



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

HELDER HENRIQUE MARTINS

**CRIANDO UMA NOVA FONTE PARA O SETOR ELÉTRICO
BRASILEIRO: O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DOS DRIVERS
NA PROMOÇÃO DA BIOELETRICIDADE**

FLORIANÓPOLIS

2020

Helder Henrique Martins

**CRIANDO UMA NOVA FONTE PARA O SETOR ELÉTRICO
BRASILEIRO: O PAPEL DAS POLÍTICAS PÚBLICAS E DOS DRIVERS
NA PROMOÇÃO DA BIOELETRICIDADE**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Administração da Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do título de Doutor em
Administração.

Orientador: Prof. Dr. André Luís da Silva Leite

Coorientador: Prof. Dr. Marcellus Marques Caldas

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Martins, Helder Henrique

Criando uma nova fonte para o setor elétrico brasileiro
: o papel das políticas públicas e dos drivers na promoção
da bioeletricidade / Helder Henrique Martins ; orientador,
André Luís da Silva Leite, coorientador, Marcellus Marques
Caldas, 2020.

135 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-Graduação em
Administração, Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Administração. 2. Bioeletricidade. 3. Fontes
Alternativas. 4. Políticas Públicas. 5. Setor
Sucroenergético. I. Leite, André Luís da Silva . II.
Caldas, Marcellus Marques . III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Administração.
IV. Título.

Helder Henrique Martins

Criando uma nova fonte para o setor elétrico brasileiro: o papel das políticas públicas e dos drivers na promoção da bioeletricidade

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Nivalde José de Castro, Dr.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Profa. Kátia Cilene Rodrigues Madruga, Me.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Silvio Antônio Ferraz Cário, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de doutor em Administração.

Prof. Dr. Rudimar Antunes da Rocha
Coordenador do Programa

Prof. Dr. André Luís da Silva Leite
Orientador

Florianópolis, 20 de fevereiro de 2020

AGRADECIMENTOS

Acredito que não somos nada e nem fazemos nada sem outras pessoas, e a elaboração desta tese não foi diferente. Por isso, quero agradecer a todos que ajudaram direta ou indiretamente nessa empreitada.

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos concedidas e por colocar tantas pessoas boas em meu caminho. Foram tantas dificuldades durante esses 4 anos de doutorado que dificilmente seriam superadas sem o auxílio de uma força superior.

Agradeço aos meus pais, João e Aparecida, minhas irmãs, Shirley e Silvia, minha namorada, Júlia, meus sogros, Helio e Ruth, meus cunhados, Bruna e Claudinei, minhas sobrinhas, Lívia, Alice e Ella Maria, e meu tio de consideração, Feitoza. Vocês me ajudaram de inúmeras formas, mas acreditar em mim foi o melhor apoio que eu poderia ter. Obrigado por tudo!

Agradeço ao meu orientador, professor André Luís da Silva Leite, por ter me escolhido como orientando e por todos os preciosos ensinamentos compartilhados. Foram 4 anos de uma parceria muito produtiva na construção desta tese. Obrigado pela oportunidade e pelo companheirismo. Agradeço também ao meu coorientador no exterior, professor Marcellus Marques Caldas, por ter aceitado me receber nos Estados Unidos e por ter compartilhado valiosos conhecimentos durante e após meu sanduíche. Passar 6 meses em Manhattan - Kansas foi uma das melhores experiências que eu já tive. Muito obrigado!

Agradeço aos membros da banca de defesa, professor Nivalde José de Castro, professora Kátia Cilene Rodrigues Madruga e professor Silvio Antônio Ferraz Cário, pelo tempo dedicado na avaliação desta tese e pelas sugestões feitas. Tais sugestões contribuíram para o aperfeiçoamento desta tese. Agradeço também aos membros da banca de qualificação desta tese, professor Marcellus Marques Caldas, professor Nei Antônio Nunes, professor Pablo Felipe Bittencourt e professor José Vitor Bomtempo Martins. Suas contribuições tiveram grande relevância para que esta tese pudesse ser desenvolvida. Muito obrigado a todos!

Agradeço ao meu orientador de mestrado e amigo, professor Pery Francisco Assis Shikida, por não medir esforços em me auxiliar e me direcionar sempre que preciso. Serei eternamente grato pelo apoio e amizade que construímos. Agradeço ao meu amigo Gabriel Granco, hoje professor na Cal Poly Pomona (USA), que me ensinou muitas coisas durante meu sanduíche na Kansas State University, dentre elas a econometria necessária para analisar o quarto capítulo desta tese, e que me deu muitos *feedbacks* importantes, juntamente com o

professor Marcellus, sobre como escrever artigos para publicação internacional. Vocês três são demais!

Durante esses 4 anos de doutorado tive o prazer de conhecer muitas pessoas que se tornaram grandes amigos. Gostaria de destacar meu agradecimento aos meus amigos de doutorado. Foram muitas histórias e dificuldades superadas durante esse tempo. Ter uma excelente turma de doutorado como a que eu tive contribuiu muito para meu aperfeiçoamento.

Agradeço também aos amigos que fiz nos meus 6 meses de sanduíche, em especial: Caio e Lucas, meus *roommates* e amigos; Rafi, o melhor vizinho que poderíamos ter; Michael Molloy, Michael Stumpff, Colleen e Rebecca, do Departamento de Geografia da KSU; Barb e Tony, minha família e de muitos brasileiros que vão para Manhattan; Gabriel, Vinicius, Marta, Cristiano, Carlos, Samuel, André, Leo e tantos outros amigos brasileiros que conheci por lá. Morar nos Estados Unidos foi uma experiência excepcional e vocês tornaram essa experiência ainda melhor. Muito obrigado!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Santa Catarina. Vocês, que são os responsáveis pela formação de tantos profissionais que passam pela nossa UFSC, foram responsáveis também pela minha formação. Que vocês continuem dedicados a essa missão de melhorar nossa educação, tornando nosso país um lugar cada vez melhor.

Agradeço à Kansas State University e ao Departamento de Geografia, que me acolheram para que eu pudesse aprimorar não só a minha formação profissional, mas também minha formação cultural. Foi muito emocionante ver como a sociedade ama a KSU. Espero que um dia o povo brasileiro ame suas universidades assim como as pessoas amam a KSU. Go Cats!

Agradeço à todas as pessoas que aceitaram participar da minha pesquisa de campo. Sem o tempo e atenção de vocês, não seria possível realizar uma valiosa etapa desta tese. Vocês fazem parte das contribuições que esta tese buscou alcançar. Desejo muito sucesso a todos vocês que trabalham para o desenvolvimento do nosso país.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todos os recursos financeiros que vocês investiram em mim, seja como bolsista CAPES DS para realização do meu aperfeiçoamento no Brasil, seja como bolsista CAPES PDSE para meu aperfeiçoamento nos Estados Unidos. Sem essa importante instituição, muitos estudantes brasileiros não teriam condições de alcançar tal nível de formação. MUITÍSSIMO obrigado!

Por fim, agradeço a todos os meus familiares e amigos, alguns mais presentes e outros mais ausentes, mas que torceram e oraram por mim durante toda essa trajetória. Muito obrigado!

RESUMO

A preocupação sobre as mudanças climáticas levou muitos países a procurar por fontes mais limpas de eletricidade. No Brasil, a bioeletricidade, produto da biomassa da cana-de-açúcar, foi implementada na matriz elétrica recentemente e tem se tornado uma das principais fontes alternativas de eletricidade. Entretanto, diversos fatores poderiam ter promovido o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no país. Diante disso, o objetivo desta tese é analisar os fatores que têm afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil no período 1985-2015. Para alcançar tal objetivo, uma combinação de teorias e métodos qualitativos e quantitativos foi utilizada para analisar as mudanças institucionais, o comportamento das firmas do setor sucroenergético diante de tais mudanças e os *drivers* econômicos e setoriais que poderiam ter afetado a produção de bioeletricidade. O capítulo 2 apresenta a investigação das mudanças institucionais ligadas à bioeletricidade. Os resultados sugerem que, embora o setor sucroenergético tivesse potencial há muito tempo, a bioeletricidade surgiu apenas no final da década de 1980. Ademais, descobriu-se que a crise elétrica de 2001 e os compromissos assumidos na COP-3 levaram o governo brasileiro a realizar políticas públicas para promover fontes alternativas de eletricidade. No capítulo 3, analisou-se o comportamento das firmas produtoras diante de tais mudanças institucionais. Os resultados indicam que as mudanças institucionais conseguiram criar um mercado para fontes alternativas, reduziram incertezas no setor elétrico e atraíram o interesse do setor sucroenergético em comercializar a bioeletricidade. Todavia, o setor sucroenergético também pleiteia melhorias setoriais com as instituições. Isso demonstra a influência do ambiente institucional sobre o ambiente organizacional, e vice-versa, embora a primeira relação seja mais forte. O capítulo 4 foca na estimação dos efeitos dos *drivers* setoriais e econômicos na produção de bioeletricidade. Os resultados indicam que nenhum *driver* explicou a produção de bioeletricidade. Contudo, os resultados apontam que a produção de bioeletricidade estaria afetando a produção de hidreletricidade, a produção de eletricidade por fontes não renováveis, o PIB per capita e o consumo de eletricidade per capita. Destaca-se que, mesmo que o modelo construído não tenha incluído as políticas públicas diretamente, as mudanças institucionais podem ter influenciado indiretamente os resultados.

Palavras-chave: Bioeletricidade; Fontes Alternativas; Políticas Públicas; Setor Sucroenergético; Setor Elétrico.

ABSTRACT

The concern on climate change has driven many countries to seek clean electricity sources. Bioelectricity, that is electricity made of sugarcane biomass, was implemented recently and it has become one of the main alternative electricity sources in Brazil. However, many factors could have promoted the emergence and development of bioelectricity in the country. Therefore, the main goal of this dissertation is to analyze the factors that have affected the emergence and development of bioelectricity in the sugarcane industry in Brazil from 1985 to 2015. To achieve this goal, this dissertation made use of a mix of qualitative and quantitative theories and methods to analyze institutional changes, sugarcane industry firms' behavior after those changes, and economic and sectoral drivers that could have affected bioelectricity production. Chapter 2 presents the investigation of institutional changes connected to bioelectricity. The results suggest that bioelectricity emerged in the late 1980's, even though sugarcane industry had such potential for a long time. Additionally, the electric power crisis occurred in 2001 and the COP-3 commitments have driven Brazilian government to create policies to promote alternative electricity sources. Chapter 3 analyzes producing firms' behavior after institutional changes. The findings show that institutional changes created a market for alternative sources, reduced uncertainties in electric power sector and attracted sugarcane industry interest in commercializing bioelectricity. However, sugarcane industry also pleads sectoral improvements from institutions. It demonstrates mutual influence between institutional and organizational environment, even though institutional influence on organizational environment is stronger. Chapter 4 applies vector autoregression and Granger causality test to understand economic and sectoral drivers' effects on bioelectricity production. The findings indicate that none driver affected bioelectricity production. Nevertheless, the results show that bioelectricity production is affecting hydroelectricity production, electricity production from non-renewable sources, GDP per capita, and electricity consumption per capita. It should be mentioned that, although the model does not have included policies directly, institutional changes may have influenced the results indirectly.

Keywords: Bioelectricity; Alternative Sources; Public Policies; Sugarcane Industry; Electric Power Sector.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da tese	23
Figura 2 – O Sistema Elétrico Brasileiro.....	34
Figura 3 – A tripla base de incentivos para a bioeletricidade no Brasil	42
Figura 4 – Características dos consumidores especiais e livres	47
Figura 5 - Primeira fatura referente à venda de energia elétrica da Usina São Francisco.....	55
Figura 6 - A influência dos fatores internos e externos sobre a bioeletricidade.....	58
Figura 7 – Os três níveis relacionais.....	67
Figura 8 - Mapa da Produção	71
Figura 9 - Desenvolvimento da análise	75
Figura 10 – Principais políticas e incentivos relatados pelos entrevistados	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo entre produção total de energia elétrica e hidrelétricas	38
Gráfico 2 – Comparativo entre produção e consumo de energia elétrica no Brasil	39
Gráfico 3 – Participação das fontes de energia elétrica no total produzido no Brasil.....	56
Gráfico 4 – Produção de bioeletricidade de 1970 a 2017 – em GWh	57
Gráfico 5 – Participação de mercado das fontes de eletricidade no Brasil.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Histórico de mudanças no SEB.....	33
Quadro 2 - Comparativo entre o ACR e o ACL.....	43
Quadro 3 – Questões para coleta dos dados primários.....	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Leilões de energia elétrica no ACR de 2005 a 2018	44
Tabela 2 – Usinas de cana-de-açúcar contratadas no PROINFA	45
Tabela 3 – Financiamentos realizados no PROINFA.....	49
Tabela 4 – Orçamento CDE (em milhões de reais)	52
Tabela 5 – Critério de ordem de seleção	104
Tabela 6 - Teste ADF para raiz unitária com 3 defasagens.....	104
Tabela 7 – Teste de cointegração de Johansen	105
Tabela 8 – O modelo VAR.....	108
Tabela 9 – Teste de causalidade de Granger	113
Tabela 10 – Resumo das causalidades de Granger.....	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ADF	Augmented Dickey-Fuller
AIC	Akaike Information Criterion
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
BASA	Banco da Amazônia
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BB	Banco do Brasil
BNB	Banco do Nordeste
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEF	Caixa Econômica Federal
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
COGEN	Associação da Indústria de Cogeração de Energia
COP	Conferência das Partes
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
DF	Demais Firmas
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
ECT	Economia dos Custos de Transação
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCO	Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste
FP	Firmas Produtivas
FPE	Final Prediction Error
GCE	Gestão da Crise de Energia Elétrica
GEE	Gases do Efeito Estufa
HQIC	Hannan-Quinn Information Criterion
IEA	International Energy Agency
IPCC	The Intergovernmental Panel on Climate Change
LER	Leilão de Energia de Reserva

LFA	Leilão de Fontes Alternativas
LEN	Leilão de Energia Nova
LR	Likelihood-Ratio
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MCS D	Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
NEI	Nova Economia Institucional
ONS	Operador Nacional do Setor Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PROALCOOL	Programa Nacional do Alcool
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RCE	Redução Certificada de Emissão
REIDI	Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da
Infraestrutura	
SBIC	Schwarz's Bayesian Information Criterion
SEB	Sistema Elétrico Brasileiro
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição de Energia Elétrica
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão de Energia Elétrica
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNICA	União da Indústria de Cana-de-açúcar
VAR	Vector Autoregression
VECM	Vector Error Correction Model

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
1.1.	OS REFLEXOS DAS CRISES DO CAFÉ, PETRÓLEO E ELETRICIDADE NO BRASIL	17
1.2.	OBJETIVOS.....	20
1.2.1.	Objetivo Geral	20
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	20
1.3.	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA.....	20
1.4.	ESBOÇO DA TESE.....	22
2.	A EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO E DA BIOELETRICIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL.....	24
2.1.	INTRODUÇÃO.....	24
2.2.	A PROMOÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ELETRICIDADE	25
2.2.1.	Principais tipos de políticas para eletricidade por fontes renováveis no mundo	30
2.3.	O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO.....	32
2.4.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
2.4.1.	Estratégia de pesquisa.....	36
2.4.2.	Coleta e fonte de dados	36
2.4.3.	Análise dos dados.....	37
2.5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
2.5.1.	A crise elétrica de 2001 e a influência da COP-3.....	37
2.5.2.	A tripla base de incentivos para bioeletricidade da cana no Brasil.....	41
2.5.3.	A bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil após a crise elétrica de 2001	54
2.6.	CONCLUSÃO.....	58
3.	O COMPORTAMENTO DAS FIRMAS VIS-À-VIS AS MUDANÇAS INSTITUCIONAIS QUE AFETARAM A BIOELETRICIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO	61
3.1.	INTRODUÇÃO.....	61
3.2.	A INTERAÇÃO ENTRE INSTITUIÇÕES E ORGANIZAÇÕES NA NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL	63
3.3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	70
3.3.1.	Estratégia de pesquisa.....	70

3.3.2.	Área de estudo	71
3.3.3.	População e amostra	72
3.3.4.	Coleta dos dados	73
3.3.5.	Análise dos dados.....	75
3.4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
3.5.	CONCLUSÃO.....	94
4.	A INFLUÊNCIA DE <i>DRIVERS</i> ECONÔMICOS E SETORIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOELETRICIDADE	96
4.1.	INTRODUÇÃO.....	96
4.2.	<i>DRIVERS</i> ECONÔMICOS E SETORIAIS E A BIOELETRICIDADE.....	97
4.3.	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	101
4.3.1.	Variáveis e hipóteses	101
4.3.2.	Modelo	103
4.4.	RESULTADOS	108
4.4.1.	O modelo VAR e o teste de causalidade de Granger.....	108
4.5.	DISCUSSÃO.....	114
4.6.	CONCLUSÃO.....	118
5.	CONCLUSÃO	120
	REFERÊNCIAS	124

1. INTRODUÇÃO

1.1. OS REFLEXOS DAS CRISES DO CAFÉ, PETRÓLEO E ELETRICIDADE NO BRASIL

Até as primeiras décadas do século XX, a economia brasileira era sustentada pela exportação de produtos agropecuários. No final dos anos 1920, o principal produto das exportações brasileiras era o café. A representatividade brasileira era tão grande que chegou a ser o maior fornecedor de café do mundo, controlando três quartos da oferta mundial (FURTADO, 1979). Enquanto o Brasil exportava produtos com baixo valor agregado, os produtos de maior valor eram mormente importados de outros países, o que mantinha a balança comercial estável (MATTEI; SANTOS JÚNIOR, 2009). Com o surgimento da crise do café em 1929, houve um desequilíbrio na balança comercial brasileira, limitando a capacidade de importação de produtos de outros países. Diante disso, o governo brasileiro criou a política de substituição das importações, buscando diminuir as importações de produtos industrializados por outros países. Com essa política, o Brasil conseguiu “promover um intenso crescimento da produção industrial” (TAVARES, 1998, p. 128-129).

A dinâmica da produção industrial está vinculada a matriz energética de um país, que inclui combustíveis e eletricidade. Durante o século XX, a principal fonte de combustíveis no Brasil era o petróleo, enquanto a água era a principal fonte de eletricidade. A maior parte dos produtos do petróleo eram adquiridos por meio de importações. No final da década de 1970, 80% do petróleo era importado. Já a eletricidade era produzida no país por meio de grandes usinas hidrelétricas (SHIKIDA, 1997; MACEDO, 2016).

A política de substituição das importações durou aproximadamente 50 anos, até “quando ocorreram os choques do petróleo, o aumento da taxa de juros nos Estados Unidos e a crise do endividamento externo brasileiro” (MATTEI; SANTOS JÚNIOR, 2009, p. 94). A partir da crise do petróleo, o governo e os empresários brasileiros perceberam os riscos da dependência de apenas uma fonte de combustível e iniciaram a busca por fontes alternativas (SHIKIDA, 1997). Com a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) em 1975, iniciou-se no país o processo de inovação que criou o álcool (ou etanol) combustível. Segundo Shikida (1997), “a ‘orquestração’ de interesses para viabilizar o PROÁLCOOL englobou os empresários das usinas e destilarias, o Estado, o setor de máquinas e equipamentos e a indústria automobilística”. O sucesso foi tão grande que as vendas de etanol anidro e hidratado no Brasil

atingiram 25,3 bilhões de litros em 2017. Para fins de comparação, as vendas de gasolina (tipo A), tradicional combustível no Brasil, foram de 32,2 bilhões de litros. (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP, 2018).

A dependência da fonte hídrica para produção de eletricidade também apresentou problemas. Em 2001, uma crise elétrica emergiu no Brasil. No ano que precedeu a crise, o percentual de participação das fontes hídricas era de 87,2% da matriz elétrica brasileira (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2018a). A crise elétrica de 2001 demonstrou as fraquezas em depender basicamente de apenas uma fonte de eletricidade. Fontes alternativas¹ de eletricidade também foram pesquisadas, mas o desafio dessa vez era diferente. Estima-se que 25% de toda a emissão de gases do efeito estufa (GEE) do mundo é causada pelo uso de fontes não renováveis para produção de eletricidade e calor (THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC, 2014). A tendência de crescimento do consumo de energia elétrica no Brasil (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA, 2018) chama a atenção para a necessidade de aumentar a oferta de eletricidade utilizando fontes renováveis. Caso essa demanda adicional seja atendida por fontes não renováveis de eletricidade, as emissões de GEE podem aumentar, agravando ainda mais o problema das mudanças climáticas. Desta forma, as fontes alternativas de eletricidade deveriam ser implementadas por fontes renováveis.

Diversos países têm realizado esforços para a implementação e expansão de fontes renováveis de eletricidade, refletindo aumento da produção dessas fontes. Na Alemanha, por exemplo, as fontes eólica, solar, hídrica e biocombustível representavam cerca de 11% de participação na matriz elétrica do país em 2005. Já em 2018, tal participação foi em torno de 35% (IEA, 2019a). Na França, as mesmas fontes supracitadas representavam aproximadamente 10% de participação no total produzido de eletricidade em 2005. Em 2018, esse percentual passou para cerca de 20% (IEA, 2019b). A Espanha tinha 15,8% de participação de fontes eólica, solar, hídrica e biocombustível em sua matriz elétrica no ano de 2005. Em 2018, essas fontes representaram 36,7% (IEA, 2019c).

O Brasil possui uma matriz elétrica considerada limpa, principalmente pela expressiva produção hidrelétrica, cuja participação chegou a quase 93% no início da década de 1990 (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2018a). No entanto, a expansão da oferta de eletricidade por meio de hidrelétricas para o atendimento da crescente demanda do país

¹ No Brasil, as fontes convencionais e alternativas foram entendidas da seguinte forma: fontes convencionais - petróleo, gás natural, grandes hidrelétricas e carvão mineral; e fontes alternativas - eólica, solar, geotérmica, maremotriz, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e biomassa.

possui elementos que dificultam sua implementação. Como o potencial de expansão está concentrado mormente na região amazônica, existem restrições derivadas de legislações ambientais. Conflitos com grupos indígenas também podem ocorrer, uma vez que 44% da área potencial está situada em terras indígenas (SOUZA; JACOBI, 2015). Impactos socioambientais também são observados durante o planejamento, construção e operação das usinas hidrelétricas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2007). Nesse sentido, fontes alternativas e renováveis de eletricidade (como eólica, solar, biomassa, PCHs) surgem como solução para o atendimento da crescente demanda por eletricidade, bem como para o cumprimento de metas ambientais. Nesta tese, será utilizado o termo “fontes alternativas” para tratar de fontes renováveis e alternativas à hidreletricidade no Brasil.

A bioeletricidade, que é a eletricidade gerada usando a biomassa da cana como matéria-prima (bagaço, palhas e pontas), tem se destacado como uma das principais fontes alternativas no Brasil. Em 1990, a produção de bioeletricidade era de 1.864 GWh. Já em 2017, a produção de bioeletricidade foi de 35.655 GWh com possibilidade de expansão (EPE, 2018). Novamente, o setor sucroenergético está contribuindo com o atendimento das necessidades energéticas do país. Entretanto, sabe-se que energias renováveis dificilmente se desenvolvem por forças de mercado (MAZZUCATO, 2014; DONOVAN, 2015). Diante disso, a análise conjunta de mudanças institucionais, do comportamento das firmas do setor sucroenergético e de *drivers* econômicos e setoriais podem contribuir com o entendimento sobre quais fatores teriam proporcionado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil.

Compreender os fatores que levaram ao surgimento e desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético torna-se primordial para entender como ocorreu esse processo de inovação. É essencial entender também o comportamento das firmas do setor sucroenergético nesse processo, uma vez que são eles os produtores de bioeletricidade. Suas decisões poderiam servir também de referência para outros setores com potencial de produção de eletricidade. Os resultados obtidos nesta tese são importantes também para o governo enquanto criador de políticas públicas. O bom planejamento de políticas públicas pode evitar o surgimento de crises que possam ameaçar o crescimento da nossa economia e do nosso país.

Desta forma, os objetivos geral e específicos desta tese são apresentados a seguir.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Analisar os fatores que tem afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil no período 1985-2015.

1.2.2. Objetivos Específicos

- 1) Investigar as mudanças institucionais que têm afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no entre 1985 e 2015;
- 2) Analisar o comportamento das firmas diante das mudanças institucionais que afetaram a bioeletricidade no Brasil entre 1985 e 2015;
- 3) Estimar os efeitos de *drivers* econômicos e setoriais na produção da bioeletricidade do setor sucroenergético no Brasil entre 1985 e 2015.

1.3. MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

O país passou por uma crise elétrica em 2001, que emergiu do mal planejamento estratégico e da má coordenação setorial (GOLDENBERG; PRADO SIQUEIRA, 2003). No momento da crise, havia uma forte dependência das hidrelétricas no país. No ano que precedeu a crise, a hidreletricidade representava 87% de toda a eletricidade produzida no Brasil (EPE, 2018). Porém, a participação da hidreletricidade caiu para 62% em 2015 (EPE, 2018). Com isso, surgiu a preocupação sobre quais fontes estariam complementando a matriz elétrica, mas também sobre quais fontes poderão contribuir com o suprimento futuro de eletricidade. Os dados sobre a projeção da demanda total por eletricidade no Brasil estimam um aumento aproximado de 50% entre 2016 e 2026 (EPE, 2017). Como a dependência de fontes hídricas trouxe problemas no passado, fontes alternativas são opções interessantes para o suprimento atual e futuro.

A biomassa tem se tornado uma das principais fontes alternativas de eletricidade no Brasil. Nas últimas décadas, o setor sucroenergético tem utilizado a biomassa residual como matéria-prima para a produção da bioeletricidade. Embora o processo de cogeração a partir da biomassa da cana tenha surgido no mundo na primeira década do século XX, os registros de produção e comercialização de energia elétrica no Brasil por essa tecnologia são datados apenas a partir das décadas de 1970 e 1980, respectivamente (COGEN, 2017; EPE, 2018). Assim, o

setor sucroenergético passou muito tempo sem usar o potencial da biomassa para produção de bioeletricidade.

Mesmo que a bioeletricidade esteja demonstrando sua importância no país, sua participação ainda é baixa comparada com seu potencial (TORQUATO; JESUS; RAMOS., 2016). O potencial de bioeletricidade gira em torno de 17 GW médios, o que representa algo equivalente a quatro usinas hidrelétricas do porte da Usina Belo Monte (NOVACANA, 2017). A utilização de maior parte do potencial da bioeletricidade poderia evitar que problemas hídricos pudessem voltar a impactar o país. Como a colheita da cana-de-açúcar ocorre em períodos de escassez de chuvas, a bioeletricidade torna-se complementar à matriz elétrica brasileira (CASTRO; DANTAS, 2008; CASTRO et al., 2012).

Além disso, o uso da bioeletricidade poderia evitar que fontes não renováveis se expandissem no Brasil. Acredita-se que fontes não renováveis e fontes alternativas possam competir no suprimento de eletricidade. Porém, o suprimento de eletricidade por fontes não renováveis poderia aumentar a quantidade de emissões de GEE no país.

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO (2019), o Brasil foi o maior produtor de cana-de-açúcar em 2017, com produção em torno de 758 milhões de toneladas. Para fins de comparação, o segundo país que mais produz cana-de-açúcar é a Índia, com 306 milhões de toneladas, menos da metade da produção brasileira. Conseqüentemente, o Brasil é o país com maior quantidade de biomassa de cana disponível para produção de bioeletricidade. Além disso, o Brasil foi o 7º país que mais gerou eletricidade usando fontes alternativas no mundo no ano de 2015, ainda que tenha sido considerado apenas a biomassa (lenha, cana e lixo) e a eólica (EPE, 2018b). Desta forma, o Brasil foi escolhido como área de estudo devido a sua representatividade global na produção cana-de-açúcar e eletricidade por fontes alternativas.

Outro fator que motivou a realização desta pesquisa é a importância do suprimento elétrico para o país. O suprimento elétrico é uma questão de segurança nacional, uma vez que a dinâmica da indústria depende, dentre outras coisas, de combustível e eletricidade (SHIKIDA, 1997; MACEDO, 2016). Assim, esta tese permite compreender se o Brasil está realizando um planejamento de curto e longo prazo para o seu setor elétrico.

O período de análise selecionado foi entre 1985 e 2015 por algumas razões, tais como: 1) a primeira venda de bioeletricidade ocorreu em 1987; 2) as principais mudanças no setor elétrico ocorreram dentro desse período; 3) o Protocolo de Kyoto ocorreu em 1997; 4) os dados disponíveis sobre a bioeletricidade no início da realização desta tese.

1.4. ESBOÇO DA TESE

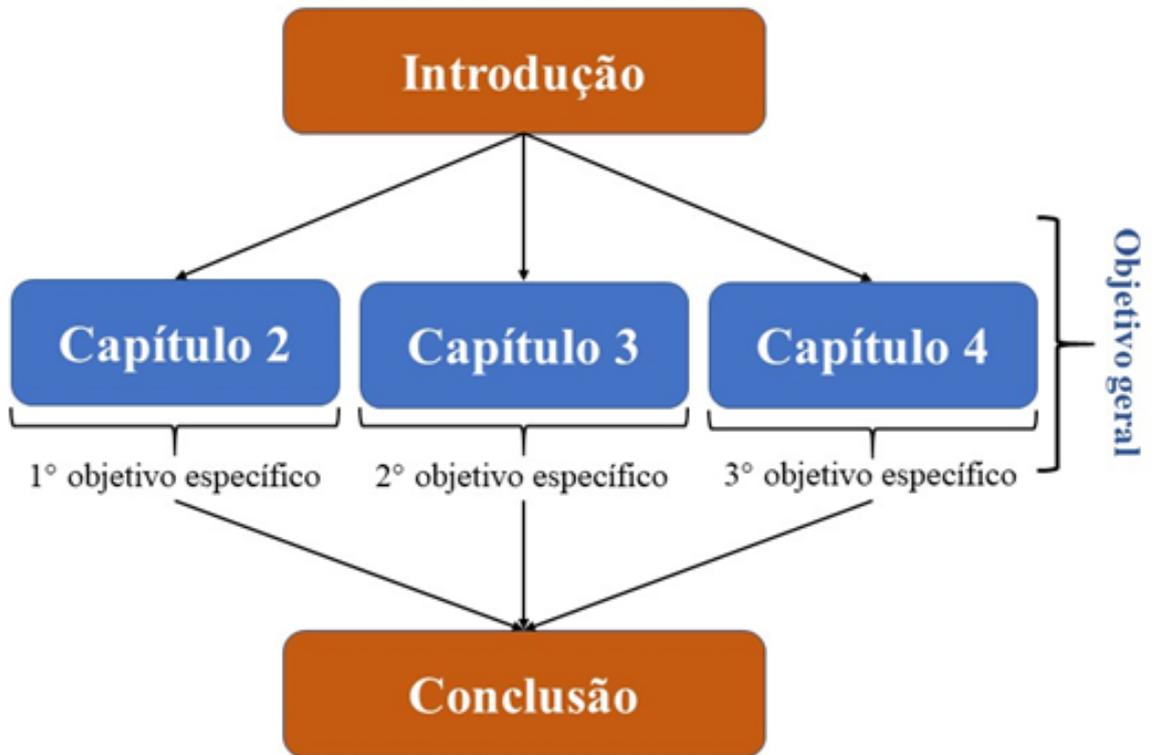
Esta tese está dividida em cinco capítulos, sendo esta introdução o primeiro deles. O capítulo 2 está focado em investigar mudanças institucionais que tenham afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil. De forma semelhante ao ocorrido no período do PROÁLCOOL, o governo (Estado) poderia ter atuado por meio de políticas públicas na promoção da bioeletricidade. Assim, um estudo bibliográfico e documental foi realizado para investigar como as políticas públicas para energias renováveis são realizadas no mundo e as justificativas para sua utilização. Em seguida, investigou-se mudanças institucionais que teriam mudado o funcionamento do setor elétrico. Há a discussão sobre como políticas públicas podem ter influenciado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade e sobre como foi a evolução da bioeletricidade no setor elétrico.

O capítulo 3 objetiva discutir como foi o comportamento das firmas diante das mudanças institucionais discutidas no capítulo 2. Parte da Nova Economia Institucional (NEI) é utilizada como teoria para entender a interação entre instituições e firmas. Entrevistas semiestruturadas foram realizadas com diversos *players* dos setores elétrico e sucroenergético, tais como: indústrias de etanol e/ou açúcar que produzem ou não a bioeletricidade, sindicatos e/ou associações do setor sucroenergético, empresas de pesquisa, de consultoria e comercializadoras do setor elétrico, e produtores de bioeletricidade derivados de outras biomassas.

Até o capítulo 3, o foco desta tese está mormente atrelado a como as mudanças institucionais têm influenciado os setores elétrico e sucroenergético. Porém, levantou-se a hipótese de que outros elementos poderiam também ter afetado o desenvolvimento da bioeletricidade. A literatura aborda alguns *drivers* que poderiam influenciar fontes renováveis de eletricidade em outros países. Com isso, o capítulo 4 tem o objetivo de estimar os efeitos de *drivers* econômicos e setoriais na produção da bioeletricidade no setor sucroenergético. Para isso, o Modelo de Vetores Autorregressivos (VAR) e o teste de causalidade de Granger são usados para estimar os efeitos dos *drivers* selecionados.

Por fim, o quinto e último capítulo aborda as principais conclusões da tese diante dos objetivos atingidos nos capítulos anteriores. A Figura 1 ilustra a estrutura desta tese.

Figura 1 – Estrutura da tese



Fonte: Elaborado pelo autor.

2. A EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO E DA BIOELETRICIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL

2.1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos, o Brasil teve seu abastecimento elétrico baseado praticamente em hidreletricidade. Devido ao grande potencial hídrico, o país construiu diversas usinas hidrelétricas e manteve tal fonte como seu principal meio de suprimento elétrico. Entretanto, notou-se que seu *market share* diminuiu significativamente nas últimas décadas. Em 1990, a participação percentual das hidrelétricas no total produzido de eletricidade girava em torno de 93%, porém, sua participação caiu para 62% em 2015 (EPE, 2017). Nesse mesmo período, outras fontes ganharam maior representatividade na matriz elétrica brasileira, tais como o gás natural, eólica e biomassa. A bioeletricidade, considerada nessa pesquisa como a energia elétrica produzida via biomassa da cana-de-açúcar, possuía menos de 1% de *market share* em 1990 e atingiu mais de 6% em 2017 (EPE, 2017).

A bioeletricidade é o mais novo dentre os três principais produtos do setor sucroenergético. Na verdade, o processo de cogeração de energia a partir da biomassa da cana é antigo, porém, os registros de produção e comercialização de energia a partir dessa tecnologia no Brasil são datados apenas nas décadas de 1970 e 1980, respectivamente (COGEN, 2017; EPE, 2018). O principal objetivo da cogeração era produzir energia para a planta de produção de açúcar e/ou etanol e eliminar a biomassa resultante de tal produção. Contudo, a produção de energia das usinas de cana foi aperfeiçoada nas últimas décadas. Novas tecnologias permitiram a produção de energia elétrica para a própria planta e também a geração de excedente para comercialização.

Embora a capacidade de produção de bioeletricidade pelas usinas de cana tenha sido aperfeiçoada, ainda existia uma questão importante a ser resolvida: como tal produção seria comercializada? Sabe-se que energias renováveis possuem características que dificultam seu desenvolvimento. De acordo com Mazzucato (2014), a indústria verde, na qual a bioeletricidade está inserida, não se desenvolve apenas pelo movimento das forças de mercado principalmente devido a falha de mercado em não valorizar a sustentabilidade e/ou punir a poluição e o desperdício. Além disso, as empresas vão se manter afastadas de investimentos em tal atividade até que incertezas tecnológicas e de mercado sejam resolvidas (MAZZUCATO, 2014). No caso da bioeletricidade, a tecnologia já era conhecida e tem sido aperfeiçoada para trazer melhores resultados produtivos. Entretanto, a questão de mercado ainda era uma incerteza, uma vez que

o mercado elétrico brasileiro era predominantemente abastecido por hidrelétricas. Diante de tais dificuldades, surge o questionamento sobre como as mudanças institucionais teriam afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no país. Para responder tal questionamento, foi realizado um estudo descritivo baseado em dados secundários publicados por instituições brasileiras e estrangeiras.

Diante disso, este capítulo foi dividido em cinco partes, sendo esta introdução a primeira delas. A segunda parte trata da revisão de literatura acerca da promoção de energias renováveis no Brasil e no mundo e as mudanças institucionais ocorridas no setor elétrico brasileiro. A terceira parte aborda os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa. A quarta parte trata dos resultados e da discussão sobre os fatores que afetaram a bioeletricidade no país. A quinta e última parte apresenta as conclusões da pesquisa.

2.2. A PROMOÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS DE ELETRICIDADE

A tendência da geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis se desenhou ainda no século XX, especificamente no ano de 1997, no denominado Protocolo de Kyoto, realizado na COP-3. A ideia inicial surgiu em 1988 na *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, realizada no Canadá, que colocou as mudanças climáticas na agenda global. Essa conferência reuniu mais de 300 cientistas e políticos de 46 países para tratar do problema das mudanças climáticas no mundo (UNIVERSITY OF TORONTO, 2013).

Após ser colocado em pauta, o meio ambiente e o clima foram discutidos em outras conferências. Porém, só a partir de 1997 o assunto passou a ser discutido e negociado com a criação do Protocolo de Kyoto. Foram definidas metas para a redução de GEE para países desenvolvidos e para aqueles que estavam em transição para o capitalismo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, 2017a; UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE - UNFCCC, 2017).

Em 16 de fevereiro de 2005, o Protocolo entrou em vigor. 55% dos países-membros assumiram a responsabilidade pela redução de, no mínimo, 55% dos níveis de emissões de 1990. Na primeira meta acordada, 37 países industrializados e a comunidade europeia afirmaram que reduziriam as emissões de GEE para uma média de 5%, considerando os níveis de emissões de 1990. Posteriormente, no segundo compromisso, os mesmos acordaram em reduzir os GEE em 18% (tendo como referência o ano de 1990) em um período de oito anos, de 2013 a 2020. Embora essa meta tenha sido acordada para o conjunto das partes do acordo, cada país negociou sua meta individualmente. Em 23 de agosto de 2002, o Brasil ratificou seu

compromisso por meio do Decreto Legislativo nº 144, de 2002, mas não precisou se comprometer com metas específicas pelo fato de ser considerado um país em desenvolvimento (MMA, 2017a; UNFCCC, 2017).

Alguns mecanismos foram elaborados no Protocolo de Kyoto. Eles deveriam ser implementados para que fosse possível a redução almejada. Esses mecanismos são: o comércio internacional de emissões; a implementação conjunta; e o mecanismo de desenvolvimento limpo. O comércio internacional de emissões possibilitou a criação de um produto a partir da redução ou remoção de emissões. Assim, aqueles países que estão acima de seus objetivos podem vender unidades de emissão. Cada tonelada de dióxido de carbono (CO₂) equivale a um crédito de carbono. A implementação conjunta está relacionada com a possibilidade de um país (com necessidade de redução ou limitação de emissão) obter unidades de redução de emissões (UREs). Isso permite aos países uma forma de comercialização de emissões, flexibilizando a capacidade de um país atingir seus objetivos acordados no Protocolo de Kyoto. Além disso, o país anfitrião tem o benefício do investimento estrangeiro e da transferência de tecnologia. Já o mecanismo de desenvolvimento limpo permite aos países (com compromisso de redução ou limitação de emissões) a implementação de projetos de redução de emissões em países em desenvolvimento. Esses projetos podem ser contemplados com créditos de redução certificada de emissões (RCE) (UNFCCC, 2017). Esses mecanismos são importantes pois permitem a flexibilização dos compromissos acordados e possibilitam a comercialização de um produto que pode trazer resultados financeiros e tecnológicos.

Uma das formas mais comuns de redução das emissões de GEE é por meio da substituição de fontes poluentes de energia elétrica por fontes limpas. Isso porque cerca de 25% da emissão global de GEE² vem da produção de eletricidade e calor (IPCC, 2014). Assim, principalmente após o Protocolo de Kyoto, muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento começaram a realizar políticas para redução das emissões de GEE por meio da geração de eletricidade por fontes alternativas.

A importância da criação de políticas para promover fontes renováveis de eletricidade tem sido muito debatida pelo mundo. Vários são os motivos que justificam tal apoio, como: a dificuldade de competição das fontes renováveis em relação às fontes convencionais (MENANTEAU et al., 2003; GOLDEMBERG et al., 2004; LIAO et al., 2011); a correção de externalidades negativas geradas pelo uso de combustíveis fósseis (MENANTEAU et al., 2003; LIAO et al., 2011; MARQUES; FUINHAS, 2012; KALKUHL et al., 2013; WHITE et al., 2013;

² Baseado na emissão global de 2010.

DONOVAN, 2015); a necessidade de buscar eficiência dinâmica pela mudança técnica (BROWN, 2001; MENANTEAU et al., 2003; RUIZ et al., 2007; LUND, 2009; DONOVAN, 2015); razões ambientais e/ou socioeconômicas (SÁENZ DE MIERA et al., 2008; WHITE et al., 2013; CADORET; PADOVANO, 2016; CHEN; YIN, 2017; IBANEZ-LOPEZ et al., 2017; CARFORA et al., 2018); para estimular o capital privado a investir em energias renováveis (BÜRER; WÜSTENHAGEN, 2009; MAZZUCATO, 2014; MIR-ARTIGUES; DEL RÍO, 2014; IBANEZ-LOPEZ et al., 2017); a alta demanda de recursos financeiros e incertezas sobre a rentabilidade (MARQUES; FUINHAS, 2012; WHITE et al., 2013; MAZZUCATO, 2014; MIR-ARTIGUES; DEL RÍO, 2014; CHEN; YIN, 2017); a redução da dependência energética³ (RUIZ et al., 2007; MARQUES; FUINHAS, 2012); o cumprimento dos acordos internacionais realizados (MARQUES; FUINHAS, 2012); o crescimento/desenvolvimento econômico sustentável (KALKUHL et al., 2013; CHEN; YIN, 2017); promover a indústria nacional de energias renováveis (RUIZ et al., 2007); e por expectativas positivas com relação a votos esperados (CADORET; PADOVANO, 2016). Alguns desses motivos estão agregados em um conceito denominado de falhas de mercado que justifica a intervenção do governo por meio de políticas (BROWN, 2001; MAZZUCATO, 2014; DONOVAN, 2015).

O princípio das falhas de mercado reside na racionalidade limitada e na possibilidade de comportamento oportunista, sendo ambos os elementos que proporcionam custos nas transações. Como os contratos são incompletos devido a esses dois pressupostos comportamentais, falhas de mercado surgem. Porém, esses custos de transação podem ser mitigados utilizando estruturas de governança eficientes. Enfatiza-se também que as estruturas de governança devem considerar as características das transações, ou seja, a especificidade dos ativos, a incerteza e a frequência.

O setor elétrico possui características de alta especificidade dos ativos e o elevado grau de incerteza. Essas características estão presentes nesse setor independentemente da forma como a eletricidade é produzida, seja por formas convencionais ou alternativas. Considerando a preferência pelo uso de fontes alternativas no Brasil, surgem problemas que não podem ser solucionados via mercado, considerados falhas de mercado. Desta forma, o governo pode atuar elaborando políticas e/ou criando instituições que possam corrigir essas falhas.

Entretanto, Mazzucato (2014) enfatiza que o Estado (governo) faz muito mais do que corrigir as falhas de mercado, pois tem a capacidade de criar produtos e mercados

³ Ruiz et al., (2007) abordam essa redução da dependência no sentido de diversificar a matriz elétrica, enquanto que Marques e Fuinhas (2012) tratam de países que são dependentes das importações de eletricidade de outros países (muito comum na Europa).

correspondentes. No caso das fontes limpas de eletricidade, Mazzucato (2014) entende que o capital de risco privado não é capaz de promover esse setor. Isso porque a incerteza (descrita por Knight (1921)), os *sunk costs* e a intensidade de capital exigida é a razão pelo qual o setor privado se mantém distante dos investimentos em inovação no setor elétrico. Além disso, Mazzucato (2014) afirma que a indústria verde não consegue se desenvolver naturalmente devido a infraestrutura energética incrustada e pela falha de mercado em não valorizar a sustentabilidade ou punir o desperdício e a poluição. Como o setor privado não é capaz de promover a inovação setorial sozinho, o governo toma a frente e realiza políticas necessárias.

Quando surgem inovações, qualquer que seja seu tipo, o governo pode elaborar estratégias para proteger a indústria nascente, tais como a criação de subsídios, tarifas, cotas de produção, garantias de compra, para que determinada indústria possa crescer até conseguir caminhar sozinha. Além disso, o governo espera que as políticas adotadas sejam temporárias (geralmente até a indústria se estabilizar) e que os benefícios gerados por essas políticas sejam superiores aos custos. Desta forma, o governo, no papel de formulador de políticas, tende a diminuir a proteção de uma indústria na medida em que a aprendizagem aumenta, sendo a proteção extinta quando a aprendizagem tenha cessado (MELITZ, 2005). De maneira semelhante, Mill (2004) também defendeu a indústria nascente, afirmando que essa proteção deve ocorrer quando existem efeitos de aprendizagem externos às empresas e que tal proteção deve ocorrer até que a indústria amadureça o suficiente para se desenvolver sozinha.

Um dos argumentos para proteção da indústria nascente são as falhas de mercado, em que o setor privado não contribui para um desenvolvimento rápido de determinado setor como deveria (KRUGMAN; OBSTFELD, 2006). Assim, o governo cria instrumentos de proteção da indústria nascente para que o desenvolvimento ocorra da maneira esperada. Krugman e Obstfeld (2006) entendem que o apoio à indústria nascente também está relacionado com a capacidade de um país em desenvolvimento proteger determinada indústria de países desenvolvidos. Com isso, este setor pode se desenvolver o suficiente para só então competir internacionalmente.

No caso da bioeletricidade da cana no Brasil, a competição ocorre dentro do próprio país, uma vez que outras fontes de energia elétrica já estariam mais desenvolvidas. Fontes alternativas, como eólica e PCHs, também ganharam representatividade na mesma época da expansão da bioeletricidade. Assim, a indústria nova necessita de apoio para se tornar competitiva antes de ser inserida na competição do mercado.

Embora existam vários motivos que justifiquem a criação de políticas para fontes renováveis, há algumas preocupações a esse respeito. Sáenz de Miera et al. (2008) entendem que existe a preocupação de aumento de encargos para os consumidores finais diante dos incentivos criados, uma vez que são eles que pagam pelos incentivos. Porém, de acordo com os autores, a promoção de fontes renováveis poderia levar a uma situação de ganha-ganha porque um aumento na implementação de fontes renováveis levaria a uma redução nos preços da eletricidade, e não ao contrário.

Jensen e Skytte (2003) afirmam que os incentivos às fontes renováveis podem reduzir o custo final da eletricidade devido terem custos variáveis menores do que as fontes convencionais. Uma vez que esse tipo de eletricidade substitui a geração por fontes convencionais, o preço da eletricidade no mercado diminui, compensando o custo do investimento em fontes renováveis.

Entretanto, Trujillo-Baute et al. (2018) descobriram que os custos de promover fontes renováveis tem um impacto estatisticamente significativo e positivo no preço do varejo da eletricidade. Embora esse impacto seja pequeno, não quer dizer que isso deveria ser desconsiderado pelos formuladores de políticas. Isso porque eles entendem que é provável que esse impacto possa ser maior com o crescimento do percentual de fontes renováveis. Assim, Trujillo-Baute et al. (2018) indicam que medidas devem ser tomadas para limitar o aumento nos preços do varejo, pois isso afetaria a população e a competitividade da indústria.

Outra preocupação é o tempo de permanência das políticas. Christiansen (2002) destaca que é importante a criação de políticas de longo prazo para que a tecnologia consiga sair do estágio de invenção para uma inovação e difusão para o mercado. Ao mesmo tempo, Christiansen (2002) entende que é complicado para um governo manter esse tipo de política em um longo prazo. Além disso, Costantini e Crespi (2013) indicam que é preciso ser cuidadoso com a implementação de políticas públicas que possam ser difíceis de ser retiradas no futuro, podendo criar um efeito de redução da variedade de alternativas tecnológicas e gerar um efeito de *lock-in*.

Mazzucato (2014) segue a mesma linha de pensamento de Christiansen (2002) sobre as políticas para transformar a invenção em inovação, afirmando que o governo não só deve estar disposto a liderar o processo de inovação como também deve manter o apoio a essas tecnologias até seu amadurecimento. Esse é o momento em que o custo e o desempenho tornam-se melhores comparados as tecnologias já existentes.

Portanto, entende-se que as políticas públicas para promoção de fontes renováveis de eletricidade são cruciais para contribuir com a redução dos GEEs. Para isso, a proteção da indústria nascente é importante para possibilitar seu amadurecimento e permitir que fontes alternativas possam concorrer em um mercado composto mormente de fontes convencionais. Porém, cuidados devem ser tomados para que as políticas possam trazer mais benefícios do que malefícios.

2.2.1. Principais tipos de políticas para eletricidade por fontes renováveis no mundo

Atualmente, existe uma vasta gama de políticas que podem ser combinadas para promover fontes renováveis de eletricidade. Mir-Artigues e Del Río (2014) destacam políticas primárias e secundárias para eletricidade produzida por fontes renováveis. As políticas primárias abarcam as políticas *feed-in*, *tradable green certificates* e *tendering*. As políticas de *feed-in* são leis que garantem um preço de acordo com a quantidade produzida e obrigam a compra de tal produção pelo agente encarregado do país. Os *green certificates* permitem que geradores de eletricidade por fontes renováveis possam comercializar certificados com os operadores que possuem uma meta a atingir. Caso não atinjam tal meta, uma multa geralmente é aplicada. Já o *tendering* é baseado na competição entre geradores convidados por algum governo com orçamento financeiro ou capacidade de geração de eletricidade por fontes renováveis definidas. Os geradores vencedores são aqueles que tem a oferta mais barata por kWh e são premiados com o contrato e com os subsídios devidos (MIR-ARTIGUES; DEL RÍO, 2014).

As políticas secundárias estão basicamente divididas em três grupos: *investment subsidies*, *fiscal incentives* e *soft loans*. Os *investment subsidies* são geralmente fornecidos no início do projeto do gerador considerando um percentual da eletricidade gerada ou o custo específico do investimento. Os *fiscal incentives* podem ser isenções, descontos em taxas, reembolso de taxas, impostos menores sobre o valor agregado ou esquemas de depreciação atrativos. Já os *soft loans* são financiamentos fornecidos pelo governo com uma taxa menor do que as taxas de mercado, dando maior condições para os geradores investirem no negócio (MIR-ARTIGUES; DEL RÍO, 2014).

De maneira similar, a *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* - REN21 (2015) apresenta políticas que buscam a transição para fontes renováveis, considerando uma classificação de três categorias principais: *regulatory policies*; *fiscal incentives*; e *public financing*. As *regulatory policies* criam novos marcos regulatórios e incluem medidas que

possibilitam recompensas para empresas de fontes renováveis que entram no mercado de eletricidade. Dentre as principais políticas desta base se destacam as *feed-in tariffs*, o *net metering*, os *green certificates* e o *renewable portfolio standard*. Já os *fiscal incentives* podem ser: subsídios de capital, subvenções ou descontos; créditos fiscais de investimento ou de produção; reduções de taxas nas vendas, na energia, no CO₂, nos impostos sobre o valor agregado e outros; e pagamento por produção de energia. A última categoria de *public financing* são investimentos, empréstimos ou subvenções públicas.

Embora existam formas diferentes de se abordar as classificações das políticas públicas em fontes renováveis de eletricidade, nota-se que elas são muito próximas no conceito e nos elementos que as compõem. Vale destacar que cada governo pode adotar as políticas que melhor atendam suas necessidades, podendo ser uma ou um *mix* de várias delas. Ademais, não há uma regra sobre quais políticas poderão funcionar em determinado país, pois cada país tem características e matrizes elétricas diferentes.

Carfora et al. (2018) investigam as políticas para energias renováveis adotadas em países desenvolvidos e em desenvolvimento e sugere que eles têm preferências diferentes. Os autores entendem que, em países em desenvolvimento, as energias renováveis requerem uma abordagem de multi-políticas, por exemplo, adotando subsídios de capital público com políticas regulatórias do setor elétrico. Já em países desenvolvidos, a pesquisa indica que o *mix* de políticas pode ser desnecessário, uma vez que muitos dos países desenvolvidos já implementaram uma vasta gama de políticas de apoio às energias renováveis.

Muitos estudos abordam a eficácia das políticas e subsídios para energias renováveis. Marques e Fuinhas (2012), por exemplo, buscaram entender se as políticas públicas foram importantes para direcionar o desenvolvimento de fontes renováveis de eletricidade em 23 países da Europa. O resultado geral dessa pesquisa apontou que a implementação de fontes renováveis foi direcionada essencialmente por subsídios diretos e intervenção pública, utilizando a lógica das políticas como direcionador em vez de deixar o mercado direcionar esse setor. Liao et al. (2011) estudaram as políticas adotadas por diversos países do mundo e encontraram resultados semelhantes. De acordo com os autores, os países que adotaram mais políticas para fontes renováveis geraram mais produtos de energias renováveis. Além disso, descobriram que os incentivos/subsídios para produção são comuns e decisivos para que os produtos de energias renováveis se disseminem.

Portanto, nota-se que cada país vai adotar políticas de acordo com suas necessidades e características. Ademais, não foram encontradas pesquisas que relatassem casos de sucesso de fontes renováveis de eletricidade sem que houvesse a implementação de políticas de apoio.

2.3. O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Por muito tempo o setor elétrico foi considerado um monopólio natural em grande parte dos países do mundo. Joskow (1996), observando o mercado de energia elétrica dos Estados Unidos, entende que os atributos físicos e econômicos na geração e transmissão de energia elétrica levaram a adoção de integração vertical como estrutura de governança eficiente. A integração vertical entre segmentos de monopólio natural, como as operações de transmissão, e segmentos com potencial para competição, como geradores e varejistas, implicou na criação de monopólio regulado para ambos os seguimentos (JOSKOW, 2000).

Entretanto, após a introdução da competição no mercado de eletricidade pelo Chile, Noruega e Reino Unido nos anos 1980, outros países começaram a modificar suas estruturas de mercado (GARY; LARSEN, 2000). A desregulamentação possibilitou o surgimento de elementos que devem ser considerados pelas instituições e organizações do setor, tais como: definição dos preços de atacado e varejo pelo mercado; rentabilidade incerta; consumidores com mais opções de escolha; novos competidores entrando no mercado; e o surgimento de imperfeição de informações (GARY; LARSEN, 2000). Esses novos elementos trouxeram mais dinâmica para um mercado que era anteriormente monopolizado.

Em 1995, algumas mudanças foram realizadas no mercado elétrico brasileiro com intenção de torná-lo mais competitivo e ao mesmo tempo expandir esse mercado. Em 2004, o governo realizou outra mudança setorial que se estende até os dias atuais. Leite (2003) destaca que, após a desverticalização ocorrida a partir do modelo de livre mercado (1995 a 2003) e pelo novo modelo (2004), o Brasil buscou, assim como diversos países, implantar mecanismos de mercado no setor. Isso contribuiria com a prevenção do comportamento predatório dos agentes e favoreceria o aumento do número de competidores.

Desta forma, para coibir a criação de monopólios e a concentração do mercado, Joskow (2000) relata as características de um novo modelo para o setor elétrico, tais como: a geração seria separada da transmissão e distribuição; desagregação das tarifas de distribuição e transmissão das taxas de geração e varejo; desregulamentação dos preços de geração por atacado; competição entre geradores nos mercados regionais, tanto para fornecer para empresas de distribuição quanto para fornecer aos clientes de varejo. Essas características então presentes

no novo modelo adotado pelo Brasil. As modificações no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) podem ser comparadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Histórico de mudanças no SEB

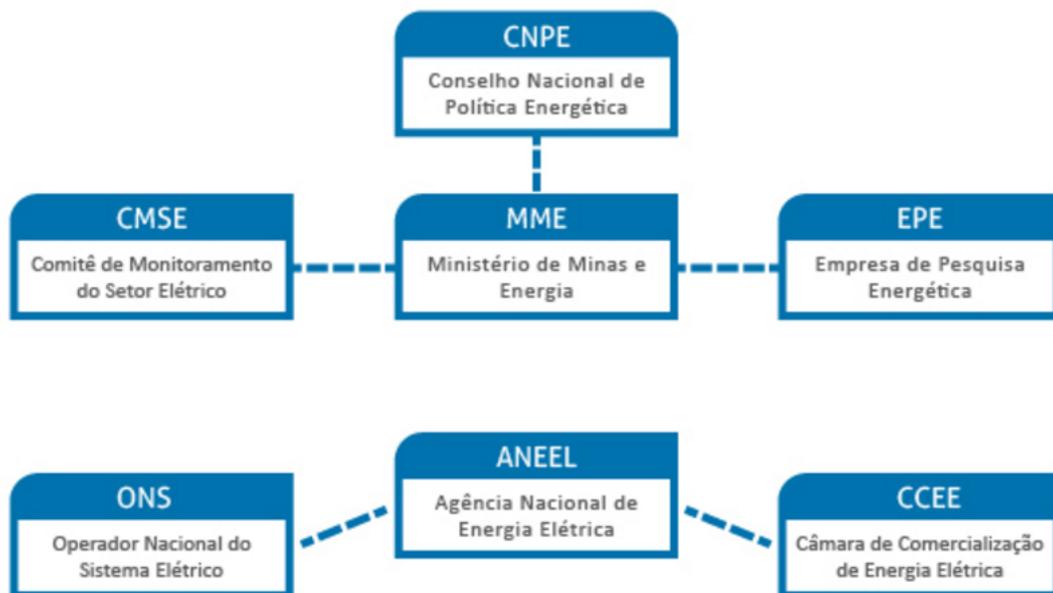
Modelo Antigo (até 1995)	Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)	Novo Modelo (2004)
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos e privados	Financiamento através de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação.
Empresas predominantemente estatais	Abertura e ênfase na privatização das Empresas	Convivência entre Empresas Estatais e Privadas
Monopólios - Competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores Cativos	Consumidores Livres e Cativos	Consumidores Livres e Cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: Preços livremente negociados na geração e comercialização. No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa
Mercado Regulado	Mercado Livre	Convivência entre Mercados Livre e Regulado
Planejamento Determinativo - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento Indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do Mercado	Contratação: 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% mercado (até dez./2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva

Modelo Antigo (até 1995)	Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)	Novo Modelo (2004)
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no MAE	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na CCEE. Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits (MCSD) para as Distribuidoras

Fonte: CCEE (2017a).

Nas modificações realizadas em 1995 e em 2004, instituições foram criadas com o intuito de compor uma estrutura mais robusta para o setor elétrico. Essa estrutura está organizada de acordo com a Figura 2.

Figura 2 – O Sistema Elétrico Brasileiro



Fonte: CCEE (2017b).

De acordo com a CCEE (2017b), o CNPE, criado em 1997, tem o objetivo de elaborar políticas e diretrizes com intuito de garantir o fornecimento de energia elétrica para todo o território nacional. Além disso, o CNPE é responsável pela revisão das matrizes energéticas das diversas regiões do Brasil, formulando diretrizes específicas, de acordo com cada setor. Esta é uma instituição interministerial que assessoria a Presidência da República.

O MME é o órgão designado para nortear as políticas energéticas do país. Este órgão formula e implementa políticas para o setor elétrico seguindo as diretrizes definidas pelo CNPE. Ademais, o MME está encarregado de planejar o setor energético nacional, monitorar o

suprimento do setor elétrico e definir ações preventivas quando há desequilíbrios que afetem a segurança do suprimento (CCEE, 2017b).

O CMSE, criado em 2004, possui várias atribuições, tais como: acompanhar o desenvolvimento da geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação de energia elétrica; avaliar o abastecimento e o atendimento; realizar periodicamente análise da segurança do abastecimento e do atendimento; identificar os entraves que afetam a segurança do abastecimento e expansão do setor; e elaborar propostas de ajustes e ações preventivas para assegurar o abastecimento e o atendimento. Assim, o CMSE tem o papel de acompanhar e avaliar o suprimento elétrico no país, assegurando a continuidade e o abastecimento. Esta instituição é coordenada pelo MME (CCEE, 2017b).

A EPE, instituída em 2004, também é uma instituição vinculada ao MME, cuja função é realizar estudos e pesquisas que contribuam para o planejamento setorial. Suas atribuições são: desenvolver estudos e projeções do setor elétrico do país; realizar estudos que visem a integração dos recursos energéticos; elaborar estudos que possibilitem o planejamento de curto, médio e longo prazo sobre a expansão da geração e transmissão; analisar a viabilidade técnico-econômica e socioambiental das usinas; e obter a licença ambiental prévia para aproveitamentos hidrelétricos e de transmissão de energia elétrica (CCEE, 2017b).

Esses quatro órgãos (ou instituições) possuem funções e atribuições mais voltadas para o planejamento estratégico do setor, buscando assegurar o abastecimento de energia elétrica do país. Já a ANEEL, o ONS e a CCEE estão atreladas à execução de atividades importantes para que o planejamento realizado funcione (CCEE, 2017b).

A ANEEL, instituída em 1996, regula e fiscaliza a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Além disso, possui o interesse na qualidade dos serviços prestados, na universalização do atendimento e na elaboração de tarifas aos consumidores, de forma que seja preservado a viabilidade econômica e financeira das empresas.

O ONS, criado em 1998, é responsável pela operação, supervisão e controle da geração de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional (SIN), além de administrar a rede básica de transmissão no Brasil (CCEE, 2017b).

Já a CCEE, criada em 2004, está vinculada às atividades de compra e venda de energia elétrica no país. Outra função da CCEE é promover discussões com objetivo de aprimorar o mercado (CCEE, 2017b).

Com as modificações de mercado e a criação de uma nova estrutura com instituições capazes de regular o mercado, o Brasil buscou promover o desenvolvimento deste setor no país.

Ademais, nota-se que o país buscou adotar o papel de regulador do setor elétrico ao invés de interventor. Nota-se também que aconteceram mudanças no setor elétrico tanto em âmbito nacional quanto internacional, mudando principalmente a forma como a energia elétrica era comercializada.

2.4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.4.1. Estratégia de pesquisa

Levando em consideração que o objetivo deste capítulo é investigar as mudanças institucionais que têm afetado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil, técnicas qualitativas de pesquisas foram adotadas. De acordo com Denzin e Lincoln (2006), a pesquisa qualitativa é entendida como interpretativa, cabendo ao pesquisador coletar materiais relacionados com a questão de pesquisa para analisá-los e escrever sobre o assunto. Flick (2012) entende que as características essenciais da pesquisa qualitativa são: escolher corretamente os métodos e as teorias; reconhecer e analisar sob diferentes perspectivas; as reflexões dos pesquisadores e as suas pesquisas como parte do processo de geração de conhecimento; e a diversidade de abordagens e métodos. Corroborando com o entendimento de Flick (2012), este capítulo leva em consideração os fatores institucionais externos e internos que influenciaram o setor elétrico e a bioeletricidade no Brasil, a revisão de literatura acerca do assunto e a interpretação do pesquisador para entender o fenômeno.

Além disso, considera-se o pensamento de Lüdke e André (1986), que entendem que a pesquisa qualitativa é essencialmente descritiva. Para Malhotra (2001), esse tipo de pesquisa busca descrever algo a partir do conhecimento e interpretação da realidade. Desta forma, a pesquisa descritiva possui diversas técnicas de coleta de informações sobre o fenômeno ou objeto estudado, cujo pesquisador descreve a interpretação da realidade de acordo com os dados obtidos.

2.4.2. Coleta e fonte de dados

Com base na revisão de literatura, entende-se que o uso da pesquisa bibliográfica e documental é necessária para entender tais mudanças institucionais geradas por fatores externos e internos. Por isso, dados secundários foram coletados de diversas instituições nacionais e internacionais acerca desse tema entre os anos de 1985 e 2015. Os fatores externos são acordos

ou compromissos realizados pelo Brasil no exterior e que estão relacionados com o setor elétrico brasileiro. As principais instituições investigadas foram a *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério de Minas e Energia (MME). Já os fatores internos são os eventos e políticas observadas dentro do país e que impactaram o SEB. As principais fontes de informações foram a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério de Minas e Energia (MME). Ademais, leis, decretos e medidas provisórias foram utilizadas para investigar as políticas e subsídios criados pelo governo. A base para esses dados foi o site oficial da Câmara dos Deputados (www.camara.leg.br).

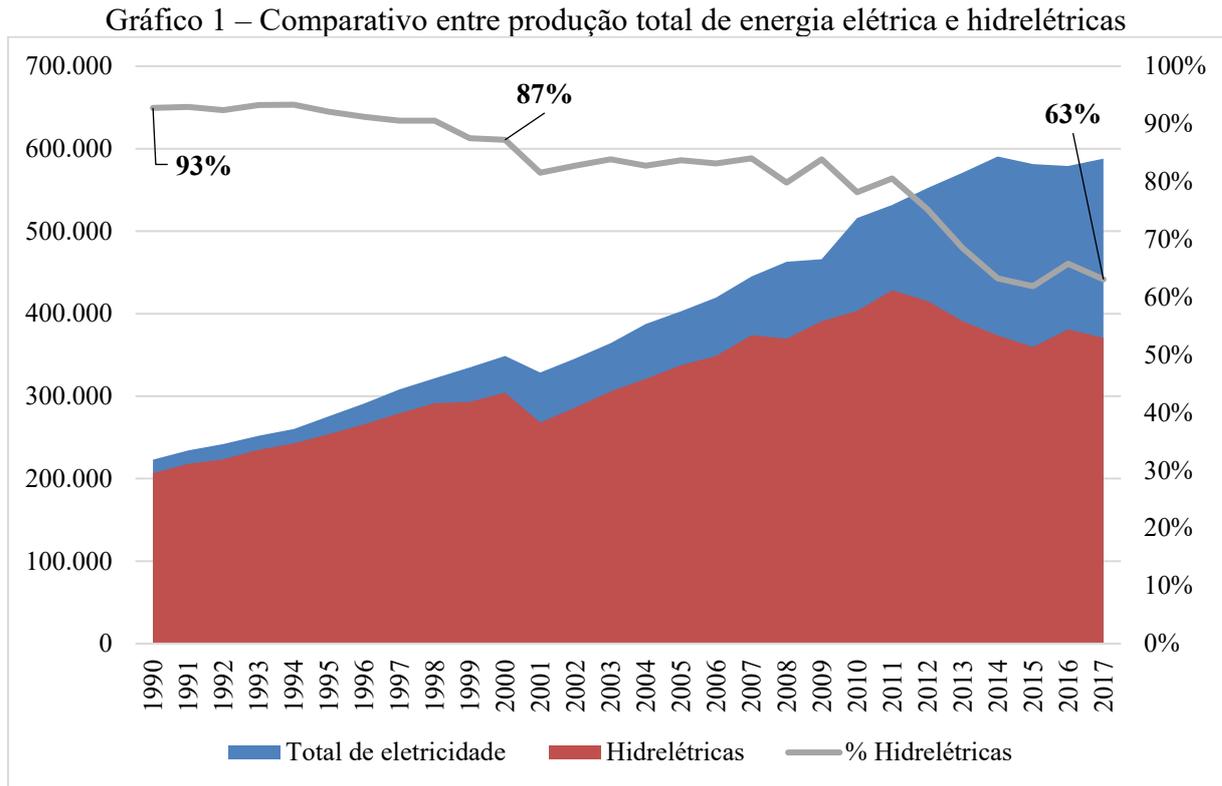
2.4.3. Análise dos dados

A revisão de literatura sugere que uma das formas mais eficientes de promover fontes renováveis de eletricidade é por meio da criação de políticas públicas. Diante disso, serão analisadas as políticas realizadas pelo governo brasileiro que afetaram o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no país. Ademais, foram observados fatores internos e externos que afetaram a dinâmica do setor elétrico brasileiro. A análise está baseada em dados coletados entre 1985 e 2015.

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.5.1. A crise elétrica de 2001 e a influência da COP-3

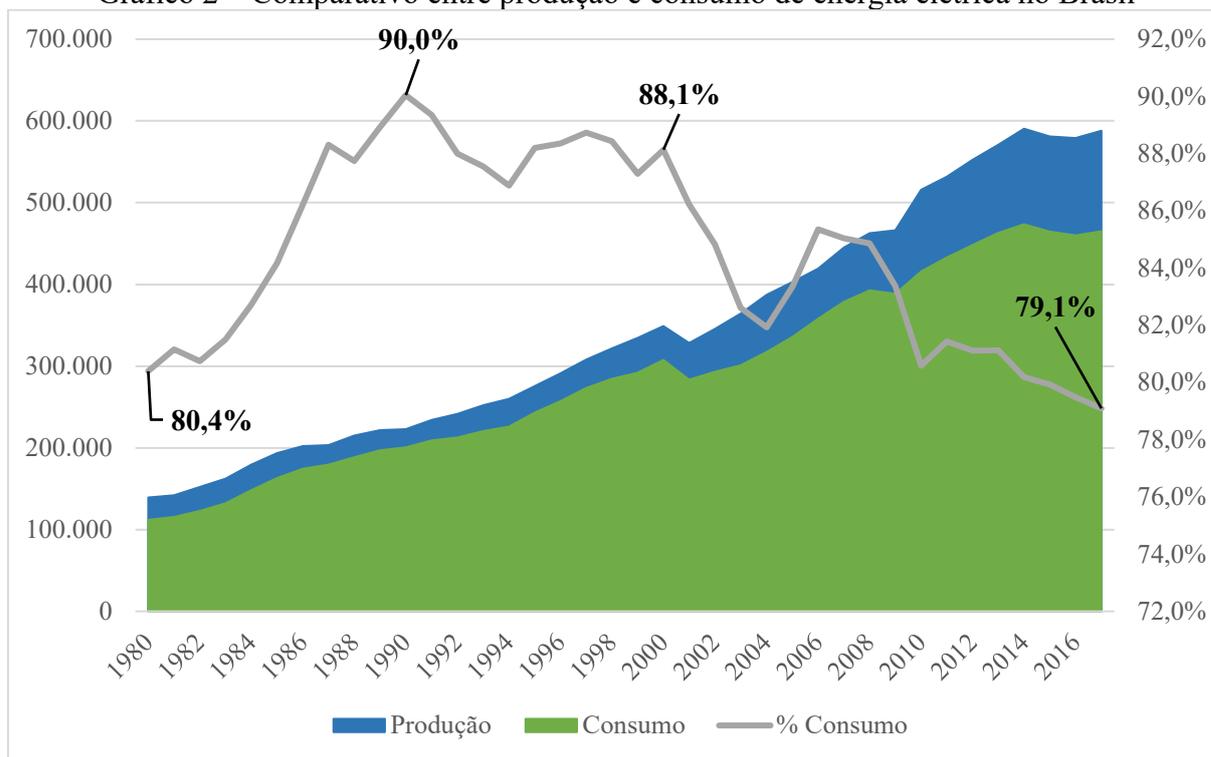
Considerando os dados obtidos em instituições brasileiras, notou-se que o ano de 2001 foi um ano chave para o futuro da bioeletricidade no país. Nesse ano, uma crise no setor elétrico acometia o país. Essa crise ocorria por vários motivos. O primeiro deles era a elevada dependência da produção de energia elétrica por hidrelétricas. No Gráfico 1 são comparados os dados da produção total de energia elétrica com a produção gerada pelas hidrelétricas de 1990 a 2017.



Nota-se que a produção de energia elétrica via hidrelétricas era bastante representativa quando comparada com a produção total. Em 2000, ano que precedeu a crise de elétrica, a produção de energia elétrica por meio de hidrelétricas representava cerca de 87%, sendo essa participação ainda maior em anos anteriores.

Outro agravante da crise foi o maior crescimento do consumo de energia elétrica nos anos 1980 em relação ao crescimento da estrutura de geração. A tendência de consumo percentual alto se manteve até que o racionamento fosse necessário. No Gráfico 2 são demonstrados dados referentes à produção e consumo de energia elétrica de 1980 a 2017.

Gráfico 2 – Comparativo entre produção e consumo de energia elétrica no Brasil



Fonte: IPEADATA (2017).

Além do crescimento do consumo em relação ao total produzido e a elevada dependência de geração por hidrelétricas, a falta de chuvas reduziu os níveis dos reservatórios do país. Esses três elementos foram fundamentais para que a crise elétrica emergisse no país. Goldenberg e Prado (2003) afirmam que, no governo FHC (1995-2002), o insucesso das políticas para o setor elétrico também se decorreram pela falta de recursos externos e resistências políticas de seu governo, mas o desacerto do planejamento estratégico e coordenação setorial possibilitaram que a crise eclodisse. Para Araújo (2001), a raiz dessa crise foi o subinvestimento que se iniciou nos anos 1980, porém, a responsabilidade da crise estaria ligada à elaboração e operação da reforma da indústria de suprimento elétrico.

Com isso, medidas tiveram que ser tomadas para que fosse possível a reversão desse quadro crítico. A primeira medida foi realizada por meio da Medida Provisória n. 2.148-1 (2001), que elaborou a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE) (BRASIL, 2001). Pires et al. (2002) relatam que a GCE foi designada para atender quatro pilares fundamentais para superação da crise, sendo eles: o racionamento; o programa estratégico de aumento de oferta de energia elétrica; o programa emergencial de aumento de oferta de energia (conhecido como “seguro-apagão”); e a revitalização do modelo do setor elétrico⁴.

⁴ Para conhecer todas as competências da GCE, ver: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/MPV/2148-1.htm.

No que se refere aos pilares mencionados, o segundo e o terceiro estão relacionados com a oferta de energia no curto e no longo prazo. Esses dois pilares contribuíram para que obras fossem realizadas para incrementar a oferta de energia elétrica. Entretanto, a revitalização do modelo do setor elétrico foi crucial para melhorias setoriais de longo prazo (PIRES et al., 2002).

O Acordo Geral do Setor Elétrico, parte da revitalização do modelo, contribuiu para a eliminação de imperfeições contratuais atuando em duas medidas. A primeira trata do estabelecimento de regras sobre o repasse de custos não-gerenciáveis das distribuidoras para os consumidores, que reduziu o risco empresarial e possibilitou investimentos futuros. A segunda trata da relação contratual entre geradoras e distribuidoras, permitindo a mitigação de incertezas futuras (PIRES et al., 2002).

Além do Acordo Geral, a outra parte da revitalização do modelo foi pautada sob algumas medidas, nas quais se destacam as seguintes: implementação da oferta de preços; comercialização da energia de serviço público; modificação do sistema de financiamento das fontes alternativas; estímulo à contratação bilateral; mudança na regra do valor normativo e sua substituição por mecanismos de licitação; estímulo à formação de consumidores livres; realinhamento tarifário e abertura das parcelas das tarifas de distribuição; desverticalização e limites para a autocontratação e para a participação cruzada; e incentivo à geração térmica a gás natural (PIRES et al., 2002).

Diante dessas ações do governo, a revitalização impactou positivamente os *players* do setor elétrico, de forma que as regras se tornaram mais claras e a incerteza foi reduzida. Isso proporcionou maior segurança para que a iniciativa privada realizasse investimentos em melhorias e expansão. Quanto ao setor sucroenergético, a modificação do sistema de financiamento de fontes alternativas e a busca pela diversificação da matriz elétrica do país trouxeram perspectivas positivas ao setor. Assim, o governo, a partir da criação de instituições confiáveis e regras bem definidas, teve significativa importância para a reestruturação da matriz elétrica do país no pós-crise. Deve-se destacar também que o consumo percentual de energia elétrica diminuiu, demonstrando que a quantidade de eletricidade ofertada aumentou com relação ao consumo total (Gráfico 2).

É importante ressaltar o fato do Brasil estar buscando ampliar a sua capacidade de geração de eletricidade naquela época não lhe “permitia” implementar qualquer tipo de fonte para eletricidade. Uma vez que o Brasil tinha assinado o Protocolo de Kyoto na COP-3, fazia mais sentido que o país buscasse implementar cada vez mais energias renováveis. Assim, a

eletricidade por fontes renováveis iria ao encontro dos objetivos acordados. Mesmo que o Brasil não tenha fortes obrigações de substituição de fontes poluidoras por fontes limpas, como ocorre com países desenvolvidos e signatários, o estímulo a fontes poluidoras poderia trazer “mal-estar” com os países na ONU.

Assim, após as medidas elaboradas em 2001, o Brasil criou um novo marco regulatório no setor elétrico em 2004. O marco regulatório, criado pela Lei n. 10.848 (2004), fortaleceu ainda mais o setor elétrico brasileiro e melhorou a comercialização da energia elétrica no país (BRASIL, 2004a). De acordo com ONS (2017), o marco regulatório:

[...] estabelece regras claras, estáveis e transparentes que possibilitam a efetiva garantia do suprimento para o mercado e a expansão permanente das atividades intrínsecas do setor (geração, transmissão e distribuição), sendo tal expansão vinculada à segurança e à busca da justa remuneração para os investimentos, assim como à universalização do acesso e do uso dos serviços – além da modicidade tarifária, em um horizonte de curto, médio e longo prazos ONS (2017).

Pensando em promover as energias alternativas, principalmente após os compromissos realizados na COP-3 e a crise elétrica de 2001, o governo brasileiro realizou políticas setoriais e criou incentivos para implementar a produção de energia elétrica por meio das fontes eólica, solar, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Como o foco desta tese está atrelado ao setor sucroenergético, foi investigado o que é chamado nesta tese de tripla base de incentivos, que está ligada à produção de bioeletricidade.

2.5.2. A tripla base de incentivos para bioeletricidade da cana no Brasil

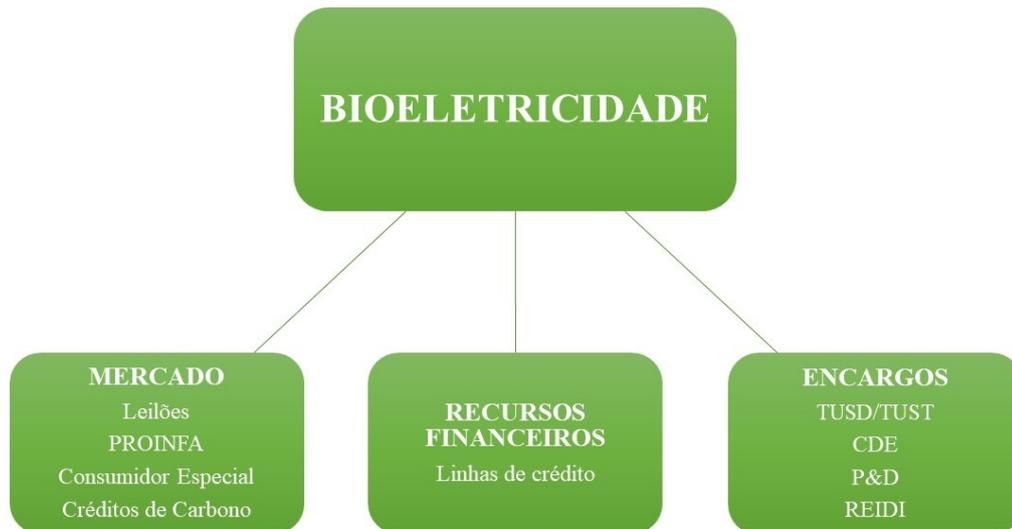
Diversos países apoiam a produção de energias renováveis. De acordo com Donovan (2015) existem duas formas de incentivo bem difundidas no mundo: a) garantir que o setor elétrico compre eletricidade renovável; e b) financiar os geradores de eletricidade renovável para que possam competir com a eletricidade convencional.

No Brasil, o alicerce da promoção da energia elétrica alternativa às fontes convencionais foi realizado pela tripla base de incentivos. Entretanto, deve-se enfatizar que o foco de análise deste capítulo estará pautado apenas em uma das fontes alternativas, a bioeletricidade de cana.

A primeira base, chamada de mercado, está atrelada a criação de meios para promover a venda da energia elétrica produzida tanto no ambiente livre quanto no regulado. A segunda base, chamada de recursos financeiros, está relacionada com a criação de linhas de crédito para que os geradores de energia pudessem financiar sua atividade. No setor sucroenergético, os recursos financeiros financiaram a expansão do canavial até as linhas de transmissão para escoar a energia elétrica produzida. Já a terceira base está atrelada à isenção e redução de

encargos que recaem sobre os geradores. Esse tipo incentivo facilitou a aquisição de máquinas e equipamentos importados, diminuiu a carga de tributos embutidos na atividade e auxiliou na comercialização de energia elétrica. Na Figura 3, observa-se a tripla base de incentivos bem como os elementos que os compõem.

Figura 3 – A tripla base de incentivos para a bioeletricidade no Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

Abordando primeiramente a base que se refere ao mercado, deve-se destacar que o mercado livre existia desde a modificação ocorrida no modelo de livre mercado de 1995 a 2003, mas começou a conviver com o mercado regulado após o novo modelo de 2004. A partir da Lei n. 10.848 (2004), os ambientes de contratação regulada e livre (ACR e ACL) foram estabelecidos, sendo essas as formas de contratação de energia elétrica para o suprimento nacional (BRASIL, 2004a). Todos os contratos realizados por qualquer uma dessas modalidades são registrados na CCEE. As principais diferenças entre essas duas modalidades são descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Comparativo entre o ACR e o ACL

	Ambiente Livre	Ambiente Regulado
Participantes	Geradoras, comercializadoras, consumidores livres e especiais	Geradoras, distribuidoras e comercializadoras. As comercializadoras podem negociar energia somente nos leilões de energia
Contratação	Livre negociação entre os compradores e vendedores	Realizada por meio de leilões de energia promovidos pela CCEE, sob delegação da Aneel
Tipo de contrato	Acordo livremente estabelecido entre as partes	Regulado pela Aneel, denominado Contrato de Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente Regulado (CCEAR)
Preço	Acordado entre comprador e vendedor	Estabelecido no leilão

Fonte: CCEE (2017c).

Para as fontes de energias alternativas, como a bioeletricidade, o marco regulatório de 2004 possibilitou a participação das firmas produtoras nas licitações que fornecem energia para o SIN e também que empresas contratassem energia por meio da geração distribuída. O marco regulatório possibilitou ainda a contratação de reserva de capacidade de geração, que é utilizado para contratar fontes alternativas de energia (BRASIL, 2004a).

De acordo com a CCEE (2017d), a principal forma de contratação de energia elétrica no Brasil ocorre por meio de leilões coordenados pela CCEE. As concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia do SIN conseguem garantir o atendimento do mercado na modalidade de ACR por meio desse mecanismo. São diversos os tipos de leilões criados após o marco regulatório de 2004, tais como: leilão de venda; leilão de fontes alternativas (LFA); leilão de excedentes; leilão estruturante; leilão de energia de reserva (LER); leilão de energia nova (LEN); leilão de energia existente; leilão de compra; e leilão de ajuste. Porém, de 2005 (ano do primeiro leilão) a abril de 2018, apenas os leilões do tipo LEN, LFA e LER foram utilizados para a comercialização da bioeletricidade. Na Tabela 1 são apresentados os dados referentes aos leilões em que a bioeletricidade obteve projetos aprovados.

Tabela 1 - Leilões de energia elétrica no ACR de 2005 a 2018

Leilões	Data	Nº Projetos	MW Instalado	Garantia Física MW médio	MW médio comercializado	Preço Médio R\$/MWh	Preço Médio R\$/MWh * IPCA
2005 - LEN A-3 e A-5	16/12/2005	7	270	123	97	150,60	283,80
2006 - LEN A-3	29/06/2006	6	188	67	58	135,10	249,30
2006 - LEN A-5	10/10/2006	5	234	89	61	141,50	260,50
2007 - LFA	18/06/2007	12	542	214	140	142,60	255,10
2008 - LER	14/08/2008	31	2385	859	548	155,70	260,50
2008 - LEN A-5	30/09/2008	1	114	45	35	145,00	241,90
2009 - LEN A-3	27/08/2009	1	47	16	10	144,60	231,50
2010 - LER	27/08/2010	11	743	318	168	145,30	222,40
2010 - LFA	27/08/2010	1	90	50	22,3	137,90	211,00
2011 - LEN A-3	17/08/2011	4	198	96	58,1	102,40	146,60
2011 - LER	18/08/2011	6	327	135	23,3	99,40	142,30
2011 - LEN A-5	20/12/2011	2	100	43,1	21	103,10	144,90
2013 - LEN A-5	29/08/2013	7	347	153	134	133,60	171,10
2013 - LEN A-5	13/12/2013	4	145	80	69	134,00	168,80
2014 - LEN A-5	28/11/2014	6	283	121,7	89,7	200,80	238,50
2015 - LFA	27/04/2015	8	389,43	134,6	67,2	210,30	237,60
2015 - LEN A-5	30/04/2015	2	61,4	37,1	37,1	275,30	310,90
2015 - LEN A-3	21/08/2015	1	28,5	14,5	14,5	210,70	231,30
2016 - LEN A-5	29/04/2016	5	143,4	69,2	40	251,00	258,90
2017 - LEN A-4	18/12/2017	1	25	8,6	8,6	234,90	237,40
2017 - LEN A-6	20/12/2017	6	177,1	112,5	102,6	216,00	218,30
2018 - LEN A-4	04/04/2018	2	61,8	34,5	17,1	198,90	198,90
Total		129	6.899,6	2.820,8	1.821,5		

Fonte: ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA - COGEN (2018).

* Preço médio corrigido pelo IPCA, base fevereiro de 2018.

De acordo com esse histórico, ocorreram diferentes tempos de entrega do LEN (A-3, A-4, A-5 e A-6). Assim, o início da entrega da energia deveria ocorrer em três, quatro, cinco ou seis anos contados a partir do leilão. Vale ressaltar também que, em 2008, foi realizado o primeiro LER exclusivo para usinas de geração de bioeletricidade da cana. Nesse leilão, 44 projetos participaram, em que 31 negociaram energia, com produção média de 548 MW. Das 31 usinas, apenas 1 não utilizava a biomassa da cana como insumo (MOLINARI FILHO, 2011).

Destarte, após o marco regulatório criado pela Lei n. 10.848 (2004), que foi regulamentada pelo Decreto n. 5.163 (2004), a comercialização da energia elétrica foi fortalecida com o estabelecimento de regras claras e transparentes, além de possibilitar a comercialização por meio das diversas fontes disponíveis no país (BRASIL, 2004a, 2004b). Os leilões foram importantes para todas as fontes de energia elétrica, mas foi o mecanismo crucial

para a comercialização de fontes que não tinham tanta representatividade na matriz elétrica do Brasil, como a biomassa da cana.

Uma outra forma de comercialização de energia elétrica que existiu logo após a crise elétrica de 2001 foi o PROINFA, criado a partir da Lei n. 10.438 (2002) (BRASIL, 2002). Os principais objetivos estratégicos do programa foram: a diversificação da matriz energética brasileira; valorização das características e potencialidades regionais e locais; e a redução dos gases do efeito estufa (MME, 2009). O programa foi revisado pela Lei n. 10.762 (2003) e teve grande parte da sua regulamentação criada pelo Decreto n. 5.025 (2004). O PROINFA foi dividido em duas etapas. A primeira tratava da definição da quantidade de contratação pelo sistema de tarifas *feed-in*⁵ para projetos com contratos de 20 anos e das linhas de crédito especiais do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para projetos pertencentes ao PROINFA. Já a segunda, definia o percentual de expansão das fontes alternativas, considerando a capacidade instalada no SIN. Esperava-se que as fontes eólica, PCHs e biomassa atendessem 10% do consumo anual de energia elétrica do país no final dos 20 anos e também que essas fontes correspondessem a 15% de toda contratação anual até o término do programa (BRASIL, 2002, 2003, 2004c; DUTRA; SZKLO, 2006; MOLINARI FILHO, 2011).

O PROINFA projetava a implementação de 3.300 MW, distribuídos entre igualmente entre as fontes eólicas, PCHs e biomassa. Entretanto, devido à ausência de projetos de biomassa, o percentual foi redistribuído, cuja composição ficou da seguinte maneira: Eólicas com 1.422,92 MW; PCHs com 1.191,24 MW; Biomassa com 685,24 MW; Total de 3.299,4 MW. Desta forma, 43,1% foi destinado à geração eólica, 36,1% para PCHs e 20,8% para projetos de biomassa. Todos esses projetos tiveram um custo aproximado de R\$ 11 bilhões (MME, 2009). No que tange aos projetos de biomassa, 27 usinas foram contratadas, conforme descrito na Tabela 2.

Tabela 2 – Usinas de cana-de-açúcar contratadas no PROINFA

Estado	Região	Usina	Potência contratada (MW)
SP	SE	Água Bonita	15,80
MS	CO	Brasilândia	8,00
SP	SE	Canaã (Cocal)	30,00
ES	SE	CEISA (DISA)	30,50
SP	SE	Cerradinho	50,00

⁵ As tarifas *feed-in* são tarifas mais vantajosas para empresas geradoras de energia elétrica que utilizam fontes renováveis comparadas às fontes convencionais, tornando-se um incentivo à produção de energias renováveis (ANEEL, 2010).

Estado	Região	Usina	Potência contratada (MW)
AL	NE	Coruripe	16,00
PR	S	Ecoluz	10,00
PE	NE	Energia Ambiental	30,00
SP	SE	Fartura (Santa Isabel)	29,90
PB	NE	Giasa II	20,00
GO	CO	Goiasa Goiatuba Álcool	42,52
SE	NE	Iolando Leite	5,00
GO	CO	Jalles Machado	12,00
PE	NE	JB	33,20
AL	NE	Jitituba Santo Antonio	15,00
SP	SE	Mandu	20,20
SP	SE	Maracá	36,82
GO	CO	Nova Geração	25,00
SP	SE	Pioneiros	28,40
SP	SE	Ruette	24,40
PR	S	Santa Terezinha - Tapejara	48,10
SP	SE	São Luiz	36,00
MS	CO	Sidrolândia (Santa Olinda)	20,40
MS	CO	Sonora	21,00
PR	S	Usaciga	40,00
MG	SE	Volta Grande (Caeté)	30,00
PR	S	WINIMPORT	7,00
Total			685,24

Fonte: MME (2009).

De acordo com a Tabela 2, a região Sudeste (SE) recebeu a mais representativa em quantidade de MW contratados, representando 48,5% do total. Em seguida vieram as regiões Centro-Oeste (CO), Nordeste (NE) e Sul (S), com 18,8%, 17,4% e 15,3%, respectivamente. O custo total dos projetos em biomassa de cana foram de aproximadamente R\$ 1 bilhão, sendo mais de 80% financiado pelo BNDES (MME, 2009).

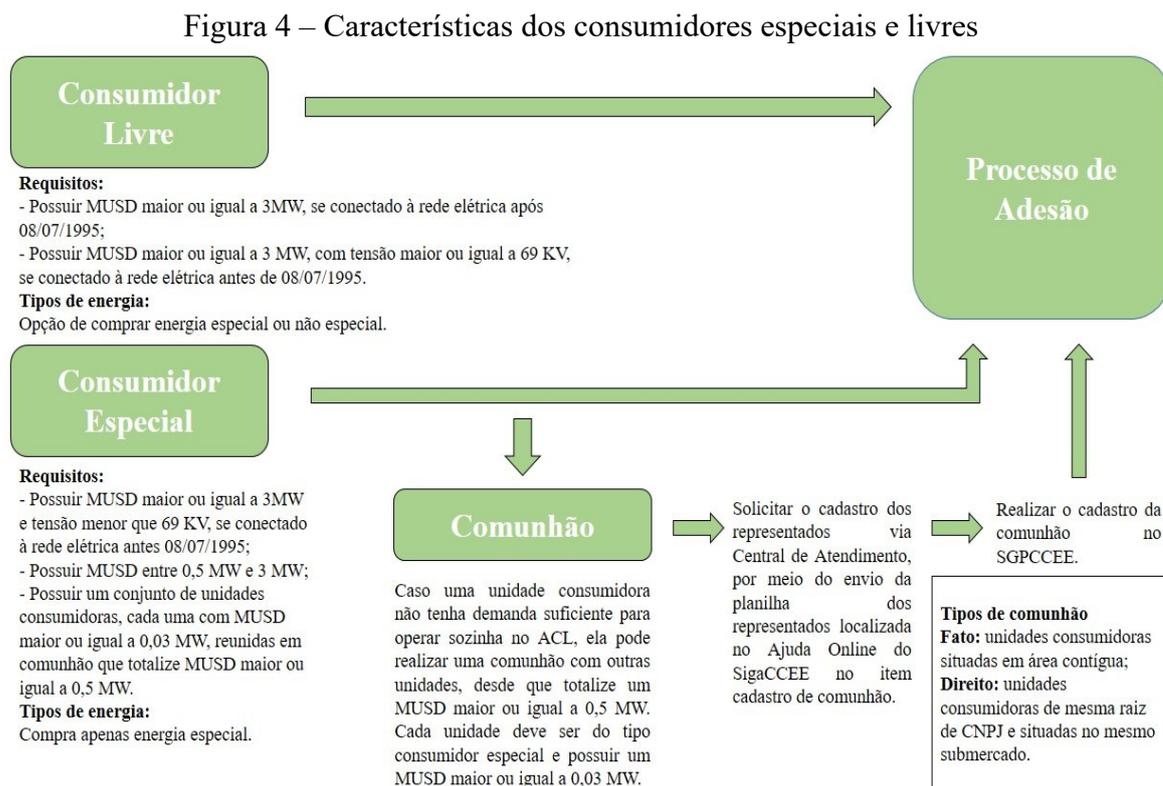
Após abordar os leilões e o PROINFA como mecanismos de contratação de energia elétrica no mercado regulado, torna-se importante destacar um mecanismo do ambiente livre chamado de consumidor especial. De acordo com a Resolução Normativa da ANEEL, de 4 de setembro de 2012, o consumidor especial é um agente da CCEE que adquire energia elétrica por meio de empreendimentos descritos pelo § 5 do art. 26 da Lei n. 9.427 (1996)⁶ para unidade consumidora ou unidades consumidoras agregadas por interesses de fato ou de direito em que

⁶ O § 5º do art. 26 da Lei nº 9.427 (1996) foi alterado pela Lei nº 13.360 (2016), em que os empreendimentos são: aqueles descritos nos incisos I e VI do art. 26, bem como os empreendimentos com potência igual ou inferior a 5.000 kW (cinco mil quilowatts) e aqueles com base em fontes solar, eólica e biomassa cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 50.000 kW (cinquenta mil quilowatts) (BRASIL, 1996, 2016).

a carga seja maior ou igual a 500 KW e que não satisfaçam, individualmente, os requisitos dispostos nos arts. 15 e 16 da Lei n. 9.074 (1995)⁷ (BRASIL, 1995, 1996; ANEEL, 2012).

Para Molinari Filho (2011), o consumidor especial possui similaridade com o consumidor livre devido à possibilidade de participação do ACL. Na

Figura 4 são apresentadas as principais características dos consumidores especiais e livres.



Fonte: CCEE (2017e).

Embora ambos os tipos de consumidores possam atuar no ACL, o consumidor especial pode apenas comprar energia especial (eólica, biomassa, PCHs, etc.), enquanto que o consumidor livre pode comprar tanto energias especiais quanto não especiais. Nota-se que a categoria de consumidor especial estimula a demanda por fontes como a biomassa, assim como as outras fontes alternativas. Além disso, o consumidor especial permite a comunhão de pequenos consumidores que não conseguiriam atuar sozinhos no ACL, criando novos

⁷ Art. 15. Respeitados os contratos de fornecimento vigentes, a prorrogação das atuais e as novas concessões serão feitas sem exclusividade de fornecimento de energia elétrica a consumidores com carga igual ou maior que 10.000 kW, atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV, que podem optar por contratar seu fornecimento, no todo ou em parte, com produtor independente de energia elétrica. Art. 16. É de livre escolha dos novos consumidores, cuja carga seja igual ou maior que 3.000 kW, atendidos em qualquer tensão, o fornecedor com quem contratará sua compra de energia elétrica” (BRASIL, 1995).

consumidores de energias especiais. Desta forma, percebe-se que há também incentivos pelo lado da demanda de energias alternativas.

Para finalizar a primeira base de incentivos, o mercado dos créditos de carbono, criado no Protocolo de Kyoto, surge para dar possibilidade de comercialização e cumprimento dos compromissos assumidos na COP-3. Cada tonelada de CO₂ não emitida ou retirada da atmosfera por um país em desenvolvimento corresponde a uma unidade de crédito, que pode ser negociada com países desenvolvidos que acordaram diminuir suas emissões. O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) foi desenvolvido no Protocolo de Kyoto e é responsável pela certificação, chamada de Redução Certificada de Emissão (PORTAL BRASIL, 2014).

De acordo com COGEN (2017), o Brasil representa 8% de todas as atividades de projetos de MDL no mundo, em que 50% desses projetos realizados no país correspondem às energias renováveis. Ademais, aproximadamente 30% créditos de carbono do Brasil são obtidos pela bioeletricidade da cana. A geração de créditos de carbono ligados a bioeletricidade (para *Greenfields*) tem a equivalência de 1 MW (potência instalada) para cada 1.680 toneladas de CO₂ por ano, representando 30 milhões de toneladas de CO₂ por ano. Além disso, a eliminação das queimadas na colheita da cana contribui diretamente para a redução da emissão de poluentes, possibilitando também o aumento de bagaço, pontas e palha para o processo de cogeração.

Os créditos são comercializados por meio de leilões, promovidos pela BM&FBovespa de acordo com o pedido das entidades públicas e privadas. As transações são realizadas via internet, cujas regras são divulgadas por anúncios públicos e editais. Podem participar desses leilões: corretoras associadas à BM&FBovespa, representando seus clientes; e participantes do mercado de carbono global credenciados pela BM&FBovespa - *traders* do mercado de RCE e do mercado de permissões europeu, organismos multilaterais de financiamento, fundos de carbono e entidades governamentais (PORTAL BRASIL, 2014).

Desta forma, a comercialização de créditos de carbono torna-se um importante mecanismo para redução de emissões de CO₂ e promoção do alcance das metas estipuladas inicialmente no Protocolo de Kyoto. Os créditos de carbono remuneraram projetos certificados, incrementando as receitas das empresas.

A segunda base de incentivos aborda os recursos financeiros, ou seja, as linhas de crédito que financiam a implementação de energias alternativas na matriz elétrica. Foram realizados diversos financiamentos para variadas fontes de energia elétrica. No período do PROINFA, por exemplo, foram contratados 88 projetos utilizando recursos de terceiros. Os principais

financiadores das usinas de energia elétrica foram: BNDES; Banco do Nordeste do Brasil (BNB); Banco da Amazônia (BASA); Caixa Econômica Federal (CEF); Banco do Brasil (BB); e a KfW Development Bank. Na Tabela 3 estão descritos os detalhes dos financiamentos realizados para PCHs, usinas eólicas e de biomassa.

Tabela 3 – Financiamentos realizados no PROINFA

Fonte	Agentes Financeiros	Contratada		
		Quantidade	MW	Investimento total em R\$ milhares
PCHs	BASA	5	87,04	383.903,12
	BB	2	27,90	83.680,00
	BNB	3	41,80	189.011,96
	BNDES	39	814,00	3.270.758,56
	CEF	7	116,80	452.756,38
	KfW	-	-	-
	Subtotal	56	1087,54	4.380.110,02
Biomassa	BASA	-	-	-
	BB	-	-	-
	BNB	2	38,20	44.311,95
	BNDES	12	376,14	778.213,75
	CEF	-	-	-
	KfW	2	17,00	65.249,00
	Subtotal	16	431,34	887.774,70
Eólica	BASA	-	-	-
	BB	-	-	-
	BNB	7	230,93	988.645,42
	BNDES	6	233,50	1.041.563,00
	CEF	3	99,60	473.477,23
	KfW	0	-	-
	Subtotal	16	564,03	2.503.685,65
Total geral	88	2082,91	7.771.570,37	

Fonte: MME (2009).

Diante dessas informações, nota-se que a maior parte dos investimentos foram realizados por bancos de desenvolvimento do Brasil. O BNDES foi o banco que mais se destacou, financiando 57 usinas, sendo 39 PCHs, 12 de biomassa e 6 eólicas. O total do investimento realizado pelo BNDES representa mais de 65% do total investido. Além disso, o BB e a CEF trabalhavam como repassadores de recursos oriundos do BNDES e diretamente com recursos do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO). Isso poderia aumentar ainda mais a representatividade do BNDES no financiamento do PROINFA. Vale ressaltar que,

embora a Tabela 3 apresente informações de produtores com energia elétrica já contratada (88 usinas), o PROINFA abrangeu 144 produtores no total.

A terceira base de incentivos trata da isenção ou redução de encargos setoriais. Dentre esses incentivos, destaca-se os descontos na tarifa de uso dos sistemas de distribuição (TUSD) e tarifa de uso dos sistemas de transmissão (TUST). Desde a criação da ANEEL, pela Lei n. 9.427 (1996), esses descontos para os geradores de energia elétrica já existiam. Entretanto, novas leis foram surgindo e implementando a Lei n. 9.427, de acordo com cada fonte de energia. No caso da bioeletricidade, foi a Lei n. 10.438 (2002) que proporcionou descontos na TUSD e TUST. Assim, as usinas que produzem energia elétrica a partir da biomassa da cana possuem desconto de pelo menos 50% na TUSD e TUST, desde que injetem uma quantidade inferior ou igual a 30 MW (BRASIL, 1996, 2002). Atualmente, os descontos na TUSD e TUST para as diversas fontes de energia elétrica estão dispostas da seguinte maneira:

[...] a redução nas Tarifas Uso dos Sistemas de Transmissão/Distribuição é atribuída às usinas de fontes solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada, que resultem de leilão de compra de energia realizado a partir de 1º de janeiro de 2016 ou que venham a ser autorizadas a partir desta data, desde que a potência injetada por estas usinas nas redes de transmissão ou de distribuição não ultrapassem 300 MW, e atribuída às usinas de fonte solar, eólica e cogeração qualificada, que foram autorizadas anteriormente a 1º de janeiro de 2016, desde que a potência injetada por estas usinas nas redes de transmissão ou de distribuição não ultrapassem 30 MW. Além disso, a redução tarifária é atribuída parcialmente às usinas de fonte hidráulicas, independentemente da data de autorização, ou de fonte à biomassa, que foram autorizadas anteriormente a 1º de janeiro de 2016, desde que a potência injetada por estas usinas nas redes de transmissão ou de distribuição não ultrapassem 50 MW (CCEE, 2017f).

Percebe-se que há a expansão do desconto na TUSD e TUST para geradores de bioeletricidade cuja capacidade não ultrapasse os 300 MW e para aquelas que estão autorizadas ou possuem contratos de compra a partir de janeiro de 2016. Essa nova forma de desconto, implementada pela Lei n. 13.299 (2016), limita o desconto em 30 MW, mas não implica em perda do desconto desse montante caso a produção seja menor que 50 MW, sendo que apenas o que exceder 30 MW não terá desconto (BRASIL, 2016). De certa forma, há a redução da limitação da potência injetada que Molinari Filho (2011) descreve. Para o autor, o empreendedor poderia optar por instalar uma capacidade menor para usufruir do desconto. Com essa nova regra, a usina poderá analisar se é financeiramente viável a produção de mais energia, sem perder o desconto do teto de 30 MW.

A Lei n. 10.438 (2002) criou também a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), cujas atribuições foram sendo modificadas com o passar dos anos. Dentre seus objetivos, deve-se destacar a promoção da competitividade entre as fontes de eletricidade produzidas e o

desenvolvimento energético dos estados (BRASIL, 2002). A Lei n. 12.783 (2013) alterou a Lei inicial de 2002, descrevendo os seguintes objetivos da CDE:

I) promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional; II) garantir recursos para atendimento da subvenção econômica destinada à modicidade da tarifa de fornecimento de energia elétrica aos consumidores finais integrantes da Subclasse Residencial Baixa Renda; III) prover recursos para os dispêndios da Conta de Consumo de Combustíveis - CCC; IV) prover recursos e permitir a amortização de operações financeiras vinculadas à indenização por ocasião da reversão das concessões ou para atender à finalidade de modicidade tarifária; V) promover a competitividade da energia produzida a partir da fonte carvão mineral nacional nas áreas atendidas pelos sistemas interligados, destinando-se à cobertura do custo de combustível de empreendimentos termelétricos em operação até 6 de fevereiro de 1998, e de usinas enquadradas no § 2º do art. 11 da Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998; e VI) promover a competitividade da energia produzida a partir de fontes eólica, termossolar, fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, outras fontes renováveis e gás natural (BRASIL, 2013).

Diante dos objetivos descritos, nota-se que a CDE procura fornecer melhores condições para que as fontes alternativas de eletricidade possam competir. Os recursos financeiros destinados para as fontes eólica, termossolar, fotovoltaica, PCHs, biomassa, gás natural e carvão mineral nacional não poderão ultrapassar 30% do recolhimento anual da CDE. A disponibilidade de recursos para projetos e contratos devem ser verificados junto à Eletrobras. Vale ressaltar que os recursos recolhidos pela CDE são advindos de cotas anuais pagas por todos agentes que comercializam energia elétrica com o consumidor final, por meio de encargo tarifário incluído na TUSD e TUST, dos pagamentos anuais realizados pelo uso de bem público, das multas aplicadas pela ANEEL a concessionárias, permissionárias e autorizadas, e dos créditos da União de que tratam os arts. 17 e 18 da MP n. 579, de 11 de setembro de 2012 (BRASIL, 2013).

Molinari Filho (2011) entende que a CDE é importante pois está relacionada com a remuneração descrita na segunda etapa do PROINFA, cujos recursos serão utilizados para diminuir a diferença entre o valor econômico referente à tecnologia específica (biomassa, eólica, etc.) e o valor recebido da Eletrobras para os projetos aprovados. Na Tabela 4 serão demonstradas informações sobre o orçamento da CDE de 2013 a 2017.

Tabela 4 – Orçamento CDE (em milhões de reais)

Despesas	2013	2014	2015	2016	2017
Restos a pagar	-	1.627	3.000	0	0
Universalização - PLpT	2.027	875	875	973	1.172
Tarifa social - baixa renda	2.200	2.099	2.166	2.239	2.498
Carvão mineral nacional	1.004	1.123	1.216	1.005	909
CCC - Sistemas isolados	4.043	4.658	7.223	6.339	5.056
Descontos tarifários na distribuição	4.461	4.092	5.454	6.156	6.022
Descontos tarifários na transmissão	-	-	-	0	288
Subvenção cooperativas de eletrificação rural	-	-	-	0	0
Fontes renováveis e gás natural	-	-	-	0	0
Qualificação de mão de obra técnica	-	-	-	0	0
CAFT CCEE	-	-	-	0	15
Indenização de concessões	-	3.179	4.898	1.242	-951
Subvenção RTE	386	389	389	310	0
Verba MME	-	30,74	24,15	27	0
Total	14.121	18.074	25.246	18.291	15.010
Receitas	2013	2014	2015	2016	2017
Sando em conta	3.786	-	435	64	714
UBP	674	558	585	612	668
Multas	177	218	127	180	176
Recursos da União	8.460	11.805	-	0	0
Recursos RGR (Quotas/Rep. Financ.)	-	2.295	1.974	2.002	260
Outras disponibilidades (parcelamentos/restituições)	-	1.498	69	108	184
Quotas ressarcimento CDE - Energia (Dec. 7.945/2013)	-	-	3.137	3.472	3.690
Quotas CDE - uso	1.024	1.700	18.920	11.853	9.319
Total	14.121	18.074	25.246	18.291	15.010

Fonte: ANEEL (2017).

Nos períodos demonstrados na Tabela 4, observa-se que a quantidade recolhida e aplicada varia muito. Em 2013, as receitas somaram pouco mais de R\$ 14 bilhões. Já em 2015, as receitas superaram os R\$ 25 bilhões, pouco mais de R\$ 11 bilhões a mais do que as receitas de 2013.

Outra vantagem pertencente as fontes alternativas é a isenção do encargo de P&D. A Lei n. 9.991 (2000), que foi alterada pela Lei n. 10.438 (2002), prevê que as concessionárias de geração e as empresas autorizadas a produzir de forma independente energia elétrica são obrigadas a aplicar, no mínimo, 1% de sua receita operacional líquida em P&D (BRASIL, 2000, 2002). Porém, as empresas que geram energia a partir das fontes eólica, solar, biomassa, PCHs e cogeração qualificada são isentas dessa obrigatoriedade. Assim, a não obrigatoriedade da aplicação de pelo menos 1% da receita operacional líquida em P&D torna-se um alívio inerente aos encargos setoriais. Por outro lado, esse recurso poderia contribuir com a inovação tecnológica das fontes alternativas de energia elétrica.

Por fim, o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI) foi criado a partir da Lei n. 11.488 (2007) com o objetivo de dar incentivos para o desenvolvimento de infraestrutura no país. Esse incentivo inclui a pessoa jurídica que aprovou projeto de implantação de infraestrutura em energia, portos, transportes, saneamento básico e irrigação. Porém, essas pessoas jurídicas não podem utilizar o Simples nem o Simples Nacional e também devem ter regularidade fiscal em relação aos impostos e contribuições (BRASIL, 2007).

A grande contribuição do REIDI é suspensão da exigência de pagamento de PIS/COFINS no caso de venda ou importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, e de materiais de construção utilizadas nas obras de infraestrutura que serão destinadas ao ativo imobilizado (BRASIL, 2007).

Esse não é um benefício exclusivo para as fontes alternativas de energia elétrica. Entretanto, é importante por estar ligada à viabilização de projetos, possibilitando a redução do montante investido pelo abatimento do PIS/COFINS de máquinas e equipamentos adquiridos (MOLINARI FILHO, 2011).

Diante dos incentivos criados, nota-se que o governo não apenas realizou modificações no regulatório do setor elétrico para possibilitar novos entrantes, mas também proporcionou meios para que o setor sucroenergético pudesse investir para aumentar e diversificar a oferta de eletricidade. Além disso, focou em fontes renováveis pela necessidade de cumprir o acordo firmado na COP-3. Vale ressaltar que, em 2015, a COP-21 (Conferência do Clima de Paris) trouxe novas expectativas para as energias alternativas do país. Em 2016, o Brasil aprovou metas de para contribuir com a redução dos GEE. Dentre essas metas, o país se compromete a reduzir em 37% os níveis de emissões até 2025, considerando o ano de 2005 como base. Até 2030, espera-se uma redução de 43% das emissões, ponderando o mesmo ano base. Desta forma, espera-se que as fontes renováveis continuem se destacando no país (principalmente as fontes alternativas) pela necessidade de atender as políticas nacionais estabelecidas e os compromissos assumidos com os demais países (MMA, 2017b).

Para Donovan (2015), os projetos de energias renováveis tornam-se viáveis financeiramente por meio de incentivos do governo, pois existem falhas de mercado que dificultam a entrada de novos *players*. Além disso, Mazzucato (2014) afirma que muitas vezes o governo faz mais do que corrigir essas falhas, criando produtos e mercados correspondentes. No caso da bioeletricidade, o governo criou condições para que as usinas pudessem exportar energia elétrica para a rede. Por isso, o governo realizou mudanças no regulatório do setor

elétrico, forneceu crédito para financiar a estrutura necessária para os geradores, eliminou e/ou reduziu encargos setoriais e garantiu a compra de energia elétrica por meio de leilões.

Desse modo, o governo estava possibilitando o surgimento de novas fontes de eletricidade e protegendo as indústrias nascentes. Com a diminuição da incerteza, novos geradores adentraram no setor elétrico mesmo com a característica setorial de elevado investimento em ativos específicos. Essa atuação do governo reflete o ambiente institucional (criador das regras do jogo) agindo sobre o ambiente organizacional (os jogadores). Essa interação poderá ser melhor observada no próximo capítulo.

Após a descrição das modificações ocorridas no regulatório do setor elétrico, os fatores externos e internos que acometeram o país e os incentivos criados pelo governo para promover fontes alternativas de energia elétrica, torna-se indispensável destacar alguns efeitos observados no setor sucroenergético após a crise de 2001.

2.5.3. A bioeletricidade no setor sucroenergético no Brasil após a crise elétrica de 2001

A bioeletricidade é o mais novo dentre os três principais produtos do setor sucroenergético. Conforme visto anteriormente, o processo de cogeração de energia elétrica a partir da biomassa da cana é antigo, porém, sua comercialização é recente. O potencial dessa energia para a matriz elétrica brasileira foi observado há poucas décadas atrás, em 1987. Foi nesse ano que a Usina São Francisco, localizada em Sertãozinho-SP, se tornou a primeira empresa a realizar um contrato de venda de energia elétrica excedente no Brasil. A venda foi efetuada para a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, conforme observado na Figura 5 (UNICA, 2017b). Pode-se dizer que esse foi um dos primeiros grandes passos para o desenvolvimento do produto chamado bioeletricidade.

Figura 5 - Primeira fatura referente à venda de energia elétrica da Usina São Francisco

**Fac-símile da primeira nota fiscal referente
venda de energia elétrica à CPFL.**

Usina Açoreira São Francisco S.A. CNPJ nº 07.070.911/0001-00 R. São Francisco, 100 - Vila São Francisco - São Francisco - SP		Nome: CPFL - CIL, RESULT, FORÇA E LUZ		Nº 45585 Nota Fiscal Série Única do Via Fácil	
Endereço: Rua C.A.M. Passagem - Ribeirão Preto		Cidade: Ribeirão Preto		Estado: SP	
Inscrição Estadual: 13.050.196		Data de emissão: 19/05/88		Código IAA: 07.05.1.988	
Valor	Porcentagem	Quantidade	Tempo	Valor	Valor
865,762	100%	ENERGIA ELÉTRICA		1,79052	1,485,785,36
Valor total das mercadorias				1,485,785,36	
Valor total do IPI					
Despesas acessórias					
Valor das mercadorias				1,485,785,36	
VALOR TOTAL DA NOTA FISCAL				1,485,785,36	

UFRASIBIO

VIA DE TRANSPORTE TRANSPORTADOR
Nome: _____ Placa: _____
Estado: _____ Município: _____
CARACTERÍSTICAS DOS VOLUMES
Quantidade: _____
Peso líquido: _____
Peso bruto: _____
Volumenariedade: _____

DATA E HORA DA SAÍDA
Data: 19/05/88 Hora: _____

DESTINATÁRIO
Mercadorias recebidas em: _____

VISTO DA FISCALIZAÇÃO
Nota fiscal nº: _____
Local: _____
Assinatura: _____
Data: _____

CÓDIGO DE NOTA DO IAA
01 Retenção de aplicar 1ª série
02 Retenção de aplicar 2ª série
03 Exoneração de IAA

CÓDIGO DE PRODUTO
I - CÓDIGO DE ORIGEM
01 Produção nacional
02 Produção estrangeira
II - CÓDIGO DE TRIBUTO
03 Tributado ICM e IPI
04 Tributado ICM - Não tributo IPI
05 Tributado IPI - Não tributado ICM
06 Não tributado (sem IPI e ICM)

III POSIÇÃO E SUBPOSIÇÃO
A 01 01 01 01
B 22 08 01 99
C 38 10 99 00
D 22 08 01 99
E 22 08 03 00

Fonte: GLOBO (2017).

A comercialização da eletricidade ocorreu dessa maneira por muito anos. Porém, o ano 2005 foi marcante para a agroindústria canavieira no que se refere a comercialização da energia elétrica produzida. Em 2005, a Usina Cerradinho, de Catanduva-SP, realizou o projeto “Cogeração de Bagaço”. Este foi o primeiro projeto do setor sucroenergético brasileiro a receber créditos de carbono aprovado pela ONU. Aproximadamente 30% dos créditos de carbono recebidos pelo Brasil são advindos da bioeletricidade da cana. Ademais, a bioeletricidade pode representar um percentual ainda maior, desde que as dúvidas metodológicas existentes sejam sanadas, reconhecendo a importância e contribuição da bioeletricidade (UNICA, 2017b).

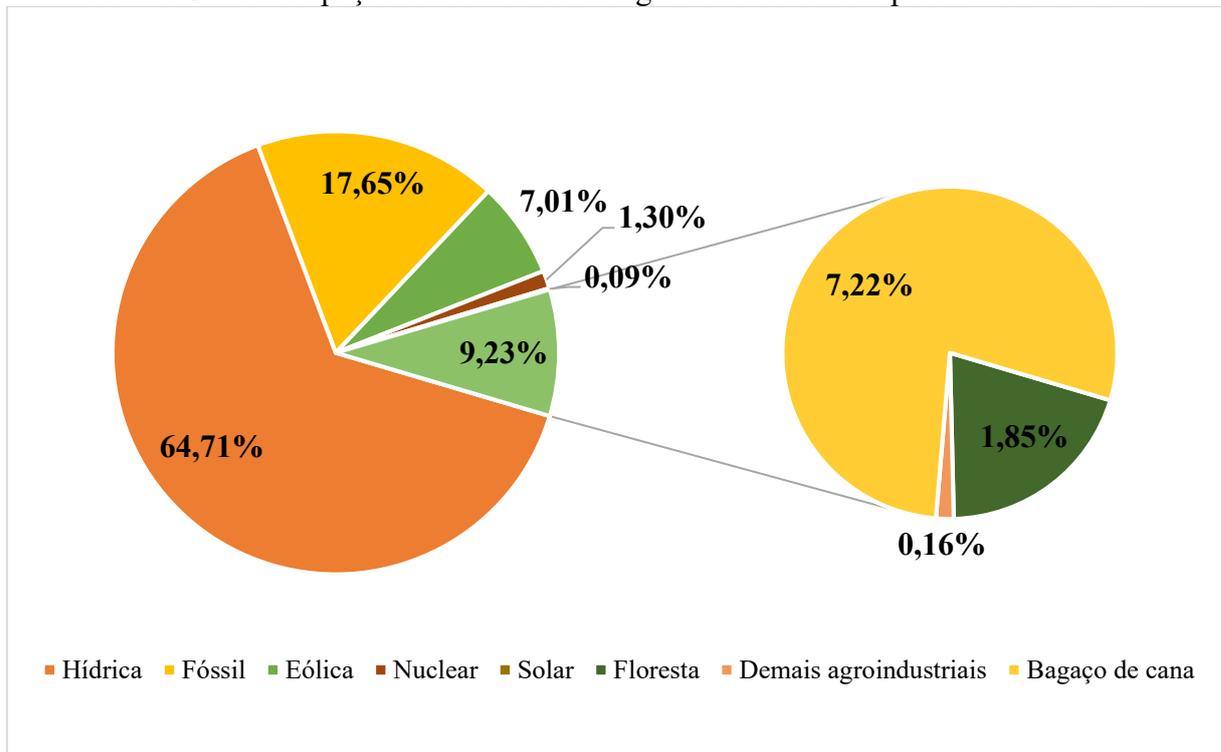
Além disso, em dezembro de 2005, foi realizado o primeiro leilão de energia nova no Brasil, no Rio de Janeiro. Após esse acontecimento, os leilões se tornaram o principal acesso para a bioeletricidade na rede nacional de distribuição de eletricidade, principalmente devido às mudanças realizadas com o marco regulatório de 2004. Após cinco anos do primeiro leilão, a bioeletricidade da cana já representava 2% do consumo nacional de energia elétrica, quantidade suficiente para abastecer cerca de 5 milhões de residências por ano (UNICA, 2017b).

Os leilões foram importantes para os produtores de bioeletricidade para garantir que houvesse demanda para seu produto, além de ser uma forma de evitar qualquer quebra contratual por ações oportunistas. Com isso, é possível também que as empresas tenham uma

projeção de caixa futuro e também consigam usar esses contratos como garantia para realizar novos financiamentos no mercado.

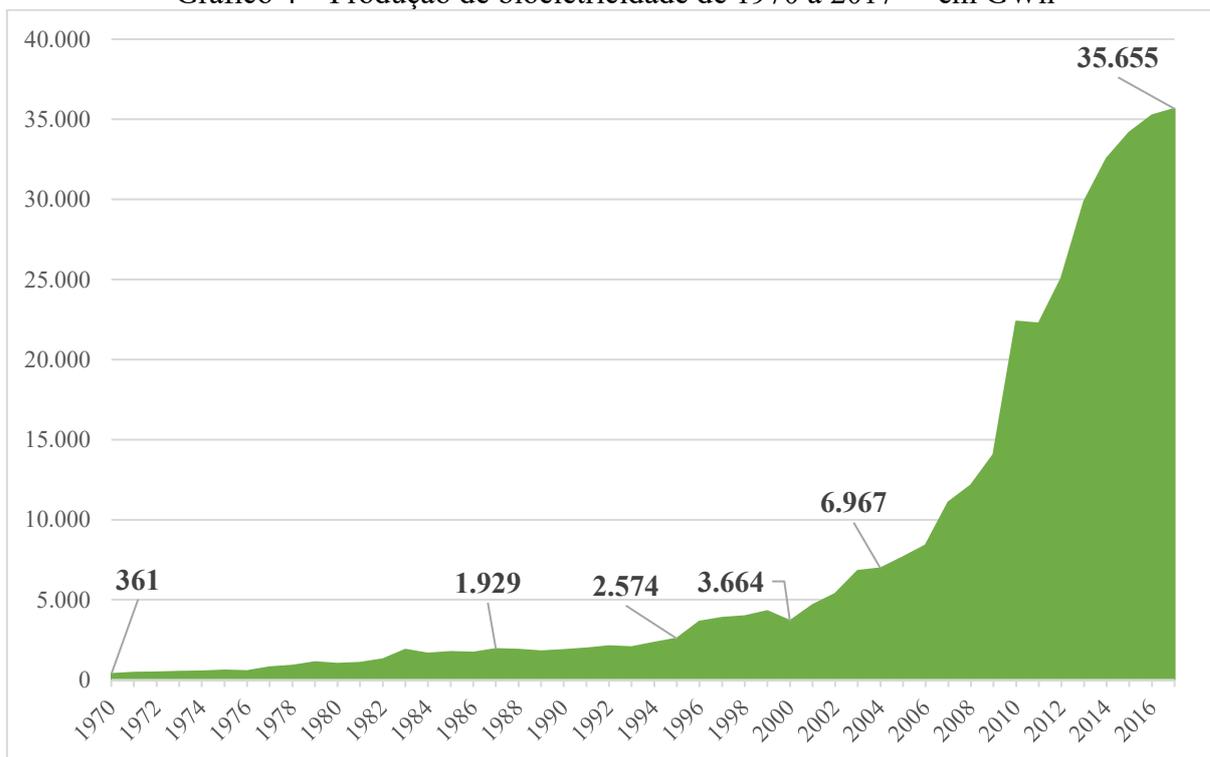
Sobre a composição da matriz elétrica do Brasil em 2017, pouco mais de 9% dessa energia foi produzida pela biomassa. Desse total, cerca de 75% foi produzido pela biomassa da cana-de-açúcar. Desta forma, a energia elétrica gerada pela biomassa da cana representa mais de 7% da produção do país (ANEEL, 2017b). No Gráfico 3 são apresentados os dados de 2017 sobre a participação de cada fonte na produção de energia elétrica no país.

Gráfico 3 – Participação das fontes de energia elétrica no total produzido no Brasil



Fonte: Elaborado a partir de dados da ANEEL (2017b).

A partir dessas informações, nota-se que a bioeletricidade da cana tem expandido sua capacidade de geração, favorecendo a diversificação da matriz elétrica do país. Vale ressaltar que o crescimento da participação da bioeletricidade expandiu-se de forma mais acelerada apenas no século XXI. A EPE disponibiliza dados da produção de bioeletricidade da cana de 1970 a 2017, possibilitando observar a guinada para a expansão elétrica a partir dessa fonte. No Gráfico 4 são apresentados os dados dessa série histórica.

Gráfico 4 – Produção de bioeletricidade de 1970 a 2017⁸ – em GWh

Fonte: Elaborado a partir de dados da EPE (2018).

Esta série histórica pode ser dividida em dois períodos, sendo o primeiro chamado de expansão “moderada”, compreendendo o período de 1970 a 2000, e o segundo chamado de expansão “acelerada”, considerando o período de 2000 a 2017⁹. Na fase de expansão moderada, a taxa média de crescimento anual da produção de bioeletricidade foi de 7,76%, enquanto que na fase de expansão acelerada o percentual foi de 13,47%. É importante destacar que a segunda fase teve menor período de tempo comparada com a primeira fase.

O ano de 2000 foi colocado como divisor entre os dois períodos devido esse ser o ano que antecedeu a crise elétrica no Brasil. Foi em 2001, quando o governo criou o GCE, que as políticas de reversão da crise começaram a ser trabalhadas, mesmo que o governo já tivesse elaborado outras alterações no marco regulatório do setor elétrico entre 1995 e 2003.

De acordo com os dados do Gráfico 4, nota-se que foi após a crise de 2001, principalmente após o novo marco regulatório de 2004, que a geração de bioeletricidade ganhou representatividade. Esse aumento de produção torna-se mais um indício de que as políticas realizadas após a crise elétrica foram importantes para a alavancagem da eletricidade no setor sucroenergético. Com a atuação do governo criando políticas e incentivos, o setor

⁸ A quantidade de eletricidade produzida desse período leva em consideração a energia injetada e não-injetada na rede.

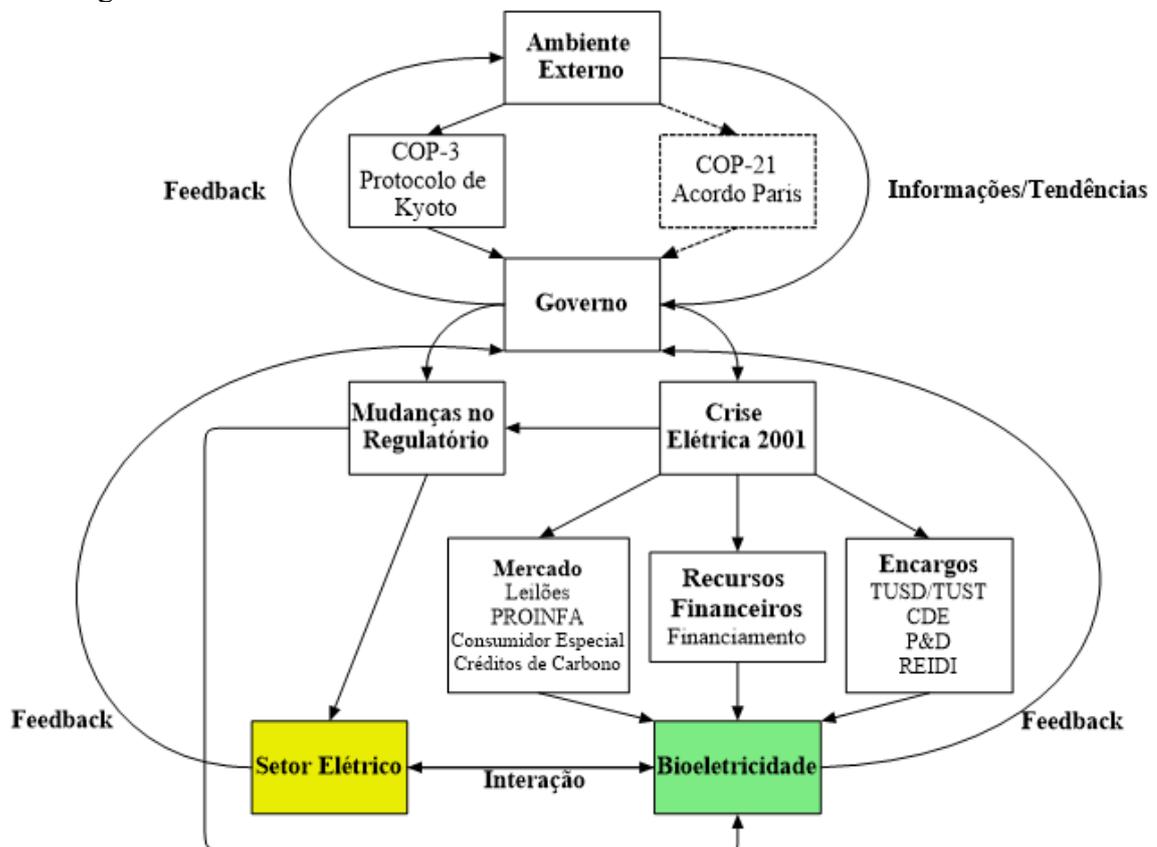
⁹ A terminologia adotada para essas duas fases foi baseada nas fases de expansão “moderada” (1975-1979) e “acelerada” (1980-1985) do Proálcool, conforme Shikida (1997) destacou em sua tese de doutorado.

sucroenergético se adaptou as novas regras do jogo e iniciou sua entrada no setor elétrico com maior intensidade.

2.6. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste capítulo foi investigar os fatores institucionais que afetaram o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil. Para alcançar tal objetivo, utilizou-se leis, decretos, medidas provisórias, acordos internacionais e outros documentos que apresentassem ligação com a bioeletricidade da cana e o setor elétrico de 1985 a 2015. A Figura 6 traz um esquema que apresenta os fatores institucionais que incidiram sobre a bioeletricidade.

Figura 6 - A influência dos fatores internos e externos sobre a bioeletricidade



Fonte: Elaborado pelo autor.

Notou-se que a crise elétrica de 2001 foi um elemento de grande relevância na implementação da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira. Para solucionar tal crise, umas das políticas adotadas foi a criação de mecanismos de incentivo, buscando aumentar a oferta de eletricidade no país. Como havia uma preocupação do governo brasileiro em investir em fontes renováveis para atingir objetivos definidos na COP-3, o governo criou políticas de incentivo às fontes alternativas de eletricidade. Além disso, o governo modificou novamente o regulatório

do setor elétrico em 2004, facilitando ainda mais a comercialização de eletricidade para novos entrantes. Assim, a interação entre setor elétrico e bioeletricidade ocorreu quando houve as mudanças no regulatório que permitiram a comercialização do excedente de eletricidade no setor elétrico. Entretanto, deve-se destacar que a bioeletricidade é “subordinada” ao setor elétrico, uma vez que a bioeletricidade do setor sucroenergético atende a regras do jogo que são elaboradas pelas instituições do setor elétrico.

Ambos os setores elétrico e sucroenergético em conjunto com instituições reguladoras e de pesquisa fornecem informações sobre a produção de energia elétrica para o sistema, potencial de expansão, consumo nacional, dentre outras informações que permitem o gerenciamento do setor elétrico. Essas informações são *feedbacks* na medida em que refletem os resultados de políticas tomadas pelo governo. Vale ressaltar que a COP-21 ainda não foi capaz de refletir efeitos diretos em ambos setores, mas a expectativa de continuar incentivando fontes renováveis pode ser um fator que trará efeitos futuros.

Apesar da potencial capacidade de produção de bioeletricidade que o setor sucroenergético apresentava, o governo precisou criar tais políticas devido o setor elétrico ser intensivo em capital e apresentar incertezas de mercado. Para que o gerador de bioeletricidade possa competir no mercado, é requerido caldeiras de alta pressão, turbinas eficientes, dentre outros equipamentos que garantam a produção de energia elétrica a um custo ideal. Isso porque o preço de venda é dado pelo PLD no mercado livre ou obtido via leilões no mercado regulado, ou seja, os preços não estão sob o controle dos geradores. Com isso, investimentos intensivos são necessários para que novos geradores possam se inserir no mercado.

Deve-se lembrar também que é necessário investimentos para escoar essa produção. Muitas indústrias constroem suas próprias linhas de transmissão para que seja possível a conexão com os agentes que vão distribuir a eletricidade para os consumidores. A linha de transmissão é outro ativo específico cuja única função é escoar a eletricidade produzida. Assim, nota-se a existência de alta especificidade dos ativos que são necessários desde a produção até a comercialização de energia elétrica.

Há também uma especificidade de lugar, pois a biomassa deve ser consumida próxima da unidade de moagem, uma vez que o custo de transporte elevaria o custo de produção. Além disso, parte da bioeletricidade produzida é consumida nas outras atividades da indústria (principalmente na produção de açúcar e etanol). Por isso, grande parte das usinas possuem seu sistema de cogeração acoplado à planta de moagem.

O modelo de livre mercado (1995-2003) e, principalmente, o novo marco regulatório (2004) foram criados justamente para mitigar tais incertezas de mercado e incentivar a introdução de novas fontes na matriz elétrica brasileira. Após 2004, a comercialização podia ser realizada via leilões ou atuando diretamente no mercado livre.

Nota-se que o governo brasileiro tomou medidas para promover energias renováveis conforme a literatura abordou, criando um *mix* de incentivos em conjunto com políticas setoriais que permitissem tal comercialização. Portanto, com base neste capítulo, o surgimento da bioeletricidade ocorreu a partir do primeiro contrato de comercialização realizado em 1987. Já o desenvolvimento da bioeletricidade teria ocorrido por meio das políticas setoriais e da tripla base de incentivos, decorrente da crise elétrica de 2001 e sob influência da COP-3. A partir disso, torna-se importante entender o comportamento das firmas do setor sucroenergético diante das mudanças institucionais e entender se outros *drivers* também contribuíram para o desenvolvimento da bioeletricidade no país.

3. O COMPORTAMENTO DAS FIRMAS VIS-À-VIS AS MUDANÇAS INSTITUCIONAIS QUE AFETARAM A BIOELETRICIDADE NO SETOR SUCROENERGÉTICO

3.1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, principalmente após o Protocolo de Kyoto, notou-se a preocupação de diversos países no que se refere às mudanças climáticas. Com isso, muitos países começaram a tomar medidas para que fosse possível a redução de emissões de GEE. Uma das formas de reduzir essas emissões ocorre pela substituição de fontes poluidoras de eletricidade por fontes limpas e renováveis, uma vez que 25% das emissões do mundo ocorrem pela produção de eletricidade e calor (IPCC, 2014). Porém, as fontes renováveis de eletricidade possuem algumas características que dificultam a sua implementação pela iniciativa do capital privado, necessitando então de políticas públicas para sua inserção no mercado. Uma das principais razões que justificam a criação de políticas públicas para energias renováveis está atrelada ao conceito de falhas de mercado [da Nova Economia Institucional (NEI)] (BROWN, 2001; MAZZUCATO, 2014; DONOVAN, 2015).

Diante disso, o governo brasileiro tem realizado políticas que mudaram o marco regulatório do setor elétrico e criaram a tripla base de incentivos que abarca políticas de mercado, de financiamento e de redução ou isenção de encargos. Tais políticas foram realizadas buscando estimular o capital privado a implementar fontes alternativas de eletricidade no país. Se encaixam nessas fontes a eletricidade gerada por biomassa, solar, eólica e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs). Porém, vale ressaltar que o foco desta tese está ligado à bioeletricidade que utiliza a biomassa da cana-de-açúcar como fonte.

Após as mudanças nas regras do jogo (neste caso, no setor elétrico), as firmas tendem a tomar decisões com relação à nova configuração do ambiente institucional. Williamson (1993) estudou as relações entre os três níveis analíticos: ambiente institucional, estruturas de governança (ambiente organizacional) e indivíduos. Segundo Williamson (1993), existe complementaridade entre esses três níveis analíticos na Economia dos Custos de Transação (ECT). Assim, as linhas analíticas dos ambientes institucional e organizacional, foco deste capítulo, não podem ser analisadas separadamente. Como o ambiente institucional afeta o ambiente organizacional e vice-versa, as firmas produtoras de bioeletricidade podem ter sido afetadas pelas mudanças nas regras do jogo, assim como também podem ter pressionado as instituições por regras que atendam suas necessidades.

Embora o capítulo anterior tenha demonstrado a importância que as políticas públicas tiveram para o desenvolvimento da bioeletricidade, esse é apenas um ponto de vista sobre a bioeletricidade. As entrevistas realizadas com os profissionais que estão ligados ao setor sucroenergético podem fornecer uma perspectiva diferente, semelhante ou complementar em relação ao capítulo anterior. Desta forma, o objetivo deste capítulo é analisar o comportamento das firmas diante das mudanças institucionais que afetaram a bioeletricidade no período de 1985 a 2015.

Para isso, foram realizadas entrevistas com profissionais de firmas produtoras e demais firmas ligadas a bioeletricidade. Essas empresas são unidades produtoras de etanol e/ou açúcar que produzem ou não a bioeletricidade, sindicatos e/ou associações do setor sucroenergético, empresas de pesquisa, de consultoria e comercializadoras do setor elétrico, e produtores de bioeletricidade que utilizam outros tipos de biomassa. De acordo com a definição de North (1990, 1991, 1994), todas as empresas entrevistadas são consideradas firmas do ambiente organizacional e estão relatando suas experiências com relação às firmas produtoras de bioeletricidade. Por estarem frequentemente lidando com a bioeletricidade e terem o *know-how* da atividade, os profissionais entrevistados compreendem o comportamento das firmas produtoras diante das mudanças institucionais que têm ocorrido.

Assim, este capítulo se concentrará principalmente no comportamento das firmas diante das mudanças nas regras do jogo realizadas pelo governo (*shift parameters*), e em menor grau nas reivindicações das firmas (*strategic*) para atender necessidades do ambiente organizacional. Para atender o objetivo da pesquisa, questões norteadoras foram criadas para facilitar a elaboração dos questionários semiestruturados, que serviram como base para as entrevistas. As questões norteadoras e os questionários são apresentados no Quadro 3.

O presente capítulo está dividido em cinco partes, sendo a primeira esta introdução. A segunda parte aborda a literatura acerca da interação entre os ambientes institucional e organizacional presentes na NEI. Os procedimentos metodológicos para a realização desta pesquisa formam a terceira parte. A quarta parte aborda os resultados e a discussão sobre as entrevistas com os profissionais ligados a bioeletricidade. Por fim, a quinta e última parte traz as conclusões deste capítulo.

3.2. A INTERAÇÃO ENTRE INSTITUIÇÕES E ORGANIZAÇÕES NA NOVA ECONOMIA INSTITUCIONAL

A abordagem da NEI possui diversas vertentes, cujas principais contribuições estão ligadas a Ronald Coase, Douglass North e Oliver Williamson. Coase (1937) elaborou o artigo denominado “*The Nature of the Firm*” e tinha a preocupação de entender a firma. A firma era entendida como um sistema de transações que surge da alocação de recursos definida por um empreendedor ou uma organização interna. Este autor comparava os custos de produção entre a coordenação via mercado e a organização interna (hierarquia). Desta forma, ele destacou que em ambos os casos não haviam ausência de custos, chamados de custos de transações, e que os agentes escolheriam a estrutura de governança de acordo com esses custos. Coase (1937) entendia que os custos de obtenção das informações e os custos de negociação e elaboração dos contratos compunha os custos de transação. Assim, Coase (1937) destacava as transações e seus custos como centrais na análise da NEI, bem como os elementos incerteza e racionalidade limitada, que estão ligados aos custos de transação.

As contribuições de Douglass North e Oliver Williamson aconteceram décadas após a Teoria de Coase. Williamson (1991) entendia que havia duas linhas que contribuíam com o avanço teórico e empírico da NEI. Uma delas é denominada de ambiente institucional, que teve North como principal referência. A outra linha, denominada de instituições de governança (ou estruturas de governança), teve significativas contribuições de Williamson. O ambiente institucional é entendido como as restrições formais e informais que impactam as interações entre os agentes. São as regras do jogo de uma sociedade. As restrições formais podem ser exemplificadas por constituições, leis, direitos de propriedade, enquanto que as restrições informais são os costumes, tabus, tradições, sanções e códigos de conduta. Uma vez que as instituições são as regras do jogo, as organizações são os jogadores, ou seja, são aqueles agentes que executam atividades com algum fim. O ambiente organizacional é composto por organizações corporativistas, sindicatos, institutos de pesquisa, *bureaus* públicos e privados (NORTH, 1990, 1991, 1994).

Paloschi Tomé (2015) destaca que as estruturas de governança estão ligadas a uma análise microanalítica, uma vez que compreendem as características das transações (especificidade dos ativos, frequência e incerteza) e as estruturas de governança que conduzem as transações. Já o ambiente institucional está relacionado com as macroinstituições (regras do jogo), buscando entender como elas influenciam e são influenciadas pelas firmas e indivíduos.

As instituições proporcionam uma estrutura de incentivo na economia, cuja evolução das organizações é dependente dessa estrutura. Assim, como também existe a evolução da estrutura de incentivo, há também a mudança da economia na direção do crescimento, estagnação ou declínio. Em outras palavras, as instituições e sua evolução impactam o desempenho econômico (NORTH, 1990, 1991).

De acordo com North (1994) os agentes que realizam as mudanças institucionais são empresários políticos ou econômicos que tem a competência de tomar decisões nas organizações. Esses empresários percebem oportunidades no ambiente externo ou por meio de conhecimentos e habilidades adquiridas. North (1994) afirma que, em geral, as mudanças institucionais ocorrem por meio de uma combinação de mudanças externas e aprendizado interno (conhecimentos e habilidades). Vale destacar que o processo de mudança é gradativo pelo fato de que as economias de abrangência, as complementaridades e as externalidades da matriz institucional distorcem os custos e benefícios, favorecendo a configuração existente. Desta forma, a distorção causada por esses elementos possibilita o direcionamento do processo de mudança para outra configuração que estará atrelada a um *path dependence*, ou seja, ligada à dependência do caminho que foi percorrido (NORTH, 1994).

North (1994) destaca que também há possibilidade de mudanças revolucionárias acontecerem. Porém, a ocorrência dessas mudanças revolucionárias é limitada pelo fato de que há necessidade de regras e organizações formais e restrições informais. Essa limitação surge quando as restrições informais estão profundamente enraizadas na sociedade, o que dificulta as mudanças nessas restrições, gerando uma mudança não tão distante da realidade anterior.

Vale destacar que o objetivo das instituições é a redução de incertezas que ocorrem na interação entre os agentes. Porém, o resultado da atuação das instituições não elimina totalmente os custos de transação. Os custos de transação nunca serão extinguidos totalmente devido a existência de pressupostos comportamentais (racionalidade limitada e oportunismo) e características das transações (especificidade dos ativos, frequência e incerteza) que irão impactar os resultados das transações (NORTH, 1994).

Williamson (1985) destaca a racionalidade limitada e o oportunismo como principais pressupostos comportamentais. A racionalidade limitada, elemento pensado inicialmente por Herbert A. Simon, surge quando o ser humano tem a pretensão de ser racional, mas possui limitações. Nesse sentido, Simon (1972, 1976) entende que os agentes recebem e processam as informações de forma limitada. Segundo o autor, o mundo é complexo demais para os agentes conseguirem todas as informações necessárias para uma transação. Mesmo que isso fosse

possível, o custo de obtenção e o tempo necessário para aquisição dessas informações seria outra limitação. Como a racionalidade limitada está relacionada com o processo de decisão e as estruturas de governança, Williamson (1985) afirma que a ECT está preocupada principalmente com as consequências econômicas de uma transação em determinada estrutura de governança.

No que se refere ao oportunismo, Williamson (1985, p. 47) entende que é a “busca do autointeresse com astúcia”. Nesse sentido, enfatiza-se o entendimento de oportunismo como formas de enganar ativa e passivamente, incluindo as ações *ex ante* ou *ex post*.

O comportamento *ex ante* e *ex post* está relacionado com as definições de Akerlof (1970) e Arrow (1963) sobre seleção adversa e risco moral, respectivamente. O risco *ex ante*, atribuído às ações dos agentes, é exemplificada pelo estudo de Akerlof (1970) sobre a falta de informações de um comprador de carros frente ao vendedor, em que o segundo poderia esconder informações para gerar benefícios próprios. Como se trata de ações antes da realização do contrato, utiliza-se o termo *ex ante* para esse tipo de comportamento. Por outro lado, Arrow (1963) traz o conceito de risco moral, exemplificado pelo comportamento displicente dos agentes após a contratação de um seguro de saúde. Isso ocorreria tanto pelo lado dos usuários do seguro, que poderiam se tornar menos zelosos com a saúde (já que o seguro cobriria futuras despesas), quanto pelo lado dos médicos, que poderiam realizar uma quantidade exagerada de exames, internações desnecessárias e outras ações buscando o favorecimento próprio.

Desta forma, Williamson (1985) entende que o oportunismo é a divulgação de informações de forma incompleta ou distorcida que proporciona a assimetria de informação entre os agentes, gerando custos de transação. Assim, quanto maior a probabilidade de oportunismo por parte dos agentes, maior é a tendência de aumento dos custos de transação.

Williamson (1985) destaca também três características das transações: a especificidade dos ativos; a incerteza; e a frequência. As transações variam de acordo com o grau de cada uma dessas características. Williamson (1985) ressalta que a especificidade dos ativos é a mais importante característica na análise das transações. Entretanto, as outras duas características também possuem relevância.

A especificidade dos ativos está relacionada com as características que um ativo tem. Quando associado com o oportunismo e a incompletude dos contratos, os ativos específicos tornam-se mais arriscados e de difícil adaptação. Quanto maior é a dificuldade de empregar determinado ativo em outras atividades, mais específico esse ativo é. Desta forma, quanto mais específico for um ativo, menor será a possibilidade de adaptação (em outras atividades) e maior será o seu risco, proporcionando maiores custos de transação (AZEVEDO, 1997).

Azevedo (1997) cita um tipo de custo associado aos ativos específicos. Os custos irrecuperáveis (*sunk costs*) surgem quando não é possível, por exemplo, vender um maquinário para recuperar o investimento. Desta forma, os ativos que possuem alta especificidade muitas vezes incorrem em *sunk costs* pela impossibilidade da realização da venda desses ativos pelo valor desejado.

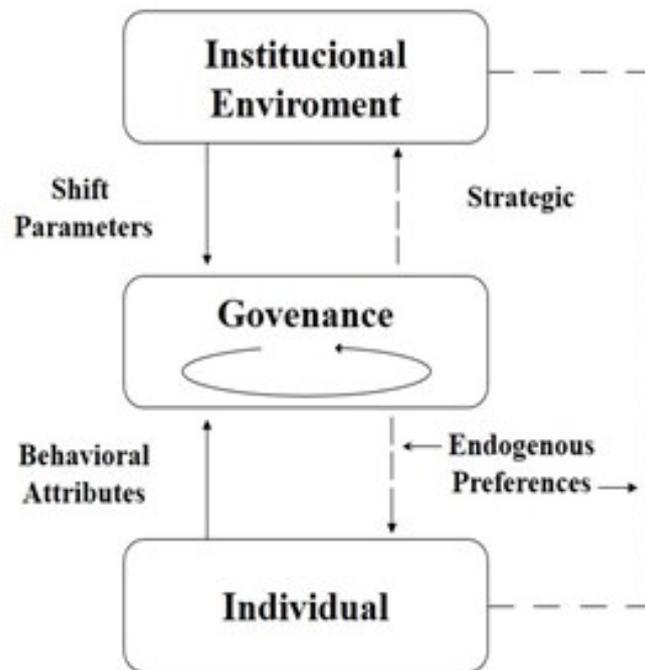
A especificidade dos ativos é uma característica inerente às transações que possui considerável importância, tornando-se mais importante ainda quando está associada aos pressupostos comportamentais e à incerteza. A presença da especificidade dos ativos faz, por exemplo, com que contratos padronizados sejam insuficientes para garantir determinada segurança às transações (WILLIAMSON, 1985).

Outra característica das transações é a incerteza. Esse termo foi conceituado por Knight (1921) como a incapacidade de prever um acontecimento futuro, podendo ser resultado da assimetria informacional, diferente do risco, que pode ser mensurado e adicionado nos custos de produção. Zylbersztajn (2000) ressalta que, devido a impossibilidade de previsão de eventos futuros, os contratos são incompletos, cujas lacunas que possibilitam choques futuros não são observadas *ex ante* à confecção do contrato. Ademais, rompimentos contratuais não intencionais podem acontecer pela existência de racionalidade limitada dos agentes.

Por fim, a última característica da transação abordada por Williamson é a frequência. Diferente das outras duas características, a frequência com que as transações ocorrem tende a diminuir os custos de transação. A frequência é importante em dois aspectos. O primeiro configura-se na diluição dos custos pela escolha de mecanismos contratuais. O segundo está relacionado com a construção da reputação entre os agentes envolvidos na transação. O primeiro aspecto trata da redução dos custos de confecção do contrato, de coleta de informações, de monitoramento e de adaptação ao ambiente diante do aumento da frequência das transações. Do mesmo modo, com a crescente frequência das transações entre determinados agentes, cria-se uma reputação de forma que, como os agentes confiam mais uns nos outros, o grau de incerteza é reduzido, possibilitando até a criação de um objetivo comum de continuidade transacional entre eles (AZEVEDO, 1997; ZYLBERSZTAJN, 2000).

Williamson (1993) enfatiza que há complementaridade entre os níveis analíticos na ECT, destacando as relações entre o ambiente institucional, as estruturas de governança e o comportamento dos atores. Desta forma, as duas linhas micro e macroanalíticas não podem ser compreendidas separadamente. Na Figura 7 demonstra-se o esquema que Williamson (1993) elabora para entender essas relações.

Figura 7 – Os três níveis relacionais



Fonte: Williamson (1993).

A primeira relação observada ocorre entre o ambiente institucional e a estrutura de governança (*Shift Parameters*). Entende-se que o ambiente institucional influencia diretamente a estrutura de governança das organizações por meio de mudanças nos direitos de propriedade, regras contratuais, normas, costumes, dentre outros, de forma que o custo de governança também será modificado, induzindo uma reconfiguração das organizações (WILLIAMSON, 1993).

A segunda relação destacada ocorre entre indivíduos e estrutura de governança (*Behavioral Attributes*), demonstrando que os pressupostos comportamentais modificam a estrutura de governanças das organizações. Essa mudança ocorre pelo fato de existir oportunismo e racionalidade limitada entre os agentes. Por um lado, o oportunismo estimula a busca por contratos mais completos que consigam mitigar os riscos inerentes às transações (pré ou pós-contratual). Por outro lado, a racionalidade limitada dos agentes impossibilita a eliminação de todos esses riscos, o que impede que os contratos sejam completos (WILLIAMSON, 1993).

Sobre a seta circular dentro do quadro de estruturas de governança, Williamson (1993) destaca que a seta reflete, assim como as leis, uma “vida própria”. Desta forma, as organizações

possuem uma dinâmica que gera novas transações e novas formas de transacionar, bem como novas políticas, novos clientes, dentre outras características.

Quanto aos *feedbacks* (setas tracejadas), Williamson (1993) destaca que, entre estruturas de governança e o ambiente institucional (*Strategic*), podem ocorrer efeitos tanto instrumentais quanto estratégicos. Sobre os efeitos instrumentais, Williamson (1993) dá um exemplo de leis contratuais que são melhoradas a pedido dos agentes para que seja possível suportar a integridade do contrato. Quanto aos efeitos estratégicos, Williamson (1993) sugere mudanças no ambiente institucional que criam barreiras comerciais contra a concorrência doméstica e/ou estrangeira. Desta forma, percebe-se que não só o ambiente institucional impacta as estruturas de governança, mas o inverso também ocorre, de modo que as organizações pressionam o ambiente institucional para gerar benefícios próprios.

No que se refere aos *feedbacks* entre indivíduos e estruturas de governança, entende-se que são o que Bowles e Gintis (1993) definem como “preferências endógenas”, devido à publicidade e outras formas de “educação”. Assim, a publicidade surge como um exemplo de elemento que pode influenciar as estruturas de governança devido os indivíduos demonstrarem suas preferências. O indivíduo é influenciado também pelo ambiente institucional, uma vez que as suas preferências endógenas são condicionadas pela sociedade. Isso demonstra que, devido o indivíduo estar inserido em uma sociedade, esta possui a capacidade de influenciar as suas preferências. Vale ressaltar que, embora Williamson (1993) destaque todas essas ligações do esquema de três níveis, são as ligações primárias (setas contínuas) as mais importantes nesse esquema.

Nota-se que as transações são complexas devido a existência de pressupostos comportamentais e características das transações. Além disso, a interação entre ambiente institucional e organizacional também gera atritos devido às constantes modificações nas regras do jogo. Quando as regras do jogo são modificadas pelas instituições, o ambiente organizacional trabalha não apenas para se adaptar à nova realidade, mas também busca pressionar as instituições por novas mudanças que possam atender suas necessidades.

No caso do setor elétrico brasileiro, após as políticas públicas para fontes alternativas de eletricidade e a modificação da estrutura institucional de regulação do mercado, o governo buscou promover o desenvolvimento deste setor no país. A partir de então, o governo buscou adotar o papel de regulador do setor elétrico ao invés de interventor, dando mais liberdade para os geradores e comercializadores atuarem no setor elétrico.

Entretanto, após as reformas, Leite e Castro (2008, 2014) observaram que algumas das empresas brasileiras do setor elétrico passaram a se estruturar em *holdings*. Isso contribuía com o aumento da concentração de mercado, já que o poder decisório continuava dependendo da principal empresa desse conglomerado. Desta forma, as políticas não pareciam estar surtindo o efeito esperado para as grandes empresas do setor (em geral hidrelétricas). Santana e Leite (2007) afirmam que essa tendência de verticalização ocorria devido às seguintes características setoriais: especificidade dos ativos; externalidades na cadeia de produção; a complexidade, a frequência e o grau de incerteza das transações; e os ganhos potenciais gerados por meio da coordenação.

Além disso, Souza (2003) afirma que a energia elétrica possui algumas características que devem ser destacadas: tem características de bens públicos e privados; é um bem não estocável; necessita de elevada coordenação na cadeia de produção; é um bem homogêneo; possui restrições físicas e econômicas nas diferentes regiões do Brasil; e a alta volatilidade do preço. Tanto as características descritas por Santana e Leite (2007) quanto as características relatadas por Souza (2003) devem ser consideradas na elaboração políticas setoriais pelo governo e da estrutura de governança pelas organizações.

Embora houvesse esse tipo de comportamento entre grandes geradores de eletricidade, os geradores menores que utilizam fontes alternativas procuraram outros mecanismos para vender energia. Os projetos do setor sucroenergético que visam a comercialização de bioeletricidade excedente atuam via leilões no mercado regulado ou de forma contratual no mercado livre.

Apesar de muitos projetos optarem pelo mercado regulado, grande parte da bioeletricidade comercializada no Brasil ocorre no mercado livre. Segundo Zilmar José de Souza, gerente de bioeletricidade da UNICA, quase 70% da bioeletricidade exportada teve como destino o mercado livre no ano de 2017. Entretanto, Zilmar destaca que os leilões são uma opção adequada para promover a expansão da bioeletricidade na matriz elétrica do país (SOUZA, 2015). Os leilões garantem a compra de eletricidade por um longo período de tempo, com preço pré-estabelecido e reajustado anualmente, contribuindo com a diminuição da incerteza sobre o retorno do investimento.

No geral, as mudanças ocorridas se deram pela saída do governo como agente soberano no mercado de energia elétrica, se atendo mais ao planejamento estratégico do setor. O governo também criou mecanismos para facilitar a comercialização de bioeletricidade, linhas de financiamento com juros baixos e reduziu alguns tipos de impostos. Com isso, o governo

permitiu a competição na geração e comercialização de energia elétrica, possibilitou atuação das empresas tanto no mercado regulado quanto no mercado livre, comportou financiamento por meio de recursos privados, além de outras melhorias.

Deve-se destacar que a política de modificação setorial realizada pelo governo representa o ambiente institucional agindo sobre as estruturas de governança das empresas do setor elétrico e suroenergético. Uma vez que as regras do jogo são modificadas, as estruturas de governança trabalham para se adaptar à nova realidade. Entender o comportamento das firmas produtoras de bioeletricidade diante das mudanças das regras do jogo possibilita a compreensão da influência do ambiente institucional sobre as estruturas de governança.

3.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.3.1. Estratégia de pesquisa

Considerando que o objetivo deste capítulo é analisar o comportamento das firmas diante das mudanças institucionais que afetaram a bioeletricidade no Brasil, adotou-se técnicas qualitativas de pesquisa. Nesse sentido, Lüdke e André (1986) afirmam que a pesquisa qualitativa está interessada em entender o ponto de vista dos participantes. De maneira similar, Richardson (2012) entende que a pesquisa qualitativa busca compreender minuciosamente as características e significados das situações em que os entrevistados estão situados. Nota-se que o papel dos participantes na pesquisa qualitativa é essencial para o entendimento do fenômeno.

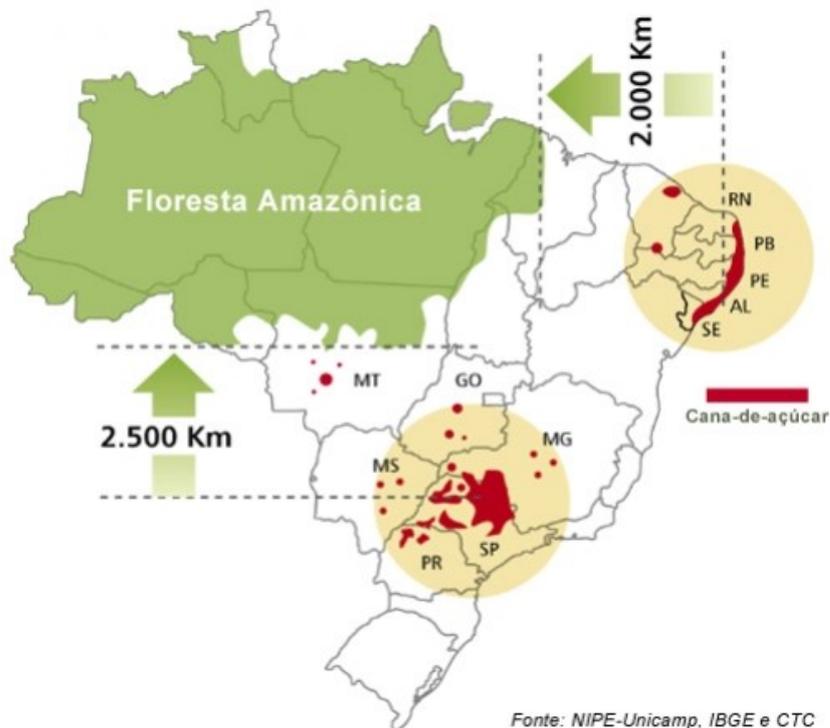
A estratégia de pesquisa, seja qualitativa ou quantitativa, está relacionada com as ações tomadas pelo pesquisador para a realização do objetivo estabelecido. De acordo com Duarte (2004, p. 215), as "entrevistas são fundamentais quando se precisa/deseja mapear práticas, crenças, valores e sistemas classificatórios de universos sociais específicos". Segundo a autora, a utilização correta desta ferramenta permite um "mergulho em profundidade" que possibilita a compreensão da lógica das ações do grupo em questão.

Segundo Manzini (2012), a entrevista que utiliza um questionário semiestruturado tem como característica o uso de perguntas abertas e é indicado para estudar um fenômeno em um grupo específico, como as firmas produtivas de bioeletricidade. Segundo o autor, deve-se contar com a flexibilidade na sequência da apresentação das perguntas ao entrevistado e questões complementares para facilitar o entendimento do fenômeno. Portanto, o instrumento utilizado nesta pesquisa foi a entrevista com a utilização de questionários semiestruturados que possibilitassem o entendimento de questões norteadoras e do objetivo proposto.

3.3.2. Área de estudo

O Brasil atingiu uma área plantada de cana-de-açúcar superior a 10 milhões de hectares em 2017, concentrada principalmente nas regiões Centro-Sul e Nordeste. A representatividade da área plantada nessas duas regiões é equivalente a 90% e 10% do total, respectivamente (UNICA, 2019a). O período de safra na região Nordeste ocorre de setembro a março, e na região Centro-sul, de abril a novembro (NOVACANA, 2019).

Figura 8 - Mapa da Produção



Fonte: (UNICA, 2019b).

Nota-se que a principal região para a produção de cana e seus produtos é a Centro-Sul. Além disso, de acordo com Shikida (2013), há a tendência de expansão da produção de cana no Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás e Mato Grosso do Sul) devido a diversos fatores, tais como: condições edafoclimáticas favoráveis; decadência de áreas tradicionais, como o Nordeste; topografia favorável; grandes extensões de terra; favorecimento da região Centro-Oeste pelo zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar; perspectivas de melhoras infraestruturais na região Centro-Oeste; dentre outros fatores.

As unidades produtoras de bioeletricidade estão localizadas nas mesmas regiões Centro-Sul e Nordeste, uma vez que as estações cogeneradoras são instaladas próximas à planta de produção de etanol e/ou açúcar. Conseqüentemente, 91,2% de toda bioeletricidade produzida

no setor sucroenergético está localizada na região Centro-Sul. Os principais estados produtores de bioeletricidade são: São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Paraná (UNICA, 2018).

Embora muitos dos grupos empresariais entrevistados tenham suas sedes e unidades produtivas localizadas na região Centro-Sul, alguns grupos possuem unidades produtivas no Nordeste ou atuam exclusivamente naquela região. Assim, a área de estudo desta pesquisa abrange ambas as regiões Centro-Sul e Nordeste do Brasil, regiões em que o setor sucroenergético está mais presente.

3.3.3. População e amostra

A população desta pesquisa são as firmas vinculadas à bioeletricidade, ou seja, firmas produtoras de etanol e/ou açúcar que produzem ou não a bioeletricidade, sindicatos e/ou associações do setor sucroenergético, empresas de pesquisa, de consultoria e comercializadoras do setor elétrico, e produtores de bioeletricidade que utilizam outros tipos de biomassa.

Diante disso, uma amostra dessas organizações foi selecionada. De acordo com Teixeira (2003), as amostras podem ser classificadas em probabilísticas e não probabilísticas. A primeira é baseada em procedimentos estatísticos e a segunda são realizadas por acessibilidade, por tipicidade e por cotas. A amostra utilizada nesta pesquisa foi a não probabilística intencional, que abarcou firmas de pequeno, médio e grande porte. A nomenclatura sobre o porte das empresas foi adotado de acordo com o modelo no Anuário do Trabalho (SEBRAE; DIEESE, 2013).

As entrevistas foram divididas em duas partes. Na primeira parte foram entrevistados 16 profissionais que representaram 83 firmas produtivas, ou seja, pouco mais de 20% das 411 unidades produtivas em atividade no Brasil (NOVACANA, 2018). Dessas 83 unidades, 61 unidades já estão exportando eletricidade para a rede. Essas unidades estão situadas em diversos estados, tais como: Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Alagoas, Rio Grande do Norte, Paraíba e Tocantins. Os profissionais selecionados nessa amostra estão ligados à produção de bioeletricidade. Seus cargos variam entre gestores da cogeração, gestores comerciais, gestores de pessoas, administradores e acionistas. Dos 16 entrevistados, 85% são profissionais com pelo menos 10 anos de carreira na atividade/ramo. Essas informações foram levantadas na entrevista para corroborar a confiança das respostas obtidas.

Na segunda etapa, buscou-se entrevistar as demais firmas mencionadas. Desta forma, foram entrevistados 5 sindicatos e/ou associações do setor sucroenergético, 2 empresas comercializadoras e de consultoria de eletricidade, 1 grupo de pesquisa do setor elétrico e 1 unidade produtora de bioeletricidade que utiliza um mix de biomassas como matéria-prima. Por estarem em uma posição diferente das firmas produtivas de bioeletricidade, as demais organizações entrevistadas fornecem informações que podem ser convergentes, divergentes ou complementares. Além disso, a segunda etapa enriquece ainda mais as respostas obtidas na primeira etapa.

3.3.4. Coleta dos dados

De acordo com Mattar (2011), os dados primários são aqueles que ainda não foram coletados e que necessitam ser coletados diretamente com os pesquisados para atender o objetivo da pesquisa. Desta forma, a entrevista foi a ferramenta selecionada nesta pesquisa, em que dois questionários semiestruturados foram elaborados para direcionar a entrevista ao objetivo proposto. Como a intenção das entrevistas foi permitir que os profissionais relatassem a sua percepção da forma mais profunda possível, as questões foram formuladas de forma aberta. As perguntas de ambos os questionários podem ser observadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Questões para coleta dos dados primários

FIRMAS PRODUTORAS DE BIOELETRICIDADE	DEMAIS FIRMAS
Qual é a ligação do entrevistado com a bioeletricidade?	
1. Quanto tempo está na empresa/atividade/ramo, formação e o cargo atual?	1. Quanto tempo está na empresa/atividade/ramo, formação e o cargo atual?
Como era o setor sucroenergético antes da comercialização de bioeletricidade?	
2. Qual a data de fundação?	2. Quais os motivos que contribuíram para o início da comercialização de bioeletricidade no setor sucroenergético?
3. Qual foi o ano de início da exportação de bioeletricidade?	3. O que acontecia com a cogeração antes da comercialização?
4. Quantas unidades são e quantas exportam?	-
5. Qual é a capacidade instalada e de exportação?	-
6. Qual é a representatividade da bioeletricidade no faturamento e/ou lucro?	-
7. Por que existem unidades que não exportam?	-

8. Quais os motivos que contribuíram para o início da comercialização de bioeletricidade no setor sucroenergético?	-
9. O que acontecia com a cogeração antes da comercialização?	-
O que motivou a implementação da bioeletricidade?	
10. Quais os motivos que contribuíram com a decisão da empresa de vender bioeletricidade?	4. Quais os motivos que contribuíram com a decisão das empresas de vender bioeletricidade?
Quais são as peculiaridades desta atividade?	
11. Quais são os pontos fortes da produção de bioeletricidade?	5. Quais são os pontos fortes da produção de bioeletricidade?
12. Quais são os pontos fracos da produção de bioeletricidade?	6. Quais são os pontos fracos da produção de bioeletricidade?
13. Quais foram as dificuldades enfrentadas pela empresa de modo geral?	7. Quais foram as dificuldades enfrentadas pelas empresas de modo geral?
Qual é o papel do governo na implementação da bioeletricidade no país?	
14. Conhece os incentivos do governo criados para promoção de fontes alternativas e renováveis?	8. Conhece os incentivos do governo criados para promoção de fontes alternativas e renováveis?
15. Utiliza ou utilizou algum dos incentivos criados pelo governo? Quais?	9. Na sua opinião, quais são os principais incentivos?
16. Qual a sua percepção sobre papel do governo na criação e desenvolvimento da bioeletricidade?	10. Qual a sua percepção sobre papel do governo na criação e desenvolvimento da bioeletricidade?
Quais são as tendências do setor/atividade?	
17. Quais são as suas perspectivas futuras para a bioeletricidade e o setor sucroenergético?	11. Quais são as suas perspectivas futuras para a bioeletricidade e o setor sucroenergético?
Questão para opinião aberta	
18. Dê sua opinião sobre a bioeletricidade e o setor sucroenergético.	12. Dê sua opinião sobre a bioeletricidade e o setor sucroenergético.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As questões em negrito foram elaboradas para servir como norte para o entendimento do objetivo do capítulo, enquanto que as questões enumeradas contribuíram com as informações necessárias para responder as questões norteadoras. O questionário 1 se refere aqueles aplicados em firmas produtivas de bioeletricidade, enquanto o questionário 2 foi construído para auxiliar nas entrevistas com as demais firmas.

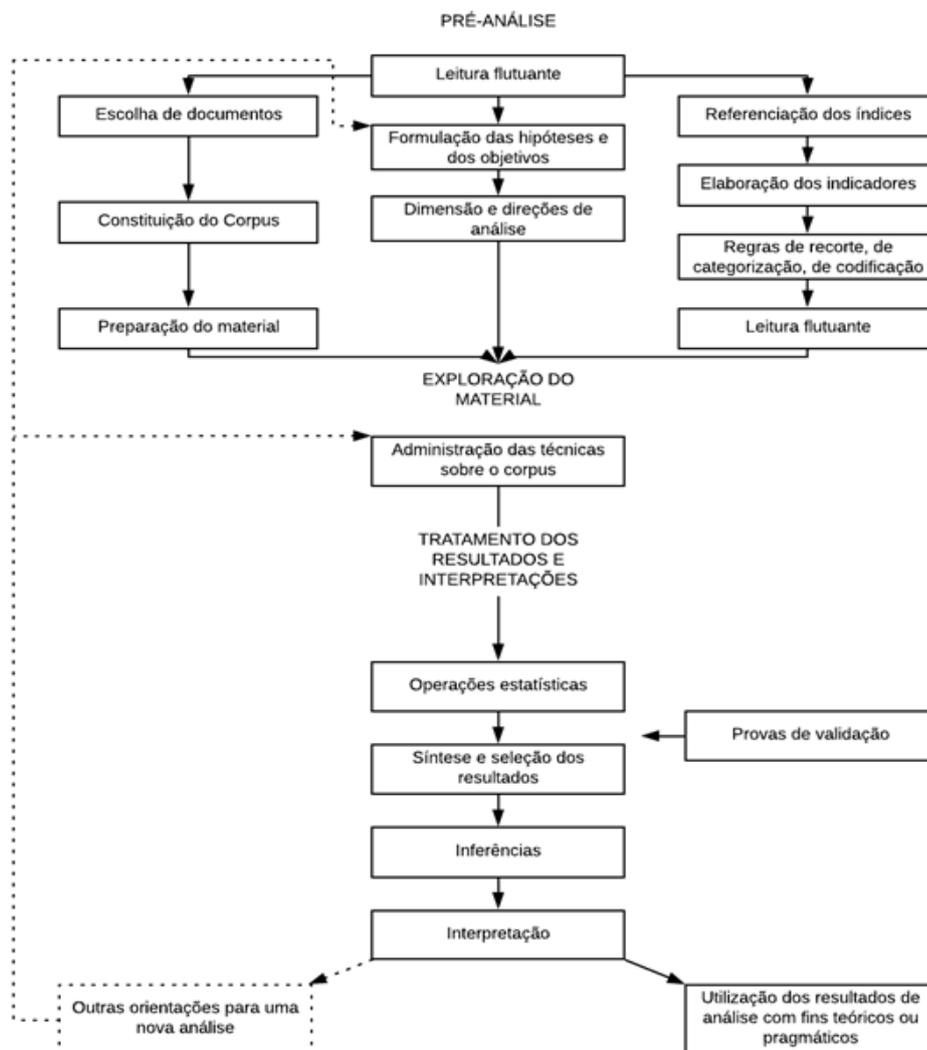
As entrevistas foram realizadas de forma presencial, videoconferência e por contato telefônico no período de 14/12/2017 a 10/04/2018.

3.3.5. Análise dos dados

Para analisar os dados, este capítulo baseou-se na técnica de análise de conteúdo explorada por (BARDIN, 1977). De acordo com a autora, essa técnica tem duas funções que podem ou não serem dissociadas. A primeira está ligada ao enriquecimento da pesquisa, pois tende a facilitar a descoberta, e a segunda está relacionada com a capacidade de confirmar ou não as hipóteses elaboradas.

Segundo Bardin (1977), algumas etapas devem ser realizadas para possibilitar o desenvolvimento da análise. Na Figura 9 são apresentadas as etapas da análise de conteúdo.

Figura 9 - Desenvolvimento da análise



Fonte: Bardin (1977).

Bardin (1977) destaca que a pré-análise tem a missão de escolher os documentos que serão analisados, formular as hipóteses e objetivos e elaborar indicadores que vão fundamentar

a interpretação das informações. Entretanto, a autora destaca que esses três fatores não seguem necessariamente uma ordem cronológica. No caso desta pesquisa, primeiramente foram elaboradas as hipóteses e objetivos, seguidos pela escolha dos documentos (entrevistas) e a criação dos indicadores de análise.

Após essa primeira etapa, busca-se explorar o material, aplicando as operações de codificação e enumeração. As perguntas base do questionário utilizado foram enumeradas e separadas de acordo com o Quadro 3. Já o conteúdo referente às respostas dos entrevistados relatado na íntegra ou em partes foram codificados. Códigos foram criados para que a real identidade dos respondentes e respectivas empresas fossem ocultados. Com isso, as siglas FP e DF representam os entrevistados das firmas produtivas e as demais firmas, respectivamente. Foram adicionados números após as siglas para se referir a um entrevistado específico, como por exemplo, FP1 para a firma produtiva número 1. Assim, a sigla FP vai de 1 a 16 e a sigla DF vai de 1 a 9.

A etapa de tratamento dos resultados e interpretações é a análise do conteúdo propriamente dita. Uma vez que os resultados são significativos e fiéis, inferências e interpretações podem ser realizadas com relação aos objetivos pré-estabelecidos e outras descobertas (BARDIN, 1977). A técnica categorial foi escolhida para essa análise de conteúdo. Assim, as entrevistas são categorizadas de acordo com as questões norteadoras e com as perguntas dos questionários.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira questão norteadora foi elaborada para entender a ligação de cada firma produtora e dos profissionais entrevistados com a bioeletricidade. Assim, foram coletadas informações sobre formação, cargo atual e tempo na empresa, e atividade ou ramo dos entrevistados. As formações dos profissionais são diversas com destaque para os cursos de administração, economia, engenharia agrícola, engenharia elétrica, engenharia civil e eletrotécnica. Os cargos variam entre gestores ou coordenadores da cogeração, comerciais, pessoas, projetos, negócios, financeiros e administrativos, e pesquisadores, presidentes e administradores/acionistas. Cerca de 86% dos respondentes possuem mais de 10 anos na empresa, na atividade ou no ramo. A experiência profissional e o conhecimento técnico são elementos indispensáveis para garantir a qualidade das informações obtidas.

As questões de número 2 ao 9 do questionário 1 e de número 2 e 3 do questionário 2 foram elaboradas para facilitar o entendimento da segunda questão norteadora, cujo objetivo é entender como era o setor sucroenergético antes da comercialização de bioeletricidade. Os

dados obtidos mostraram que cerca de 56% das empresas surgiram antes de 2004, ano da criação do novo marco regulatório do setor elétrico. Porém, apenas 18,8% das firmas investigadas já exportavam bioeletricidade antes desse ano. Considerando o período do modelo de livre mercado, anterior ao novo marco regulatório, nenhuma das firmas investigadas tinham exportação de bioeletricidade. Ressalta-se que, no momento das entrevistas, todas as firmas investigadas possuíam pelo menos uma unidade produzindo e exportando bioeletricidade.

O modelo de livre mercado, que ocorreu entre 1995 e 2003, contribuiu com a flexibilização da comercialização da bioeletricidade e permitiu que algumas firmas aderissem à exportação. Porém, foi após o novo marco regulatório de 2004 e as políticas de incentivo criadas nessa época que impulsionaram a exportação da bioeletricidade. Isso explica a razão pelo qual mais de 80% das firmas produtoras iniciaram suas exportações após 2004. As firmas que iniciaram suas atividades após 2004 surgiam com o novo conceito de produção de bioeletricidade para exportação. Aquelas estabelecidas antes desse período e que não atuavam nessa atividade realizaram o *retrofit* em unidades que possuíam capacidade de produção de bioeletricidade.

Percebe-se que, após as mudanças nas regras do jogo realizadas pelo governo, as firmas perceberam a oportunidade de adicionar mais um produto em seus portfólios. Para isso, tiveram que se adaptar ao novo mercado e criaram estruturas de governança que melhor atenderam suas demandas. Algumas firmas entendem os leilões de compra de eletricidade como uma forma mais segura de comercialização e *payback* devido aos contratos de longo prazo realizados. Outras firmas preferem atuar no mercado livre, utilizando contratos de prazo mais curto. Quaisquer que sejam suas opções, a adaptação do ambiente organizacional às novas regras criadas pelo ambiente institucional começa a ser observada.

Os dados mostraram também que cerca de 70% das firmas produtoras exportam 20 MWh ou mais de bioeletricidade, cujo faturamento deste produto varia entre 8% a 20% do faturamento total. Já as empresas com menor capacidade de exportação demonstraram menor representatividade do faturamento da bioeletricidade no faturamento total, variando de 0,5% a 5%. Entretanto, deve-se destacar que, de acordo com os entrevistados, o lucro da bioeletricidade é mais representativo e, na maioria das vezes, representou cerca de 20% do lucro líquido das firmas. Por ser um produto oriundo do resíduo da produção de açúcar e etanol, sua estrutura de custos é menor do que esses dois produtos. Por isso, a margem de lucro da bioeletricidade é maior do que o açúcar e etanol.

Alguns entrevistados corroboraram essa afirmativa. O entrevistado FP16 destaca que “[...] a margem do produto energia (bioeletricidade) nas usinas é muito maior do que a margem de açúcar e etanol. Isso depende da estrutura de custos de cada uma, [...] é um dado muito difícil de acessar, mas a margem é muito maior do que açúcar e etanol.” Da mesma forma, o entrevistado FP 02 afirma que sua margem de lucro para eletricidade é maior do que para etanol e açúcar. Segundo o entrevistado FP 02 “[...] a minha margem da energia é bem maior do que dos outros produtos [...]. Se eu pegar do lucro bruto, que eu tiro o custo do produto, dá 21%”. O entrevistado FP 14 também afirma que “[...] quando você pega esse resultado da energia dentro do resultado, vamos falar do lucro líquido real, vamos falar que ele representa quase 20% do lucro. É uma atividade de custo muito baixo e que gera muito caixa”. Nota-se que a rentabilidade da bioeletricidade é bem recebida pelas firmas, o que estimula ainda mais a inserção de novas firmas produtoras e a manutenção das firmas já inseridas no mercado.

Verificou-se também que, das 83 unidades produtivas, mais de 25% ainda não exportavam bioeletricidade para a rede. Quando perguntado sobre os motivos de ainda haver unidades que não exportam, os entrevistados relataram motivos como falta de recursos financeiros (da firma ou de crédito com baixo custo), falta de infraestrutura para escoar a produção, dificuldade de acesso aos incentivos, matéria-prima ou produção insuficiente, necessidade de adequação da planta industrial, inviabilidade financeira de certas unidades e a falta de interesse de algumas firmas.

Tanto as firmas que nasceram antes de 2004 quanto as firmas mais recentes enfrentaram algumas das dificuldades supracitadas. É importante destacar que, como a finalidade do setor não era a comercialização de bioeletricidade, a falta de infraestrutura era presente quando o mercado elétrico se abriu para novos geradores. Desta forma, muitas usinas precisavam conectar-se à rede por meio de linhas de transmissão, o que demandou recursos financeiros. Além disso, muitas firmas precisavam adequar suas plantas para produzir e exportar bioeletricidade. Se o governo não tivesse criado a tripla base de incentivos, apenas as firmas mais bem estruturadas financeiramente conseguiriam se conectar à rede.

Os grupos com várias firmas produtoras precisavam priorizar algumas ao invés de outras. De acordo com o entrevistado FP 10 “é necessário fazer um estudo para entender se faz sentido ou não investir na adaptação da planta à cogeração”. Embora a decisão entre investir ou não na bioeletricidade varie entre as firmas, o entrevistado FP 10 destaca que é importante considerar o porte da empresa, disponibilidade de conexão, concorrência da biomassa (que pode ter utilidades diferentes da produção de bioeletricidade) e proximidade dos centros

consumidores. Além disso, muitas firmas realizam seus projetos buscando a comercialização via leilões para ter uma garantia de preço, pois a oscilação no preço da eletricidade pode inviabilizar um projeto. Observa-se que uma série de fatores tem afetado firmas que ainda não entraram no mercado de eletricidade, mas é a viabilidade financeira dessas firmas que possibilitará tal inserção.

Nota-se que, após as mudanças nas regras do jogo realizadas pelo governo, as firmas produtoras reorganizaram suas estruturas de governança para que fosse possível a inserção de mais um produto em seus portfólios. Essa é a essência da relação de influência do ambiente institucional sobre o ambiente organizacional que Williamson (1993) destacou em sua análise.

Quando perguntado sobre os motivos que teriam contribuído para o início da comercialização de bioeletricidade no setor sucroenergético, os entrevistados destacaram principalmente as mudanças no regulatório que permitiram a abertura do mercado elétrico, a crise elétrica ocorrida em 2001 e a boa oportunidade de negócio que surgiu para o setor sucroenergético. Esses três motivos representaram 60% das respostas dos entrevistados. Os outros 40% destacaram também os incentivos criados pelo governo, o excesso de biomassa existentes nas firmas, a influência da produção do açúcar e etanol, o aumento do preço da energia no período de crise elétrica, as mudanças tecnológicas que aperfeiçoaram a cogeração, a expansão da produção geral do setor sucroenergético, a proibição das queimadas (que resultou em maior acúmulo de biomassa) e o investimento estrangeiro realizado nas últimas décadas.

O entrevistado FP 01 destaca que a bioeletricidade surgiu “por causa dos apagões” (se referindo à crise de 2001). Ele afirma ainda que “[...] com o risco de apagões, o preço da eletricidade subiu muito. Então, o setor sucroenergético correu para esse mercado. Isso aí sim contribuiu para o surgimento da bioeletricidade”. De forma semelhante, os entrevistados FP 07, FP 11, DF 09 e DF 05 enfatizam a importância da crise de 2001 para a bioeletricidade.

[...] foi depois do apagão que o mercado se abriu. Antes do apagão não se comercializava energia a não ser no mercado cativo. Era a concessionária com o consumidor e só. Os geradores não conseguiam vender do jeito que é hoje. Você não conseguia entrar no sistema e comercializar energia. Então, eu acho que foi as duas coisas, uma visão de oportunidade e a necessidade de energia do país (ENTREVISTADO FP 07).

Essa questão da cogeração de energia surgiu, vamos dizer no cenário brasileiro, principalmente após 2002, naquela questão da crise energética, questão de apagões e tudo mais. Aí que o governo foi abrir os olhos pra essa questão (ENTREVISTADO FP 11).

A partir do racionamento [2001 e 2002] que se viu a necessidade de começar a desenvolver outras fontes para não ficar só dependendo da hidráulica, de chuva basicamente. Então, acho que começaram os incentivos. O governo criou o programa

PROINFA, que é um programa de incentivo às fontes alternativas. Algumas usinas de cana participaram. O PROINFA é tipo um leilão que o governo comprava energia das usinas para poder incentivar fontes alternativas, e algumas usinas de cana participaram desse leilão, conseguiram financiamentos, fizeram criações importantes nessa época e começaram a gerar. Então, acho que foi incentivo mesmo (ENTREVISTADO DF 09).

Eu tenho como marco o apagão de 2001, o racionamento de energia em 2001, que obrigou o governo a encontrar alternativas que fizessem com que o Brasil não ficasse totalmente dependente da hidreletricidade. A partir dali você teve o desenvolvimento do primeiro programa que foi o PROINFA. É claro que tinha outras iniciativas já de empresas que estavam cogorando, sim, mas o PROINFA deu um tipo de impulso dentro desse segmento e, a partir do PROINFA e a entrada de algumas unidades, a bioeletricidade passou então a ter um crescimento considerável. [...] Então, o ano de 2001 para mim foi o marco do início, digamos, do sucesso da bioeletricidade no país (ENTREVISTADO DF 05).

Essas afirmações de firmas produtoras e demais firmas ligadas à bioeletricidade convergem na medida em que destacam a crise elétrica de 2001 como o principal acontecimento impulsionador da comercialização da bioeletricidade. Além disso, relatam que foi após essa crise que o governo buscou fontes alternativas de eletricidade, criando o novo marco regulatório do setor elétrico e incentivos para tais fontes.

Vale ressaltar que a cogeração já existia há muito tempo no setor sucroenergético, mas a comercialização do excedente da bioeletricidade surgiu apenas nas últimas décadas.

Sempre houve [a cogeração] no conceito de suprir a unidade fabril. A exportação que é algo relativamente novo. Na verdade, aqui na região Centro-Sul, as primeiras iniciativas foram em meados de 1987, com a Usina São Francisco, São Martinho e Vale do Rosário. Então temos 31 anos de exportação de energia elétrica para a rede, na região Centro-Sul (ENTREVISTADO DF 06).

[...] O processo de cogeração ou o processo de geração de alta produção ele é muito antigo. [...] E aí, a geração de energia elétrica praticamente era para a autoprodução. Então não é um negócio recente. [...] Esse processo de geração e exportação é recente. Acho que próximo aos anos 2000, alguma coisa do tipo, que ele ficou em evidência junto com o mercado livre também. Acho que isso, as privatizações e o mercado livre, deram uma impulsão para esse negócio. Mas a cogeração em si com porte menor já existia bem anterior a isso (ENTREVISTADO DF 08).

Embora a primeira comercialização tenha ocorrido em 1987, a bioeletricidade só obteve a devida importância após a crise elétrica de 2001. Foi após esse ano que o país viu a necessidade de diversificar a matriz elétrica, abrindo o mercado e possibilitando a inserção da bioeletricidade. Os relatos anteriores reforçam como a crise elétrica de 2001 influenciou as mudanças no regulatório do setor elétrico, uma vez que haviam dificuldades para comercializar a eletricidade produzida por fontes não convencionais antes desse período. No momento em que o governo muda as regras do jogo e demonstra o interesse por fontes alternativas de

eletricidade para sanar tal crise, ele envia uma mensagem ao setor privado sobre uma emergente oportunidade de negócio.

A oportunidade de negócio surgiu diante das mudanças realizadas pelo governo, mas só foi factível pela considerável capacidade de produção de bioeletricidade pelo setor sucroenergético. Havia uma abundância de biomassa resultante do processo de produção de açúcar e etanol que precisava de destinação.

Eu acredito que o primeiro de todos [os motivos] tenha sido a dificuldade em escoar esse subproduto que era o bagaço da cana. [...] E casou com a dificuldade de energia. A gente sabe que nos anos 2000 tivemos aquelas dificuldades com apagões e alguns programas do governo para economia de energia, e os incentivos com certeza apareceram nesse período que facilitaram que a cogeração fosse iniciada aqui (ENTREVISTADO FP 06).

Esse relato enfatiza a atuação do governo em um setor que tinha capacidade de produzir eletricidade, mas que era subvalorizado. Com a necessidade de expansão da oferta de eletricidade, viu-se a oportunidade de permitir que as usinas pudessem exportar o excedente de bioeletricidade produzida. Diante disso, a cogeração, que antes produzia energia apenas para a própria planta e buscava eliminar o máximo possível de biomassa, iniciou um processo de melhoria tecnológica, buscando melhorar a eficiência da produção da bioeletricidade.

Como o setor sucroenergético tinha matéria-prima, mas não tinha condições de comercializar a bioeletricidade, buscou-se entender como ocorria a cogeração antes da abertura do mercado. As respostas obtidas foram: existência do excesso de biomassa; vendas ou doação da biomassa; contratação de empresa para descarte do excesso de biomassa; uso da biomassa para o suprimento da planta industrial; eliminação do máximo de biomassa possível; falta de interesse em bioeletricidade pelo mercado ou país; e a inexistência da comercialização de eletricidade.

A biomassa era considerada um resíduo que necessitava de uma correta destinação. Isso porque o descarte incorreto poderia causar danos ambientais e consequentes multas. Assim, as firmas procuravam consumir o máximo de biomassa possível, com intuito de diminuir o montante destinado para descarte. O que não era possível eliminar pela queima nas caldeiras, era vendido, doado e até se pagava para a realização do descarte.

O objetivo naquele momento do setor era fazer com que não sobrasse bagaço. Bagaço era um problema, porque qual seria a destinação para aquela quantidade de bagaço que resultou de uma safra? Então você terminava uma safra com aquela montanha de bagaço no pátio e sem destino. Então, o objetivo naquele momento era ter incineradoras de bagaço para que não sobrasse nada no final, porque o bagaço era um subproduto resultante (ENTREVISTADO DF 05).

[...] A função objetivo do usineiro era maximizar a queima do bagaço porque não tinha a possibilidade de comercializar energia do bagaço. Então utilizava tecnologias de eficiência muito reduzida porque o meu objetivo não era maximizar a produção de bioeletricidade, era maximizar a queima. Ou seja, atendia o autossuprimento, mas utilizava caldeiras de 21 bar. Era uma coisa bem ineficiente (ENTREVISTADO DF 07).

Nós não conseguíamos consumir todo o bagaço. Inclusive, para nós da usina, era um problema. A gente vendia a um custo bem barato. No início mesmo não tinha muita procura, o pessoal não tinha muito o que fazer com o bagaço, então a gente até doava, doava o bagaço. Depois que a gente começou vender [...]. Então o pessoal começou comprar o bagaço para poder queimar lajota, queimar tijolo, telha. Aí começou a ter uma saída a mais, começou a ter uma procura maior. Depois que colocou a cogeração, extinguiu totalmente a venda de bagaço (ENTREVISTADO FP 04).

De forma semelhante, o entrevistado FP 08 explica que “[...] as usinas do Proálcool dos anos 70/80, a maioria delas tinha cogeração, mas trabalhava com um sistema mais ineficiente. [...] Então gerava energia ali que basicamente atendia o consumo próprio”. Ou seja, as usinas que foram criadas antes do conceito de bioeletricidade utilizavam a cogeração apenas para o consumo da planta.

[...] Elas vinham de um conceito mais antigo no sentido de que o bagaço da cana-de-açúcar era um resíduo que tinha um custo associado para fazer o descarte desse resíduo. Então as usinas foram concebidas no passado de tal maneira que elas consumissem esse resíduo no próprio processo e tivesse pouco excedente para ser descartado. Muitas vezes, a usina até pagava para retirar esse bagaço. Além de ela doar, às vezes não conseguia essa doação e ela fazia o descarte através de pagamento para empresas coletarem e dar a destinação disso. Então, o investimento naquela época para otimizar a usina para que fosse mais eficiente do ponto de vista energético e sobrasse excedentes de vapor e bagaço, ele não se viabilizava dado os preços de energia até então no mercado livre. Não existia ainda mecanismos de incentivo, seja PROINFA, seja os leilões, que foi criado com o novo modelo do setor elétrico. Então, no passado, não tinha viabilidade econômica para se fazer uma otimização, uma modernização das plantas (ENTREVISTADO FP 10).

Percebe-se que o setor sucroenergético tinha potencial para exportar bioeletricidade para o SIN. Entretanto, não havia formas de comercialização que viabilizassem o investimento nessa atividade e também não era um objetivo do país, uma vez que as hidrelétricas tinham capacidade de suprir a demanda. Por isso, a biomassa era tratada como um resíduo, e não como uma matéria-prima para bioeletricidade como é vista atualmente.

Investir na atividade de produção de bioeletricidade não atraía o interesse do setor privado devido às incertezas existentes com relação às regras do jogo e de escoamento da produção. Ademais, o setor sucroenergético é conhecido pela intensidade de capital demandada para realizar suas atividades. A indústria verde, na qual a bioeletricidade está inserida, dificilmente consegue se desenvolver sem políticas públicas realizadas pelo governo. Por ser um setor intensivo em capital, com *sunk costs* e a presença de incertezas, o capital privado só

realiza investimentos após o governo assumir riscos iniciais da atividade (BROWN, 2001; MAZZUCATO, 2014; DONOVAN, 2015).

A terceira questão norteadora visa entender quais foram os motivos que contribuíram com a decisão de comercializar bioeletricidade. Enquanto a segunda questão norteadora focou analisar o setor de forma geral, a terceira buscou entender as motivações individuais enquanto firma. Os principais motivos descritos pelos entrevistados foram: a atratividade financeira; a abertura de mercado via mudanças no regulatório; e os incentivos criados após a crise de 2001. Esses motivos representaram 68% de todas as respostas obtidas. Outros motivos também foram mencionados, tais como: o excesso de biomassa disponível; a atratividade do preço da eletricidade; o investimento adicional pequeno quando da instalação de novas firmas; o suprimento da própria planta; a produção consequente do etanol e açúcar; a atuação das firmas produtoras; e as parcerias com empresas comercializadoras.

Nota-se que cinco dos nove motivos descritos estão relacionados com questões financeiras. Embora os benefícios de uma eletricidade por fontes renováveis sejam superiores quando comparados com fontes poluidoras, a maior parte das empresas apenas entrará nessa atividade se houver atratividade financeira do negócio. Com a criação do novo marco regulatório, que estimulou a entrada de fontes alternativas no setor elétrico, o setor sucroenergético pôde aproveitar ainda mais a cana-de-açúcar, utilizando a biomassa como fonte de bioeletricidade. De acordo com o entrevistado FP 08:

Faz todo sentido também gerar, porque o investimento incremental é só, em vez de botar uma caldeira de baixa eficiência, botar uma de alta eficiência. Então eu acho que não faria sentido eu investir numa usina de açúcar e álcool sem gerar energia. Eu acho que faz parte do processo como um todo (ENTREVISTADO FP 08).

Sabe-se que existem diversos custos associados à produção de bioeletricidade. Porém, o entrevistado FP 08 destaca a caldeira de alta eficiência como um dos equipamentos que mais demandam recursos financeiros na produção de bioeletricidade.

A biomassa já era utilizada como fonte de energia nas unidades de produção, principalmente devido a quantidade de biomassa residual existente. Com o ganho de eficiência gerado pela melhoria tecnológica, a produção de bioeletricidade torna-se interessante na medida que um novo produto é produzido com o resíduo da produção de açúcar e etanol. Assim, a biomassa deixa de ser apenas um resíduo para se tornar a matéria-prima da bioeletricidade. O entrevistado FP 10 corrobora essa ideia:

Então, se você tem lá uma área, se você vai produzir só etanol, você tem um valor de produto agregado. Você tem uma planta que produz etanol e açúcar, você já passa a

ter uma remuneração maior. Se você tem uma planta que te dá a possibilidade de produzir açúcar, etanol e energia, você consegue agregar em, pelo mesmo hectare, uma remuneração maior. No final do dia, o impacto maior se traduz em maior retorno por tonelada de cana plantada. Então esse é o principal motivador (ENTREVISTADO FP 10).

A biomassa deixou então de ser apenas um resíduo utilizado para consumo de uma planta industrial para se tornar a matéria-prima de mais um produto rentável no portfólio do setor sucroenergético.

Deve-se destacar também que a atuação das empresas foi importante para dar o pontapé inicial na produção de bioeletricidade. Conforme mencionado anteriormente pelo entrevistado DF 06, a primeira comercialização de bioeletricidade foi realizada pela parceria entre CPFL e Usina São Francisco, em 1987. A partir daí, outras empresas começaram a pensar nessa oportunidade de negócio que poderia ser gerada com a comercialização de bioeletricidade. A abertura de mercado em conjunto com a tripla base de incentivos e o empenho das firmas produtoras formaram um ambiente propício para a inserção da bioeletricidade.

Sabe-se que o etanol e o açúcar são os principais *drivers* do setor sucroenergético, principalmente o etanol. Se a quantidade de cana utilizada para produzir açúcar e etanol aumenta, conseqüentemente haverá mais biomassa no fim do processo. Se há mais biomassa no fim do processo, mais bioeletricidade poderá ser gerada. Nesse sentido, o entrevistado DF 07 afirma que “não dá para esperar grandes expansões de cogeração sem a expansão do mercado de etanol”. De forma semelhante, o entrevistado DF 08 destaca que “é importante salientar que essas usinas não existem sem ter uma operação agrícola e, com isso, tem que ter o produto açúcar e etanol, ou um dos dois, para que a cogeração seja viável”. Assim, entende-se que dificilmente uma unidade produtora de bioeletricidade será construída se não tiver pelo menos um dos dois principais produtos sendo produzidos concomitantemente.

Considerando a produção de bioeletricidade e seus desafios como um produto recente, questionou-se sobre os pontos fortes e fracos e as dificuldades observadas com o intuito de entender as peculiaridades da bioeletricidade.

No que tange aos pontos fortes, os entrevistados destacaram os seguintes pontos: renda adicional para a firma; incentivos do governo que viabilizam o negócio; melhores características da bioeletricidade comparada com outras fontes; redução de perdas pela empresa; baixo investimento adicional; novo produto na matriz elétrica brasileira; proximidade entre geradores e centros consumidores; facilidade para produzir; melhoria da eficiência da usina; energia disponível para a própria planta; geração de empregos; diversificação do negócio; energia produzida de forma descentralizada; uso de equipamentos nacionais; e a rápida

implantação de projetos. Quando os entrevistados tratam das qualidades da bioeletricidade em relação a outras fontes, eles destacam principalmente a produção em períodos de escassez de chuvas (podendo ser complementar à produção hidrelétrica), a não intermitência da bioeletricidade e os benefícios de uma eletricidade limpa.

Vale ressaltar também que mais de 30% dos pontos fortes destacados estão atrelados ao ganho financeiros adquiridos com a implantação e exportação de bioeletricidade. Dentro da renda adicional para a firma estão inclusos os ganhos com as vendas, a diminuição do consumo de eletricidade via concessionária, aumento da rentabilidade da cana por tonelada produzida e o aumento do portfólio da firma. O capital privado buscará investir em produtos que tenham rentabilidade superior aos riscos e à incerteza da atividade. Quando as firmas perceberam que o governo estava atuando no mercado e reduzindo a incerteza, as firmas se reorganizaram para que fosse possível a entrada no mercado elétrico. A redução do risco é diminuída pela introdução de contratos que garantam a entrega de determinada quantidade de eletricidade com um preço pré-definido.

Sobre os possíveis pontos fracos, nove entrevistados afirmaram não perceber pontos fracos ou negativos dessa atividade. Porém, alguns pontos fracos foram mencionados, mas que não estão necessariamente ligados à atividade de produção de bioeletricidade. Os pontos mencionados foram: problemas com a concessionária; leilões com várias fontes concorrendo; dificuldades financeiras das firmas; interferência do governo nos preços da eletricidade e/ou da gasolina; falta de melhorias tecnológicas; burocracias em excesso; falta de planejamento para o suprimento de biomassa; impossibilidade de estocagem de eletricidade; problemas infraestruturais; fatores climáticos; oscilação do PLD; dependência do açúcar e/ou etanol para produção de bioeletricidade; a necessidade de aumento da produtividade da cana; e a melhoria de políticas públicas.

Nota-se que os pontos fracos apontados, em sua maioria, sugerem dificuldades que as firmas tiveram na implantação da geração de bioeletricidade, bem como outros aspectos que envolvem a firma como um todo e que afetam a bioeletricidade indiretamente. Desta forma, indagou-se sobre as dificuldades enfrentadas de modo geral. As dificuldades relatadas pelos entrevistados foram: o excesso de burocracias; falta de infraestrutura para conexão com a rede; leilões com várias fontes concorrendo juntas; dificuldade de conseguir incentivos; interferência do governo (nos preços da eletricidade e gasolina); crise setorial/problemas financeiros; falta de financiamentos; demora para a realização dos leilões; oscilação do preço da PLD; necessidade de melhorias tecnológicas/mão de obra qualificada; necessidade de expansão da

planta; falta de comunicação entre os órgãos reguladores; falta de transparência para entrada no setor elétrico; necessidade de mais políticas públicas; falta de valorização da cadeia de produção total (às vezes privilegiando apenas um dos produtos); e melhorias na gestão da empresa.

De todas as dificuldades relatadas, cerca de 43% foram relacionadas com a falta de infraestrutura para escoamento da produção de bioeletricidade e o excesso de burocracia para iniciar as atividades. Nota-se também que as dificuldades relatadas estão muito ligadas ao que eles apontaram no questionamento anterior sobre os pontos fracos. Isso demonstra que os pontos fracos, em sua maior parte, na verdade são dificuldades que as firmas enfrentaram no mercado elétrico.

Embora fosse uma necessidade do país aumentar e diversificar a oferta de eletricidade, não havia infraestrutura adequada para a conexão das firmas produtoras e a burocracia atrasava o início das atividades. O entrevistado FP 12 destaca o problema burocrático que tiveram no início da implantação.

Então, a primeira burocracia é a parte de liberação para tu fazer o linhão. A segunda é as autorizações que eles te dão que são muito morosas. Depois que tá tudo pronto, tem as liberações para tu começar vender essa energia. Nós ficamos aí 2 meses, 3 meses prontos para largar energia, mas a burocracia, a autorização foi morosa. Então essa parte por intermédio da Aneel foi bem morosa. Nós estávamos com tudo pronto já e a parte de documentação foi mais devagar do que a própria construção da rede para tu vender essa eletricidade (ENTREVISTADO FP 12).

Nota-se que, no caso do entrevistado FP 12, a burocracia foi mais problemática do que a própria construção da infraestrutura necessária para escoar a produção da bioeletricidade. Como o país estava buscando aumentar a oferta de eletricidade, seria interessante melhorar essas questões burocráticas para permitir que o produtor começasse a vender eletricidade o quanto antes. Para o entrevistado FP 13, esse tipo de problema burocrático é bem comum: “Ah, isso aí (problemas burocráticos) acho que todo mundo tem. [...] Sei que em 2008 nós tínhamos feito uma consulta para já paralelar naquela época. Nem nos foi permitido”.

Ainda sobre as burocracias, o entrevistado DF 02 argumenta que esse problema dificulta a inserção de novos geradores.

[...] A gente viu que esse é um setor meio que muito burocrático, muito cheio de regras, ainda tem uma mão muito pesada do governo querendo controlar muita coisa. [...] Tem regras um tanto quanto rígidas, normas, termos técnicos que são muito complicados às vezes para os novos entrantes poderem ter uma transparência maior de como funciona o mercado (ENTREVISTADO DF 02).

Observando os trechos dos relatos de ambos os questionários sobre a burocracia, entende-se que seria interessante criar um procedimento padrão para novos entrantes para

facilitar o seu acesso. Uma vez que o aumento de novos *players* no mercado elétrico é vantajoso para o suprimento de eletricidade do país, a simplificação dos procedimentos contribuiria para essa inserção de maneira mais ágil.

Segundo o entrevistado DF 08, “hoje os grandes entraves dessa exportação de energia elétrica ou de geração para exportação é basicamente a infraestrutura. Infraestruturas de transmissão e distribuição do sistema elétrico”. Da mesma forma, o entrevistado DF 05 afirma que “[...] tem casos de que há falta de infraestrutura no país. Tinha casos muito complexos de ligação e ainda temos muitos casos complexos de ligação à rede”. Entretanto, alguns entrevistados afirmam que esse foi um problema que ocorreu no passado, quando a bioeletricidade começou a ser comercializada.

Isso foi no passado. No início, naquela época onde a gente falou de começo da geração de biomassa, de usina de biomassa, a conexão com a distribuidora era, a conexão com o sistema era um problema, sim. Enfrentaram bastante dificuldade para conectar. Não tinha linha, não tinha subestação, tinha que construir, e a conexão com a rede, a conexão com o sistema é, por regulamentação, de responsabilidade do acessante, do gerador. Então, a gente viu usinas que tiveram que gastar vários milhões de reais em construção de linha, em construção de subestação. Mas hoje esse problema é menor porque o sistema já está mais interligado, com linhas, já tá mais preparado (ENTREVISTADO DF 09).

Diante disso, entende-se que a questão da infraestrutura foi mais problemática no passado, mas ainda pode aparecer em casos atuais. A distância da usina para a rede de transmissão varia de região para região, podendo se tornar uma barreira para algumas unidades ainda nos dias de hoje. O entrevistado DF 07 corrobora essa afirmação dizendo que dependendo da distância que a empresa está, isso pode acarretar custos adicionais.

Outra questão que é considerada como empecilho trata da realização de leilões de compra de energia em que fontes eólica, solar, biomassa, dentre outros, competem apenas por preço e não consideram as características individuais de cada fonte.

[...] Então teve misturado no mesmo leilão, no mesmo balaio, biomassa com energia eólica e com outras fontes, e aí realmente não tinha como competir em preço. Então, a gente realmente colocar no mesmo leilão, na mesma estrutura, um parque eólico com uma usina de cana, uma usina com a quantidade de emprego que gera, com a quantidade de externalidades positivas que tem para a economia, a gente ficou por um bom tempo aí sem competitividade. [...] Acho que as externalidades que o setor tem, acho que tem que ser mais bem consideradas na hora de você fazer uma composição de um custo de MWh no setor (ENTREVISTADO DF 04).

Assim, leilões poderiam ser realizados com competição pelo menor preço entre empresas que utilizam a mesma fonte. Geradores de bioeletricidade competindo entre si. Usinas eólicas competindo entre si. Usinas solares competindo entre si. Com isso, as características individuais seriam levadas em consideração e os geradores mais eficientes seriam premiados.

De acordo com o MME (2009), o PROINFA projetou implementação de forma igualitária entre fontes eólicas, PCHs e biomassa. Mesmo que a compra tenha sido redistribuída pela falta de projetos à biomassa, a forma como esse leilão ocorreu foi mais justa por criar a competição entre eletricidades produzidas pela mesma fonte.

Outra dificuldade mencionada foi o controle artificial dos preços da gasolina, ocorrido principalmente durante os dois mandatos da presidente Dilma Rousseff. Não é mérito desta tese analisar os motivos desses controles artificiais, mas foram medidas que impactaram negativamente o setor sucroenergético. Uma vez que o controle dos preços da gasolina é realizado, o etanol não consegue competir adequadamente no mercado. Com isso, a produção de etanol é reduzida, diminuindo também a produção de bioeletricidade. Alguns entrevistados destacaram o problema do controle artificial dos preços da gasolina como algo que contribuiu para a crise financeira que o setor sucroenergético vem passando.

[...] Não é só ficar olhando o preço da gasolina, mas reitero, que a política dos preços da gasolina artificial durante boa parte dos últimos anos é um fato que também contribuiu para a crise do setor de cana, em que o problema não era o preço do etanol, mas o preço da gasolina que estava em muitos momentos artificializado (ENTREVISTADO DF 07).

[...] Uma coisa que a gente não pode deixar de citar é que boa parte da dificuldade do setor hoje vem por conta de política pública equivocada. Um exemplo é a questão de você fazer o controle artificial do preço da gasolina. Foi um dos motivos que contribuíram para a gente ver a quantidade de usinas que fecharam, que não conseguiram se manter. Ainda assim, com todas as dificuldades, o setor manteve, na medida do possível, o investimento na área de tecnologia, de pesquisa, de novas variedades, para você poder fazer esse incremento de produção, aumentar a produtividade dentro da mesma área (ENTREVISTADO DF 04).

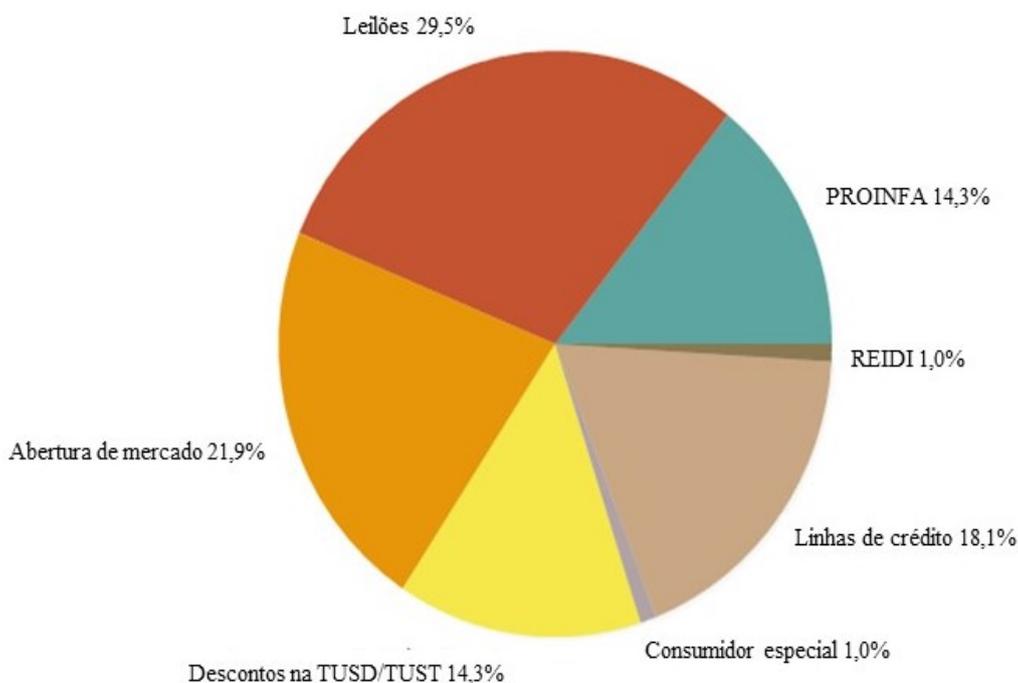
A elaboração de políticas públicas sem considerar os seus impactos negativos pode gerar problemas como esse observado no setor sucroenergético. Se o objetivo do país é estimular fontes alternativas para diversificar o setor elétrico, o controle dos preços da gasolina vai na contramão desse objetivo.

Nota-se também que, mesmo que o governo tenha realizado políticas e criado incentivos, há necessidade de melhorias que contribuam com a maior inserção de geradores de bioeletricidade. Como o setor sucroenergético é intensivo em capital, geradores de menor porte podem ter maiores dificuldades de se conectar à rede, o que poderia privilegiar grandes firmas em detrimento das pequenas. Garantir que pequenas firmas consigam obter recursos financeiros de baixo custo possibilitam-lhes entrar nessa atividade, contribui com o aumento do suprimento de eletricidade no país e tende a diminuir possíveis dificuldades financeiras dessas firmas, evitando também a concentração setorial.

Da mesma forma como os entrevistados notaram pontos fortes da bioeletricidade com relação às mudanças criadas pelo governo, eles reivindicaram e continuam reivindicar a realização de maiores ajustes nas regras do jogo. Com isso, as firmas realizam o *feedback* para o ambiente institucional e buscam aperfeiçoar as políticas voltadas para o setor.

Nesse sentido de políticas públicas, buscou-se entender qual foi o papel do governo na implementação da bioeletricidade no país. Primeiramente, investigou-se se os entrevistados conheciam as políticas e incentivos criados pelo governo. Todos os entrevistados afirmaram conhecer políticas e incentivos criados pelo governo e destacaram alguns deles como os mais importantes para impulsionar a bioeletricidade. As principais políticas e incentivos são apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – Principais políticas e incentivos relatados pelos entrevistados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sabe-se que as fontes renováveis de eletricidade precisam de políticas e incentivos para que se desenvolvam no mercado. De acordo com REN21 (2015) as principais categorias destacadas em diversos países do mundo foram políticas regulatórias, incentivos fiscais e financiamento público. Mir-Artigues e Del Río (2014) destacaram uma divisão entre políticas primárias e secundárias. As primárias abrangem as políticas *feed-in*, os certificados verdes e o *tendering* para venda de energia. Já as políticas secundárias envolvem subsídios a investimentos, incentivos fiscais e empréstimos a juros baixos. Diante disso, nota-se que as

políticas realizadas no Brasil seguem padrões similares aos padrões adotados em outros países. Isso porque o Brasil adotou medidas financeiras com empréstimos a juros baixos, criou alívios em encargos setoriais e criou mecanismos que facilitaram a comercialização da bioeletricidade.

Com a abertura do mercado, criado a partir do modelo de livre mercado (1995-2003) e do novo marco regulatório (2004 em diante), os produtores individuais de eletricidade por fontes alternativas tiveram a possibilidade de entrar como geradores no setor elétrico. Os leilões são destacados pelo fato de ser uma forma segura de garantir a venda da bioeletricidade por um longo prazo e com uma precificação fixa. O PROINFA foi o primeiro programa do governo para compra de fontes alternativas de eletricidade no Brasil. Por isso, o PROINFA ficou conhecido nacionalmente e até hoje ainda faz parte da comercialização de muitas firmas. As linhas de crédito com juros baixos possibilitaram a expansão e a reorganização das atividades nas firmas do setor sucroenergético. Por ser um setor intensivo em capital, as linhas de crédito vieram para facilitar a inserção da bioeletricidade no SIN. Além disso, os descontos na TUSD/TUST reduziram o custo da bioeletricidade injetada no SIN, melhorando sua competitividade no mercado. Os outros dois incentivos mencionados em menor escala estão o consumidor especial, que compra eletricidade apenas de fontes alternativas, e o REIDI, cuja principal contribuição é a suspensão do pagamento de PIS/COFINS para máquinas, equipamentos, materiais, dentre outros instrumentos utilizados em obras de infraestrutura. Cada entrevistado relatou uma ou mais políticas elaboradas pelo governo. Foi possível notar que as principais políticas mencionadas foram aquelas em que a firma geralmente utilizava ou tinha utilizado no passado.

A partir das políticas mencionadas, foi investigada a importância do governo no desenvolvimento da bioeletricidade. Todos os entrevistados destacaram a importância do governo para impulsionar a bioeletricidade no mercado elétrico. De acordo com o entrevistado FP 05, “[...] o governo é importante para o desenvolvimento do país, desde que ele saiba administrar a concessão de crédito e saiba cobrar a devida utilização desse crédito. O governo é fundamental para qualquer setor da economia”. O entrevistado FP 06 também afirma que o governo foi importante, destacando que:

Da mesma forma que a gente taxa o governo pela falta de incentivos na época que levou as dificuldades com os apagões, da mesma forma provocou essa ajuda com relação a incentivos, para que de alguma forma fosse revertido em ajudas financeiras, para que as empresas pudessem iniciar a cogeração (ENTREVISTADO FP 06).

Entretanto, 28% relataram ressalvas com relação ao papel do governo. Os entrevistados FP 03 e FP 14 corroboram a ideia de que o governo foi importante, mas destacam que o governo precisa realizar mais melhorias para o setor.

Eu acho que foi importante, mas perdeu um pouco a força, e a gente tá até tentando por meio dos sindicatos [...] pressionar o governo já há vários anos [...]. Uma coisa que ajudaria muito, que a gente tá lutando é que, com a chegada das usinas eólicas e até as solares agora, que são usinas que tem características diferentes, com curvas de geração diferentes, então é importante para matriz energética brasileira que se tenha leilões de energia separados por tipo de usina (ENTREVISTADO FP 03).

Acho que ele (o governo) é muito importante porque a gente tá falando de investimentos de longo prazo. Então o leilão eu acho que é fundamental. Sem leilão você não consegue atrair novos investimentos, tanto no nicho de biomassa, térmica, eólica, acho que o leilão é fundamental. E o governo, a CCEE, os órgãos reguladores são muito importantes para isso. Agora, o que o governo poderia melhorar bastante é essa questão da rede elétrica. Facilitar de alguma forma o acesso, cobrar agilidade das distribuidoras ou ele mesmo promovendo o aumento da rede elétrica. Nós temos uma rede de ligação elétrica de 10 km, mas tem usinas que estão a 30, 40, 50 km e isso pode inviabilizar o projeto. Então ver alguma forma de incentivar isso (ENTREVISTADO FP 14).

Diante dos relatos obtidos, nota-se que governo teve grande parcela de importância para a criação e desenvolvimento do mercado de bioeletricidade pelas políticas e incentivos realizados, mas ainda há alguns aspectos que precisam ser modificados para que melhore a oferta de bioeletricidade na matriz brasileira. Mais uma vez é possível perceber as reivindicações que as empresas realizam sobre o governo, que estão atrelados ao conceito dos *feedbacks* entre os ambientes organizacional e institucional de Williamson (1993). Após as modificações nas regras que impactaram o ambiente organizacional, *feedbacks* são realizados do ambiente organizacional para o ambiente institucional com intuito de reivindicar ajustes nas regras do jogo em favor das firmas.

Nesse sentido de reivindicações, investigou-se quais as tendências do setor sucroenergético e da bioeletricidade. Como a firmas tomam decisões considerando as mudanças no ambiente institucional, o objetivo foi entender o que está por vir para a bioeletricidade. Das respostas obtidas, cerca de 34% dos entrevistados possuem boas perspectivas com relação ao RenovaBio. De acordo com o MME (2018), o RenovaBio é uma política do governo que cria uma estratégia conjunta para reconhecer o papel estratégico de todos os tipos de biocombustíveis na matriz energética brasileira, tanto para a segurança energética quanto para a redução das emissões de GEE. O formato final do RenovaBio ainda não foi definido, mas acredita-se que esse programa vai contribuir positivamente com o setor sucroenergético, em especial para os produtos etanol e bioeletricidade.

[...] O programa RenovaBio, ele passa a incentivar o uso de combustíveis renováveis pela sua meritocracia, ou seja, aquele que usa um combustível fóssil terá que despende um recurso adicional para poder priorizar o combustível limpo. E isso será feito por programas de certificações onde, por exemplo, uma distribuidora, para que ela possa colocar um volume de gasolina no mercado, ela tem que comprar um certificado ambiental de despoluição daquele volume de gasolina. E quem vai vender isso aí? Quem produz o combustível limpo, no caso o etanol que pode ser de milho, cana. E isso tá previsto para ser negociado em bolsa. Terá um mercado financeiro a par disso tudo. É, na verdade, aquilo que o setor sempre almejou, ter uma política de incentivo no uso de combustíveis renováveis, mas incentivando realmente o produto que é limpo (ENTREVISTADO DF 03).

[...] Vai ser muito importante para o setor como um todo que vale a pena acompanhar e o impacto disso para a cogeração também. Ele é voltado também para combustíveis como o etanol, mas se você tem a expansão do etanol você tem alguma expansão da energia (bioeletricidade) pelo simples fato de produzir uma maior quantidade de bagaço e você tem que destinar esse bagaço para algum lugar (ENTREVISTADO DF 01).

[...] Eu penso que o programa do RenovaBio, essa política nacional de biocombustíveis que o governo federal sancionou agora em dezembro de 2017, é uma política importante e é um planejamento de longo prazo no papel especificamente dos biocombustíveis. E para a gente, no que diz respeito ao etanol, porque elas andam em paralelo (etanol e bioeletricidade), em conjunto. O estabelecimento de um planejamento de longo prazo para biocombustíveis envolve também a questão da contribuição. Uma parcela importante do setor pode estar na parte elétrica. O planejamento de longo prazo é o que vai trazer segurança. É o que dá segurança para o investidor (ENTREVISTADO DF 04).

O RenovaBio tem o objetivo de cumprir o compromisso firmado pelo Brasil no Acordo de Paris, assim como promover a expansão de biocombustíveis na matriz energética brasileira e assegurar a previsibilidade para o mercado de combustíveis (MME, 2018). Mesmo que o maior impacto seja para o etanol, a bioeletricidade está muito ligada à produção de açúcar e/ou etanol. Sem pelo menos um desses produtos, a produção de bioeletricidade é prejudicada. Deste modo, a expansão do etanol no país poderá resultar em uma consequente expansão de bioeletricidade. Conforme Mazzucato (2014) destaca, o capital privado prefere não arriscar em ambientes com elevada incerteza. A implementação do RenovaBio pode ser uma política que reduzirá ainda mais as incertezas e atrairá mais investimentos para o setor sucroenergético.

Além do RenovaBio, cerca de 26% das respostas apontaram para a expectativa de aumento da demanda e oferta de eletricidade. O aumento da demanda exigirá que mais eletricidade seja produzida. Isso pode abrir espaço para que novas firmas possam entrar no mercado elétrico. Foi nesse sentido que mais de 10% dos relatos apontaram para a possibilidade de aumento das firmas do setor sucroenergético no mercado elétrico. Os demais relatos apontaram para o receio de perda de alguns incentivos; melhorias tecnológicas; melhorias na gestão das firmas; mudança na forma de precificação; inserção de outras fontes de bioeletricidade no setor sucroenergético; e as regras do jogo mais claras.

No que se refere a perda de alguns incentivos, o entrevistado FP 05 menciona seu receio sobre isso.

Eu estava conversando ontem, a gente tem uma consultoria que a gente paga ela, então deve ter mudança na separação da oferta de energia, deve mexer no desconto da TUSD [e TUST]. A partir de 2022, a energia deve ser tudo convencional. Mas são estudos que estão caminhando, né. São conversas que a gente a longo prazo se incomoda. Como que eu vou competir com uma usina PCH? Ela tem água pelos 12 meses e tem um potencial muito grande de geração. Eu sou biomassa, eu dependo da cana, eu dependo de chuva, eu dependo de preço para poder fazer ou não o meu produto. Então são competições diferentes. Igual leilão de eólica. Se eólica equiparar a preço de convencional, como que eu vou competir com uma pessoa que vem da Espanha, que vem da França, que vem da China [...]. Como que eu vou competir com um cara desse? (ENTREVISTADO FP 05).

Como foi dito pelo entrevistado FP 05, não há nada concreto com relação ao corte de subsídios. Melitz (2005) destaca que as políticas de incentivo à indústria nascente são criadas para que determinada indústria possa amadurecer a ponto de conseguir se desenvolver sozinha. Em um cenário no qual há competição entre diferentes fontes de eletricidade, seria esse o momento de cortar subsídios? A bioeletricidade já está desenvolvida o suficiente para produção sem incentivos? A competição continuará deixando de considerar as características individuais de cada fonte? Se houver corte de incentivos, as firmas que ainda não comercializam eletricidade vão continuar buscando suas entradas no setor elétrico? Essas questões merecem atenção, principalmente pela necessidade do cumprimento dos acordos nas COPs e pela necessidade de aumento de oferta e diversificação da matriz elétrica brasileira.

Para concluir, foi pedido que os entrevistados relatassem as suas opiniões com relação ao setor sucroenergético e a bioeletricidade ou relatassem algo que gostariam de enfatizar, mas que não tiveram oportunidade durante as entrevistas. Dentre todas as repostas obtidas, 50% dos relatos destacam a necessidade de realizar políticas adequadas tanto para o setor elétrico quanto para o sucroenergético. Essas políticas estão atreladas à tripla base de incentivos com relatos sobre melhorias na comercialização, investimento nos setores e manutenção de incentivos tributários. De acordo com o entrevistado FP 14, “[...] é fundamental política pública [...] que tenha um caminho traçado do que o país quer. Quer uma energia limpa de biocombustíveis? Então o setor tem muito a contribuir. Então, com pouco incentivo sabe, o setor é capaz de responder em forma de investimento. Então essa é a principal mensagem”. Da mesma forma, o entrevistado FP 15 afirma que “[...] com políticas adequadas, incentivos adequados, é possível aproveitar a capacidade instalada já existente e ampliar a disponibilidade de energia disponível para o sistema, dependendo menos de energias fósseis”. Observa-se que as empresas aguardam sinais sobre o interesse do país nessa atividade e, quando entendem que o país quer o etanol e

a bioeletricidade, investem pela oportunidade de negócio que é criada. Caso contrário, evitam investir devido às incertezas que podem reduzir o retorno dos investimentos.

Além das políticas públicas, 25% dos relatos destacaram as qualidades da bioeletricidade e as vantagens da sua utilização. Os principais pontos mencionados foram muito próximos dos pontos fortes relatados anteriormente, como a proximidade dos centros consumidores, a característica de não ser intermitente, eletricidade limpa, complementariedade com as hidrelétricas, dentre outros fatores.

No geral, notou-se que as respostas obtidas pelas firmas produtivas e as demais firmas ligadas à bioeletricidade foram muito semelhantes e complementares. A realização das entrevistas com firmas de funções diferentes contribuiu com a confiabilidade das respostas obtidas, diminuindo a possibilidade da perda de informações importantes.

3.5. CONCLUSÃO

O objetivo deste capítulo foi analisar o comportamento das firmas diante das mudanças institucionais que afetaram a bioeletricidade no período entre 1985 e 2015. Foi utilizada a análise de conteúdo de Bardin (1977) para a análise das entrevistas com as firmas produtoras e demais firmas ligadas à bioeletricidade. Além disso, os níveis relacionais do ambiente institucional e do ambiente organizacional de Williamson (1993) serviram como pano de fundo na interação entre as mudanças institucionais e as firmas produtoras de bioeletricidade.

Antes do surgimento da bioeletricidade, as firmas produtivas se deparavam com a dificuldade de descarte da biomassa resultante do processo de produção de açúcar e etanol. Boa parte dessa biomassa era eliminada no próprio processo, porém, ainda sobrava muita biomassa nos pátios das usinas. Por isso, muitas firmas vendiam, doavam e, em alguns momentos, pagavam para descartar a biomassa.

O governo elaborou uma mudança no regulatório do setor elétrico em 1995 (que durou até 2003), possibilitando a inserção de novos geradores no setor elétrico. Isso facilitou a entrada de algumas firmas produtoras de bioeletricidade no setor elétrico, resolvendo o problema do excesso de biomassa para alguns *players*. Entretanto, após a crise elétrica de 2001, o governo brasileiro precisou realizar políticas mais contundentes para aumentar o suprimento de eletricidade e diversificar a matriz elétrica. Foi então que o governo criou o novo marco regulatório em 2004, modificando as regras do jogo no setor elétrico. Além disso, modificou políticas de incentivo antigas e criou novos incentivos para que fosse possível atrair fontes alternativas de eletricidade para o setor elétrico.

Após tais mudanças no ambiente institucional, as firmas perceberam uma oportunidade de negócio que poderia impulsionar a rentabilidade do setor sucroenergético. A abertura de mercado, o PROINFA, os demais leilões de eletricidade, os descontos na TUSD/TUST e as linhas de crédito de juros baixos foram as principais políticas que atraíram a atenção das firmas e facilitaram a exportação da bioeletricidade para o SIN. Embora tenham surgido diversas complicações na implementação da bioeletricidade, como a necessidade de recursos financeiros, a falta de infraestrutura do sistema elétrico e o excesso de burocracias, as políticas e os incentivos criados pelo governo contribuíram para o desenvolvimento da bioeletricidade. Foi após essas políticas que a bioeletricidade ganhou representatividade na matriz elétrica do país.

Tal importância é reconhecida pelas firmas entrevistadas. Entretanto, as firmas continuam reivindicando melhorias para que o setor possa prosperar. A principal expectativa com relação às suas reivindicações é o RenovaBio. Esse programa, que ainda está em processo de finalização, está sendo criado para cumprir os compromissos firmados no Acordo de Paris, bem como promover a expansão de biocombustíveis (como o etanol) e garantir a previsibilidade do mercado de combustíveis. Com isso, o setor sucroenergético pode não só expandir a produção de etanol, como também ampliar a produção de bioeletricidade. Ademais, as firmas entendem que há um processo crescente de demanda por eletricidade, podendo favorecer tanto as firmas já inseridas no mercado elétrico, quanto também novos entrantes.

Por fim, percebe-se que o governo, enquanto instituição que cria as regras do jogo, influenciou na forma como as firmas produtoras agiram, atraindo-as para um novo mercado criado por ele. O setor elétrico, que há algumas décadas era fortemente dominado pelas hidrelétricas, viu o surgimento de novos produtores de eletricidade a partir de políticas governamentais. Do lado do ambiente organizacional, as firmas reivindicam melhorias nas regras do jogo em favor de suas atividades. Se aprovadas as reivindicações das firmas no RenovaBio, essa política pode demonstrar o poder dos *feedbacks* realizados pelo ambiente organizacional para o ambiente institucional.

4. A INFLUÊNCIA DE *DRIVERS* ECONÔMICOS E SETORIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOELETRICIDADE

4.1. INTRODUÇÃO

Muitos países tem buscado formas de produzir energia elétrica usando fontes renováveis. Essa preocupação está ligada às questões ambientais, mas também à questão de segurança energética nacional. Uma vez que fontes não renováveis são limitadas, fontes renováveis podem melhorar e diversificar a matriz elétrica de um país. Tecnologias têm sido desenvolvidas para possibilitar a produção em larga escala com intuito de reduzir a emissão de GEE. Entretanto, as fontes renováveis de eletricidade dificilmente podem se desenvolver sozinhas no mercado, o que significa que cada governo deveria promover suas fontes renováveis (MAZZUCATO, 2014; DONOVAN, 2015).

Inúmeras políticas para energias renováveis são encontradas ao redor do mundo. O governo brasileiro criou algumas políticas com o intuito de estimular fontes alternativas de eletricidade. No capítulo 2, foi possível observar mudanças no setor elétrico e incentivos que afetaram fontes alternativas. Dentre as fontes alternativas, a bioeletricidade tem se tornado importante para complementar a matriz elétrica brasileira. Além disso, a bioeletricidade tem se destacado como uma das principais fontes no país logo após as políticas terem sido criadas pelo governo.

Embora os efeitos de políticas públicas sobre energias renováveis sejam reconhecidos na literatura, poderia ser equivocado indicar que somente as políticas públicas afetam o desenvolvimento de fontes alternativas de eletricidade. Por exemplo, existem outros elementos que podem ter afetado o setor sucoenergético no Brasil com relevante impacto no suprimento de bioeletricidade, como a produção de hidreletricidade, a produção de eletricidade por fontes não renováveis, o consumo de eletricidade, a oferta de biomassa e o PIB brasileiro. Marques e Fuinhas (2011) chamam esse tipo de elementos de “*drivers promoting renewable energy*”. Esses *drivers* podem ter afetado a produção de bioeletricidade. Se isso tiver ocorrido, pode-se afirmar que não apenas as políticas públicas foram importantes para promover a bioeletricidade no Brasil, mas também *drivers* econômicos e setoriais.

Assim, o principal objetivo deste capítulo é estimar os efeitos de *drivers* econômicos e setoriais sobre a produção de bioeletricidade de 1985 a 2015. Para alcançar esse objetivo, será conduzida uma análise de séries temporais dos *drivers* usando um modelo de vetores autorregressivos (VAR) e aplicando o teste de causalidade de Granger. O modelo VAR

indicará, por exemplo, se há relação entre a bioeletricidade e os *drivers* selecionados. Já o teste de causalidade de Granger indicará, por exemplo, se determinado *driver* está causando bioeletricidade. Além disso, será possível analisar os efeitos da produção de bioeletricidade nos *drivers* selecionados.

Este capítulo está dividido em seis partes, sendo esta introdução a primeira parte. Na segunda parte, os *drivers* econômicos e setoriais serão abordados, explicando a conexão entre tais *drivers* e a bioeletricidade. Em seguida, são apresentados os procedimentos metodológicos, demonstrando como o modelo foi construído e como as variáveis foram tratadas. A quarta parte apresenta os resultados e a quinta parte discute os resultados obtidos. Por fim, a sexta parte apresenta as principais conclusões deste capítulo.

4.2. DRIVERS ECONÔMICOS E SETORIAIS E A BIOELETRICIDADE

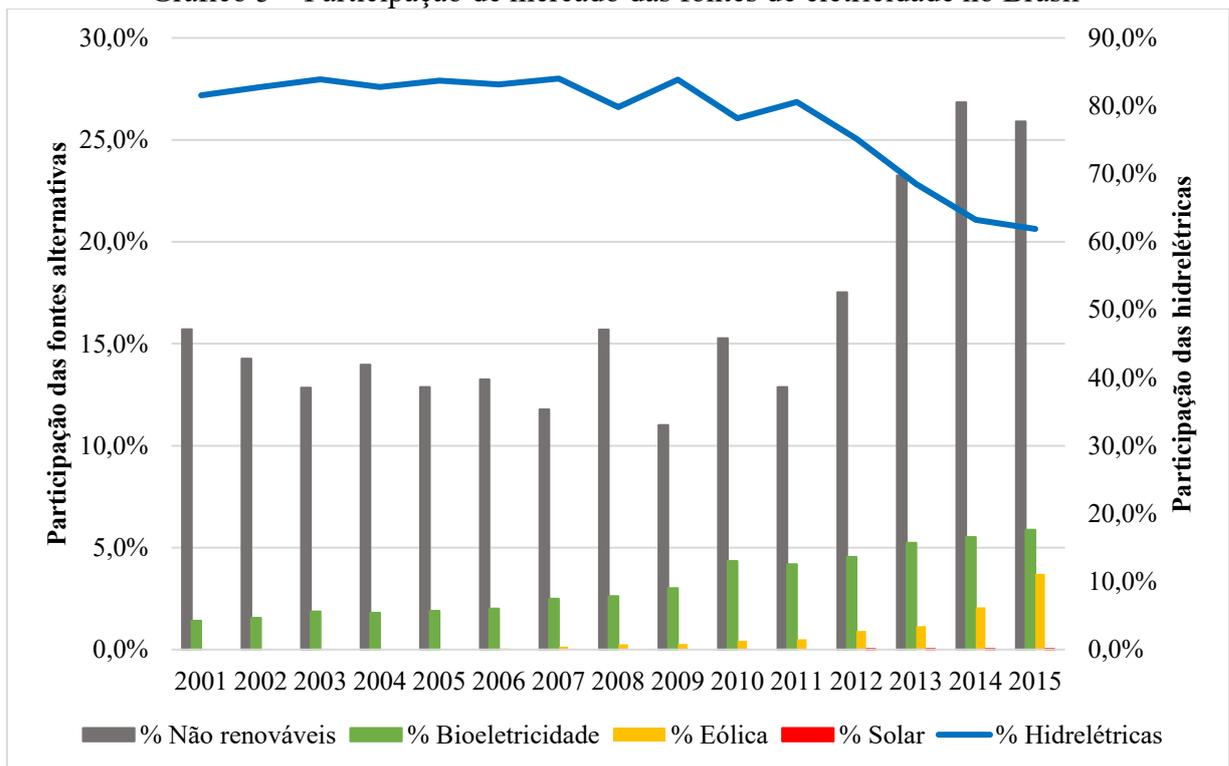
Diversas pesquisas têm analisado a importância de políticas públicas para fomentar fontes alternativas de eletricidade pelo mundo. Donovan (2015, p. 106) afirma que políticas públicas são justificadas “como uma forma de superar falhas de mercado sobre pesquisa e desenvolvimento (P&D) e inovação, bem como em termos da falha em precificar o carbono apropriadamente”. Mazzucato (2014, p. 166) também afirma que toda a indústria verde, em que as fontes alternativas de eletricidade estão incluídas, não podem se desenvolver sozinhas, “em parte devido à infraestrutura energética incrustada, mas também devido a uma falha dos mercados no sentido de valorizar a sustentabilidade ou punir o desperdício e a poluição. De maneira mais geral para energias renováveis, Brown (2001, p. 1199) enfatiza que os obstáculos sobre tecnologias de energia limpa incluem “a baixa prioridade de questões energéticas entre os consumidores, imperfeições no mercado de capitais, e mercados incompletos de recursos e produtos com eficiência energética”. Embora existam muitos estudos sobre fontes renováveis de eletricidade, a maioria deles focam na necessidade de resolver falhas de mercado por meio da criação de políticas públicas para fontes renováveis de eletricidade (MENANTEAU et al., 2003; GOLDEMBERG et al., 2004; BÜRER; WÜSTENHAGEN, 2009; LIAO et al., 2011; MARQUES; FUINHAS, 2012; KALKUHL et al., 2013; WHITE et al., 2013; MAZZUCATO, 2014; MIR-ARTIGUES; DEL RÍO, 2014; IBANEZ-LOPEZ et al., 2017).

A identificação de falhas de mercado é um primeiro passo que precisa ser complementado pelo entendimento das peculiaridades de cada país e que podem afetar a eletricidade renovável ou energias renováveis em geral. Considerando o caso do Brasil, outras questões, além de falhas de mercado, podem ter induzido a criação de políticas públicas para

fontes alternativas. Após a crise elétrica de 2001, o Brasil realizou um grande esforço para expandir seu suprimento e diversificar sua matriz elétrica. O Brasil tinha assinado um acordo no Protocolo de Kyoto para reduzir suas emissões de GEE por meio da implementação de energias renováveis. Isso levou os investimentos brasileiros em expansão e diversificação em direção às fontes renováveis. Assim, o governo brasileiro criou políticas que mudaram o regulatório do setor elétrico e elaboraram uma tripla base de incentivos, que abarcou basicamente as formas de comercialização da eletricidade, recursos financeiros com juros baixos e alívio em encargos para geradores. Por essa razão, as fontes eólica, solar, PCHs e biomassa foram estimuladas para fornecer energia e diversificação do suprimento elétrico.

Após a intervenção do governo, fontes alternativas surgiram e começaram a tomar uma fatia de mercado do setor elétrico. O Gráfico 5 mostra a participação de mercado das principais fontes no Brasil após a crise elétrica de 2001.

Gráfico 5 – Participação de mercado das fontes de eletricidade no Brasil



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2018).

Essa figura mostra que a fonte hidrelétrica tem perdido participação de mercado. Após o novo marco regulatório do setor elétrico e as políticas de promoção de fontes alternativas, a fonte hidrelétrica começou a cair. Em 2004, um ano importante com a implantação de várias políticas públicas, a participação de mercado das hidrelétricas atingiu 83%, caindo para cerca de 60% em 2015. Por outro lado, as fontes eólica e biomassa da cana aumentaram sua

participação. A fonte eólica, que tinha uma leve produção até 2005, atingiu quase 4% em participação de mercado no ano de 2015. A bioeletricidade, cuja fonte é a biomassa da cana-de-açúcar, que tinha em torno de 2% de participação em 2005, chegou a 6% de participação em 2015. Outras fontes renováveis também aumentaram suas participações ao longo da última década, mas a biomassa da cana e a eólica foram as principais fontes implementadas.

As mudanças criadas pelo governo tiveram notória importância na promoção de fontes alternativas. Entretanto, quando se trata da exploração econômica do setor elétrico, Castro et al. (2012) enfatiza que existem quatro vetores que deveriam ser analisados. Esses vetores são os recursos naturais, tecnologia, mercados e firmas, e o arcabouço institucional. Os autores afirmam que esses quatro vetores operam de forma interdependente, de acordo com a gama de possibilidades, como *drivers* para produção de eletricidade.

O vetor de recursos naturais abarca fontes renováveis e não renováveis e define como as fontes serão utilizadas, considerando seus próprios atributos. O vetor de recursos naturais leva ao outro vetor, a tecnologia. Esse vetor inclui tecnologias potenciais e existentes e é o elemento que define como os recursos serão melhor utilizados. O vetor sobre o mercado e as firmas aborda as possibilidades de negócio que vão explorar as tecnologias e recursos naturais. O último vetor está ligado às regras do jogo. Em outras palavras, o arcabouço institucional está preocupado sobre como o governo vai regular a utilização de recursos naturais e a exploração dos mercados (CASTRO et al., 2012). Portanto, políticas públicas são importantes para promover fontes renováveis de eletricidade, mas existem outros *drivers* que podem afetar fontes como a bioeletricidade.

O preço da eletricidade é outro *driver* que poderia afetar a produção de fontes alternativas. No Brasil, o preço da eletricidade considera condições hidrológicas, demanda por eletricidade, preço das fontes, custo deficitário, o ingresso de novos projetos e a disponibilidade da estrutura de geração e transmissão. Devido a predominância de usinas hidrelétricas na matriz brasileira, modelos matemáticos calculam o PLD para alcançar uma solução ótima entre o benefício presente do uso da água e o benefício futuro da sua estocagem (CCEE, 2019). Assim, a escassez de água puxa o preço da eletricidade para níveis mais altos. Além disso, se houver níveis baixos de água nos reservatórios, outras fontes de eletricidade terão que aumentar sua produção para suprir a demanda e evitar o uso das fontes hídricas. Consequentemente, a produção de eletricidade pelas fontes solar, eólica, biomassa, entre outras, é estimulada.

Nesse sentido, se a produção de hidreletricidade diminui, outras fontes devem aumentar sua produção para substituir esse déficit. Uma vez que existe a necessidade de produção elétrica

por outras fontes, a competição surge entre fontes renováveis e não renováveis, buscando implementar suas produções na rede elétrica do país. Entretanto, a competição entre elas em termos de preço é favorável para fontes convencionais não renováveis devido às características de cada tecnologia. Fontes convencionais são mais baratas do que fontes alternativas por causa do benefício da produção em massa e da economia de escala. Além disso, novas fontes renováveis são limitadas pelo alto custo de produção e o baixo retorno do investimento que possuem quando comparadas com fontes convencionais (MENANTEAU et al., 2003; GOLDEMBERG et al., 2004; LIAO et al., 2011). Sem políticas públicas para mitigar essas lacunas, a competição entre fontes convencionais e alternativas se tornam injustas. Uma vez que muitos países, incluindo o Brasil, estão tentando substituir fontes não renováveis, a queda da produção de não renováveis pode significar o aumento da produção de fontes renováveis.

Além de *drivers* setoriais, *drivers* econômicos também estão ligados ao setor elétrico. Apergis e Danuletiu (2014) descobriram uma interdependência entre o consumo de energia renovável e o crescimento econômico. Uma vez que a demanda puxa a oferta, o crescimento econômico poderia puxar a produção elétrica. De forma similar, Chen et al. (2007, p. 2620) testou a causalidade entre o PIB e o consumo de eletricidade em 10 países asiáticos e descobriram que houve “uma relação causal bidirecional de longo prazo e uma relação causal unidirecional de curto prazo do PIB para o consumo de eletricidade”. Entretanto, a conexão entre consumo de eletricidade e o PIB, que é um indicador de crescimento econômico, pode variar de país para país. Wolde-Rufael (2006) analisou a relação causal entre PIB e consumo de eletricidade em 17 países africanos e descobriu que houve casos de relação bidirecional e unidirecional, mas também casos em que nenhuma relação causal foi encontrada entre PIB e consumo de eletricidade. Assim, o efeito do PIB sobre o consumo de eletricidade também varia de país para país.

Outro *driver* que pode aumentar a produção de fontes alternativas de eletricidade é o crescimento do consumo total de eletricidade de um país. De acordo com Marques e Fuinhas (2011), existem três formas de suprir o consumo adicional de eletricidade: por fontes convencionais, por fontes alternativas e renováveis, ou por um mix de ambos. Se a demanda por eletricidade está crescendo, é necessário expandir a oferta de eletricidade, e isso pode ocorrer por meio de fontes alternativas. Assim, qualquer aumento no consumo de eletricidade pode ser elevar o uso de fontes alternativas.

Em resumo, a disponibilidade de matéria-prima, a tecnologia, as firmas e o mercado, o preço da eletricidade, o consumo de eletricidade, a disponibilidade de água, o PIB e a produção

de fontes convencionais de eletricidade são *drivers* que podem afetar a produção de eletricidade por fontes alternativas.

4.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O principal objetivo deste capítulo é estimar os efeitos dos *drivers* econômicos e setoriais sobre a produção de bioeletricidade no Brasil. O período dos dados analisados foi de 1985 a 2015. Todos os dados de produção foram coletados a partir da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Os dados sobre o consumo de eletricidade foram extraídos do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Os dados sobre o PIB brasileiro foram coletados da base de dados do Banco Mundial. Os dados sobre a produção de biomassa da cana-de-açúcar foram extraídos da União da Agroindústria Canavieira (UNICA). Considerando a afirmação de Cortez et al. (1992), que afirmam que 25% de toda a produção de cana-de-açúcar se torna biomassa, os dados sobre produção da biomassa foram estimados calculando 25% da produção da cana-de-açúcar por meio da base de dados da UNICA. Esses dados foram extraídos desta forma pela indisponibilidade de dados sobre a produção de biomassa no país.

Foi realizada uma transformação logarítmica nos dados para diminuir a assimetria entre eles. Gujarati e Porter (2011, p. 398) ressaltam que “a transformação logarítmica comprime as escalas em que as variáveis são medidas, reduzindo uma diferença de dez vezes entre dois valores para uma diferença de duas vezes”. Por isso, cada variável possui a sigla *ln* na sua identificação. As variáveis são apresentadas como *lnBio*, *lnH*, *lnNRE*, *lnCPC*, *lnPIBPC* e *lnBBR*.

4.3.1. Variáveis e hipóteses

Uma vez que o objetivo principal deste capítulo é estimar os efeitos dos *drivers* econômicos e setoriais sobre a bioeletricidade, a produção de bioeletricidade (*lnBio*) é a variável dependente do modelo, enquanto os *drivers* são as variáveis independentes. Em outras palavras, os *drivers* são adicionados ao modelo com intuito de verificar quais deles podem explicar a produção de bioeletricidade. Vale ressaltar que a bioeletricidade é entendida nesta tese como a eletricidade produzida utilizando a biomassa da cana-de-açúcar como matéria-prima.

A variável econômica escolhida nessa pesquisa foi o PIB brasileiro per capita (*lnPIBPC*). Essa variável foi incluída no modelo para mensurar os efeitos da renda. De acordo com Salim and Rafiq (2012), quanto maior a renda, maior é o consumo de eletricidade.

Ademais, Apergis and Danuletiu (2014) descobriu uma interdependência entre o consumo de energias renováveis e o crescimento econômico estudando 80 países em diversos continentes. Analisando 17 países africanos por meio de um teste de cointegração proposto por Pesaran et al. (2001) e uma versão modificada do teste de causalidade de Granger realizado por Toda e Yamamoto (1995), Wolde-Rufael (2006) descobriu países que não apontaram relação entre consumo de energias renováveis e o crescimento econômico, embora a maioria deles tenham indicado uma relação positiva. A bioeletricidade é uma fonte renovável usada no país que poderia ser afetada pelo PIB. Assim, foi testada a seguinte hipótese: H1 – existe uma relação entre PIB per capita e a produção de bioeletricidade. Acredita-se que se o PIB per capita aumenta, a produção de bioeletricidade também aumentará, e vice-versa, mostrando que há uma relação em ambas as direções.

Uma das variáveis setoriais selecionadas foi a disponibilidade de biomassa (*lnBBR*). A biomassa da cana-de-açúcar é essencial para a produção de bioeletricidade e, obviamente, depende da produção da cana. Se o número de toneladas de cana processada diminui, a produção de biomassa diminuirá, o que poderia contribuir para a diminuição da produção da bioeletricidade. Uma vez que Castro et al. (2012) enfatiza a importância de considerar recursos naturais para exploração econômica do setor elétrico, a disponibilidade de biomassa possibilita a produção de bioeletricidade. Assim, a segunda hipótese é: H2 – a produção da biomassa da cana afeta a produção de bioeletricidade. Como há a necessidade de biomassa da cana para produzir bioeletricidade, acredita-se que quanto mais biomassa disponível para as indústrias, mais bioeletricidade será produzida. Assim, pode existir efeitos da produção da biomassa da cana sobre a produção de bioeletricidade.

A produção hidrelétrica (*lnH*) e a produção de fontes não renováveis de eletricidade (*lnNRE*) são outras duas variáveis setoriais. Primeiramente, como a hidreletricidade predomina no Brasil, outras fontes podem ser encaradas como concorrentes. Mantendo tudo mais constante, se a participação de hidreletricidade diminui, a participação da bioeletricidade pode aumentar. Se ambas as fontes produzissem eletricidade na potência máxima, haveria desperdício de eletricidade. Então, se a bioeletricidade aumenta sua participação na produção total, usinas hidrelétricas podem armazenar água para futuras necessidades. Assim, a terceira hipótese é a seguinte: H3 – Existem efeitos mútuos entre produção de hidreletricidade e produção de bioeletricidade. A mesma ideia de competição é aplicada para fontes não renováveis. Assim, a quarta hipótese é: H4 – Existem efeitos mútuos entre a produção elétrica de fontes não renováveis e a produção de bioeletricidade. Quando existe demanda por

eletricidade e a hidreletricidade não consegue suprir, as fontes renováveis e não renováveis competem para adicionar a eletricidade necessária.

Por fim, a última variável escolhida para esse modelo é o consumo de eletricidade per capita (*lnCPC*). O constante crescimento da produção elétrica puxada pelo consumo chama a atenção para a produção adicional por meio de fontes não convencionais. De acordo com Marques and Fuinhas (2011), o consumo de eletricidade adicional pode ser implementado por fontes convencionais, alternativas e um mix de ambas. Uma vez que o Brasil estava tentando diversificar sua matriz elétrica, uma parcela de produção elétrica adicional pode ser preenchida por fontes alternativas como a bioeletricidade. Portanto, isso leva à quinta hipótese: H5 – O consumo de eletricidade influencia a produção de bioeletricidade. Acredita-se que se a demanda por eletricidade aumenta, a produção de bioeletricidade pode ser usada para suprir tal demanda.

4.3.2. Modelo

Um conjunto de séries temporais foi selecionado para analisar o relacionamento das variáveis selecionadas. Um dos principais métodos para analisar essa relação é o modelo VAR, mas alguns testes devem ser realizados anteriormente para saber se esse modelo vai se encaixar na nossa análise. De acordo com Gujarati e Porter (2011, p. 783), o modelo VAR tem algumas vantagens:

(1) é um método simples; ninguém precisa preocupar-se em determinar quais variáveis são endógenas e quais são exógenas; todas as variáveis em VAR são endógenas; (2) a estimação é simples; o método habitual dos MQO pode ser aplicado em cada equação separadamente; (3) as previsões obtidas por esse método são, em muitos casos, melhores do que as obtidas com base em modelos mais complexos de equações simultâneas.

Entretanto, Gujarati e Porter (2011) afirmam que existem também problemas nos modelos VAR, por exemplo: a) uma vez que o modelo VAR usa menos informação, ele é considerado um modelo “ateórico” comparado com modelos de equações simultâneas; b) a escolha adequada do número de defasagens na modelagem do VAR; c) o modelo VAR é melhor quando as séries temporais são estacionárias. Para resolver esses problemas, adicionou-se mais informações sobre as variáveis e explicou-se como elas poderiam estar conectadas, utilizou-se um modelo de critério de ordem de seleção com vários testes que identificam o número ótimo de defasagens, e utilizou-se um teste para identificar se as séries temporais são estacionárias ou não.

Assim, o teste Dickey-Fuller Aumentado (ou ADF) para raiz unitária foi utilizado para identificar se as séries temporais são estacionárias ou não, o que resolveria um dos problemas

da utilização do modelo VAR. Embora o modelo VAR seja usado para séries estacionárias, o modelo de correção de erros (VECM) também poderia ser usado para séries estacionárias quando existem séries temporais cointegradas. Por isso, foi utilizado também o teste de cointegração de Johansen para identificar qual dos dois modelos seriam mais apropriados.

O primeiro passo para testar a raiz unitária e para o teste de cointegração é estimar o número de defasagens por meio do critério de ordem de seleção. O comando *varsoc* no Stata é usado para obter o número de defasagens que pode ser utilizado tanto para o VAR quanto para o VECM. Os resultados deste teste estão na Tabela 5.

Tabela 5 – Critério de ordem de seleção

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	105,478				2,50E-11	-7,36877	-7,28315	-7,08081
1	249,296	287,64	36	0,000	9,30E-15	-15,3553	-14,7559	-13,3395
2	292,499	86,406	36	0,000	8,50E-15	-15,8888	-14,7757	-12,1453
3	372,749	160,5*	36	0,000	1,50E-15	-19,1666*	-17,5397*	-13,6953*
4	.	.	36	.	-1,0e-78*	.	.	.

* defasagem selecionada pelo critério.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os testes *sequential modified likelihood-ratio* (LR), *Akaike information criterion* (AIC), *Hannan-Quinn information criterion* (HQIC) e *Schwarz's Bayesian information criterion* (SBIC) selecionaram 3 defasagens como um número ótimo, conforme indicado na Tabela 5. Embora o teste *final prediction error* (FPE) selecionou 4 defasagens como número ótimo, escolheu-se 3 defasagens para o modelo devido a maioria dos testes estarem apontando para esse número.

Depois de definir o número de defasagens, o teste de raiz unitária foi aplicado. Nesse modelo utilizou-se o ADF com tendência (DICKEY; FULLER, 1979). A Tabela 6 mostra os resultados do teste ADF para raiz unitária.

Tabela 6 - Teste ADF para raiz unitária com 3 defasagens

variable	test statistic	1% critical value	5% critical value	10% critical value	p-value
lnBio	-2,220	-4,362	-3,592	-3,235	0,4788
lnH	-1,438	-4,362	-3,592	-3,235	0,8495
lnNRE	-2,588	-4,362	-3,592	-3,235	0,2852
lnCPC	-3,438	-4,362	-3,592	-3,235*	0,0465
lnPIBPC	-2,659	-4,362	-3,592	-3,235	0,2536
lnBBR	-2,267	-4,362	-3,592	-3,235	0,4525

* hipótese nula rejeitada com valor crítico de 10%.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O teste ADF mostra se as variáveis são estacionárias (sem raiz unitária) ou não (com raiz unitária). Assim, a hipótese nula é que a variável selecionada possui raiz unitária ou não é estacionária, e a hipótese alternativa é que a variável selecionada não possui raiz unitária ou é

estacionária. A análise do teste ADF implica que a variável possui raiz unitária se o valor absoluto do *test statistic* é mais próximo de zero do que o valor absoluto do *critical value*. Em outras palavras, a hipótese nula não pode ser rejeitada. Se o valor absoluto do *critical value* é menor do que o valor absoluto do *test statistic*, significa que a variável não possui raiz unitária. A Tabela 6 mostra que todas as variáveis possuem raiz unitária, considerando o *critical value* em 5%.

O modelo VAR geralmente é aplicado para séries estacionárias, enquanto que o VECM é usado para séries não estacionárias. Apesar do teste de raiz unitária ter demonstrado que as variáveis são estacionárias, o VECM poderia ser usado se existirem variáveis cointegradas. Assim, o teste de cointegração de Johansen é necessário para identificar se existem variáveis cointegradas no modelo. A Tabela 7 apresenta os resultados para o teste de cointegração de Johansen.

Tabela 7 – Teste de cointegração de Johansen

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	78	269,29625	,	218,0721	94,15
1	89	319,45055	0,97219	117,7635	68,52
2	98	339,11357	0,75451	78,4375	47,21
3	105	353,78707	0,6494	49,0905	47,21
4	110	368,33933	0,64635	19,9859	15,41
5	113	376,12155	0,42643	4,4215	3,76
6	114	37833229	0,14607		
maximum rank	parms	LL	eigenvalue	max statistic	5% critical value
0	78	269,29625	.	100,3086	39,37
1	89	319,45055	0,97219	39,3260	33,46
2	98	339,11357	0,75451	29,3470	27,07
3	105	353,78707	0,6494	29,1045	20,97
4	110	368,33933	0,64635	15,5645	14,07
5	113	376,12155	0,42643	4,4215	4,76
6	114	37833229	0,14607		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O modelo VAR e VECM são frequentemente usados para estimar séries temporais multivariadas quando se trata de modelos lineares. Uma vez que o teste de cointegração de Johansen mostrou que não existem variáveis cointegradas, o modelo VAR é escolhido para identificar as relações entre as variáveis de interesse. Nesse modelo, cada variável é explicada pelos seus próprios valores defasados, os valores defasados das outras variáveis no modelo e o erro. Assim, o modelo VAR é utilizado para identificar movimentos conjuntos entre várias séries temporais, demonstrando possíveis interdependências entre elas. Uma equação básica para duas variáveis (X e Y) para o VAR é:

$$X_{1t} = \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{t-j} + \varepsilon_{1t}$$

$$Y_t = \alpha' + \sum_{j=1}^k \theta_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{t-j} + \varepsilon_{2t}$$

Em que X é a variável dependente e Y representa as variáveis independentes, α é o intercepto, β_j , γ_j e θ_j representam os coeficientes defasados das variáveis, k é o número de defasagens, t é o tempo e ε_t são os termos do erro estocástico. Para aplicação neste estudo, os modelos a serem estimados são:

$$\begin{aligned} \ln Bio_t &= \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_i \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_i \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_i \ln NRE_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_i \ln CPC_{t-j} \\ &+ \sum_{j=1}^k \beta_i \ln PIBPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \beta_i \ln BBR_{t-j} + \varepsilon_{1t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln H_t &= \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln NRE_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln CPC_{t-j} \\ &+ \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln PIBPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln BBR_{t-j} + \varepsilon_{2t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln NRE_t &= \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln NRE_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln CPC_{t-j} \\ &+ \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln PIBPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln BBR_{t-j} + \varepsilon_{3t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln CPC_t &= \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln CPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln NRE_{t-j} \\ &+ \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln PIBPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln BBR_{t-j} + \varepsilon_{4t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln PIBPC_t = & \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln PIBPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln NRE_{t-j} \\ & + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln CPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln BBR_{t-j} + \varepsilon_{5t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ln BBR_t = & \alpha + \sum_{j=1}^k \beta_j \ln BBR_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln Bio_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln H_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln NRE_{t-j} \\ & + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln CPC_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j \ln PIBPC_{t-j} + \varepsilon_{6t} \end{aligned}$$

Como o modelo VAR indicará se há correlação entre as variáveis, o teste de causalidade de Granger surge como complemento do modelo VAR na medida em que utiliza as séries temporais para identificar a direção da causalidade. Em outras palavras, é possível identificar se há causalidade unidirecional (por exemplo, $\ln Bio$ influencia $\ln H$), bidirecional ($\ln Bio$ influencia $\ln H$ e $\ln H$ influencia $\ln Bio$) ou se não há causalidade entre as variáveis ($\ln Bio$ não influencia $\ln H$ e $\ln H$ não influencia $\ln Bio$). Granger (1969) explica que uma variável X Granger-causeia Y se os valores passados de X são úteis para melhorar a previsão de Y. Assim, a intenção de usar o teste de causalidade de Granger é de descobrir se “uma variável é capaz de prever outra” (BUENO, 2012, p. 223). Uma fórmula básica para do teste de causalidade de Granger seria:

$$X_t = \sum_{i=1}^n \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \beta_j X_{t-j} + u_{1t}$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n \gamma_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^n \delta_j X_{t-j} + u_{2t}$$

Em que α_i , β_j , γ_i e δ_j são os coeficientes defasados das variáveis, t é o tempo, n é o número de defasagens, e u_{1t} e u_{2t} são os termos de erro que supõem-se não estarem correlacionados. Desta forma, os resultados obtidos pelo modelo VAR e causalidade de Granger são apresentados em seguida.

4.4. RESULTADOS

4.4.1. O modelo VAR e o teste de causalidade de Granger

Seguindo o que foi sugerido pelo teste de cointegração de Johansen, usou-se um modelo VAR para analisar os efeitos entre as variáveis. Os resultados do modelo VAR são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – O modelo VAR

Sample: 1988 - 2015	No. of obs = 28
Log likelihood = 378,3323	(lutstats) AIC = -36,33671
FPE = 1,50e-15	HQIC = -34,76582
Det(Sigma_ml) = 7,39e-20	SBIC = -31,19821

Equation	Parms	RMSE	R-sq	F	P > F	
lnBio	19	,113191	0,9956	112,4568	0,000	
lnH	19	,22485	0,9969	162,8015	0,000	
lnNRE	19	,126918	0,9923	64,19597	0,000	
lnCPC	19	,016062	0,9974	195,4789	0,000	
lnPIBPC	19	,140049	0,9786	22,87652	0,000	
lnBBR	19	,060267	0,9922	63,9627	0,000	

	Coef.	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
lnBio						
lnBio						
L1.	,5235674	,3134616	1,67	0,129	-,185532	1,232667
L2.	,209169	,3790733	0,06	0,957	-,8366064	,8784402
L3.	,2958208	,3492105	0,85	0,419	-,4941482	1,08579
lnH						
L1.	-1,0169	2,536526	-0,40	0,698	-6,75492	4,72112
L2.	2,341369	3,861583	0,61	0,559	-6,394138	11,07688
L3.	-,0123007	3,299463	-0,00	0,997	-7,476205	7,451604
lnNRE						
L1.	-,369623	,5599302	-0,66	0,526	-1,636273	,8970271
L2.	,5254486	,6018917	0,87	0,405	-,836125	1,887022
L3.	-,1302231	,3535169	-0,37	0,721	-,929934	,6694877
lnCPC						
L1.	-,4596208	3,563643	-0,13	0,900	-8,521141	7,6019
L2.	-3,340609	4,251669	-0,79	0,452	-12,95855	6,277334
L3.	3,111818	4,383441	0,71	0,496	-6,804213	13,02785
lnPIBPC						
L1.	,4012062	,2796097	1,43	0,185	-,2313147	1,033727
L2.	,0088776	,2809271	0,03	0,975	-,6266238	,6443789
L3.	-,2244944	,3473559	-0,65	0,534	-1,010268	,5612793
lnBBR						
L1.	,1428225	,5644773	0,25	0,806	-1,134114	1,419759
L2.	-,1964497	,6712174	-0,29	0,776	-1,714849	1,32195
L3.	-23,63121	,5274813	-0,45	0,665	-1,429558	,9569334

_cons	-17,82942	59,97686	-0,30	0,773	-153,5065	117,8477
lnH						
lnBio						
L1.	0,126137	,0622139	2,03	0,073	-,0146007	,2668748
L2.	,0303892	,0752361	0,40	0,696	-,1398068	,2005852
L3.	-,2014543	,0693092	-2,91	0,017	-,3582425	-,0446661
lnH						
L1.	-,2555192	,5034342	-0,51	0,624	-1,394366	,883328
L2.	,9900413	,7664234	1,29	0,229	-,7437288	2,713811
L3.	1,174062	,6548573	1,79	0,107	-,307328	2,655452
lnNRE						
L1.	-,1490571	,1111315	-1,34	0,213	-,4004541	,1023398
L2.	-,0465616	0,1194598	-0,39	0,706	-,3167984	,2236752
L3.	,1908565	,0701639	2,72	0,024	,0321348	,3495782
lnCPC						
L1.	-,0332534	,7072901	-0,05	0,964	-1,633255	1,566748
L2.	-,869988	,8438452	-1,03	0,329	-2,778898	1,038922
L3.	-,6036706	,8699985	-,069	,0505	-2,571744	1,364403
lnPIBPC						
L1.	-,0744145	,0554952	-1,34	0,213	-,1999534	,0511244
L2.	,090528	0,557567	1,62	0,139	-,0356024	,2166584
L3.	-,0415763	0,689411	-0,60	0,561	-,1975319	,1143793
lnBBR						
L1.	,2819876	,112034	2,52	,033	,0285491	,5354261
L2.	,0411757	,1332191	0,31	0,764	-,2601869	,3425383
L3.	-,2010613	,1046913	-1,92	0,087	-,4378894	0,357667
_cons	-21,74118	11,90384	-1,83	0,101	-48,66954	5,187174
lnNRE						
lnBio						
L1.	-,1062557	,3511652	-0,30	0,769	-,9006465	,6881351
L2.	-,2268274	,4246686	-0,53	0,606	-1,187485	,7338399
L3.	1,215482	,3912139	3,11	0,013	,330495	2,10047
lnH						
L1.	9,541328	2,841622	3,36	0,008	3,113132	15,96952
L2.	-11,54821	4,326059	-2,67	0,026	-21,33444	-1,761988
L3.	2,18891	3,696327	0,59	0,568	-6,172762	10,55058
lnNRE						
L1.	1,783611	,6272792	2,84	0,019	,3646064	3,202615
L2.	-,8715424	,6742879	-1,29	0,228	-2,396888	,6538029
L3.	-,3960436	,3960384	-1,00	0,343	-1,291945	,4998575
lnCPC						
L1.	-7,303461	3,992282	-1,83	0,101	-16,33463	1,727709
L2.	11,87784	4,763064	2,49	0,034	1,103039	22,65264
L3.	-4,403657	4,910686	-0,90	0,393	-15,5124	6,705086
lnPIBPC						
L1.	,209447	,3132414	0,67	0,521	-,4991543	,9180484
L2.	-,4187509	,3147174	-1,33	0,216	-1,130691	,2931893
L3.	,1128254	,3891363	,29	0,778	-,7674621	,9931129
lnBBR						
L1.	-1,033519	,6323733	-1,63	0,137	-2,464047	,3970087

	L2.	-,1646674	,7519523	-0,22	0,832	-1,865702	1,536367
	L3.	,3796565	,5909273	0,64	0,537	-,957114	1,716427
	cons	6,384346	67,19094	0,10	0,926	-145,6121	158,3808
	lnCPC						
	lnBio						
	L1.	,1018693	,0444418	2,29	0,048	,0013349	,2024038
	L2.	,0023541	,0537441	0,04	0,966	-,1192235	,1239317
	L3.	,0609591	0,495102	1,23	0,249	-,0510408	,172959
	lnH						
	L1.	,3409313	,3596226	0,95	0,368	-,47255915	1,154454
	L2.	-,8198842	,547486	-1,50	0,168	-2,058384	,4186151
	L3.	1,400945	,46779	2,99	0,015	,3427304	2,45916
	lnNRE						
	L1.	,276065	0,793856	0,35	0,736	-,1519761	,2071892
	L2.	-,2059118	,0853348	-2,41	0,039	-,3989525	-,0128712
	L3.	,1081148	,0501208	2,16	0,059	-,0052663	,2214959
	lnCPC						
	L1.	-,0971546	,5052448	-0,19	0,852	-1,240098	1,045789
	L2.	,8256852	,6027914	1,37	0,204	-,5379237	2,189294
	L3.	-1,592896	,6214737	-2,56	0,031	-2,998767	-,1870245
	lnPIBPC						
	L1.	-,0577409	,0396424	-1,46	0,179	-,1474182	,0319364
	L2.	,0290547	,0398292	0,73	0,484	-,0610451	,1191546
	L3.	-,0070237	,0492473	-0,14	0,890	-,1184288	,1043814
	lnBBR						
	L1.	,1121767	,0800302	1,40	0,195	-,0688643	,2932177
	L2.	-,0562685	,0951636	-0,59	0,569	-,2715435	,1590065
	L3.	-,0260543	,074785	-0,35	0,736	-,1952298	,1431212
	cons	-24,20161	8,503375	-2,85	0,019	-43,43758	-4,965642
	lnPIBPC						
	lnBio						
	L1.	1,18924	,3874975	3,07	0,013	,3126601	2,065821
	L2.	-,2145373	,4686058	-0,46	0,658	-1,274597	,8455226
	L3.	-,0953329	,4316898	-0,22	0,830	-1,021883	,8812173
	lnH						
	L1.	-6,386588	3,135623	-2,04	0,072	-13,47986	,7066833
	L2.	8,564444	4,773642	1,79	0,106	-2,234285	19,36317
	L3.	-1,665203	4,078757	-0,41	0,693	-10,89199	7,561586
	lnNRE						
	L1.	-1,992501	,6921789	-2,88	0,018	-3,558319	-,426684
	L2.	,4988207	,7440513	0,67	0,519	-1,19434	2,181982
	L3.	-,1225847	,4370134	-0,28	0,785	-1,111178	,8660083
	lnCPC						
	L1.	8,423264	4,405332	1,91	0,088	-1,542291	18,38882
	L2.	-7,282953	5,255861	-1,39	0,199	-19,17254	4,606632
	L3.	4,412597	5,418756	0,81	0,436	-7,845481	16,67068
	lnPIBPC						
	L1.	-,1560077	,3456501	-0,45	0,662	-,9379225	,6259071
	L2.	-,0759523	,3472787	-0,22	0,832	-,8615514	,7096468
	L3.	-,6986147	,4293972	-1,63	0,138	-1,669979	,2727493

lnBBR						
L1.	,8997718	,6978	1,29	0,229	-,6787615	2,478305
L2.	-1,022482	,8297509	-1,23	0,249	-2,899509	,8545447
L3.	,5103747	,652066	0,78	0,454	-,964701	1,98545
_cons	50,33434	74,14267	0,68	0,514	-117,388	218,0567
lnBBR						
lnBio						
L1.	,3449009	,1667511	2,07	0,069	-,0323164	,7221182
L2.	-,1683194	,2016544	-0,83	0,425	-,6244932	,2878544
L3.	-,040149	,1857683	-0,22	0,834	-,4603862	,3800882
lnH						
L1.	-,7484971	1,349347	-0,55	0,593	-3,800933	2,303939
L2.	,4131448	2,054233	0,20	0,845	-4,233854	5,060144
L3.	,540932	1,755205	0,31	0,765	-3,429617	4,511481
lnNRE						
L1.	-,2087833	,2978642	-0,70	0,501	-,8825989	,4650323
L2.	-,0575655	,3201863	-0,18	0,861	-,7818773	,6667463
L3.	,2444912	,1880592	1,30	0,226	-,1809284	,6699107
lnCPC						
L1.	,3020338	1,895739	0,16	0,877	-3986427	4,590494
L2.	,6046918	2,261746	0,27	0,795	-4,511733	5,721117
L3.	-,3493966	2,331844	-0,15	0,884	-5,624395	4,925602
lnPIBPC						
L1.	,0247421	,148743	0,17	0,872	-,311738	,3612222
L2.	0,76381	,1494439	0,51	0,622	-2616846	,4144465
L3.	-,1305109	,1847818	-0,71	0,498	-,5485164	,2874945
lnBBR						
L1.	,8068117	,3002831	2,69	0,025	,1275241	1,486099
L2.	-,3899079	,3570653	-1,09	0,303	-1,197646	,4178299
L3.	-,0986644	,2806025	-0,35	0,733	-,7334313	,5361024
_cons	8,039297	31,90569	0,25	0,807	-64,13639	80,21498

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os resultados do modelo VAR mostram se existe ou não interdependência entre variáveis dependente e independentes. Quando *lnBio* é uma variável dependente, os resultados do VAR não demonstraram relação com as variáveis independentes, considerando o *P value* em 10%. Quando *lnH* é uma variável dependente, os resultados do *P value* em 10% para *lnBio* com 1 e 3 defasagens, *lnNRE* com 3 defasagens e *lnBBR* com 1 e 3 defasagens mostraram relação com *lnH*. Colocando *lnNRE* como variável dependente, os resultados de *lnBio* com 1 defasagem, *lnH* com 1 defasagem e *lnCPC* com 1 e 2 defasagens estão afetando *lnNRE*. Considerando *lnCPC* como variável dependente, *lnBio* com defasagem 1, *lnH* com 3 defasagens e *lnNRE* com 2 e 3 defasagens afetam a variável dependente. Com *lnPIBPC* como

variável dependente, $\ln Bio$, $\ln H$, $\ln NRE$ e $\ln CPC$ com 1 defasagem estão afetando $\ln PIBPC$. Por fim, $\ln Bio$ com 1 defasagem afeta $\ln BBR$ como variável dependente.

Ao invés de explicar separadamente a causalidade entre as variáveis com 1, 2 ou 3 defasagens, a causalidade de Granger mostra a causalidade usando 1, 2 e 3 defasagens em conjunto. Desta forma, a causalidade de Granger foi realizada considerando 3 defasagens em todas as variáveis. A hipótese nula nesse teste é que as variáveis independentes não causam a variável dependente. Nessa análise, se o *P value* é menor do que 10% rejeita-se a hipótese nula, o que significa que a variável independente Granger-causa a variável dependente. Os resultados do teste de causalidade de Granger não apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Teste de causalidade de Granger

Equation	Excluded	F	df	df_r	Prob > F
lnBio	lnH	,59992	3	9	0,6311
lnBio	lnNRE	,25878	3	9	0,8533
lnBio	lnCPC	,80025	3	9	0,5243
lnBio	lnPIBPC	1,6639	3	9	0,2433
lnBio	lnBBR	,29342	3	9	0,8293
lnBio	ALL	1,4528	15	9	0,2905
lnH	lnBio	3,5103	3	9	0,0624**
lnH	lnNRE	4,0775	3	9	0,0439*
lnH	lnCPC	1,923	3	9	0,1964
lnH	lnPIBPC	1,2633	3	9	0,3441
lnH	lnBBR	5,0606	3	9	0,0252*
lnH	ALL	5,8474	15	9	0,0056
lnNRE	lnBio	3,574	3	9	0,0599**
lnNRE	lnH	3,9074	3	9	0,0486*
lnNRE	lnCPC	2,6612	3	9	0,1115
lnNRE	lnPIBPC	,68345	3	9	0,5842
lnNRE	lnBBR	1,5865	3	9	0,2597
lnNRE	ALL	2,8436	15	9	0,0587
lnCPC	lnBio	3,5439	3	9	0,0611**
lnCPC	lnH	4,6043	3	9	0,0324*
lnCPC	lnNRE	3,2442	3	9	0,0743**
lnCPC	lnPIBPC	1,0229	3	9	0,4273
lnCPC	lnBBR	,9848	3	9	0,4424
lnCPC	ALL	2,4407	15	9	0,0056
lnPIBPC	lnBio	3,2684	3	9	0,0731**
lnPIBPC	lnH	1,5916	3	9	0,2586
lnPIBPC	lnNRE	3,8326	3	9	0,0509*
lnPIBPC	lnCPC	1,4246	3	9	0,2986
lnPIBPC	lnBBR	,68785	3	9	0,5818
lnPIBPC	ALL	2,4407	15	9	0,0895
lnBBR	lnBio	1,5075	3	9	0,2779
lnBBR	lnH	,2085	3	9	0,888
lnBBR	lnNRE	,9813	3	9	0,4438
lnBBR	lnCPC	,14285	3	9	0,9317
lnBBR	lnPIBPC	,35057	3	9	0,7899
lnBBR	ALL	2,6253	15	9	0,0735

* P value at 5%

** P value at 10%

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 9, nenhuma das variáveis independentes são representativas em 10% para explicar *lnBio*, de forma semelhante com os resultados do modelo VAR. Considerando *lnH* como variável dependente, os resultados mostraram que *lnH* é explicada por *lnNRE* e *lnBBR* em 5% e por *lnBio* em 10%. Obtendo *lnNRE* como variável dependente, ambas *lnBio* e *lnH* estão Granger-causando *lnNRE* com *P value* em 10% e 5%, respectivamente. A variável independente *lnH* em 5%, e *lnBio* e *lnNRE* em 10% estão Granger-causando *lnCPC*. *lnBio* em 10% e *lnNRE* em 5% também Granger-causam *lnPIBPC*.

Por fim, nenhuma das variáveis independentes estão explicando $\ln BBR$. A Tabela 10 traz um resumo das causalidades de Granger entre as variáveis.

Tabela 10 – Resumo das causalidades de Granger

Direção da causalidade de Granger
$\ln Bio \rightarrow \ln H$
$\ln Bio \rightarrow \ln NRE$
$\ln Bio \rightarrow \ln CPC$
$\ln Bio \rightarrow \ln PIBPC$
$\ln NRE \leftrightarrow \ln H$
$\ln NRE \rightarrow \ln CPC$
$\ln NRE \rightarrow \ln PIBPC$
$\ln H \rightarrow \ln CPC$
$\ln BBR \rightarrow \ln H$

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5. DISCUSSÃO

Os resultados do modelo VAR e do teste de causalidade de Granger mostraram que nenhum dos *drivers* escolhidos puderam explicar $\ln Bio$. A principal explicação para esse resultado é que as fontes renováveis de eletricidade precisam de outros tipos de impulso para ser implementadas e desenvolvidas. De acordo com Mazzucato (2014), “a indústria verde”, como da bioeletricidade, precisa de políticas de longo prazo para ser desenvolvida. As empresas ficarão longe desse setor principalmente por causa das incertezas de tecnologia e mercado. A tecnologia usada para produzir bioeletricidade é bem conhecida no setor sucroenergético, mas existiam formas limitadas de comercialização no mercado até 1995. Um exemplo disso é a Usina São Francisco de Sertãozinho-SP, que fechou um acordo de fornecimento de bioeletricidade com a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) em 1987.

Entretanto, somente depois do modelo de livre mercado (de 1995 a 2003) e do novo marco regulatório (criado em 2004) que as fontes alternativas começaram a aumentar a participação de mercado no setor elétrico brasileiro. O governo criou mecanismos de comercialização de eletricidade no mercado e incentivos para promover as fontes alternativas. Antes das duas mudanças no regulatório e incentivos para fontes alternativas, o mercado estava dedicado à produção de eletricidade por fontes hídricas. O setor sucroenergético tinha uma enorme quantidade de biomassa de cana-de-açúcar disponível, mas sem uma atividade rentável. O mercado para fontes alternativas no Brasil também não existia. As firmas não estavam interessadas em exportar bioeletricidade para a rede devido às incertezas de mercado. Assim, o governo interferiu no setor elétrico para mudar esse cenário.

Depois das duas mudanças no regulatório e os incentivos, a bioeletricidade começou a aumentar. Sabe-se que fontes renováveis precisam de políticas públicas para serem promovidas. Entretanto, como Castro et al. (2012) afirmou, o arcabouço institucional é um dos elementos necessários para a exploração econômica do setor elétrico. A disponibilidade de biomassa da cana usada como matéria-prima também é importante. Uma vez que sem biomassa não há produção de bioeletricidade, a capacidade de biomassa de cada firma direcionada para bioeletricidade forma o potencial de produção de bioeletricidade de um país. De acordo com Cortez et al., (1992), cerca de 25% da produção de cana-de-açúcar se torna biomassa para produção de bioeletricidade. Quanto mais biomassa as firmas tem, mais bioeletricidade as firmas podem produzir.

Embora a biomassa seja importante para a produção da bioeletricidade, a variável $\ln BBR$ também não explicou $\ln Bio$. O motivo é que a biomassa sempre esteve disponível, mas a produção de bioeletricidade para comercialização em maior escala é recente. A taxa geométrica de crescimento da última década de análise (2005-2015) foi de 5,64% para produção de biomassa e 16,13% para a produção de bioeletricidade (UNICA, 2017; EPE, 2018). O maior crescimento da produção de bioeletricidade demonstra uma evolução mais recente, principalmente devido à entrada de mais firmas produtoras.

A tecnologia para produção de bioeletricidade também é importante. O sistema de cogeração no setor sucroenergético é conhecido há muito tempo. Entretanto, o principal objetivo das firmas não era produzir bioeletricidade, mas queimar biomassa para produzir energia para a planta e também eliminar a biomassa restante. Depois das mudanças ocorridas, as firmas readequaram a tecnologia industrial para que pudessem produzir bioeletricidade com mais eficiência, possibilitando a comercialização no mercado.

Atualmente, o setor sucroenergético pode vender bioeletricidade para distribuidoras no mercado livre e também participar de leilões no mercado regulado. Além disso, o governo criou a tripla base de incentivos que abarcou políticas de mercado, encargos e recursos financeiros que estimularam a entrada das firmas do setor sucroenergético no setor elétrico. Como a matéria-prima e a tecnologia estavam disponíveis, só faltava ter o mercado propício para realização das transações.

O modelo criado para analisar os efeitos de *drivers* econômicos e setoriais sobre a produção de bioeletricidade não incluiu as políticas públicas diretamente. As mudanças ambientais promovidas por políticas governamentais podem ter influenciado os resultados do modelo econométrico e da bioeletricidade. Além disso, o preço da eletricidade é outro *driver*

que poderia ter influenciado a produção de bioeletricidade, mas que, por limitações de dados, não foi incluído nesse modelo. Um preço atrativo nos mercados aberto ou regulado poderia ter estimulado as firmas a produzir bioeletricidade e obter uma receita extra da produção de cana. A disponibilidade de água nos reservatórios das hidrelétricas é outro *driver* que poderia influenciar a produção de bioeletricidade, mas que não foi adicionado ao modelo devido à limitação de dados.

Quando $\ln H$ é definido como variável dependente, existem 3 variáveis independentes que poderiam explicar a produção de hidrelétricas. Sabe-se que a água é a principal fonte de eletricidade no Brasil. Por essa razão, por muitas décadas o setor hidrelétrico teve entre 80% a 90% de toda a produção de eletricidade no país. Tanto a bioeletricidade quanto as fontes não renováveis de eletricidade são substitutas da hidreletricidade. Assim, quando a produção por hidrelétricas diminui, principalmente devido à falta de chuvas, as indústrias substitutas aumentam sua produção para suprir a demanda. A produção de eletricidade por outras fontes ajuda as hidrelétricas a armazenar água para uso futuro, mantendo um equilíbrio adequado da matriz elétrica brasileira. Como pode ser observado no Gráfico 5, quando a participação de mercado das hidrelétricas aumenta, a participação da bioeletricidade e fontes não renováveis diminui. Da mesma forma, quando as hidrelétricas diminuem a participação na matriz elétrica, a bioeletricidade e as fontes não renováveis aumentam.

A explicação da produção brasileira de biomassa sobre a produção das hidrelétricas está conectada à bioeletricidade. Sabe-se que a biomassa da cana é a matéria-prima para a produção de bioeletricidade no setor sucroenergético. Assim, se a quantidade de biomassa diminui no país, a quantidade de bioeletricidade também diminuirá. Como consequência, menos bioeletricidade leva ao suprimento de eletricidade por outras fontes. Se não existe outra fonte para suprir a demanda, as hidrelétricas não armazenarão água para uso futuro e produzirá hidreletricidade no período presente. De forma oposta, se existe uma grande quantidade de biomassa e pouca chuva, as hidrelétricas poderão armazenar água para uso futuro e o setor sucroenergético ofertará mais bioeletricidade para a rede. Um dos pontos fortes da bioeletricidade é que a colheita da cana ocorre em períodos de seca. Portanto, a bioeletricidade será mais ofertada em períodos de menor quantidade de chuva.

Quando $\ln NRE$ é selecionada como variável dependente, tanto $\ln Bio$ quanto $\ln H$ são variáveis independentes que afetam a produção de fontes não renováveis de eletricidade. A razão é a mesma que foi observada na análise da $\ln H$, ou seja, eles são produtos substitutos. Quando a produção de bioeletricidade e hidreletricidade diminuem, então fontes não renováveis

devem suprir a demanda por eletricidade. No Brasil, a eletricidade é despachada considerando aquelas que possuem um menor preço. A hidreletricidade é usada primeiro porque ela é mais barata do que as outras fontes. Quando há falta de chuvas e baixo nível dos reservatórios, o governo tende a armazenar água para uso futuro, escolhendo a próxima fonte mais barata de eletricidade. Geralmente, a segunda fonte mais barata é proveniente de fontes não renováveis. Entretanto, uma vez que o governo tem estimulado as fontes alternativas, essas fontes tem aumentado sua participação. A bioeletricidade melhorou sua eficiência investindo em melhores tecnologias e genética, refletindo em custos de produção mais baixos. Isso tornou mais acirrada a competição entre bioeletricidade e fontes não renováveis. Ademais, há a tendência de se usar mais fontes renováveis de eletricidade no Brasil, como a bioeletricidade e a eólica, principalmente devido a necessidade de diversificar a matriz elétrica e aos acordos firmados em Kyoto e, mais recentemente, em Paris.

Quando $\ln CPC$ é analisada como uma variável dependente, os resultados mostraram que a bioeletricidade, hidreletricidade e as fontes não renováveis de eletricidade estão explicando o consumo per capita. Isso faz sentido, uma vez que o consumo de eletricidade é suprido por todas as fontes de eletricidade do país. Como a eletricidade ainda não pode ser armazenada, a produção é igual ao consumo (STOFT, 2002). Entretanto, é necessário existir a produção de eletricidade antes do consumo, e não o oposto. O consumo não explica a produção de eletricidade porque os dados de consumo surgem após a produção de eletricidade. Em outras palavras, os dados de consumo refletem o uso da eletricidade já produzida. O modelo poderia ser impreciso se as fontes de eletricidade não explicassem o consumo. Seria impossível existir consumo de eletricidade sem a produção de eletricidade.

Usando $\ln PIBPC$ como variável dependente, encontrou-se que a produção de bioeletricidade e de fontes não renováveis estão explicando o PIB per capita. Os resultados poderiam levar ao questionamento sobre o porquê da bioeletricidade e das fontes não renováveis estarem explicando o PIB per capita enquanto o mesmo não pode ser observado para a hidreletricidade. Analisando o período de 1985 a 2015, a taxa geométrica de crescimento da bioeletricidade e das fontes não renováveis de eletricidade são de 10,43% e 8,73%, respectivamente, mas a hidreletricidade obteve apenas 2,37% (EPE, 2018). O crescimento do PIB depende, dentre outras coisas, de eletricidade para possibilitar a melhoria das atividades econômicas. Assim, a produção de bioeletricidade e fontes não renováveis de eletricidade podem explicar o PIB per capita porque elas apresentaram melhor desenvolvimento no período quando comparado com as hidrelétricas.

Por fim, quando $\ln BBR$ é uma variável dependente, nenhuma das variáveis independentes puderam explicá-la. A biomassa depende do bom desenvolvimento das plantações de cana-de-açúcar. Se a cana se desenvolve bem, mais biomassa será produzida. Caso contrário, a quantidade de biomassa será menor. Em resumo, a cana-de-açúcar depende de outros elementos como a qualidade do solo, chuvas, genética, gerenciamento da plantação, dentre outros. Assim, as variáveis independentes não podem explicar a produção de biomassa.

4.6. CONCLUSÃO

O principal objetivo deste capítulo foi estimar os efeitos dos *drivers* econômicos e setoriais sobre a produção de bioeletricidade no Brasil de 1985 a 2015. Foram utilizados quatro *drivers* setoriais (produção de hidreletricidade, produção de eletricidade por fontes não renováveis, consumo de eletricidade per capita e produção de biomassa da cana) e um *driver* econômico (PIB per capita). Foram testadas cinco hipóteses: H1 – existe uma relação entre PIB per capita e a produção de bioeletricidade; H2 – a produção biomassa da cana afeta a produção de bioeletricidade; H3 – Existem efeitos mútuos entre produção de hidreletricidade e produção de bioeletricidade; H4 – Existem efeitos mútuos entre a produção elétrica de fontes não renováveis e a produção de bioeletricidade; H5 – O consumo de eletricidade influencia a produção de bioeletricidade.

Embora teoricamente fosse possível identificar a ligação entre as variáveis, nenhum dos *drivers* inseridos no modelo conseguiram explicar a produção de bioeletricidade. Nem mesmo a variável produção de biomassa ($\ln BBR$), matéria-prima da bioeletricidade, demonstrou resultados que explicassem a produção de bioeletricidade. Vale destacar que o modelo não incluiu políticas públicas diretamente, embora as mudanças institucionais promovidas por políticas públicas possam ter influenciado os resultados do modelo econométrico e da bioeletricidade. O preço da eletricidade e a disponibilidade de água nos reservatórios das hidrelétricas poderiam ser *drivers* que pudessem explicar a produção da bioeletricidade, mas a limitação dos dados impossibilitou tal análise.

Apesar do modelo demonstrar que a bioeletricidade não foi afetada pelo *drivers* selecionados, a produção de bioeletricidade afetou a produção de hidreletricidade, a produção de eletricidade por fontes não renováveis, o PIB per capita e o consumo de eletricidade per capita. A produção de biomassa da cana não foi afetada pela produção de bioeletricidade porque a biomassa depende do bom desenvolvimento da cana. Assim, elementos como a qualidade do solo, chuvas, genética e gerenciamento da plantação deveriam ser mais importantes do que a

produção de bioeletricidade. Ademais, a bioeletricidade é resultante da biomassa, e não o contrário. Deve-se mencionar também que, uma vez que o governo estimulou fontes alternativas no país, a produção de bioeletricidade afetou a produção de hidrelétricas e fontes não renováveis de eletricidade. Isso ocorreu devido a necessidade de diversificar a matriz elétrica do país e pela tendência de uso de mais fontes renováveis do que não renováveis.

Os resultados encontrados nesse capítulo reforçam a tese de que a bioeletricidade tem se desenvolvido principalmente devido às políticas criadas pelo governo brasileiro. As políticas afetaram o setor elétrico e sucroenergético e contribuíram com diversificação da matriz elétrica brasileira. Entretanto, este capítulo não esgota as possibilidades de *drivers* para a bioeletricidade. *Drivers* como o preço da eletricidade e a disponibilidade de água nos reservatórios das hidrelétricas poderiam ser analisados em estudos futuros.

5. CONCLUSÃO

A preocupação sobre as mudanças climáticas fez com que diversos países realizassem esforços para redução de GEE. A substituição de fontes poluidoras por fontes renováveis de eletricidade é uma das maneiras de mitigar a quantidade de emissões de GEE, uma vez que 25% dessas emissões ocorrem pelo uso de fontes não renováveis de eletricidade e calor (IPCC, 2014). Diante disso, diversos países estão implementando o uso de fontes renováveis de eletricidade.

O Brasil já possui uma matriz elétrica limpa quando comparada com países desenvolvidos, principalmente pela expressiva oferta de eletricidade produzida por hidrelétricas. Entretanto, a demanda crescente por eletricidade e as restrições do aumento da oferta por meio de grandes hidrelétricas levaram o país buscar fontes alternativas de suprimento. Com isso, as fontes eólica, solar, biomassa e demais fontes alternativas começaram a ganhar participação na matriz elétrica brasileira.

O setor sucroenergético, que já tinha considerável importância no país pela significativa produção de açúcar e etanol, também está contribuindo com a produção de bioeletricidade. Atualmente, a bioeletricidade produzida por meio da biomassa da cana-de-açúcar é uma das principais fontes alternativas no Brasil. Embora a bioeletricidade tenha alcançado tal representatividade, não foi encontrada nenhuma pesquisa que investigasse os elementos que teriam possibilitado o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil. Assim, a contribuição desta tese surge da análise conjunta de mudanças institucionais, do comportamento das firmas do setor sucroenergético diante de tais mudanças e de *drivers* econômicos e setoriais para preencher essa lacuna.

O capítulo 2 foi criado com a intenção de realizar um estudo descritivo sobre quais elementos do ambiente interno (Brasil) e ambiente externo (acordos internacionais) poderiam ter implicado no surgimento e desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil. Por isso, acordos internacionais, políticas públicas e acontecimentos relevantes foram investigados com intuito de encontrar essa resposta.

As conclusões do capítulo 2 sobre os fatores institucionais que afetaram o surgimento e o desenvolvimento da bioeletricidade no Brasil estão separados em duas partes. Primeiro, o surgimento da bioeletricidade ocorreu com o primeiro contrato de comercialização de eletricidade em 1987. A partir disso, outras firmas produtoras começaram a se interessar na comercialização da bioeletricidade. Segundo, o desenvolvimento da bioeletricidade pode ser dividido em três pontos principais: 1) a necessidade de solucionar a crise elétrica de 2001 por

meio do aumento da oferta de eletricidade; 2) a preocupação do governo brasileiro em investir em fontes renováveis para atingir objetivos definidos na COP-3; e 3) as políticas que mudaram o regulatório do setor elétrico e criaram incentivos para fontes alternativas de eletricidade.

Devido ao surgimento da crise elétrica de 2001 e dos objetivos firmados na COP-3, o governo brasileiro realizou políticas para estimular fontes alternativas de eletricidade. A criação do novo marco regulatório do setor elétrico em 2004 permitiu que fontes alternativas pudessem comercializar eletricidade por meio do mercado aberto (ACL) e do mercado regulado (ACR). Além disso, o governo criou a tripla base de incentivos que estão divididos entre incentivos de mercado (leilões, PROINFA, consumidor especial e créditos de carbono), incentivos financeiros (financiamento) e incentivos nos encargos (TUST/TUST, CDE, P&D e REIDI). Deve-se destacar também que o Acordo de Paris realizado na COP-21 em 2015 poderá contribuir com a manutenção dessa agenda de incentivos às fontes alternativas de eletricidade no Brasil.

Notou-se que, embora o setor sucroenergético tivesse capacidade de produção de bioeletricidade, o governo precisou realizar políticas que possibilitassem a competição no mercado elétrico. A necessidade de investimento intensivo de capital e as incertezas de mercado são dois motivos que mantiveram as firmas do setor sucroenergético longe da comercialização de bioeletricidade. Com as mudanças no regulatório do setor elétrico e a criação da tripla base de incentivos, as incertezas foram mitigadas e os investimentos necessários foram facilitados.

Após esses resultados, sentiu-se a necessidade de entender como as firmas produtoras de bioeletricidade reagiram às mudanças institucionais ocorridas. Desta forma, diversos profissionais de firmas produtoras e demais firmas atreladas à produção de bioeletricidade foram entrevistados.

Os resultados do capítulo 3 trouxeram uma perspectiva complementar aos resultados encontrados no capítulo 2. Constatou-se que, até a década de 1980, havia a dificuldade de descartar a biomassa excedente pelas firmas produtivas, pois ainda não havia um produto que a utilizasse como matéria-prima. Embora as firmas produtivas utilizassem parte da biomassa como fonte de energia para o processo produtivo do açúcar e etanol, não se pensava na possibilidade de comercializar bioeletricidade.

O potencial da produção de bioeletricidade começou a ganhar destaque após o primeiro contrato de venda de energia elétrica entre a Usina São Francisco e a CPFL, em 1987. Depois disso, o governo criou uma mudança no regulatório do setor elétrico em 1995, possibilitando a inserção de algumas firmas produtivas do setor sucroenergético. Entretanto, foi após a crise

elétrica de 2001 que o governo realizou políticas mais contundentes para aumentar a oferta de eletricidade e diversificar a matriz elétrica do país. Essas políticas atraíram muitas firmas produtivas por meio da mitigação das incertezas de mercado, pela possibilidade de aumentar suas receitas e ainda eliminar o problema do excesso de biomassa. Mesmo que dificuldades tenham surgido, como a falta de infraestrutura para escoamento da produção e o excesso de burocracias, as políticas criadas pelo governo contribuíram para o desenvolvimento da bioeletricidade.

Sabe-se que o setor sucroenergético ainda possui um grande potencial a ser explorado no que tange à bioeletricidade. Por isso, as firmas produtivas continuam reivindicando melhorias para que o setor possa prosperar. Dentre as principais reivindicações, o RenovaBio é a principal. O RenovaBio é um programa criado para atender os compromissos firmados no Acordo de Paris, promover a expansão de biocombustíveis e garantir a previsibilidade do mercado de combustíveis. A expectativa é que esse programa comece a funcionar em 2020. Com o RenovaBio em funcionamento, o setor sucroenergético pode se beneficiar ainda mais por meio da sua contribuição com o atendimento dos objetivos do programa.

Uma limitação do capítulo 3 é que não foram entrevistados profissionais ligados ao setor elétrico que estão no governo. Esses profissionais poderiam demonstrar opiniões sobre um outro ponto de vista que poderia complementar a análise desta tese. Entretanto, a pesquisa com esses profissionais ficará para pesquisas futuras.

Ainda que os capítulos 2 e 3 tenham demonstrado a importância das políticas públicas para a promoção da bioeletricidade no Brasil, havia a necessidade de analisar outros elementos que poderiam estar influenciando a produção de bioeletricidade. Por isso, buscou-se estimar os efeitos de *drivers* econômicos e setoriais sobre a produção de bioeletricidade.

Os resultados do capítulo 4 estão atrelados aos efeitos que *drivers* econômicos e setoriais poderiam ter sobre a produção de bioeletricidade no Brasil. Foram utilizados quatro *drivers* setoriais (produção de hidreletricidade, produção de eletricidade por fontes não renováveis, consumo de eletricidade per capital e produção de biomassa da cana) e um *driver* econômico (PIB per capita) nesta análise. Embora tenha sido possível observar uma possível conexão teórica entre a bioeletricidade e os *drivers*, nenhum dos *drivers* conseguiram explicar a produção de bioeletricidade. Vale ressaltar que o modelo aplicado nesta análise não incluiu políticas públicas diretamente, embora as mudanças ambientais promovidas por políticas governamentais possam ter influenciado os resultados do modelo econométrico e da bioeletricidade. Além disso, outros *drivers* poderiam ser analisados, como o preço da

eletricidade e a disponibilidade de água nos reservatórios das hidrelétricas, mas não foram incluídos devido às limitações dos dados. Apesar dos *drivers* não terem afetado a produção de bioeletricidade, este afetou os *drivers* produção de hidreletricidade, produção de eletricidade por fontes não renováveis, o PIB per capita e o consumo de eletricidade per capita.

Uma limitação do capítulo 4 é o recorte temporal utilizado. O uso de outros métodos de análise com recortes temporais menores são uma alternativa para entender se *drivers* econômicos e setoriais poderiam ter afetado a produção de bioeletricidade.

Os resultados obtidos no capítulo 4 ajudam a reforçar a tese de que as políticas realizadas pelo governo brasileiro foram essenciais para o desenvolvimento da bioeletricidade. Entretanto, esta tese não esgota as possibilidades de outros elementos terem contribuído com o desenvolvimento da bioeletricidade. *Drivers* como o preço da eletricidade e a disponibilidade de água nos reservatórios das hidrelétricas poderiam ser analisados em estudos futuros. Além disso, mesmo que os resultados do capítulo 3 tenham indicado que alguns incentivos pudessem ser mais importantes que outros, um estudo que buscasse medir a eficiência de cada política realizada no país poderia trazer contribuições sobre quais políticas refletem maior impacto na promoção de fontes alternativas.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Nota técnica nº 0043/2010-SRD/ANEEL**. 2010. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/consulta_publica/documentos/Nota_Tecnica_0043_GD_SRD.pdf. Acesso em: 7 jul. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Resolução Normativa ANEEL n. 506, de 4 de setembro de 2012**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012506.pdf>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Workshop contas setoriais**. 2017a. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/contas/conta_cde?_afzLoop=275628947756769&_adf.ctrl-state=qeex89pq6_214#!%40%40%3F_afzLoop%3D275628947756769%26_adf.ctrl-state%3Dqeex89pq6_218. Acesso em: 11 jul. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de informações de geração**. 2017b. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 4 jul. 2017.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis**. 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/central-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/2018/anuario-2018-versao-impressao.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.
- AKERLOF, G. A. The Market for “Lemons”: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 84, n. 3, p. 488–500, 1970.
- APERGIS, N.; DANULETIU, D. C. Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of Panel Long-Run Causality. **International Journal of Energy Economics and Policy**, v. 4, n. 4, p. 578–587, 2014.
- ARAÚJO, J. L. de. A questão do investimento no setor elétrico brasileiro: reforma e crise. **Nova Economia**, v. 11, n. 1, p. 77-96, 2001.
- ARROW, K. J. Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care. **American Economic Review**, v. 53, n. 5, p. 941–973, 1963.
- ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA - COGEN. **Cogeração e mitigação de GEE**. 2017. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/cogeracao/cogeracao-e-mitigacao-de-gee>. Acesso em: 12 jul. 2017.
- ASSOCIAÇÃO DA INDÚSTRIA DE COGERAÇÃO DE ENERGIA - COGEN. **Dados sobre leilões - ACR**. 2018. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/infocogen/comercializacao/leiloes>. Acesso em: 12 jul. 2018.
- AZEVEDO, P. F. Economia dos custos de transação. *In*: FARINA, E. M. M. Q.; AZEVEDO, P. F.; SAES, M. S. M. (Ed.). **Competitividade: mercado, Estado e organizações**. São Paulo: Editora Singular, 1997. p. 71–111.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOWLES, S.; GINTIS, H. The Revenge of Homo Economicus: Contested Exchange and the Revival of Political Economy. **Journal of Economic Perspectives**, v. 7, n. 1, p. 83–102, 1993.

BRASIL. **Decreto n. 5.025, de 30 de março de 2004**. Regulamenta o inciso I e os §§ 1o, 2o, 3o, 4o e 5o do art. 3o da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002, no que dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, primeira etapa, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2004c. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5025-30-marco-2004-531461-norma-pe.html>. Acesso em: 07 set. 2017.

BRASIL. **Decreto n. 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2004b. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5163-30-julho-2004-533148-norma-pe.html>. Acesso em: 06 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.074, de 7 de julho de 1995**. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 1995. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1995/lei-9074-7-julho-1995-347472-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 03 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996**. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 1996. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9427-26-dezembro-1996-366792-norma-pl.html>. Acesso em: 03 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2000. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2000/lei-9991-24-julho-2000-359823-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 04 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 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, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2002. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2002/lei-10438-26-abril-2002-456860-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 10 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 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. Brasília, DF:

Câmara, 2003. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2003/lei-10762-11-novembro-2003-497315-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 11 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004.** Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, altera as Leis nos 5.655, de 20 de maio de 1971, 8.631, de 4 de março de 1993, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.991, de 24 de julho de 2000, 10.438, de 26 de abril de 2002, e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2004a. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2004/lei-10848-15-marco-2004-531234-norma-pl.html>. 04 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 11.488, de 15 de junho de 2007.** Cria o Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura - REIDI; reduz para 24 (vinte e quatro) meses o prazo mínimo para utilização dos créditos da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS decorrentes da aquisição de edificações; amplia o prazo para pagamento de impostos e contribuições; altera a Medida Provisória no 2.158-35, de 24 de agosto de 2001, e as Leis nos 9.779, de 19 de janeiro de 1999, 8.212, de 24 de julho de 1991, 10.666, de 8 de maio de 2003, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 10.892, de 13 de julho de 2004, 9.074, de 7 de julho de 1995, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.865, de 30 de abril de 2004, 10.925, de 23 de julho de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005; revoga dispositivos das Leis nos 4.502, de 30 de novembro de 1964, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, e do Decreto-Lei no 1.593, de 21 de dezembro de 1977; e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2007. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11488-15-junho-2007-555352-norma-pl.html>. 11 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013.** Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária; altera as Leis nos 10.438, de 26 de abril de 2002, 12.111, de 9 de dezembro de 2009, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e 10.848, de 15 de março de 2004; revoga dispositivo da Lei no 8.631, de 4 de março de 1993; e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2013. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12783-11-janeiro-2013-775059-norma-pl.html>. Acesso em: 13 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 13.299, de 21 de junho de 2016.** Altera a Lei no 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei no 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei no 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, e a Lei no 13.182, de 3 de novembro de 2015; e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2016. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13299-21-junho-2016-783251-norma-pl.html>. Acesso em: 15 set. 2017.

BRASIL. **Lei n. 13.360, de 17 de novembro de 2016.** Altera a Lei nº 5.655, de 20 de maio de 1971, a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, a Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, a Lei nº 12.111, de 9 de dezembro de 2009, a Lei nº 12.783, de 11 de janeiro de 2013, a Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989, a Lei nº 9.491, de 9 de setembro de 1997, a Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 10.848, de 15 de

março de 2004, a Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, a Lei nº 12.767, de 27 de dezembro de 2012, a Lei nº 13.334, de 13 de setembro de 2016, a Lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, a Lei nº 11.909, de 4 de março de 2009, e a Lei nº 13.203, de 8 de dezembro de 2015; e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2001. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2016/lei-13360-17-novembro-2016-783915-publicacaooriginal-151400-pl.html>. Acesso em: 20 set. 2017.

BRASIL. **Medida provisória n. 2.148-1, de 22 de maio de 2001.** Cria e instala a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica, do Conselho de Governo, estabelece diretrizes para programas de enfrentamento da crise de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF: Câmara, 2001. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/medpro/2001/medidaprovisoria-2148-1-22-maio-2001-331991-norma-pe.html>. Acesso em: 04 set. 2017.

BROWN, M. A. Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. **Energy Policy**, v. 21, n. 14, p. 1197-1207, 2001.

BUENO, R. DE L. DA S. **Econometria de séries temporais.** 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

BÜRER, M. J.; WÜSTENHAGEN, R. Which renewable energy policy is a venture capitalist's best friend? Empirical evidence from a survey of international cleantech investors. **Energy Policy**, v. 37, n. 12, p. 4997–5006, 2009.

CADORET, I.; PADOVANO, F. The political drivers of renewable energies policies. **Energy Economics**, v. 56, p. 261–269, 2016.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Setor Elétrico: mudanças no setor elétrico Brasileiro.** 2017a. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/setor_eletrico?_afzLoop=443745225085399#%40%3F_afzLoop%3D443745225085399%26_adf.ctrl-state%3Ddc4qly5mk_57. Acesso em: 13 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Com quem se relaciona: instituições.** 2017b. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona?_afzLoop=443888195620314#%40%3F_afzLoop%3D443888195620314%26_adf.ctrl-state%3Ddc4qly5mk_70. Acesso em: 13 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Ambiente livre e ambiente regulado.** 2017c. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livre-ambiente-regulado?_afzLoop=894133943889979#%40%3F_afzLoop%3D894133943889979%26_adf.ctrl-state%3Dqdzinzss5m_4. Acesso em: 6 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Tipos de leilões.** 2017d. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/tipos_leiloes_n_logado?_afzLoop=80608933311369#%40%3F_afzLoop%3D80608933311369%26_adf.ctrl-state%3D11j9uuybhb_67. Acesso em: 11 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Pré-adesão e**

tipos de comunhão. 2017e. Disponível em:
https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso_rapido_header_publico_nao_logado/faq/faq_detalle?categoriaFaqId=CCEE_383107&contentId=CCEE_386128&assuntoFaqId=CCEE_383105&_adf.ctrl-state=wqyj03o34_1527&_afLoop=261151428719292. Acesso em: 11 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. Cálculo do desconto aplicado à TUSD/TUST. 2017f. Disponível em:
<https://www.ccee.org.br/search/query/redirect.jsp?qid=239851&did=2018655&pos=1&idx=1&fid=&pdfq=%22desconto na tarifa de uso%22>. Acesso em: 10 jul. 2017.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. Preços. 2019. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/como_ccee_atua/precos?_adf.ctrl-state=1y2qo4bp4_1&_afLoop=530245898972843#!%40%40%3F_afLoop%3D530245898972843%26_adf.ctrl-state%3D1y2qo4bp4_5. Acesso em: 20 fev. 2019.

CARFORA, A. PANSINI, R. ROMANO, 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.

CASTRO, N. J. de; BRANDÃO, R.; DANTAS, G. A.; ELY, R. N. Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE 2020: Análise do método, metas e riscos. **Texto de Discussão do Setor Elétrico – TDSE**, n. 44, p. 26, 2012.

CASTRO, N. J. de; DANTAS, G. DE A. **A Importância da Inserção da Bioeletricidade na Matriz Brasileira e o Leilão de Energia de Reserva.** Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, 2008. Disponível em:
<http://www.ie.ufrj.br/oldroot/infosucro/estudos/AImportanciadaInsercao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

CASTRO, N. J. de; LEITE, A. L. S.; ROSENTAL, R. **Integração energética - uma análise comparativa entre União Européia e América do Sul.** Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL, 2012. Disponível em:
http://www.gesel.ie.ufrj.br/app/webroot/files/publications/46_TDSE48.pdf. Acesso em: 07 out. 2019.

CHEN, S. T.; KUO, H. I.; CHEN, C. C. The relationship between GDP and electricity consumption in 10 Asian countries. **Energy Policy**, v. 35, n. 4, p. 2611–2621, 2007.

CHEN, W.; YIN, H. Optimal subsidy in promoting distributed renewable energy generation based on policy benefit. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 1, p. 225–233, 2017.

CHRISTIANSEN, A. C. New renewable energy developments and the climate change issue: A case study of Norwegian politics. **Energy Policy**, v. 30, n. 3, p. 235–243, 2002.

COASE, R. H. The nature of the firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386–405, 1937.

CORTEZ, L.; MAGALHAES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v. 2, n. 2, p. 1–17, 1992.

COSTANTINI, V.; CRESPI, F. Public policies for a sustainable energy sector: Regulation, diversity and fostering of innovation. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 23, n. 2, p. 401–429, 2013.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. (Ed.). **O planejamento da pesquisa qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366a, p. 427–431, 1979.

DONOVAN, C. W. **Renewable energy finance: powering the future**. London: Imperial College Press, 2015.

DUARTE, R. Entrevistas em pesquisas qualitativas. **Educar em Revista**, n. 24, p. 213–225, 2004.

DUTRA, R. M.; SZKLO, A. S. A energia eólica no Brasil: Proinfra e o novo modelo do setor elétrico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA - CBE, 11., Rio de Janeiro, RJ. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Projeção da Demanda de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: [http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA_001_2017 - Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2017-2026_VF\[1\].pdf](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-261/DEA_001_2017 - Projeções da Demanda de Energia Elétrica 2017-2026_VF[1].pdf). Acesso em: 3 out. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco energético nacional**. 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas>. Acesso em: 12 out. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2018**. 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>. Acesso em: 26 out. 2019.

FLICK, U. **Introducción a la investigación cualitativa**. 3. ed. Madrid: Ediciones Morata, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Top 10 Country Production of Sugarcane**. 2019. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 27 out. 2019.

FURTADO, C. **Formação econômica do Brasil**. 16. ed. São Paulo: Ed. Nacional, 1979.

GARY, S.; LARSEN, E. R. Improving firm performance in out-of-equilibrium, deregulated markets using feedback simulation models. **Energy Policy**, v. 28, n. 12, p. 845-855, 2000.

GLOBO. **Alternativa para possíveis crises energéticas, cogeração com bagaço da cana-de-açúcar chega a 30 anos**. 2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/alternativa-para-possiveis-crisis-energeticas-cogeracao-com-bagaco-da-cana->

de-acucar-chega-a-30-anos.ghtml. Acesso em: 3 jul. 2017.

GOLDEMBERG, J.; COELHO, S. T.; LUCON, O. How adequate policies can push renewables. **Energy Policy**, v. 32, n. 9, p. 1141–1146, 2004.

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

GRANGER, C. W. J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. **Econometrica**, v. 37, n. 3, p. 424-438, 1969.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

IBANEZ-LOPEZ, A. S.; MARTINEZ-VAL, J. M.; MORATILLA-SORIA, B. Y. A dynamic simulation model for assessing the overall impact of incentive policies on power system reliability, costs and environment. **Energy Policy**, v. 102, p. 170–188, 2017.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**. 2018. Disponível em: <https://www.iea.org/weo/>. Acesso em: 26 set. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity generation by source: Germany 1990-2018**. 2019a. Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/>. Acesso em: 17 out. 2019a.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity generation by source: France 1990-2018**. 2019b. Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/>. Acesso em: 17 out. 2019.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Electricity generation by source: Spain 1990-2018**. 2019c. Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/>. Acesso em: 17 out. 2019.

IPEADATA. **Macroeconômico**. 2017. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 5 jul. 2017.

JENSEN, S.; SKYTTE, K. Simultaneous attainment of energy goals by means of green certificates and emission permits. **Energy Policy**, v. 31, v. 1, p. 63–71, 2003.

JOSKOW, P. L. Introducing competition into regulated network industries: From hierarchies to markets in electricity. **Industrial and Corporate Change**, v. 5, n. 2, p. 341–382, 1996.

JOSKOW, P. L. **Transaction cost economics and competition policy**. 2000. Disponível em: <http://economics.mit.edu/files/1134>. Acesso em: 16 out. 2017.

KALKUHL, M.; EDENHOFER, O.; LESSMANN, K. Renewable energy subsidies: Second-best policy or fatal aberration for mitigation? **Resource and Energy Economics**, v. 35, n. 3, p. 217–234, 2013.

KNIGHT, F. H. **Risk, uncertainty and profit**. Chicago: University of Chicago Press, 1921.

KRUGMAN, P. R.; OBSTFELD, M. **Economía internacional: teoría y política**. 7. ed. Madrid: Pearson Educación, 2006.

LEITE, A. L. S.; CASTRO, N. J. de. Estrutura de Governança e a formação de Holdings no setor elétrico brasileiro. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 1, n. 2, p. 69–83,

2008.

LEITE, A. L. S.; CASTRO, N. J. de. Crescimento e estruturação das firmas: a formação dos conglomerados do setor elétrico brasileiro. **REGE**, v. 21, n. 3, p. 343–359, 2014.

LEITE, A. L. S. **Modelo de mercado de capacidade com hedge para o setor elétrico brasileiro**. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LIAO, C.-H. et al. A challenging approach for renewable energy market development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 1, p. 787–793, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUND, P. D. Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy. **Renewable Energy**, v. 34, n. 1, p. 53–64, 2009.

MACEDO, L. D. DE. Formação e estruturação do setor elétrico brasileiro: dos anos de 1930 a 1950. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, v. 5, n. 2, p. 30–51, 2016.

MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANZINI, E. J. Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa de pós-graduação em educação. **Revista Percursos - NEMO**, v. 4, n. 2, p. 149–171, 2012.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A. Drivers promoting renewable energy: A dynamic panel approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 3, p. 1601–1608, 2011.

MARQUES, A. C.; FUINHAS, J. A. Are public policies towards renewables successful? Evidence from European countries. **Renewable energy**, v. 44, p. 109–118, 2012.

MATTEI, L.; SANTOS JÚNIOR, J. A. dos. Industrialização e substituição de importações no Brasil e na Argentina: uma análise histórica comparada. **Revista de Economia**, v. 35, n. 1, p. 93–115, 2009.

MAZZUCATO, M. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio Penguin, 2014.

MELITZ, M. J. When and how should infant industries be protected? **Journal of International Economics**, v. 66, n. 1, p. 177–196, 2005.

MENANTEAU, P.; FINON, D.; LAMY, M. L. Prices versus quantities: Choosing policies for promoting the development of renewable energy. **Energy Policy**, v. 31, n. 8, p. 799–812, 2003.

MIERA, G. S. DE; GONZÁLEZ, P. DEL R.; VIZCAÍNO, I. Analysing the impact of renewable electricity support schemes on power prices: the case of wind electricity in Spain. **Energy Policy**, v. 36, n. 9, p. 3345–3359, 2008.

MILL, J. S. **Principles of political economy**. Amherst: Prometheus Books, 2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Plano Nacional de Energia 2030**. 2007. Disponível em: <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE 2030 - Geração Hidrelétrica.pdf>. Acesso em: 2 out. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica**. 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/proinfa/apresentacoes>. Acesso em: 10 jul. 2017.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. **RenovaBio**. 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/programas/renovabio/principal>. Acesso em: 24 set. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Protocolo de Quioto**. 2017a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/protocolo-de-quioto>. Acesso em: 4 jul. 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. 2017b. **Acordo de Paris**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 14 jul. 2017.

MIR-ARTIGUES, P.; DEL RÍO, P. Combining tariffs, investment subsidies and soft loans in a renewable electricity deployment policy. **Energy Policy**, v. 69, p. 430–442, 2014.

MOLINARI FILHO, R. **Análise dos mecanismos de incentivo às fontes alternativas no setor elétrico brasileiro**: um estudo de caso para projetos de cogeração à biomassa de cana-de-açúcar. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NORTH, D. C. **Institutions, institutional change and economic performance**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

NORTH, D. C. Institutions. **The Journal of Economic Perspectives**, v. 5, n. 1, p. 97–112, 1991.

NORTH, D. C. **Custos de transação, instituições e desempenho econômico**. Rio de Janeiro: Instituto Liberal, 1994.

NOVACANA. **Brasil aproveita somente 14% do potencial técnico da bioeletricidade sucroenergética**. 2017. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cogeracao/brasil-aproveita-potencial-tecnico-bioeletricidade-sucroenergetica-051217>. Acesso em: 4 out. 2019.

NOVACANA. **As usinas de açúcar e etanol no Brasil**. 2018. Disponível em: https://www.novacana.com/usinas_brasil/. Acesso em: 18 set. 2018.

NOVACANA. **A produção de cana-de-açúcar no Brasil (e no mundo)**. 2019. Disponível em: <https://www.novacana.com/cana/producao-cana-de-acucar-brasil-e-mundo>. Acesso em: 11 fev. 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SETOR ELÉTRICO - ONS. **Modelo setorial**. 2017. Disponível em: http://www.ons.org.br/entenda_setor/modelo_setorial.aspx. Acesso em: 6 jul. 2017.

PALOSCHI TOMÉ, L. H. **Estruturas de governança na agroindústria canavieira paranaense**: uma análise sob a ótica da nova economia institucional. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. **Journal of Applied Econometrics**, v. 16, n. 3, p. 289–326, 2001.

PIRES, J. C. L.; GIAMBIAGI, F.; SALES, A. F. As perspectivas do setor elétrico após o racionamento. **Revista do BNDES**, v. 9, n. 8, p. 163–204, 2002.

PORTAL BRASIL. **Meio Ambiente**: entenda como funciona o mercado de crédito de carbono. 2014. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2012/04/entenda-como-funciona-o-mercado-de-credito-de-carbono>. Acesso em: 12 jul. 2017.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY - REN21. **Annual reporting on renewables**: ten years of excellence. 2015. Disponível em: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Pnlinebook_low1.pdf. Acesso em: 05 abr. 2018.

RICHARDSON, J. R. **Pesquisa Social**: Métodos e Técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

RUIZ, B. J.; RODRÍGUEZ, V.; BERMAN, C. Analysis and perspectives of the government programs to promote the renewable electricity generation in Brazil. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2989–2994, 2007.

SALIM, R. A.; RAFIQ, S. Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy? **Energy Economics**, v. 34, n. 4, p. 1051-1057, 2012.

SANTANA, E. A. de; LEITE, A. L. S. **Transaction Costs Economics, property rights and the strategy of the firms of the Brazilian electricity industry**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE DEVELOPMENTS IN ECONOMIC THEORY AND POLICY. **Anais [...]** Bilbao: University of the Basque Country, 2007.

SEBRAE; DIEESE. **Anuário do Trabalho**. 2013. Disponível em: [http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal Sebrae/Anexos/Anuario do Trabalho Na Micro e Pequena Empresa_2013.pdf](http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf). Acesso em: 11 fev. 2019.

SHIKIDA, P. F. A. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1997.

SHIKIDA, P. F. A. Expansão canavieira no Centro-Oeste: limites e potencialidades. **Revista de Política Agrícola**, v. 22, n. 2, p. 122-137, 2013.

SIMON, H. A. Theories of bounded rationality. In: **Decision and organization**. Amsterdam:

North-Holland Publishing Company, p. 161–176, 1972.

SIMON, H. A. **Administrative behavior**: a study of decision-making processes in administrative organization. 3. ed. New York: The Free Press, 1976.

SOUZA, A. D. N.; JACOBI, P. R. A expansão da matriz hidrelétrica brasileira: uma análise a partir da economia dos bens e serviços públicos. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, p. 35–49, 2015.

SOUZA, Z. J. **Geração de energia elétrica excedente no setor sucroalcooleiro**: entraves estruturais e custos de transação. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2003.

SOUZA, Z. J. **A comercialização no setor elétrico brasileiro e a bioeletricidade**. 2015. Disponível em: <http://revistarpanews.com.br/ed/147-edicao2015/edicao-196/5246-conjuntura-a-comercializacao-no-setor-eletrico-brasileiro-e-a-bioeletricidade>. Acesso em: 20 abr. 2018.

STOFT, S. **Power System Economics**: Designing Markets for Electricity. New York: Wiley-IEEE Press, 2002.

TAVARES, M. DA C. **Acumulação de capital e industrialização no Brasil**. 3. ed. Campinas: UNICAMP, 1998.

TEIXEIRA, E. A análise de dados na pesquisa científica importância e desafios em estudos organizacionais. **Desenvolvimento em questão**, v. 1, n. 2, p. 177–201, 2003.

THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Climate Change 2014**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Disponível em: <https://www.epa.gov/home/pdf-files>. Acesso em: 03 mar. 2018.

TODA, H. Y.; YAMAMOTO, T. Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. **Journal of Econometrics**, v. 66, n. 1–2, p. 225–250, 1995.

TORQUATO, S. A.; JESUS, K. R. E. DE; RAMOS., R. C. Potencial da bioeletricidade no Brasil : uso da biomassa da cana-de-açúcar como energia alternativa e complementar. **Smart and Inclusive Development in Rural Areas**, v. 1, p. 78–83, 2016.

TRUJILLO-BAUTE, E.; DEL RÍO, P.; MIR-ARTIGUES, P. Analysing the impact of renewable energy regulation on retail electricity prices. **Energy Policy**, v. 114, p. 153–164, 2018.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Histórico do setor**. 2017a. Disponível em: <http://www.unica.com.br/linhadotempo/index.html>. Acesso em: 3 jul. 2017.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Unicadata**. 2017b. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/>. Acesso em: 31 ago. 2017.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **BOLETIM/UNICA: A Bioeletricidade da Cana em Números**. 2018. Disponível em: <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=15975202>. Acesso em: 11 fev.

2019.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA.. **Histórico de Área.**

2019a. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/historico-de-area-ibge.php?idMn=33&tipoHistorico=5>. Acesso em: 11 fev. 2019.

UNIÃO DAS INDÚSTRIAS DE CANA-DE-AÇÚCAR - UNICA. **Mapa de Produção.**

2019b. Disponível em: <http://www.unica.com.br/mapa-da-producao/>. Acesso em: 11 fev. 2019.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Kyoto**

Protocol. 2017. Disponível em: http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php. Acesso em: 4 jul. 2017.

UNIVERSITY OF TORONTO. **Toronto Conference on the Changing Atmosphere – 25**

Years Later. 2013. Disponível em: <https://www.utoronto.ca/news/toronto-conference-changing-atmosphere-25-years-later>. Acesso em: 4 jul. 2017.

WHITE, W. et al. The role of governments in renewable energy: The importance of policy consistency. **Biomass and Bioenergy**, v. 57, p. 97–105, 2013.

WILLIAMSON, O. E. **The economic institutions of capitalism: firms, markets, relational contracting.** New York: The Free Press, 1985.

WILLIAMSON, O. E. Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. **Administrative Science Quarterly**, v. 36, n. 2, p. 269–296, 1991.

WILLIAMSON, O. E. Transaction cost economics and organization theory. **Industrial and Corporate Change**, v. 2, n. 2, p. 107–156, 1993.

WOLDE-RUFAEL, Y. Electricity consumption and economic growth: A time series experience for 17 African countries. **Energy Policy**, v. 34, n. 10, p. 1106–1114, 2006.

ZYLBERSZTAJN, D. Economia das organizações. *In*: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Ed.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares.** São Paulo: Pioneira, 2000. p. 23–38.