicam um polo para geração de Bioeletricidade, no país. Para o regime de operação as termelétricas de Licor Negro estiveram categorizadas como produtoras independente de energia (PIE), baseados em unidades de cogeração. Com relação as práticas circulares adotadas pelo setor de bioeletricidade florestal, foi identificado que 78% possuíam práticas de economia circular e destacam-se as de Resíduo Florestal e Licor Negro. Conclui-se que é oportuno o estudo da economia circular no setor elétrico, evidenciando a importância da cogeração das usinas de biomassa florestal em suas plantas industriais, que contribuem com a geração de energia renovável, agregando valor ao mercado brasileiro e auxiliando a descarbonização no setor industrial. A produção de energia elétrica ganhou papel fundamental na composição de receita dos autoprodutores, empresas e indústrias, que geralmente não possuem essa atividade como core business.

Em geral, esta dissertação serve de orientação às políticas públicas com vistas ao uso das energias renováveis e a utilização sustentável dos resíduos produzidos para a produção de energia no setor da bioeletricidade florestal, a partir das perspectivas circulares utilizadas como referência de desenvolvimento sustentável e limpo nos países desenvolvidos. A análise empírica das melhores práticas circulares adotadas no mundo, correlacionadas ao potencial de geração de energia advindas do setor de bioeletricidade florestal no Brasil, foi capaz de identificar o nível de circularidade das usinas em operação comercial de biomassa florestal, com indicadores de possíveis ganhos em seus custos e processos de produção, ao passo que reforçam a segurança energética e aceleram o desenvolvimento econômico, social e tecnológico do país através de práticas sustentáveis que podem ser fomentadas através de Políticas Públicas eficientes que conduzam o setor elétrico e industrial ao caminho do desenvolvimento econômico sustentável.

6 REFERÊNCIAS

AFFUL-DADZIE, A.; AFFUL-DADZIE, E.; ABBEY, N. A.; OWUSU, B. A.; AWUDU, I. Renewable electricity generation target setting in developing countries: Modeling, policy, and analysis. **Energy for Sustainable Development**, v. 59, p. 83-96, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2ª Ed. Brasília: ANEEL, 243 p., 2005. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2005_AtlasEnergiaEletricaBrasil2ed/06b7ec52-e2de-48e7-f8be-1a39c785fc8b. Acesso em: 30 de jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Procedimentos de**

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa nº. 482**. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa%20482,%20de%202012%20-%20bip-junho-2012.pdf>. Acesso em: 30 de jan. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em: 20 de fev. 2020.

AGUIAR, L.V.; FORTES, J.D.N.; MARTINS, E. Neutralização compensatória de carbono: estudo de caso: indústria do setor metal mecânico, Rio de Janeiro (RJ). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 197-205, Mar.2016.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.

ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J. S. **Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion**. 1ª Ed. Londres: Editora Princeton University Press, 318 p., 2008.

ANTONIOU, N.; MONLAU, F.; SAMBUSITI, C. FICARA, E. BARAKAT, A.; ZABANIOTOU, A. Contribution to Circular Economy options of mixed agricultural wastes management: Coupling anaerobic digestion with gasification for enhanced energy and material recovery. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 505–514, 2019.

AQUILA, G.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R.; ROTELA JUNIOR, P.; FONSECA, M. N. An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1090-1098, 2017.

ARANDA-USÓN, A.; PORTILLO-TARRAGONA, P.; MARIN-VINUESA, L. M.; SCARPELLINI, S. Financial resources for the circular economy: A perspective from businesses. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 3, p. 888, 2019.

ARAÚJO, L.; RODRIGUS, M. L. Modelos de análise das políticas públicas. **Sociologia, Problemas e Práticas**, n. 83, p. 11-35, 2017.

ARIMA, E. Y.; BARRETO, P.; ARAÚJO, E.; SOARES-FILHO, B. **Public policies can reduce tropical deforestation: Lessons and challenges from Brazil.** *Land Use Policy*, v. 41, p. 465-473, 2014.

ARNETTE, A. N.; ZOBEL, C. W. The role of public policy in optimizing renewable energy development in the greater southern Appalachian mountains. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 8, p. 3690–3702, 2011.

ASHENFELTER, O., CARD, D. Using the Longitudinal Structure of Earnings to Estimate the Effect of Training Programs, **Review of Economics and Statistics**, 67, 648-660, 1985.

AZOUMA, Y.O.; DRIGALSKI, L.; JEGLA, Z.; REPPICH, M.; TUREK, V.; WEIß, Indirect Convective Solar Drying Process of Pineapples as Part of Circular Economy Strategy. **Energies**, v. 12, n. 15, p. 1-18, 2019.

BARAN, B. Support for renewable energy in Germany as an example of effective public policy. **Oeconomia Copernicana**, v. 6, n. 2, p. 143, 2015.

BARRADALE, M. J. Impact of public policy uncertainty on renewable energy investment: Wind power and the production tax credit. **Energy Policy**, v. 38, n. 12, p. 7698–7709, 2010.

BASSI, F.; DIAS, J. G. The use of circular economy practices in SMEs across the EU. Resources, **Conservation and Recycling**, v. 146, n. March, p. 523–533, 2019.

BATISTA, A. G.; BETINI, R. C.; BARETA, M. L. E.; SANDIM, Á. A.; PEPPLOW, L. A. Public policies to be implemented to encourage the use of renewable energy sources in the rural area of Parana. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 62, n. specialissue, p. 1–8, 2019.

BERNARDINO, M. **Breve História do Setor Brasileiro de Energia.** 2016. Disponível em: <https://medium.com/mateus-bernardino-arquivos/breve-hist%C3%B3ria-do-setor-brasileiro-de-energia-64f6f4186e8d>. Acesso em: 30 de jan. 2020.

BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S.. How much should we trust differences-in-differences estimates?. **The Quarterly journal of economics**, v. 119, n. 1, p. 249-275, 2004.

BERTSCH, V.; HALL, M.; WEINHARDT, C.; FICHTNER, W. Public acceptance and preferences related to renewable energy and grid expansion policy: Empirical insights for Germany. **Energy**, v. 114, p. 465–477, 2016.

BIERNASKI, I.; SILVA, C. L. Main variables of Brazilian public policies on biomass use and energy. **Braz. arch. biol. technol.**, Curitiba, v. 61, n. SPE, p.e18000310, 2018.

BLOMSMA, F.; BRENNAN, G. The Emergence of Circular Economy: A New Framing Around Prolonging Resource Productivity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, p. 603-614, 2017.

BOSMAN, R.; ROTMANS, J. Transition governance towards a bioeconomy: A comparison of Finland and The Netherlands. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1017, 2016.

BRASIL, F. G.; CAPELLA, A. C. N. Os Estudos das Políticas Públicas no Brasil: passado, presente e caminhos futuros da pesquisa sobre análise de políticas. **Revista Política Hoje**, v. 25, n 1, p. 71-90, 2016.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.

BUDZIONOVSKY W.M. Implementing carbon capture, utilization and storage in the circular economy. **International Journal of Global Warming**, v. 12, n.2, p. 272-296, 2017.

BURGER, M.; STAVROPOULOS, S.; RAMKUMAR, S.; DUFOURMONT, J.; VAN OORT, F. The heterogeneous skill-base of circular economy employment. **Research Policy**, v. 48, n. 1, p. 248–261, 2019.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. Cambridge university press, 2005.

CARD, D.; KRUEGER, A. B. Minimum Wages and Employment: A Case Study of the FastFood Industry in New Jersey and Pennsylvania. **The American Economic Review**,

CARFORA, A.; PANSINI, R. V.; ROMANO, A. A.; SCANDURRA, G. Renewable energy development and green public policies complementarities: The case of developed and developing countries. **Renewable Energy**, v. 115, p. 741–749, 2018.

CASCONE, S.; INGRAO, C.; VALENTI, F.; PORTO, S. M. Energy and environmental assessment of plastic granule production from recycled greenhouse covering films in a circular economy perspective. **Journal of Environmental Management**, v. 254, n. August 2019, p. 109796, 2020.

CAUPERS, J. **Relatório sobre o programa, conteúdo e métodos de uma**

CEBALLOS, C. A. V. Dos modos de legitimidad gubernamental vía política social: como efecto (ex post) y en el proceso (ex ante). **Espacios Públicos**, v. 11, n. 22, p. 128-137, 2008.

CHANG, H. **Globalization, economic development and the role of the State**. Editora: Zed Books, 224 p., 2003.

CHEN, W. M.; KIM, H. Circular economy and energy transition: A nexus focusing on the non-energy use of fuels. **Energy and Environment**, v. 30, n. 4, p. 586–600, 2019.

CLIMATESCOPE. **Global Climate Scope**, [2019]. <[http:// global-climatescope .org / results / CL # clean-energy-investment](http://global-climatescope.org/results/CL#clean-energy-investment)> Acesso: 18 de maio de 2020.

COHEN, E.; FRANCO, R. **Avaliação de Projetos Sociais**. 9ª Ed.,Petrópolis/RJ, Editora: Vozes, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI, **Economia Circular: Oportunidades e desafios para a indústria brasileira**. Brasília: CNI, 64 p, 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. A evolução do setor elétrico rumo à sustentabilidade / Confederação Nacional da Indústria, **Fórum de Meio Ambiente do Setor Elétrico** – Brasília: CNI, 2017.132 p.

COOK, D.J.; MULROW, C.D.; HAYNES, R.B. Systematic reviews: synthesis of best evidence for clinical decisions. **Annals of Internal Medicine**, v.126, n.5, p.376-380, 1997.

CORTEZ, L.A.B; LORA, E.E.S.; GOMEZ, E.O. **Biomassa para energia**. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2008.

COSTA, F. L.; CASTANHAR, J. C. Avaliação de programas públicos: desafios conceituais e metodológicos. **Revista de Administração Pública**. v. 37, n.5, set./out., 2003.

COUTO, Leandro Freitas. **Análise Ex-Ante de Políticas Públicas: uma abordagem prática**. 2020.

COUTURE, T. D.; CORY, K.; KREYCIK, C.; WILLIAMS, E. **A Policymaker's Guide to Feed-in Tariff Policy Design**. Technical Report, 2010.

CRESPO, A. A. **Estatística Fácil**. 15º ed. São Paulo: Saraiva, 1997. 224p.

DALMAZZO-BERMEJO, E.; ESPINOZA-BRITO, L. Production of non-traditional renewable energy in Latin America: economy and public policies. **Apuntes**, v. 44, n. 81, p. 63–82, 2017.

DE TONI, J. **Curso: Avaliação Ex-Post para Políticas Públicas**. 2019.

DESING, H.; WIDMER, R.; BELOIN-SAINT-PIERRE, D.; HISCHIER, R.; WÄGER, P. Powering a sustainable and circular economy -an engineering approach to estimating renewable energy potentials within earth system boundaries. **Energies**, v. 12, n. 24, p. 4723, 2019.

DEUTZ, P.; BAXTER, H.; GIBBS, D.; MAYES, W. M.; GOMES, H. I. Resource recovery and remediation of highly alkaline residues: A political-industrial ecology approach to building a circular economy. **Geoforum**, v. 85, p. 336–344, 2017.

disciplina de Metodica da Legislação. Cadernos de Ciência de Legislação, nº 35, outdez/2003. Oeiras/Portugal: Instituto Nacional de Administração.

Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição. 2012. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_4_Retificacao_1.pdf. Acesso em: 30 de jan. 2020.

DOBLINGER, C.; DOWLING, M.; HELM, R. An institutional perspective of public policy and network effects in the renewable energy industry: enablers or disablers of entrepreneurial behaviour and innovation? **Entrepreneurship and Regional Development**, v. 28, n. 1–2, p. 126–156, 2016.

DROR, Y. **Design for policy sciences**. New York, 1971.

DROR, Y. Muddling through - science or inertia. *Public Administration Review*, v. 24, p.153-157, 1964.

DROR, Y. **Public policymaking re-examined**. Oxford, U.K.: Transaction Publishers, 1983.

DU, Y.; TAKEUCHI, K. Can climate mitigation help the poor? Measuring impacts of the CDM in rural China. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 95, p. 178-197, 2019.

DYE, T.R. **The policy analysis**. Alabama: The University of Alabama Press, 1976.

EDIGER, Volkan Ş.; BOWLUS, John V. A farewell to King Coal: geopolitics, energy security, and the transition to oil, 1898–1917. **The Historical Journal**, v. 62, n. 2, p. 427-449, 2019.

EDWARDS, S.M.; LI, H.; LEE, J. H. Forced exposure and psychological reactance: antecedents and consequences of the perceived intrusiveness pop-up Ads. **Journal of Advertising**, v. 31, n. 3, p. 83-95, 2013.

EDWARDS, S.M.; LI, H.; LEE, J. H. Forced exposure and psychological reactance: antecedents and consequences of the perceived intrusiveness pop-up Ads. **Journal of Advertising**, v. 31, n. 3, p. 83-95, 2013.

ELETRORBRAS. **PROINFA – Áreas de atuação**. 2017. Disponível em: <https://eletrorbras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>. Acesso em 29 jan. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: O Racional de Negócio para Acelerar a Transição**, 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 16 set. 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: Opportunities for the consumer goods sector**. Ellen MacArthur Foundation, 2013.

ELO, S.; KYNGÄS, H.; O processo qualitativo de análise de conteúdo. **Jornal de Enfermagem Avançada**, v. 62, n. 1, p. 107-115, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Séries Históricas**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ENERDATA. **Global Statistical Yearbook 2020**. Enerdata itelligence + Consulting, 2020. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/>. Acesso em: 06 set. 2020

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R.; DUTRA, A.; NUNES, N.A., REIS, C. BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. **Bus. Process Manag. J**, v. 23, p. 71–86, 2017. doi:10.1108/BPMJ-11-2015-0159. 2017.

ERDIWANSYAH; MAMAT, R.; SANI, M. S. M.; SUDHAKAR, K. Renewable energy in Southeast Asia: Policies and recommendations. **Science of the total environment**, v. 670, p. 1095-1102, 2019.

FLEITER, T.; SCHLEICH, J.; RAVIVANPONG, P. Adoption of energy-efficiency measures in SMEs – An empirical analysis based on energy audit data from Germany. **Energy Policy**. v. 51, p. 863-875, 2012.

FOBISSIE, E.N.; INC, F. The role of environmental values and political ideology on public support for renewable energy policy in Ottawa, Canada. **Energy Policy**, v. 134, p. 110918, 2019.

FONSECA, V.; BONFIM FILHO, E. Políticas Públicas: conceito, ciclo, processo de formação e sua ineficácia no âmbito do sistema penitenciário brasileiro. **Revista Neiba, Cadernos Argentina-Brasil**, Rio de Janeiro, Vol. 8, 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS STATISTICS. **FAO Data**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FRAIA, S.; MASSAROTTI, N.; PRATI, M. V.; VANOLI, L. A new example of circular economy: Waste vegetable oil for cogeneration in wastewater treatment plants. **Energy Conversion and Management**, v. 211, p. 112763, 2020.

GALLAGHER, J.; BASU, B.; BROWNE, M.; KENNA, A.; MCCORMACK, S.; PILLA, F.; STYLES, D. Adapting Stand-Alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco-Design and Recycling. **Journal of Industrial Ecology**, v. 23, n. 1, p. 133–140, 2019.

GARCIA, R. C. **A Reorganização do Processo de Planejamento do Governo Federal: o PPA 2000-2003**. In: Planejamento e avaliação de políticas públicas / organizadores: José Celso Cardoso Jr., Alexandre dos Santos Cunha. – Brasília: Ipea, 2015.

GÂRDAN, D.A. et al. Bioeconomy development and using of intellectual capital for the creation of competitive advantages by Smes in the field of biotechnology. **Amfiteatru Economic**, v. 20, n. 49, p. 947–666, 2018.

GAWEL, E.; STRUNZ, S.; LEHMANN, P. A public choice view on the climate and energy policy mix in the EU - How do the emissions trading scheme and support for renewable energies interact? **Energy Policy**, v. 64, p. 175–182, 2014.

GEISSDOERFER, D. V.; EVANS, S. Sustainable Business Model Innovation: Review. **J. Clean. Production.**, v.198, p. 401-416, 2017.

GELHARD, Carsten; VON DELFT, Stephan. O papel das capacidades organizacionais para alcançar um desempenho de sustentabilidade superior. *Journal of Business Research*, v. 69, n. 10, pág. 4632-4642, 2016.

GELLER, H. et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil. **Energy Policy**, v.32, n.12, p.1437-50, 2004.

GENG, Y.; DOBERSTEIN, B. Tornando as compras governamentais mais verdes em países em desenvolvimento: Capacitando na China. **Revista de gestão ambiental**, v. 88, n. 4, p. 932-938, 2008.

GERTLER, P. J. et al. **Avaliação de Impacto na Prática**. 2a. ed. Washington D.C.: World Bank Publications, v. 1, 2018.

GIEZEN, M. Shifting infrastructure landscapes in a circular economy: An institutionalwork analysis of the water and energy sector. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3487, 2018.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; GUARDABASSI, P. The sustainability of ethanol production from sugarcane. **Energy Policy**. v. 36, n. 6, p 2086-2097, 2008.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. **Reforma e crise do setor elétrico no período FHC**. Tempo Social, v. 15, n. 2, p. 219-235, 2003.

GOLDTHAU, A. **The Handbook of Global Energy Policy**; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2016.

GROH, E.D.; MÖLLENDORFF, C. V. What shapes the support of renewable energy expansion? Public attitudes between policy goals and risk, time, and social preferences. **Energy Policy**, v. 137, p. 111171, 2020.

HAAS, W.; KRAUSMANN, F.; WIEDENHOFER, D.; HEINZ, M. How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. **Journal of Industrial Ecology**, v. 19, p. 765–777, 2015.

HAM, C.; HILL M. **The policy process in the modern capitalist state**. Londres, 1993.

HAO, S.; KUAH, A. T.; RUDD, C. D.; WONG, K. H.; LAI, N. Y. G.; MAO, J.; LIU, X. A circular economy approach to green energy: Wind turbine, waste, and material recovery. **Science of the Total Environment**, v. 702, p. 135054, 2020.

HIRSCH, P.M; LEVIN, D.Z. Umbrella advocates versus validity police: A life-cycle model. **Organization Science**, v. 10, n. 2, p. 199-212, 1999.

HOFFMAN, A. J. Linking social systems analysis to the industrial ecology framework. **Organization & Environment**, v. 16, n. 1, p. 66-86, 2003.

HUSGAFVEL, R.; LINKOSALMI, L.; HUGHES, M.; KANERVA, J.; DAHL, O. Forest sector circular economy development in Finland: A regional study on sustainability driven competitive advantage and an assessment of the potential for cascading recovered solid wood. **Journal of Cleaner Production**, v. 181, p. 483-497, 2018.

Inc., p. 26, 1994.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2019**. São Paulo, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Área e Densidade demográfica da unidade territorial**. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Agrícola Municipal**. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Avaliação de políticas públicas: guia prático de análise ex ante**. Casa Civil da Presidência da República, Brasília: Ipea. v. 1, 192 p., 2018.

International Energy Agency - AIE. **Greenhouse**, GAS R&D. 2000.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Global Energy Review 2020**, IEA, Paris, 2020a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>. Acesso em: 02 nov. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **Polices database**, IEA, Paris, 2020b. Disponível em: <https://www.iea.org/policies>. Acesso em: 10 nov. 2020.

KAPSALIS, V.C.; KYRIAKOPOULOS, G.L.; ARAVOSSIS, K.G. Investigation of Ecosystem Services and Circular Economy Interactions under an Inter-organizational Framework. **Energies**, v. 12, p. 1734, 2019.

KATZ-GERRO, T.; LÓPEZ SINTAS, J. Mapping circular economy activities in the European Union: Patterns of implementation and their correlates in small and medium-sized enterprises. **Business Strategy and the Environment**, v. 28, n. 4, p. 485–496, 2019.

KILKIŞ, Ş.; KILKIŞ, B. Integrated circular economy and education model to address aspects of an energy-water-food nexus in a dairy facility and local contexts. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1084–1098, 2017.

KIM, H.; PARK, H. PV waste management at the crossroads of circular economy and energy transition: The case of South Korea. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3565, 2018.

KISSEL, J. M.; KRAUTER, S. C.W. Adaptations of renewable energy policies to unstable macroeconomic situations—Case study: Wind power in Brazil. **Energy policy**, v. 34, n. 18, p. 3591-3598, 2006.

KITCHENHAM, BARBARA A.; DYBA, TORE; JORGENSEN, MAGNE. Evidencebased software engineering. In: Proceedings of the 26th international conference on software engineering. **IEEE Computer Society**, 2004. p. 273-281.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological economics**, v. 143, p. 37-46, 2018.

LANDI, M. **Energia elétrica e políticas públicas: a experiência do setor elétrico brasileiro no período de 1934 a 2005**. Tese (Doutorado – Pós-Graduação em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LASSWELL, H. The policy orientation. *In*: LERNER, D; LASSWELL, H. **The Policy Sciences**. Stanford: Stanford University Press, 1951.

LAUSSELET, C.; CHERUBINI, F.; OREGGIONI, G. D.; SERRANO, G. A.; BECIDAN, M.; HU, X.; RØRSTAD, P. K.; STRØMMAN, A. H. Norwegian Waste-to-Energy: Climate change, circular economy and carbon capture and storage. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 126, p. 50–61, 2017.

LEE, R. P.; KELLER, F.; MEYER, B. Um conceito para apoiar a transformação de uma economia de carbono linear em circular: emissões líquidas zero, eficiência de recursos e conservação através de um acoplamento dos setores de energia, química e gestão de resíduos. **Energia Limpa**, v. 1, n. 1, p. 102-113, 2017

LEITE, A. C. C.; ALVES, E. E.; PICCHI, L. A cooperação climática multilateral e a promoção da agenda da transição energética no Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 54, p. 379-403, 2020.

LIEBE, U.; DOBERS, G.M. Decomposing public support for energy policy: What drives acceptance of and intentions to protest against renewable energy expansion in Germany? **Energy Research and Social Science**, v. 47, p. 247–260, 2019.

LIFSET, R., & GRAEDEL, T. E. (2002). **Industrial Ecology: goals and definitions**. In Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (eds). *A Handbook of Industrial Ecology*. Reino Unido. Edward Elgar Publishing, 3-15, 2002.

LIGUORI, R.; FARACO, V. Biological processes for advancing lignocellulosic waste biorefinery by advocating circular economy. **Bioresource Technology**, v. 215, p. 13–20, 2016.

LIU, J. China's renewable energy law and policy: a critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 99, p. 212-219, 2019.

LOITER, J.M.; NORBERG-BOHM, V. Technology policy and renewable energy: Public roles in the development of new energy technologies. **Energy Policy**, v. 27, n. 2, p. 85–97, 1999.

LOONEY, B. **BP statistical review of world energy 2020**. BP Statistical Review, London, UK. Disponível em: <https://www.bp.com/>. Acesso em: 1 out. 2020.

LORENZO, H. C. **O setor elétrico brasileiro: passado e futuro**. *Perspectivas – Revista de Ciências Sociais*, v. 24/25, p. 147-170, 2001-2002.

LOWI, T. American Business, Public Policy, Case-Studies and Political Theory. **World Politics**. v. 16, n. 4, p. 677-715, 1964.

LU, Y.; KHAN, Z. A.; ALVAREZ-ALVARADO, M. S.; ZHANG, Y.; HUANG, Z.; IMRAN, M. A critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources. **Sustainability**, v. 12, n. 12, p. 5078, 2020.

LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable development**. Ed. John Wiley & Sons,

MACIEL FILHO, P. N.; ALCÓCER, J. C. A.; PINTO, O. R. O.; DOLIBAINA, L. I. L. Sustainable energy public policies planning: encouraging the production and use of renewable energies. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 22, p. 10, 2018.

MAGRINI, A.; VEIGA, L. B. E. Política e Gestão Ambiental: Evolução, Conceitos, Instrumentos e o Caso da Gestão de Recursos Hídricos. *In*: SANTOS, T.; SANTOS, L. **Economia do meio ambiente e da energia: Fundamentos teóricos e Aplicações**, Rio de Janeiro: LTC, 2018.

MAIER, S.; OLIVEIRA, L. B. Economic feasibility of energy recovery from solid waste in the light of Brazil's waste policy: The case of Rio de Janeiro. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 484-498, 2014.

MANICKAM, P.; DURAISAMY, G. 3Rs and circular economy. *In*: Circular Economy in Textiles and Apparel. **Woodhead Publishing**, p. 77-93, 2019.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A.; PEREIRA, D. S. 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**, v. 63, p. 188–206, 2019.

MARTINS, E.; SENJU, E.A. A reestruturação do setor elétrico brasileiro nos anos 90 e as implicações sobre o segmento da distribuição. **Revista de Economia da UEG**, v. 3, n. 2, 2007.

MAVI, N. K.; MAVI, R. K. Energy and environmental efficiency of OECD countries in the context of the circular economy: Common weight analysis for malmquist productivity index. **Journal of Environmental Management**, v. 247, n. June, p. 651–661, 2019.

MENEGUIN, F. B.; FREITAS, I. V. B. **Aplicações em Avaliação de Políticas Públicas: Metodologia e Estudos de Caso**. Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado – Senado Federal, 2013.

MEYER, B. D. Natural and quasi-experiments in economics. **Journal of business & economic statistics**, v. 13, n. 2, p. 151-161, 1995.

MEYER, B.; KELLER, F.; WOLFERSDORF, C.; LEE, R. P. A Concept for the Circular Carbon Economy Sector Coupling of the Energy, Waste, and Chemical Industry. **Chemie-Ingenieur-Technik**, v. 90, n. 1, p. 241–248, 2018.

MIGUEL, F. K.; RAMOS, D. S. **Analysis of PROINFA Power Plants Portfolio from the Perspective of Markowitz**. IEEE Latin America Transactions, v. 15, n. 9, p. 1650-1656, 2017.

MIHAI, M.; MANEA, D.; TITAN, E.; VASILE, V. Correlations in the european circular economy. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, v. 52, n. 4, p. 61–78, 2018.

MULROW, C. D. Systematic reviews rationale for systematic reviews. **British Medical Journal**, v.309, p.597–599,1994.

MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **J Bus Ethics**, v. 140, p. 369–380, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>.

NÄYHÄ, A. Transition in the Finnish forest-based sector: Company perspectives on the bioeconomy, circular economy and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 209, p. 1294-1306, 2019.

NERI, M. C.; MEDRADO, A. L. **Experimentando Microcrédito: uma análise de impacto de CrediAmigo no acesso a crédito**. Revista Econômica do Nordeste, v. 41, p. 133-154, 2010.

NGAN, S. L.; HOW, B. S.; TENG, S. Y.; PROMENTILLA, M. A. B.; YATIM, P.; ER, A. C.; LAM, H. L. Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, n. March, p. 314–331, 2019.

O'BRIEN, W.; SARKIS, J. The potential of community-based sustainability projects for deep learning initiatives. **J. Clean. Prod.**, v. 62, p. 48-61, 2014.

OLSON-HAZBOUN, S.K.; HOWE, P. D.; LEISEROWITZ, A. The influence of extractive activities on public support for renewable energy policy. **Energy Policy**, v. 123, n. August, p. 117–126, 2018.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Planejamento anual da operação energética**. Brasília, 2002.

PAES, M.X.; MEDEIROS, G. A.; MANCINI, S.D.; RIBEIRO, F. M.; OLIVEIRA, J.A.P. Transition to circular economy in Brazil. **Management Decision**, v. 57, p. MD-09-2018-1053, 2019.

PÊGO FILHO, B.; MOTA, J. A.; CARVALHO, J. C. J.; PINHEIRO, M. M. S. **Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002**. Rio de Janeiro, 2001.

PERDIGÃO, D. Atuação política de grupos de interesse na evolução da matriz energética do Brasil de 1960 a 2019. **Revista Mundi Sociais e Humanidades**, v. 5, n. 3, 98, 2020.

Pittsburgh, v. 84, n. 4, p. 772-793, set. 1994.

POLZIN, F.; MIGENDT, M.; TÄUBE, F. A.; VON FLOTOW, P. Public policy influence on renewable energy investments - A panel data study across OECD countries. **Energy Policy**, v. 80, p. 98–111, 2015.

PRIYADARSHINI, P.; ABHILASH, P. C. Circular economy practices within energy and waste management sectors of India: A meta-analysis. **Bioresource Technology**, v. 304, p. 123018, 2020.

RACKHAM, N. **Spin Selling: Alcançando Excelência em Vendas**, Ed. M. Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo – SP, Brasil. 2009.

RAMOS, M. C.; SILVA, E. N. **Como usar a abordagem da Política Informada por Evidência na saúde pública?** *Saúde Debate*, v. 42, p. 296-306, 2018.

RAMSHANI, M.; LI, X.; KHOJANDI, A.; OMITAOMU, O. An agent-based approach to study the diffusion rate and the effect of policies on joint placement of photovoltaic panels and green roof under climate change uncertainty. *Applied Energy*, v. 261, p. 114402-114418, 2020.

RAVALLION, Martin. Evaluating anti-poverty programs. *Handbook of development economics*, v. 4, p. 3787-3846, 2007.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Editora Manole, 2012.

RESENDE, G. O. **Três ensaios sobre avaliação de políticas públicas para o estado de Goiás**. Tese (Doutorado – Pós-Graduação em Economia), Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

REZENDE, J. L. P.; COELHO JUNIOR, L. M.; BORGES, L. A. C. Madeira e derivados: oportunidades do Brasil no mercado internacional. *In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro III*. Jerônimo Monteiro: Suprema, p.11-42, 2008.

RIBEIRO, E. M. et al. Power generation potential in pasture avianries in Brazil in the context of a circular economy. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 18, p. 153–163, 2016.

RIBEIRO, E. M.; KRUGLIANSKAS, I. Principles of environmental regulatory quality: a synthesis from literature review. *Journal of Cleaner Production*, V. 96, P.58-76, 2015.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

SAINT AKADIRI, S.; ALOLA, A. A.; AKADIRI, A. C.; ALOLA, U. V. Renewable energy consumption in EU-28 countries: policy toward pollution mitigation and economic sustainability. *Energy Policy*, v. 132, p. 803-810, 2019.

SANTOS, R. J. Inova Petro: explicações para o desempenho do programa a partir de uma análise ex ante. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 19, 2021.

SASSANELLI, C.; ROSA, P.; ROCCA, R.; TERZI, S. Circular economy performance assessment methods: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 229, p. 440–453, 2019.

SCHODEN, F.; SIEBERT, A.; KESKIN, A.; HERZIG, K.; STRAUS, M.; SCHWENZFEIER-HELLKAMP, E. Building a wind power plant from scrap and raising public awareness for renewable energy technology in a circular economy. *Sustainability*, v. 12, n. 1, p. 1–11, 2020.

SEHNEM, S.; NDUBISI, N. O.; PRESCHLAK, D.; BERNARDY, R. J.; SANTOS JUNIOR, S. Circular economy in the wine chain production: maturity, challenges, and

lessons from an emerging economy perspective. **Production Planning & Control**, v.1, p. 1-21, 2020.

SEHNEM, S.; PEREIRA, S. C. F. Rumo à Economia Circular: Sinergia Existente entre as Definições Conceituais Correlatas e Apropriação para a Literatura Brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, v.18, n.1, 35-62, 2019.

SEIFFERT, M. E. B.; LOCH, C. Systemic thinking in environmental management: support for sustainable development. **Journal of cleaner Production**, v. 13, n. 12, p. 1197-1202, 2005.

SHARMA, S.; BASU, S.; SHETTI, N. P.; AMINABHAVI, T. M. Waste-to-energy nexus for circular economy and environmental protection: Recent trends in hydrogen energy. **Science of the Total Environment**, v. 713, p. 136633, 2020.

SHELL. **Renewable energy**. Shell Briefing Service, n. 1, 1994.

SHERWOOD, J. The significance of biomass in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 300, p. 122755, 2020.

SILVA, F.; SIMIONI, F. J.; HOFF, D.N. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 706, p. 135973, 2020.

SIMIONI, C. A. **O uso de energia renovável sustentável na matriz energética brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis**. Tese Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ŠKRINJARÍ, T. Empirical assessment of the circular economy of selected European countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, 2020.

STAHEL, W. R. **The performance economy**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 2006.

STILES, W. A.V. et al. Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 267, p. 732–742, 2018.

STOKES, L. C.; WARSHAW, C. Renewable energy policy design and framing influence public support in the United States. **Nature Energy**, v. 2, n. 8, p. 1–6, 2017.

SUNG, B.; SONG, W. Y. Causality between public policies and exports of renewable energy technologies. **Energy Policy**, v. 55, p. 95–104, 2013.

SUWA, A.; JUPESTA, J. Policy innovation for technology diffusion: A case-study of Japanese renewable energy public support programs. **Sustainability Science**, v. 7, n. 2, p. 185–197, 2012.

TAMAR, A.; COHEN, N. Field research in conflict environments: Methodological challenges and snowball sampling. **Revista Journal of Peace Research**, v. 48, n. 4, p. 423-435, 2011.

TESOURO, Secretaria do. **Avaliação de Políticas Públicas: êxitos e possibilidades de avanço**. Boletim de Avaliação de Políticas Públicas, volume 1, nº 1. Brasília: Tesouro Nacional, 2015^a.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R., Matriz energética brasileira: uma perspectiva. **Novos Estudos Cebrap**, São Paulo, n.79, p.47-69, nov.2007.

TORRES JÚNIOR, P., MOREIRA, C.A.L. O programa de incentivo às energias renováveis no Brasil (PROINFA) e a sua relação com a sustentabilidade: um estudo sobre a política energética brasileira sob a ótica neoliberal neoextrativista. **Brazilian Journal of Development** 6, 15466–15478, 2020.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Rumo a uma metodologia para desenvolver conhecimento de gestão baseado em evidências por meio de revisão sistemática. **Jornal britânico de administração**, v. 14, n. 3, pág. 207-222, 2003.

TSAI, W. T. Promoting the circular economy via waste-to-power (WTP) in Taiwan. **Resources**, v. 8, n. 2, p. 1–9, 2019.

TWIDELL, J.; WEIR, T. **Renewable energy resources**. Abingdon: Routledge, 816p, 2015.

ÜNAL, E.; SHAO, J. A taxonomy of circular economy implementation strategies for manufacturing firms: Analysis of 391 cradle-to-cradle products. **Journal of Cleaner Production**, v. 212, p. 754–765, 2019.

VÁZQUEZ, Daniel; DELAPLACE, Domitille. Políticas Públicas na Perspectiva de Direitos Humanos: um Campo em Construção. In **Revista Internacional de Direitos Humanos**, v. 8, n. 14, jun. 2011.

WALKER, S.; COLEMAN, N.; HODGSON, P.; COLLINS, N.; BRIMACOMBE, L. Evaluating the environmental dimension of material efficiency strategies relating to the circular economy. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 1–14, 2018.

WALL, D.M.; MCDONAGH, S.; MURPHY, J.D. Cascading biomethane energy systems for sustainable green gas production in a circular economy. **Bioresource Technology**, v. 243, p. 1207–1215, 2017.

WANG, L.; WATANABE, T. Effects of environmental policy on public risk perceptions of haze in Tianjin City: A difference-in-differences analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 109, p. 199-212, 2019.

WEBSTER, K. The circular economy: a wealth of flows. **Ellen MacArthur Foundation Publishing**. 2 ed. 2015.

WEST, J.; BAILEY, I.; WINTER, M. Renewable energy policy and public perceptions of renewable energy: A cultural theory approach. **Energy Policy**, v. 38, n. 10, p. 5739–5748, 2010.

WHITE, M; MARSH, E. **Análise de conteúdo: uma metodologia flexível**. p. 22 - 45, 2006.

WIJLMAN, A.; SKÅNBERG, K.; BERGLUND, M. The Circular Economy and Benefits for Society Jobs and Climate Clear Winners in an Economy Based on Renewable Energy and Resource Efficiency. 2015. Disponível em: <http://www.clubofrome.org/wp-content/uploads/2016/03/The-Circular-Economy-and-Benefits-for-Society.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

WILDAVSKY, A. **Speaking truth to power: the art and craft of policy analysis**. Boston, 1979.

WYSOKIŃSKA, Z. Implementing the Main Circular Economy Principles within the Concept of Sustainable Development in the Global and European economy, with Particular Emphasis on Central and Eastern Europe - The Case of Poland and the Region of Lodz. **Comparative Economic Research**, v. 21, n. 3, p. 75–93, 2018.

YUAN, Z.W.; BI, J.; MORIGUICHI, Y. The Circular Ecology: A New Development Strategy in China. **Journal of Industrial Ecology**, v.10, p. 4-8, 2006.

ZAMFIR, A.; COLESCA, S. E.; CORBOS, R. A. Public policies to support the development of renewable energy in Romania: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 87–106, 2016.

ZENG, S. L.; REN, Y. L.; WANG, W. Research of circular economy assessment: progress and prospect. **Ecology and Environmental Sciences**, v. 18, n. 2, p. 783-789, 2009.