



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG - CAMPUS GOIÂNIA

MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Roulien Paiva Vieira

MODELAGEM BIOECONÔMICA DA BIOMASSA COMO BIOENERGIA
REGULAMENTADA NOS TERMOS DE UM SERVIÇO AMBIENTAL
PRECIFICADO

Monetização da Biomassa junto ao Sistema Energético Brasileiro

Goiânia/GO

2019



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
IFG - CAMPUS GOIÂNIA

MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS SUSTENTÁVEIS

Roulien Paiva Vieira

MODELAGEM BIOECONÔMICA DA BIOMASSA COMO BIOENERGIA
REGULAMENTADA NOS TERMOS DE UM SERVIÇO AMBIENTAL
PRECIFICADO

Monetização da Biomassa junto ao Sistema Energético Brasileiro

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Tecnologia de Processos Sustentáveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (PPGTPS - IFG), como requisito para a obtenção do título de mestre na Área de Concentração: Tecnologia de Sistemas de Produção Limpa; Linha de Pesquisa: Modelagem de Sistemas Ambientais, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.

Goiânia/GO

2019

V673m Vieira, Roulien Paiva.

Modelagem bioeconômica da biomassa como bioenergia regulamentada nos termos de um serviço ambiental precificado / Roulien Paiva Vieira. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2019.
55 f. : il.

Orientadora: Profa. Dr^a. Maria Socorro Duarte da Silva Couto.

Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Coordenação do Programa de Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

1. Biomassa. 2. Bioenergia. 3. Sistema Energético Brasileiro. I. Couto, Maria Socorro Duarte da Silva (orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás. III. Título.

CDD 333.9539

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho de pesquisa a meus pais, Waterloo e Elizabeth que me incentivaram carinhosamente em cada passo pessoal e profissional. Ao meu irmão, Fabiano, que foi, além dos laços de família, um amigo torcendo em prol do êxito. A minha avó, Helena (in memoriam), que sempre foi uma matriarca exemplo de superação.

“Deixe o futuro dizer a verdade, e avaliar cada um de acordo com o seu trabalho e conquistas. O presente é deles; o futuro, pelo qual Eu tenho realmente trabalhado, é meu”.

(TESLA, Nikola)

Tradução do autor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao nosso superior Deus que através de nossas crenças nos levam ao crescimento e desenvolvimento humano; aos meus pais que me incentivaram e suportaram em todos os momentos, torcendo pelo meu êxito com a preocupação de que todos sejamos sempre felizes em nossas escolhas; aos meus irmãos que estiveram presentes e me suportavam, à minha orientadora que teve a paciência e destreza em cada momento de orientação, pelo carinho e apoio de todos.

RESUMO

A pesquisa desenvolvida teve como premissa a realização de uma análise de estatística econômica descritiva e econométrica de dados de três dos tipos de biomassa, o bagaço de cana, a lenha e a lixo, no período de 1970 a 2017, como recurso para a transformação energética. Por outro lado, suas precificações nos últimos 16 anos de geração de bioenergia, foram analisadas pelo montante quantificado da transformação do tipo de biomassa no submercado de energia elétrica. De acordo com a linha de base ACM0006 da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC), o Balanço Energético Nacional (BEN) fez-se aplicável para a resultante desta, pois atende a esta premissa e propõe avaliações de eficiências em modelos de aplicações de bioenergia com o uso da biomassa, admitindo que a precificação no Brasil é realizada a partir do valor no mercado nacional de energia *vis-à-vis* o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD). A média do preço da biomassa anualizado pela inflação para o período observado no modelo analítico foi de R\$ 161,56/MWh, ao passo que no leilão de energia de 2019, o valor médio final para as térmicas a biomassa foi de R\$ 187,90/MWh, portanto, o ponto de equilíbrio econômico ideal da monetização deste tipo de bioenergia deve ser avaliado considerando o preço médio anualizado do período observado.

PALAVRAS-CHAVE: ACM0006; Biomassa; Bioenergia; Monetização; Precificação; Submercado.

ABSTRACT

The developed research was based on a descriptive and econometric economic statistics analysis of the three types of biomass, the sugarcane bagasse, the firewood, the lixivium as a resource to energy, observing the amount of these biomasses available for the energy transformation from 1970 to 2017. The bioenergy generation pricing of these elements in the last 16 years was analyzed by the quantified amount of the biomass transformation type into the electric energy undermarket. In accordance to the ACM0006 baseline of the United Nations Framework Climate Change Convention (UNFCCC), the National Energy Balance (NEB) data has been made applicable, as it meets this premise to propose efficiency assessments in bioenergy projects models with the use of biomass, assuming that the price in Brazil is based on the value in the national energy market according to the Settlement Price of Differences (SPD). The average price of biomass bioenergy annualized by inflation for the observed period in the analytical model was R\$ 161.56/MWh, whereas in the energy auction of 2019, the final average value for thermal biomass plants was R\$ 187.90/MWh, therefore, the ideal economic break-even point for monetizing this type of bioenergy shall be analyzed considering the annualized average price of the observed period.

KEY-WORDS: ACM0006; Biomass; Bioenergy; Monetization; Pricing; Undermarket.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do Sistema Elétrico Planejado por fontes de geração de energia no Brasil...32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração elétrica por fonte no Brasil de 2012 a 2016 (GWh).....	33
Tabela 2 - Transformação por tipos de biomassa de 1970 a 2017	35
Tabela 3 - Valor total da energia do submercado de biomassa e preço médio anual do MWh no PLD de 2001 a 2017	37
Tabela 4 - Análise da média e do desvio-padrão ano de 1970 a 2017	38
Tabela 5 - Análise da média, desvio-padrão e correlação de <i>Pearson</i>	40
Tabela 6 – Cálculo do R^2 e do nível de significância dos preços	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Transformação energética por tipo de biomassa de 1970 a 2018	43
Gráfico 2 - Concentração energética por tipo de biomassa de 1970 a 2017	44
Gráfico 3 - Quantidade de transformação energética por tipo de biomassa em 48 anos.....	45
Gráfico 4 - Histograma, variável dependente total.....	46
Gráfico 5 - Normal P-P Plot da regressão residual padronizada	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Acordos Multilaterais Ambientais – AMA

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

Balanco Energético Nacional – BEN

Banco Central do Brasil – BCB, BACEN

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE

Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima – CQNUMC

Documento de concepção de projeto – DCP

Empresa de Pesquisa Energética – EPE

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

Fundo Nacional sobre a Mudança do Clima – FNMC

Gases de efeito estufa – GEE

Índice nacional de preço ao consumidor amplo – IPC-A

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL

Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC

Ministério do Meio Ambiente – MMA

Ministério de Minas e Energia – MME

Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima – IPCC (acrônimo em inglês)

Política Nacional sobre a Mudança do Clima – PNMC

Preço de liquidação das diferenças – PLD

Produção mais limpa – P+L

Protocolo de Quioto – PK (acrônimo em inglês)

Sistema Energético Brasileiro – SEB

Sistema Integrado Nacional – SIN

LISTA DE SÍMBOLOS

$BP_{BL,y}$ – Refere-se ao preço da biomassa advindo da transformação para energia no ano (R\$/MWh)

$DP_{B,y}$ – Refere-se ao o desvio padrão do montante de biomassa transformada em energia no período indicado pelo BEN (ton/MWh)

$DP_{pB,y}$ – Refere-se ao desvio padrão da biomassa precificada e anualizada transformada em energia no período indicado no PLD (ton/MWh)

EF_{tCH_4TB} – Refere-se é ao fator de emissão da quantidade de tonelada metano na transformação da biomassa em energia (tCH₄/MWh)

$EL_{BL,y}$ – Refere-se à geração de eletricidade na linha de base no ano y (MWh)

$EL_{PJ,grossy}$ – Refere-se à quantidade de eletricidade bruta gerada em todas as geradoras de energia das quais são localizadas no sítio do projeto incluindo os limites do projeto no ano y (MWh)

$EL_{PJ,imp,y}$ – Refere-se ao uso de eletricidade do projeto importada da rede no ano y (MWh)

$EL_{PJ,aux,y}$ – Refere-se ao total de eletricidade auxiliar consumida pela operação geradora de energia no sítio do projeto no ano y (MWh)

F – Refere-se ao F estatístico

I – Refere-se a função indicadora considerando valor 1 quando a expressão é verdadeira

i – Refere-se a taxa unitária a ser aplicada para correção monetária

i – Refere-se a uma variável numérica

MWh – Refere-se ao megawatt hora

M_x^r – Refere-se ao $\sum_{i=1}^n f_i w_i (x_i - \bar{x})^r$

μ – Refere-se a média aritmética

N – Refere-se ao número de dados considerados no somatório

N_i – Refere-se ao número de variáveis numéricas consideradas no somatório

n – Refere-se ao número de dados considerados no somatório

η – Refere-se ao número de períodos considerado

P – Refere-se ao valor inicial a ser corrigido

$PB_{Leilao,y}$ – Refere-se ao preço da biomassa no leilão de energia no ano (R\$/MWh)

R – Refere-se a matriz de correlação para X_1, \dots, X_p e Y

r – Refere-se ao coeficiente de correlação de *pearson*

S – Refere-se ao desvio-padrão

Sn – Refere-se a soma ou montante composto
 Sx – Refere-se ao desvio-padrão da variável x
 Sy – Refere-se ao desvio-padrão da variável y
 t – Refere-se a tonelada
 TB_y – Refere-se a quantidade de biomassa transformada em energia ano (ton/MWh)
 X – Refere-se a uma variável aleatória
 Xi – Refere-se a cada dado considerado na amostra ou população
 xi – Refere-se a cada dado de x considerado
 x – Refere-se a variável independente ou explicativa
 \bar{x} – Refere-se a média aritmética dos dados considerados
 \bar{x} – Refere-se a média aritmética de x
 W_x – Refere-se ao $\sum_{i=1}^n f_i w_i I$ (não está faltando x_i)
 Y – Refere-se a uma variável aleatória
 y – Refere-se ao ano de período de crédito
 yi – Refere-se a cada dado de y considerado
 \bar{y} – Refere-se a média aritmética de y
 \bar{y}_i – Refere-se a média aritmética das variáveis i para y
 \bar{y}_x – Refere-se a média aritmética das variáveis x para y
 \hat{y} – Refere-se a variável dependente ou explicada
 $\hat{\beta}_0$ – Refere-se ao intercepto
 $\hat{\beta}_1$ – Refere-se ao coeficiente angular
 $\hat{\beta}_1$ – Refere-se a variável dependente ou explicada
 Σ – Refere-se ao somatório de dados a ser realizado
 $\sqrt{\quad}$ – Refere-se a raiz quadrada
 1 – Refere-se ao montante financeiro principal
 1 – Refere-se ao elemento principal válido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 TEMA DA PESQUISA	18
1.2 O PROBLEMA DA PESQUISA.....	18
1.3 HIPÓTESES	18
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	19
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1 METODOLOGIA	28
3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	29
4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	32
4.1 CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DO MATERIAL SEGUNDO NATUREZA DA PESQUISA	33
4.2 ELABORAÇÃO DA PESQUISA	34
4.3 COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICA DESCRITIVA.....	35
4.4 REGRESSÃO ECONÔMÉTRICA.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
6 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A biomassa como fonte de energia renovável, por ser uma alternativa de substituição sustentável aos combustíveis fósseis, cujo valor econômico está precificado por megawatt hora (MWh) de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que representa cerca de 8% da matriz energética nacional para os últimos 03 anos, segundo o Balanço Energético Nacional (BEN), publicado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), que se faz muito pertinente para o processo decisório do seu uso. Conseqüentemente a biomassa, como tratando-se de um insumo bioenergético a sua valoração não deve ocorrer meramente pelo seu preço de mercado, seu potencial energético e rendimento, deve-se ater também às questões de valores bioeconômicos, que em sua maioria são processos meios.

Há de se observar, por conseguinte, a sua valia econômica ambiental, o que motiva ao uso da legalidade para se aplicar uma linha de base de projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL¹), para se verificar a monetização, pois as linhas de bases são concepções de processos meios de produção mais limpa, dos quais se primam pelos dados nacionais ou regionais, para se validar a implementação de um projeto sustentável, sobretudo na monetização quanti-qualitativa no âmbito do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

O sistema atual de valoração energética, considera também os efeitos poluentes do processo em si, assim como, no que tange a capacidade de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) valorada, como no caso de um processo meio, dadas as emissões diminuídas conforme prerrogativa de linha de base para se parametrizar monetariamente *vis-à-vis* o preço e o custo final que esta biomassa, de qualquer tipo, significará como bioenergia ao final da operação. A pesquisa teve finalidade de observar e estabelecer as condicionantes do valor econômico, com o uso do quantitativo e montantes da bioenergia de biomassa, com análise *top-down* do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), ou seja, o valor praticado no mercado energético brasileiro, do ambiente exógeno de venda de energia, para os custos absorvidos, do ambiente endógeno no processo de geração de bioenergia, pois o preço de negociação da energia é um elemento determinante para a viabilidade de qualquer projeto de finalidade energética.

Observando a biomassa como elemento bioenergético em uso, mediante elementos científicos, legais e técnicos pautáveis no fundamento econômico anuído internacionalmente,

¹ Clean Development Mechanism (CDM)

assim como pelo Estado brasileiro através da Convenção do Clima, CQNUMC², consequentemente homologando o princípio de se constituir um modelo de precificação que considere a preposição ambiental e bioeconômica pertinente a projetos de bioenergia.

Refere-se neste modelo de linha de base, a implementações com menos impacto de poluição considerando a menor emissão de gases de efeito estufa, como uma asserção imperativa da análise bioeconômica da matéria da biomassa para o mercado econômico financeiro. Considera-se aqui, também o valor do serviço ambiental ainda no âmbito dos aspectos legais, mantendo o uso dos condicionantes científicos e técnicos para a precificação final, e não somente o preço da biomassa como uma *commodity*³ de rejeito do processo produtivo, e sim um insumo de bioenergia, ao passo que o PLD somente precifica o mercado.

O embasamento regulamentar, de acordo com decreto nº 5.445 / 2005 da Presidência da República do Brasil promulgou a legalidade do Protocolo de Quioto – PK (acrônimo em inglês), da CQNUMC, para a sua execução e cumprimento em seu inteiro teor, um AMA internacional e plurilateral, validando por meio dos artigos 12 para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e 17 para o Comércio de Emissões do PK, onde por meio de seus órgãos e instrumentos científicos de assistência técnica a exemplo do IPCC, entre os mais de 4.000 cientistas colaboradores e suas expertises legitimam a pertinência da biomassa como um ativo ambiental apropriado a bioenergia.

Neste contexto, para se realizar esta pesquisa, houve também de se considerar a avaliação do PLD, resoluções normativas ANEEL nº 109/2004 e nº 633/2014, como formador do valor da energia no *modus operandi* do mercado brasileiro, conjuntamente a análise de como se precificar a biomassa para gerar a monetização, de um projeto fundamentando pela concepção das linhas de base da CQNUMC. Sabendo que o PLD considera o preço máximo e mínimo da energia comercializada no mercado, sobretudo no contexto do submercado. Seguindo as regulamentações da ANEEL, o Balanço Energético Nacional destaca três tipos de biomassa, o bagaço de cana, a lenha e a lixo, por conseguinte este trabalho utilizou estes instrumentos técnicos da economia, da estatística e multidisciplinares para se gerar um modelo analítico de precificação adequado à biomassa *vis-à-vis* o adotado no sistema de comercialização, com premissas de economia energética e economia climática para que se tenha parâmetros precificáveis de ponto de equilíbrio para o mercado nacional energético.

² United Nations Framework for Climate Change Conference – UNFCCC (CQNUMC, acrônimo em português)

³ Produto de comercialização de escala da oferta e procura.

1.1 TEMA DA PESQUISA

O tema da pesquisa tratou-se, portanto, da observação da relevância que a biomassa representa para o Sistema Energético Brasileiro (SEB), que nos anos de 2017 e 2018 essa bioenergia expressou 8,5% da oferta interna de energia elétrica por fonte, segundo a publicação do BEN de 2018, ano base 2017, e do BEN de 2019, ano base de 2018, por conseguinte este recurso energético significou um montante superior à 5% sob o SEB para os últimos 5 anos. A análise da expressividade da monetização bioenergética como elemento fonte para o SEB é o que foi tratada nessa pesquisa sobre a precificação da biomassa, num modelo analítico, com o tema desta pesquisa: Modelagem bioeconômica da biomassa como bioenergia regulamentada nos termos de um serviço ambiental precificado.

1.2 O PROBLEMA DA PESQUISA

A pesquisa ocorreu por fontes secundárias para se quantificar o montante de biomassa utilizada, por tipo de fonte, como forma de bioenergia como serviço ambiental disponível desse recurso natural, observados os dados oficiais das publicações do Balanço Energético Nacional para os anos base de 2016, 2017 e 2018, dos quais permitiu-se uma concatenação entre as linhas de base da Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (CQNUMC), para se identificar o valor agregado para a precificação, valorada e quantificada, para um recurso energético que tem representado cerca de 8% do computo da energia nacional para os últimos 5 anos, sendo assim, esse aspecto, como instrumento da ciência das finanças sustentáveis levando em consideração a literatura oficial a qual trata da temática.

1.3 HIPÓTESES

As hipóteses deste trabalho foram observadas à partir dos elementos analíticos de linhas de base para energia e biomassa, no âmbito da CQNUMC, como alinhamento das escolhas a serem designadas para a monetização energética implementada, no *locus* nacional, considerando o preço aplicado anteriormente de forma atualizada para o mercado de energia, *vis-à-vis* o montante de bagaço de cana, lenha e lixívia informados junto ao BEN, utilizando o histórico no período de 1970 a 2017, quantitativos de biomassa disponível para a geração de bioenergia, elementos econométricos e ecológicos para a modelagem bioeconômica realizada, dando a condição analítica de valoração admissível na economia ambiental destacada pela CQNUMC.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi co-associar cada tipo de biomassa indicada na publicação do BEN de 2019 na relação potencial de geração de bioenergia, no preço e na quantidade, conforme a CQNUMC.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a quantidade indicada de biomassa advindas do bagaço de cana, da lenha e da lixívia, destacadas no Balanço Energético Nacional;
- Concatenar a biomassa disponível e residual indicada na publicação do BEN, às linhas de base AM0007, AM0042, ACM0006, ACM0018 e ACM0020 apropriadas à biomassa e energia, observando quantitativo disponível, precificação, fator de emissão para diminuição de impactos ambientais, global e mitigação de gases de efeito estufa, para se implementar na resultante energética mercadológica;
- Evidenciar o submercado das biomassas mais disponíveis no mercado energético;
- Ordenar em classificação os tipos de biomassas, pelos seus quantitativos por submercado, qualificados economicamente no mercado de energia, para serem consideradas como recurso bioenergético pelo BEN;
- Relacionar em parâmetros e características das linhas de base para a biomassa e energia para a equalização bioeconômica quantificada;
- Relacionar a ponderação econométrica e estatística da transformação de energia advinda da biomassa correlacionando o Preço de Liquidação das Diferenças; e
- Delinear uma modelagem bioeconômica de cálculo para monetização contemplando a técnica científica da CQNUMC para a biomassa.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

A pesquisa foi desempenhada em 05 etapas. Destarte a introdução (1) ressaltando do objetivo às especificidades da biomassa e do mercado bioenergético, considerando o balizamento do Balanço Energético Nacional; prontamente fundamentado por uma revisão bibliográfica (2), amparando a pesquisa desenvolvida através de conceitos da CQNUMC e embasamentos da literatura a respeito da biomassa e energia como objeto de estudo na matriz energética brasileira.

Concomitantemente, o desenvolvimento da pesquisa (3), que compreende a exposição dos materiais e métodos entre as linhas de base, ecologia e finanças sustentáveis do estudo realizado, assim como para os seus procedimentos metodológicos analíticos, com dados atualizados pelo indicador de inflação, para a análise econômica ambiental da bioenergia em suas variáveis *qualiquanti* abordadas, resguardando o cientificismo do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC⁴) que valida a correlação do dado nacional na aplicação de linha de base escolhida, assim como na aplicação de técnicas que venham a justificar uma nova aplicação. Prontamente à publicação oficial da base de dados do BEN de 2018, ano base 2017, foram realizadas as análises econométricas, por processamento informatizado via SPSS versão 15.0.

Obtidos os resultados e discussões (4), transcorrendo nas resultantes ponderadas, discussões durante a pesquisa proferida dentro da disponibilidade técnica e literária. Posteriormente em ato contínuo para a conclusão e sugestões (5), esta pesquisa subsidia a vertente do mercado energético, como no exemplo do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), preços médios, sobretudo os de submercado e subsetoriais, aplicados no mercado econômico energético, como ferramenta de precificação, devendo ser um efeito de monetização para outros futuros trabalhos.

⁴ A sigla IPCC trata-se de um acrônimo em inglês

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Destarte a temática estudada adveio toda de um arcabouço de regulamentação, iniciando pelo Decreto nº 2.652/1998 que promulgou a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, seguido do Decreto nº 5.445/2005 que anuiu o Protocolo de Quioto, posteriormente a Lei nº 12.187/2009 que instituiu a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), a posteriori a Lei nº 12.114/2009 criou o Fundo Nacional sobre a Mudança do Clima (FNMC), atualizado pela Lei nº 13.800/2019, regulamentado pelo Decreto nº 7.343/2010 substituído pelo Decreto nº 9.578/2018, Resoluções Normativas da ANEEL nº 109/2004 que trata da divisão por submercado nos quais contemplam os Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) específicos.

A pesquisa, fundamentou-se, por conseguinte, na concatenação parametrizada dos aspectos financeiros admitidos na troca monetária, conforme Sistema Financeiro Nacional, dos benefícios ambientais advindos do menor impacto ao meio ambiente anuído por convenção internacional, a Convenção do Clima – CQNUMC, cujo mesmo acordo ambiental internacional homologa e alinha o entendimento científico internacional dando amparo legal à monetização admitida no sistema econômico, assim como dos eixos técnicos e de mercado econômico energético que lhe competem.

A revisão bibliográfica apresentada nessa pesquisa se configura como integrativa, destacando os aspectos jurídicos da Convenção do Clima, assim como o reconhecimento técnico das linhas de base AM⁵ e/ou ACM⁶ para a biomassa homologada pela UNFCCC⁷, que analisam os aspectos da geração energética para a bioenergia, recentemente atribuído pela legislação brasileira e o sistema econômico nacional (BCB/BACEN) como agentes reguladores, à partir dos quais são observados e utilizados para se delinear o conceito de monetização avaliado nesta dissertação, fazendo-se uso da premissa de desenvolver um modelo analítico bioeconômico como parâmetro de precificação, para uso como tabulação de valores da biomassa, já praticados no sistema econômico, mercado energético, ou ainda no submercado ou em subsetores como o do agronegócio.

Fez-se imprescindível o conhecimento técnico do modelo de precificação adotado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) praticado no mercado de energia

⁵ Approved Methodology

⁶ Approved Consolidated Methodology

⁷ United Nations Framework Climate Change Conference

brasileiro, órgão esse que realiza mensalmente o cálculo da média mensal do PLD (CCEE, 2019), por submercado. O cálculo considera os preços médios semanais por patamar de carga – leve, médio e pesado – ponderado pelo número de horas em cada patamar e em cada semana do mês.

No quesito de fonte/recurso natural, o elemento estudado é visto a partir da quebra do ciclo biogeoquímico natural do carbono, na queima da biomassa, não criou maiores distúrbios na atmosfera conforme destacado por Veiga Neto (2008), consentindo assim o elementarismo da biomassa como bioenergia renovável, a qual é objeto deste trabalho para compor a modelagem de precificação, para que isso seja convertido em valor financeiro potencial e para se monetizar no mercado energético nacional.

Destaca-se que a complexidade da avaliação dos impactos, particularmente ambientais e socioeconômicos, serão minuciosamente apreciados para uma quantificação que preconize a quantificação e monetização dos impactos, associada à análise qualitativa em prol de um processo mais transparente e fundamentado nesse viés de precificação por Bartholomeu e Lima (2009), entretanto, desconsiderada do ponto de vista da precificação *top-down*, ou seja, do valor de face do mercado para os custos reais do projeto, assim como da sua produção.

Faz-se necessário identificar as externalidades, como os impactos de emissões, e valorá-las de forma adequada para que os custos ou benefícios possam ser internalizados e reflitam de forma correta a viabilidade ou inviabilidade econômica dessas fontes segundo Stecher (2014) no processo que tange a precificação como um instrumento bioeconômico de mercado, cujo Preço de Liquidação das Diferenças não aborda, sobretudo por tratar-se de diferenciação entre limite superior e inferior.

O capital natural suscita interesse econômico, social e ambiental, por dispor de bens e serviços ecossistêmicos indispensáveis para a sobrevivência das espécies humana e não-humana ressaltado em Denardin e Sulzbach (2002) dos quais necessitam de parâmetros que estabeleçam a equidade proposta através da bioeconomia, economia climática, e ainda, a economia de baixo carbono.

Na tentativa de explicar como utilizar e entender estatística, talvez seja melhor iniciar com o destaque dos principais tópicos para o delineamento de uma pesquisa. Descreveremos, então, os aspectos mais importantes de um projeto de pesquisa com o objetivo de mostrar como ele influencia o uso da estatística (DANCEY; REIDY, 2006) que pode ser um elemento chave para a tomada de decisões. Principalmente nesta pesquisa qualitativa e quantitativa, aonde as

variáveis são o foco principal da pesquisa em ciências. Uma variável é simplesmente algo que pode variar, isto é, pode assumir valores ou categorias diferentes. O que ocorre neste caso onde o preço foi corrigido no tempo, pelo IPC-A⁸, para uma análise profícua.

A estatística, como pilar científico baseia-se em: Dois conceitos são chaves para entendê-la: “associação” e “linearidade”. Afinal, o que significa dizer que duas variáveis estão associadas? Em termos estatísticos, duas variáveis se associam quando elas guardam semelhanças na distribuição dos seus escores. Mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. No caso da correlação de Pearson (r) vale esse último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis (FIGUEIREDO FILHO; DA SILVA JÚNIOR, p. 118, 2009).

Na literatura técnica internacional o primeiro fundamento está no *CDM Methodology Booklet 2017* o qual anuiu as metodologias para eletricidade renováveis, destacando a eletricidade de biomassa nas linhas de base AM0007, AM0042, ACM0006, ACM0018 e ACM0020, biografia essa que foi corroborada pela sua atualização, o *CDM Methodology Booklet 2018*, com exceção para a AM0042.

Ressaltando que as linhas de base são partes técnicas de uma convenção internacional, a CQNUMC, percebe-se preocupações, assim como avanços em relação a fontes sustentáveis de bioenergia, no exemplo internacional do Canadá a respeito da biomassa, como recuperação expressiva para a economia, eliminando a destruição ou enterro de quantidades de materiais residuais. A existência desse setor serve para garantir o fornecimento de energia térmica e elétrica e aumentar a segurança energética (HYDRO QUEBEC, p. 09, 2014).

A Hydro Quebec é um grande exemplo de como países da comunidade internacional tem gerenciado a sua biomassa residual, para a geração de energia térmica e elétrica, ou seja, fazendo uso da produção mais limpa (P+L) em prol de uma gestão sustentável responsável melhorando assim o fornecimento energético.

No panorama nacional, a publicação de órgãos oficiais brasileiros em idioma inglês, destaca que no tangente à biomassa, deveu-se observar o entendimento do Ministério de Minas e Energia (MME), através da sua Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017) conceituando os muitos usos da biomassa, na qual a vê como uma fonte primária de energia orgânica, não

⁸ Índice nacional de preço ao consumidor amplo calculado e publicado mensalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

fóssil, de origem animal ou vegetal, a qual armazena energia química, classificada para fins energético na categoria de biomassa florestal, assim como os seus produtos, subprodutos ou resíduos; biomassa agrícola, culturas agroenergéticas, seus produtos e subprodutos agrícolas, atividades de produção agroindustrial e animal; lixo urbano.

A mesma publicação de autarquia governamental, destaca que no Balanço Energético Nacional foi compreendido como fonte de energia de biomassa: o bagaço de cana, outras fontes primárias biológicas renováveis, biogás, capim-elefante, carvão, cascas de arroz, gás de carvão, licor preto, óleo vegetal, resíduos de madeira e biomassa (EPE, p. 184, 2017).

O Brasil é reconhecido internacionalmente por sua disponibilidade e processos de usos da biomassa, ressaltado por Szklo *et al.* (2015) que menciona o Brasil como o segundo maior produtor mundial de etanol, tendo ressaltado que para tal, foi considerado a produção de três resíduos sólidos diferentes advindos do processamento da cana-de-açúcar: a palha (durante a agricultura), o bagaço e a torta de filtro.

Silva (2017) ressaltou que as oportunidades estão na disponibilidade de biomassa, assim como na frequente demanda pelo baixo custo, no tangente à recursos renováveis de energia. O mesmo autor mencionou que tem que ser anualizado cada fonte de biomassa pelo escopo de processo, seus custos e serviços fornecidos, para que esse recurso renovável possa ser mais utilizado e dissipado em todo o país, considerando a necessidade de uma melhor política energética.

A biomassa não é sempre uma fonte direta de energia, em alguns casos, faz-se necessário passar por um processo de transformação, aonde as dificuldades técnicas estão principalmente associadas com o desenvolvimento da indústria de base para todos os estágios da cadeia de produção da biomassa, tal qual o processamento, a secagem, o tratamento térmico e a queima. A indústria de base subdesenvolvida é devido à história do Brasil do baixo interesse governamental e de negócios em aumentar a geração de energia elétrica da fonte de biomassa (SILVA, p. 2428, 2017).

A biomassa é uma fonte única de energia que é totalmente disponível e renovável, distintamente de combustíveis como óleo e gás, os quais são concentrados em restritas áreas geográficas. Estas possuem o potencial de ter um papel significativo na diversificação energética futura em vários países. Devido às características físicas, biomassa bruta possui dificuldades de competir com combustíveis fósseis em várias aplicações Vakkilainen *et al.* (2017). A conversão da biomassa bruta depende diretamente do investimento necessário para se alcançar o processo.

Vakkilainen *et al.* (2017) mencionou o uso da biomassa em usinas de energia está bem desenvolvido. Esse autor ressaltou ainda que grandes usinas de energia, biomassa em combinação com carvão são utilizadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), diminuir o uso de combustíveis fósseis e promover o desenvolvimento sustentável de energia. O mesmo autor destaca ainda que a Política Brasileira Energética quando decidiu adicionar etanol ao combustível fóssil/gasolina delineou também a diminuição do impacto de GEE nessa fonte de energia.

A biomassa tem seus problemas como a poluição local, ao considerar seus grandes usos. No entanto, a intensificação da produção de aves fornece um efeito de aumento diretamente proporcional na geração de resíduos industriais e, conseqüentemente, há um aumento de fontes potencialmente poluidoras. Tais impactos ocorrem principalmente na emissão de gases da produção de energia, solo com excesso de minerais devido ao mau uso do processo de compostagem e disposição de efluentes, assim como da água devido ao tratamento ineficiente dos resíduos ou à ausência de tratamento.

Muitos processos produtivos, de diversas áreas do mercado econômico, sobretudo as agroindustriais, possuem fontes energéticas não sustentáveis, como as de carvão, que podem e devem ser substituídas por fontes mais limpas ou sustentáveis, portanto, Wang (2017), destaca a questão de custos nessa tomada de decisões.

"Esta parte analisa principalmente a energia da usina a carvão e da usina de biogás. Em termos de usinas, a geração de eletricidade consiste nos quatro componentes a seguir: custos de depreciação (Cd); custos de combustível (Cf); custos de operação e manutenção (Cm); custos financeiros (Cp). No entanto, os custos financeiros variam muito em diferentes usinas de energia. Eu sei, os custos financeiros são ignorados no custo da geração de eletricidade" (WANG, p. 30, 2017).

Por conseguinte, verifica-se o quão importante é o custo da energia praticado no mercado, uma vez que ele está entre as fontes primárias de custos, podendo também se tornar uma fonte de receita de um meio produtivo.

A aprovação do projeto Koblitz de biomassa, homologado pelo Comité Executivo da CQNUMC (2005), mencionou em seu Documento de Concepção de Projeto (DCP⁹) que empresas de distribuição serão capazes de repassar para os consumidores finais a diferença entre os custos de compra de eletricidade no mercado livre e entre o Pool, se a discrepância

⁹ Project Design Document (PDD)

entre o projetado e a demanda projetada atual for abaixo de 5%. Se estiver acima desse patamar, a companhia de distribuição arcará com os custos excessos.

Alguns centros industriais no Brasil têm grande potencial em relação ao uso do gerenciamento de resíduos como fonte de bioenergia. Após eliminar o excesso de água do efluente industrial flutuante, centrifugando o material sólido gerado, denominado de bolo de lodo, composto orgânico com energia potencial. Estima-se que a produção nacional em 2015 tenha sido superior a um milhão de toneladas. Atualmente, bolo de lodo pode ser alocado de quatro maneiras diferentes: como a matéria-prima na produção de ração animal, como a biomassa para combustão direta, como material orgânico para compostagem e como fertilizantes para posterior uso em aterros industriais (KUHN *et al*, p. 3084, 2017).

O custo da geração de eletricidade consiste em operação e manutenção, preço do combustível e custo anual do investimento na recuperação e taxa (OSÓRIO *et al*, p. 87, 2013).

A pequena central térmica (STPP) pode ser uma oportunidade quando se considera o potencial agrícola brasileiro. Devido ao seu vasto território, o Brasil possui uma enorme possibilidade de incrementar a utilização de biomassa no primário. Os resultados mostram que existe uma grande possibilidade de instalar STPPs em locais onde os vários combustíveis estudados (OSÓRIO *et al*, p. 90, 2013).

Em adicional, sendo um novo processo que requer esforço de pesquisa inicial na seleção efetiva da cultura e um processo de aprendizado no cultivo, colheita e manuseio logístico, risco adicional pode ser observado e conseqüentemente um maior retorno será solicitado pelo investidor (CARNEIRO; FERREIRA, p. 24, 2012).

Nesse contexto, o investidor privado e os tomadores de decisões de política energética devem levar em consideração que o incentivo ao plantio de culturas energéticas para a geração de eletricidade representa um projeto inovador, com estratégia, ganhos sociais e ambientais que dificilmente podem ser atribuídos à pura análise financeira (CARNEIRO; FERREIRA, p. 24, 2012). Por conseguinte, é de grande valia a precificação mais adequada ao valor de negociação do Mercado.

Bioenergia é um agregado heterogêneo de distintos materiais de alimentação, tecnologias de conversão e usos finais. Esta variabilidade nos materiais de alimentação e processos tecnológicos resulta em larga variação de preços da biomassa (CARNEIRO; FERREIRA, p. 25, 2012). Considerando a análise do valor da biomassa no mercado é necessário iniciar a análise das linhas de base atualizadas para biomassa da Convenção Quadro

das Nações Unidas para a Mudança do Clima, em seus CDM Methodology Booklet de 2017 e 2018.

A realidade demonstra que há a necessidade de se realizar levantamento ou uso de dados locais ou nacionais precisos e confiáveis, quando disponíveis. Quando tais dados não estiverem disponíveis, use os valores de poder calorífico líquido padrão do IPCC, específicos do país, se disponíveis, se forem considerados como representando razoavelmente as circunstâncias locais. Escolha os valores de forma conservadora e justifique a escolha ACM0006 (p. 57, UNFCCC).

A linha de base ACM0006 observa a questão da incerteza do fator de emissão para o metano CH₄, o qual se faz determinante na queima da biomassa durante a geração de energia, imprescindível na formação de valor a ser precificado, quando se sabe que ele tem um potencial de aquecimento global no mínimo 21 vezes superior a tonelada de dióxido de carbono que já é uma *commodity*, elemento monetizável e negociável no mercado financeiro.

A incerteza do fator de emissão de CH₄ (EFBR, n, y) é, em muitos casos, relativamente alta. A fim de refletir isso e para o propósito de fornecer estimativas conservadoras de reduções de emissões, um fator de conservatividade deve ser aplicado ao fator de emissão de CH₄. O nível do fator conservador depende do intervalo de incerteza da estimativa para o fator de emissão de CH₄. O fator de conservatividade apropriado da Tabela 3 abaixo deve ser escolhido e multiplicado com a estimativa para o fator de emissão de CH₄. Por exemplo, se o fator de emissão de CH₄ padrão de 0,0027t CH₄/t de biomassa for usado, a incerteza pode ser considerada maior que 100%, resultando em um fator de conservatividade de 0,73. Assim, neste caso, um fator de emissão de 0,001971t CH₄/t de biomassa deve ser usado. (UNFCCC, p. 48, 2006)

O uso de dados técnicos para a resultante da biomassa depende de algumas variáveis, de acordo com a ACM0006, pois cada tipo de biomassa, possui um teor diferente de metano, assim como o intervalo de incerteza dentre as distintas resultantes energéticas existentes nessa matriz, pois a incerteza padrão aplicada, deve considerar o valor local, ou seja, da análise realizada entre as matrizes do BEN, anuído pela UNFCCC.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 METODOLOGIA

Primariamente foi realizado a pesquisa bibliográfica técnico-profissional da legalidade para a precificação da energia, mediante a Resolução Normativa ANEEL nº 109/2004 (REN ANEEL 109/2004), estabelecendo também a sua divisão por submercados (Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte) no Sistema Interligado Nacional (SIN), pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico, aplicada no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica, após a promulgação da REN ANEEL 633/2014 que limita os valores mínimo e máximo do preço de energia em reais por megawatt hora (MWh), REN ANEEL nº 633/2014.

Consequentemente, os objetivos desta pesquisa descritiva quali-quantitativa exploratória realizada, que teve o objetivo de compreender e apresentar, de maneira esclarecida, o procedimento de validação junto aos submercados, do elemento bioenergia de biomassa, assim como a sua influência nesta precificação setorial como efeito no dueto legalidade e mercado *vis-à-vis* REN nº 109/2004, Lei nº 12.783/2013, REN nº 633/2014 e REN 795/2017, que também influencia o mercado energético nacional.

Baseando-se nesta legalidade nacional para o processo de monetização da atividade de transformação de biomassa em energia. Permitiu-se a aplicação da premissa da CQNUMC e IPCC, homologados pelo Decreto nº 2.652/1998 e Decreto nº 5.445/2005, como ponto de anuência da pesquisa exploratória das técnicas-científicas da linha de base ACM0006, em detrimento das linhas de base AM0007, AM0042, ACM0018 e ACM0020, levando-se em conta os aspectos técnicos para projetos e processos junto a biomassa como recurso de bioenergia, pois ela contempla a geração e fornecimento de eletricidade, energia para indústrias, eficiência energética, troca de matéria-prima e combustível, que foram avaliados respeitando a periodicidade mínima de 16 anos, oito mais oito, para um projeto de bioenergia, assim como o estabelecimento da conformidade monetária que lhe teria sido atribuída em precificação.

Seguidamente, através da análise qualitativa dos pontos essenciais destacados pela ACM0006, identificou-se que a biomassa, para o mercado energético brasileiro, está composta qualitativamente no Balanço Energético Nacional por três tipos: o bagaço de cana, a lenha e a lixo, que formam conjuntamente essa fonte de bioenergia, conforme apresentadas também

junto à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), ao Ministério de Minas e Energia (MME) por meio da Empresa de Pesquisa Energética (EPE¹⁰), ao Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), e demais fontes nacionais de pesquisas.

As premissas físico-químicas da biomassa, analisadas em seus componentes ambientais e econômicos anuídos por meio das linhas de base da CQNUMC, permitem a transformação deste elemento no processo bioeconômico, de grande disponibilidade ambiental em um ativo financeiro precificado *vis-à-vis* ao artigo 17 do PK, anuído pelo Decreto nº 5.445/2005, conforme legislação brasileira e sistema financeiro nacional citado anteriormente.

A interdisciplinaridade desta pesquisa requereu concomitância no caráter analítico entre o dueto qualitativo e quantitativo exploratório, REN¹¹ nº 109/2004, Decreto nº 2.652/1998, Lei nº 12.783/2013 e REN nº 633/2014 para que o trabalho tivesse subsídios convergentes e necessários para o seu objetivo fim, que foi o de compreender o processo de monetização e precificação atendendo ao Decreto nº 5.445/2005, aplicando para tal fim, uma modelagem bioeconômica de um elemento bioenergético com um dado nacional. Por conseguinte, o uso da regressão econométrica dos tipos de biomassa, tomando em conta a sua representatividade no patamar desta bioenergia distribuída pelo SIN, parametrizada quantitativamente sobre o preço e montante total no mercado energético, com a inserção destes dados sob análise pelo *software Statistical Package for the Social Science (SPSS)* versão 15.0 para *Windows*, que concatenaram as resultantes destes dados nacionais requeridos pela validação da CQNUMC.

3.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O primeiro momento tratou do estudo para seleção entre as linhas de base AM0007 e AM0042, ACM0006, CM0018 e ACM0020, considerando a ACM0006 versão 14.0 para esta pesquisa, a mais assertiva no quesito de geração e fornecimento de eletricidade, energia para indústrias, eficiência energética, troca de matéria-prima e combustível, mesmo que todas elencadas sejam pertinentes à biomassa. A ACM0006 a partir das quais se realizou o estudo dos seus elementos componentes na deliberação de aspectos ambientais de impacto e mitigação,

¹⁰ A Lei nº 10.847, em seu Art. 4º, inciso II, estabelece entre as competências da EPE a de elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional – BEN.

¹¹ Resolução ANEEL

assim como das concepções e prerrogativas bioeconômicas que lhe permitem a indicação bioenergética como uma fonte de energia renovável.

Escolhida tecnicamente a ACM0006, foi delimitado os períodos, primeiramente de quantificação da transformação da por tipo de biomassa desde 1970, de acordo com o Balanço Energético Nacional 2018, ano base 2017, assim como a precificação de energia desde 2002 a 2017 publicada em 2018 pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.

Os quantitativos de transformação foram submetidos a análise estatística descritiva de média, amplitude total (mínimo e máximo) e desvio padrão (FALCO; MEDEIROS JÚNIOR, 2012), entretanto ao realizar o gráfico desta evolução de 48 amostras, anualizadas pelo IPC-A, o *software* Excel 2016 gerou o modelo estatístico numa regressão linear dentre elas, em forma de equação, assim como o coeficiente de determinação o R^2 .

Os quantitativos de preços, desde 2002 a 2017, foram submetidos ao cálculo de média anualizados, e a posteriori reclassificados qualificadamente por atualização monetária pela calculadora do cidadão do Banco Central (BCB / BACEN) para o ano de 2017, utilizando o indicador econômico IPC-A, com o intuito de se obter o mesmo parâmetro financeiro, como balizamento elementar para se iniciar a análise de regressão. Por conseguinte, foi inserido no *software* SPSS esses dados de preços anualizados, assim como os montantes de transformação por cada tipo (bagaço de cana, lenha e lixívia) e total destes tipos biomassa, que geraram gráficos dentre outros dados estatísticos da regressão.

Os dados gerados da estatística descritiva dos elementos da biomassa indicados pela EPE, assim como pelos resultantes da regressão realizada pelo SPSS foram os balizadores para a concepção do dado nacional por medições entre outros dados nacionais precisos e confiáveis do BEN e da CCEE, como última etapa de constituição da modelagem bioeconômica para a precificação da biomassa, como concepção de indicadores precursores para o modelo proposto de monetização e precificação da biomassa.

A etapa final metodológica da modelagem foi a da compreensão do dado nacional advindo da resultante da análise estatística descritiva concomitantemente a regressão, considerando os parâmetros do submercado, expressos nos montantes cerca de 8% de sua representatividade junto ao SIN de acordo com a EPE, ponderando a bioenergia de biomassa na relação sob o total do mercado energético nacional já precificado no período, com uma dinamicidade de economia ambiental, e suas vertentes, bioeconomia, economia climática e economia de baixo carbono, para serem aplicadas nos projetos brasileiros de biomassa, com

uma precificação e monetização mais realística para o mercado energético nacional, pois foi constatado o indicador diferenciado para a bioenergia advinda da biomassa na análise entre 2002 a 2017, pois a incerteza segundo a ACM0006 de 2006 anuída pela UNFCCC no exemplo, se o fator de emissão de CH₄ padrão de 0,0027 t CH₄/t de biomassa for usado, a incerteza pode ser considerada maior que 100%, resultando em um fator de conservatividade de 0,73. A própria linha de base ressalta que o valor local é o que deve ser aplicado para o modelo analítico, determinando a grande valia desta pesquisa como modelagem de precificação para este ativo econômico de bioenergia.

4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa embasou-se na validação da representação econômica que a biomassa possui para o mercado energético, assim como pela sua disponibilidade em todo o setor econômico, tendo sido a sua expressão quantitativa nos últimos três anos superior a 8% na matriz energética segundo o BEN para os anos de 2017, 2018 e 2019, por conseguinte superior a 5% no SIN para os últimos 5 anos, portanto, um montante monetário de percepção do mercado energético nacional na ordem de bilhões de reais, advindos desta bioenergia, expansão identificada na Figura 01. Os dados nacionais da biomassa parametrizados pelas linhas de base da CQNUMC *vis-à-vis* IPCC, resultam como elementos mais apropriados a análise de monetização em um projeto de bioenergia, segundo reconhecimento da comunidade científica internacional, ao serem atribuídos nesta modelagem bioeconômica desenvolvida.

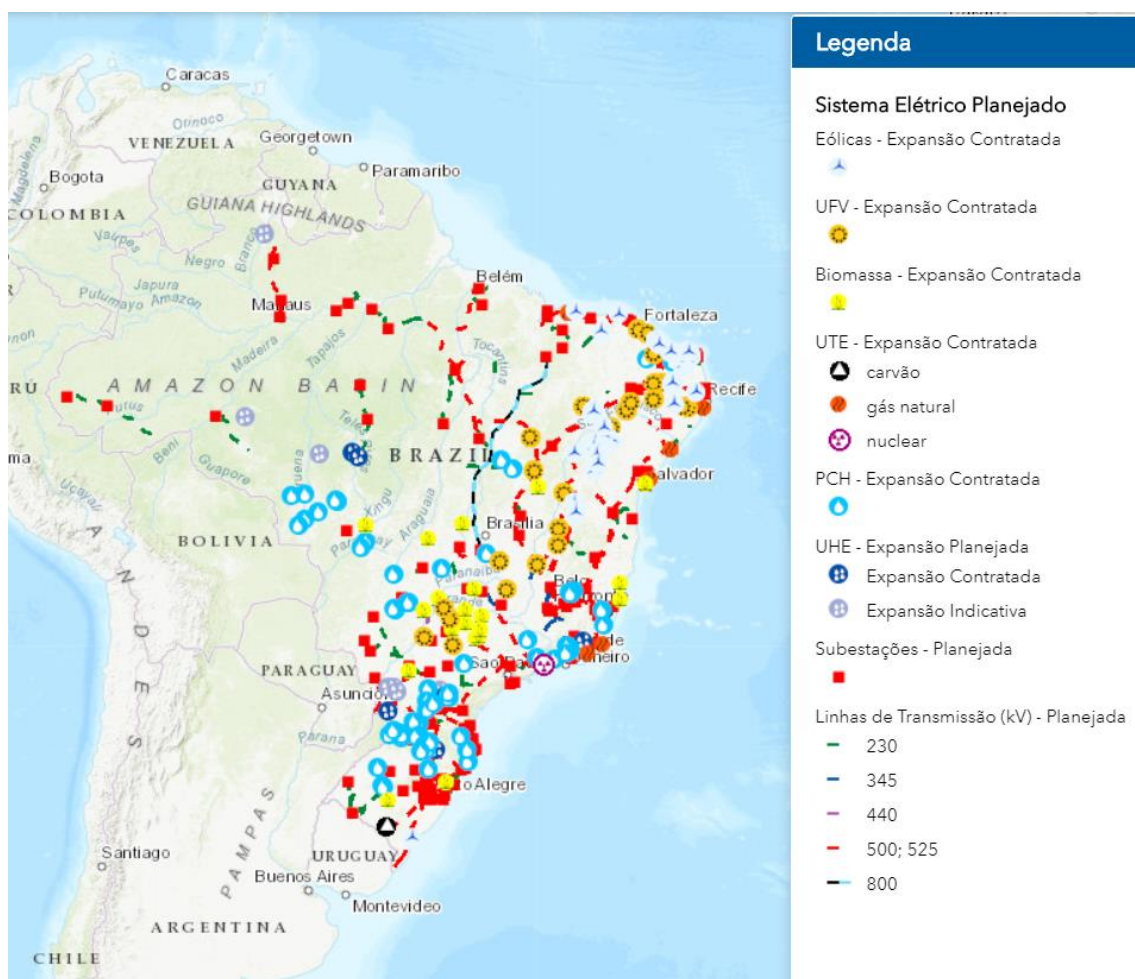


Figura 1 - Mapa do Sistema Elétrico Planejado por fontes de geração de energia no Brasil. Fonte: Sistema de informações geográficas da EPE.

4.1 CLASSIFICAÇÃO E SELEÇÃO DO MATERIAL SEGUNDO NATUREZA DA PESQUISA

O levantamento dos dados da biomassa segundo o Balanço Energético Nacional de 2017, ano base 2016, disponíveis para a geração de bioenergia na matriz brasileira na tabela 1, que apresentou a evolução de 05 anos, a qual demonstra os tipos de biomassa utilizados no Sistema Integrado Nacional (SIN), bagaço de cana, lenha e lixívia, ressaltando também a variação entre o ano de 2015 para 2016, assim como a participação percentual de cada tipo de energia em 2016, aonde a contribuição da biomassa no mercado nacional energético já era superior a 8%. Cabe ressaltar nesse estudo que foi a partir do ano de 2012 que o BEN passou a considerar a biomassa como fonte de geração elétrica direta, no entanto, anteriormente, a biomassa era caracterizada pela sua quantidade de energia gerada por transformação.

Tabela 1 - Geração elétrica por fonte no Brasil de 2012 a 2016 (GWh)

	2012	2013	2014	2015	2016	$\Delta\%$ (2016/2015)	Part. % (2016)
Total	552.498	570.835	590.542	581.228	578.898	-0,4	100
Hidráulica (i)	415.342	390.992	373.439	359.743	380.911	5,9	65,8
Gás Natural	46.760	69.003	81.073	79.490	56.485	-28,9	9,8
Derivados de Petróleo (ii)	16.214	22.090	31.529	25.657	12.103	-52,8	2,1
Carvão	8.422	14.801	18.385	18.856	17.001	-9,8	2,9
Nuclear	16.038	15.450	15.378	14.734	15.864	7,7	2,7
Biomassa (iii)	34.662	39.679	44.987	47.394	49.236	3,9	8,5
Eólica	5.050	6.578	12.210	21.626	33.489	54,9	5,8
Outras (iv)	10.010	12.241	13.540	13.728	13.809	0,6	2,4

Fonte: Adaptado do Balanço Energético Nacional (EPE, 2017).

Notas:

i) Inclui autoprodução

ii) Derivados de petróleo: óleo diesel e óleo combustível

iii) Biomassa: lenha, bagaço de cana e lixívia

iv) Outras: gás de coque, outras secundárias, outras não renováveis, outras renováveis e solar

A inclusão da biomassa como fonte direta de geração elétrica no BEN, destaca o uso dos tipos dessa fonte energética, entretanto, nela não considera as demais biomassas. A exemplo de biomassas úmidas como rejeitos de granjas e residuais quando consideramos os rejeitos de esgotamento sanitário, entre outros que podem aumentar em muito a capacidade do uso deste recurso na transformação de energia para as demandas locais, não atendidas pelo SIN, ou ainda, *off-grid*, ou seja, fora de redes integradas.

4.2 ELABORAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida pela equiparação bibliográfica técnica-profissional, Acordos Multilaterais Ambientais (AMA), a exemplo da CQNUMC, assim como legislação pertinente, Resoluções Normativas da ANEEL, anteriormente mencionados neste trabalho, assim como acadêmica, mediante os modelos matemáticos, uso da estatística descritiva, regressão, para a precificação mercadológica para a validação da viabilidade econômica e ambiental da biomassa como bioenergia, que representa cerca de 8% segundo a EPE. Observando a mais recente técnica internacionalmente modelada, ACM0006, anuída pela UNFCCC, para esta fonte de bioenergia, utiliza-se da equação (1) para a determinação total da geração de eletricidade na linha de base, pois no preço de liquidação das diferenças (PLD), o montante influenciador de cada tipo é o fator que impulsiona o valor da energia considerado no processo.

$$EL_{BL,y} = EL_{PJ,grossy} + EL_{PJ,imp,y} - EL_{PJ,aux,y} \quad (1)$$

Em que:

$EL_{BL,y}$ = é a geração de eletricidade na linha de base no ano y (MWh)

$EL_{PJ,grossy}$ = é a quantidade de eletricidade bruta gerada em todas as geradoras de energia das quais são localizadas no sítio do projeto incluindo os limites do projeto no ano y (MWh)

$EL_{PJ,imp,y}$ = uso de eletricidade do projeto importada da rede no ano y (MWh)

$EL_{PJ,aux,y}$ = total de eletricidade auxiliar consumida pela operação geradora de energia no sítio do projeto no ano y (MWh)

y = ano de período de crédito

Fez-se, por conseguinte, imprescindível o levantamento do realizado da geração de energia do BEN de 2018, para se estimar as expectativas da quantidade de energia que foi gerada na matriz nacional, uma vez que a linha de base considera o montante gerado por escopo, nesse caso, o nacional, assim como o do próprio segmento, neste aqui, o da biomassa. O uso da estatística descritiva e regressão, nessa modelagem, foi para estimar com o uso da quantidade de energia gerada, pela relação de preço e montante, levando-se em conta a transformação de bioenergia considerando cada tipo de biomassa utilizada na matriz geradora de bioeletricidade.

4.3 COLETA DE DADOS E ESTATÍSTICA DESCRITIVA

O levantamento dos dados por meio da bibliografia técnico-profissional, *vis-à-vis* dos dados publicados por órgãos governamentais, BEN, CCEE, e intergovernamentais (CQNUMC e IPCC), dados estes de domínio público, foram utilizados para a classificação quali-quantitativa da biomassa para bioenergia que o MME reconhece, para o âmbito do mercado energético nacional, listados na tabela 2, apresentado pela EPE por 48 anos, de 1970 a 2017, referente a identificação do montante de biomassa transformada em bioenergia, por tipo, assim como o mínimo e máximo de biomassa utilizada em cada período, como também a média dentre os tipos de biomassa destacados. O conhecimento do mínimo, da média e do máximo de cada período é importante para se avaliar se o valor da biomassa naquele ano estava equilibrado ou atípico em relação ao preço de liquidação das diferenças praticado para o ano analisado.

Tabela 2 - Transformação por tipos de biomassa de 1970 a 2017

Ano	T_Lixivia	T_Lenha	T_BagaçoCana	Total	Média	Min	Max
1970	74	11.316	418	11.808	3.936	74	11.316
1971	80	12.884	500	13.464	4.488	80	12.884
1972	109	14.930	523	15.562	5.187	109	14.930
1973	117	15.844	500	16.461	5.487	117	15.844
1974	133	19.748	523	20.404	6.801	133	19.748
1975	141	23.606	578	24.325	8.108	141	23.606
1976	159	21.433	544	22.136	7.379	159	21.433
1977	191	21.789	789	22.769	7.590	191	21.789
1978	227	22.317	875	23.419	7.806	227	22.317
1979	357	26.264	1.028	27.649	9.216	357	26.264
1980	419	29.757	979	31.155	10.385	419	29.757
1981	408	28.301	1.122	29.831	9.944	408	28.301
1982	423	28.718	1.332	30.473	10.158	423	28.718
1983	446	32.350	1.809	34.605	11.535	446	32.350
1984	491	39.995	1.644	42.131	14.044	491	39.995
1985	497	41.963	1.790	44.250	14.750	497	41.963
1986	519	44.321	1.721	46.561	15.520	519	44.321
1987	592	43.196	1.963	45.751	15.250	592	43.196
1988	514	45.877	1.938	48.329	16.110	514	45.877
1989	555	50.879	1.856	53.291	17.764	555	50.879
1990	793	41.632	1.854	44.279	14.760	793	41.632
1991	998	36.551	1.995	39.544	13.181	998	36.551
1992	1.192	33.689	1.975	36.857	12.286	1.192	33.689
1993	1.161	35.504	1.929	38.594	12.865	1.161	35.504
1994	1.468	35.799	2.214	39.481	13.160	1.468	35.799
1995	1.505	32.971	2.463	36.939	12.313	1.505	32.971
1996	1.563	29.287	3.438	34.288	11.429	1.563	29.287
1997	1.685	28.221	3.714	33.620	11.207	1.685	28.221

1998	1.710	25.714	3.810	31.234	10.411	1.710	25.714
1999	1.988	27.850	4.102	33.941	11.314	1.988	27.850
2000	2.099	30.434	3.454	35.987	11.996	2.099	30.434
2001	2.089	28.199	4.406	34.694	11.565	2.089	28.199
2002	2.348	29.575	5.052	36.974	12.325	2.348	29.575
2003	2.618	34.668	6.440	43.726	14.575	2.618	34.668
2004	2.847	40.114	6.604	49.564	16.521	2.847	40.114
2005	3.179	39.678	7.176	50.032	16.677	3.179	39.678
2006	3.464	38.973	7.483	49.920	16.640	3.464	38.973
2007	3.671	39.703	8.967	52.341	17.447	3.671	39.703
2008	3.900	39.894	9.707	53.501	17.834	3.900	39.894
2009	4.501	25.890	12.614	43.006	14.335	4.501	25.890
2010	4.685	28.856	19.161	52.702	17.567	4.685	28.856
2011	5.138	30.946	18.696	54.780	18.260	5.138	30.946
2012	5.238	29.718	20.788	55.744	18.581	5.238	29.718
2013	5.276	27.090	24.712	57.078	19.026	5.276	27.090
2014	6.848	26.657	26.829	60.334	20.111	6.848	26.829
2015	7.223	26.548	27.981	61.751	20.584	7.223	27.981
2016	7.686	22.898	28.686	59.269	19.756	7.686	28.686
2017	7.642	21.733	28.854	58.229	19.410	7.642	28.854

Fonte: EPE (2018), cálculos com o Excel 2016

A próxima etapa, foi feita a conversão do preço energético destacado pela EPE de 2001 a 2017, tabela 3, anualizado e atualizado, pelo último ano, 2017, disponível para que estivesse sobre um mesmo parâmetro monetário, através da calculadora do cidadão do Banco Central, utilizando o indicador econômico, o IPC-A, pois precificações distintas para cada período impediria resultados de forma acurada quando submetidos em uma regressão, então, para manter o rigor da parametrização, foi estabelecido o ano mais recente como parâmetro base, por ser o valor do PLD mais atual, por conseguinte foi necessário o uso do cálculo financeiro de juros compostos (SODRÉ, p. 10, 2008) reconhecido pela dotação expressa na equação 02.

$$S_n = P (1 + i)^n \quad (2)$$

Em que:

S_n = é a soma ou montante composto

P = é o valor inicial a ser corrigido

1 = é o equivalente ao montante principal inicial

i = é a taxa unitária a ser aplicada para correção

n = é o número de períodos considerado

Tabela 3 - Valor total da energia do submercado de biomassa e preço médio anual do MWh no PLD de 2001 a 2017

Ano	Bagaço de Cana	Lenha	Lixívia	Total	Preço R\$/MWh Atualizado p/ 2017	Valor Total de Bioenergia da Biomassa Transformada R\$
2001	4.406	28.199	2.089	34.694	413,51	14.346.315,94
2002	5.052	29.575	2.348	36.975	40,25	1.488.243,75
2003	6.440	34.668	2.618	43.726	13,41	586.365,66
2004	6.604	40.114	2.847	49.565	24,76	1.227.229,4
2005	7.176	39.678	3.179	50.033	27,36	1.368.902,88
2006	7.483	38.973	3.464	49.920	56,85	2.837.952
2007	8.967	39.703	3.671	52.341	93,08	4.871.900,28
2008	9.707	39.894	3.900	53.501	136,94	7.326.426,94
2009	12.614	25.890	4.501	43.005	34,49	1.483.242,45
2010	19.161	28.856	4.685	52.702	77,96	4.108.647,92
2011	18.696	30.946	5.138	54.780	28,86	1.580.950,8
2012	20.788	29.718	5.238	55.744	162,85	9.077.910,4
2013	24.712	27.090	5.276	57.078	262,49	14.982.404,22
2014	26.829	26.657	6.848	60.334	655,78	39.565.830,52
2015	27.981	26.548	7.223	61.752	288,87	17.838.300,24
2016	28.686	22.898	7.686	59.270	118,86	7.044.832,2
2017	28.854	21.733	7.642	58.229	310,17	18.060.888,93

Fonte: EPE (2018), cálculos com o Excel 2016

A análise estatística descritiva permitiu a observação da média e do desvio-padrão de cada período por ano, dentre os tipos de biomassa, listados na tabela 04, pois é através destes dados que se verifica a parametrização de valor da biomassa, do seu montante de 8% observados no mercado energético nacional, na relação junto ao PLD para a energia por ano como um todo, possibilitando a avaliação por outros tipos de energia destacados no BEN, pois a distinção subsetorial de energia, no âmbito de cada submercado, se faz de suma importância para se determinar o ponto de equilíbrio de um investimento energético, considerando a geolocalização entre outras variáveis para implementação de um *modus operandi* de bioenergia, ou ainda da substituição deste tipo de matriz energética sustentável em relação a qualquer outra. Cabe destacar que cada projeto de produção mais limpa em si possui um ponto de equilíbrio financeiro, a ser avaliado em relação ao preço de energia praticado no mercado.

A média do preço da biomassa anualizada pelo IPC-A para o período observado no modelo analítico foi de R\$ 161,56/MWh, conforme tabela 3, indicando, portanto, que em 11 anos do período foram de preços inferiores a essa média, e 06 superiores a ela.

Tabela 4 - Análise da média e do desvio-padrão ano de 1970 a 2017

Ano	T_Lixivia	T_Lenha	T_BagaçoCana	Média	Desvio Padrão
1970	74	11.316	418	3.936	5220,34
1971	80	12.884	500	4.488	5939,39
1972	109	14.930	523	5.187	6891,20
1973	117	15.844	500	5.487	7325,174
1974	133	19.748	523	6.801	9156,05
1975	141	23.606	578	8.108	10960,04
1976	159	21.433	544	7.379	9939,24
1977	191	21.789	789	7.590	10043,44
1978	227	22.317	875	7.806	10264,09
1979	357	26.264	1.028	9.216	12057,64
1980	419	29.757	979	10.385	13699,98
1981	408	28.301	1.122	9.944	12983,8
1982	423	28.718	1.332	10.158	13129,38
1983	446	32.350	1.809	11.535	14728,88
1984	491	39.995	1.644	14.044	18356,5
1985	497	41.963	1.790	14.750	19249,79
1986	519	44.321	1.721	15.520	20371,11
1987	592	43.196	1.963	15.250	19768,51
1988	514	45.877	1.938	16.110	21056,69
1989	555	50.879	1.856	17.764	23422,14
1990	793	41.632	1.854	14.760	19006,55
1991	998	36.551	1.995	13.181	16529,86
1992	1.192	33.689	1.975	12.286	15138,11
1993	1.161	35.504	1.929	12.865	16011,35
1994	1.468	35.799	2.214	13.160	16010,63
1995	1.505	32.971	2.463	12.313	14612,57
1996	1.563	29.287	3.438	11.429	12650,51
1997	1.685	28.221	3.714	11.207	12059,54
1998	1.710	25.714	3.810	10.411	10854,68
1999	1.988	27.850	4.102	11.314	11725
2000	2.099	30.434	3.454	11.996	13049,64
2001	2.089	28.199	4.406	11.565	11799,97
2002	2.348	29.575	5.052	12.325	12247,36
2003	2.618	34.668	6.440	14.575	14293,22
2004	2.847	40.114	6.604	16.521	16752,54
2005	3.179	39.678	7.176	16.677	16345,47
2006	3.464	38.973	7.483	16.640	15876,79
2007	3.671	39.703	8.967	17.447	15885,29
2008	3.900	39.894	9.707	17.834	15778,03
2009	4.501	25.890	12.614	14.335	8816,53
2010	4.685	28.856	19.161	17.567	9932,07
2011	5.138	30.946	18.696	18.260	10540,81
2012	5.238	29.718	20.788	18.581	10115,26
2013	5.276	27.090	24.712	19.026	9770,87

2014	6.848	26.657	26.829	20.111	9379,03
2015	7.223	26.548	27.981	20.584	9465,85
2016	7.686	22.898	28.686	19.756	8856,05
2017	7.642	21.733	28.854	19.410	8814,13

Fonte: EPE (2018), análise com o Excel 2016.

O BEN possibilita dois tipos de análise, a de preços, no período de 2001 a 2017, a qual trata da relação valor e preço, assim como de uma análise quantitativa de montantes de biomassa na transformação de energia, considerando o período entre 1970 e 2017, a qual está apresentada na tabela 4, destacados as médias e desvio-padrões ano a ano, cuja relevância se dá para identificar a disparidade entre o valor da energia por projeto em operação e o preço do PLD ou do leilão, quando específico para o submercado de biomassa.

4.4 REGRESSÃO ECONOMÉTRICA

A análise via regressão, equação 03, foi a adotada, no SPSS, para avaliar a correlação entre o valor dos tipos de biomassa no âmbito do submercado de energia e o total *vis-à-vis* preços, praticados no PLD que mensura o valor de todos os tipos de energia no mercado nacional negociadas e disponibilizadas no SIN, por conseguinte, as estimativas direcionais do valor de influência na precificação da biomassa junto aos leilões específicos deste tipo de bioenergia no período considerado, foram correlacionadas pela regressão realizada.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (3)$$

Em que:

\hat{y} = é a variável dependente ou explicada

$\hat{\beta}_0$ = é o intercepto

$\hat{\beta}_1$ = é o coeficiente angular

x = é a variável independente ou explicativa

O uso da regressão como instrumento para se descobrir a direção do valor agregado por cada tipo de biomassa, bagaço de cana, lenha e lixívia, na composição do preço de energia advindo deste submercado, destacado na tabela 5, foi um elemento de fator preponderante para validar a faixa de monetização da biomassa no Preço de Liquidação das Diferenças PLD, cuja correlação foi obtida pelo coeficiente de *Pearson*, adotada no SPSS, como define a equação 04:

$$r = \frac{1}{n-1} \Sigma \left(\frac{xi-\bar{x}}{sx} \right) \left(\frac{yi-\bar{y}}{sy} \right) \quad (4)$$

Em que:

r = Refere-se ao coeficiente de correlação de *Pearson*

n = Refere-se ao número de dados considerados na somatória

Σ = Refere-se a dotação para somatório

Xi = Refere-se a cada dado de x considerado

\bar{x} = Refere-se a média aritmética de x

Yi = Refere-se a cada dado de y considerado

\bar{y} = Refere-se a média aritmética de y

Sx = Refere-se ao desvio-padrão da variável x

Sy = Refere-se ao desvio-padrão da variável y

O preço é o intercepto na relação, na qual, para cada movimento dos tipos de biomassa há um viés direcional relativo ao preço, apresentando o seu movimento para cima ou para baixo, dependendo da inserção de tipos de biomassa no mercado, ao passo que esta bioenergia possui peso sob o valor da energia no mercado de acordo com o seu percentual injetado no SIN.

Tabela 5 - Análise da média, desvio-padrão e correlação de *Pearson*

	Média	Desvio Padrão	Correlação de Pearson
Total	8340627	10218591,81	1
Bagaço de Cana	16234,38	9138,37	0,692
Lenha	31433,81	6465,84	-0,471
Lixívia	4766,5	1792,08	0,676

Fonte: EPE (2018), análise com o SPSS versão 15.0

Segundo a análise da correlação de *Pearson*, o bagaço de cana apresentou correlação positiva no período para o impacto do preço. A lenha, apesar de ser a mais presente no BEN no período observado, correlacionou-se negativamente, devido ao aumento dos demais tipos de biomassa. Já a lixívia, está impactando positivamente no PLD no tangente ao subsetor de bioenergia da biomassa. Já a significância *F Change* utilizada para analisar a variância entre dois conjuntos de dados diferentes, assim como o desvio-padrão em torno da reta de regressão da análise, foi validada a 0,034, apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Cálculo do R² e do nível de significância dos preços

R	R ²	F Change	Significância F Change
0,709	0,503	4,045	0,034

Fonte: EPE (2018), análise com o SPSS versão 15.0

A significância validada, após análises com o uso do SPSS, para este teste, foi de 3,4%, admitindo a correlação destacada no submercado de bioenergia dado o conjunto dos tipos de biomassa para com o conjunto preço do PLD do mercado energético nacional, *vis-à-vis* SIN apresentado na Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, no período observado nesta pesquisa com os dados publicados pela EPE, assumidos pelo SPSS, realizado pela equação 05.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^I W_i (\bar{y}_i - \bar{y}_x)^2 / (I-1)}{\sum_{i=1}^I M_i^2 / (\sum_{i=1}^I N_i - I)} \quad (5)$$

Em que:

F = Refere-se ao F estatístico

I = Refere-se a função indicadora considerando valor 1 quando a expressão é verdadeira

\bar{y}_i = Refere-se a média aritmética das variáveis *i* para y

\bar{y}_x = Refere-se a média aritmética das variáveis *x* para y

M_x^r = Refere-se ao $\sum_{i=1}^n f_i w_i (x_i - \bar{x})^r$

N_i = Refere-se ao número de variáveis numéricas consideradas no somatório

1 = Refere-se ao elemento principal válido

A correlação de entre o preço da energia no BEN para com o submercado de biomassa no período mensurado foi moderado, no indicativo do coeficiente de correlação múltipla dos previsores, que são os dados, e a saída, que é a resultante, portanto obtendo um R a 0,709, admitido pelo SPSS, dado pela equação 06. Ressaltando que esta correlação, trata-se de uma análise do valor praticado de acordo com o PLD no SIN na relação com um subsetor de bioenergia, a parte, com expressão com tendência linear na casa de 8% para o mercado energético nacional, de acordo com os dados publicados pela EPE para os últimos 3 anos.

$$R = \sqrt{1 - r_{yy}} \quad (6)$$

Em que:

R = Refere-se a matriz de correlação para X_1, \dots, X_p e Y

r = Refere-se a correlação entre y

1 = Refere-se ao elemento principal válido

Esta análise de correlação se faz importante dada a variabilidade de preços dos submercados, medida pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, uma vez que, cada subsetor não está sendo considerado de forma individualizada na relação do seu valor de face, ou seja, no preço da energia para a comercialização pelo tipo de biomassa, pois essa precificação é indicada pelo subsetor, e monetizada no valor de leilão ou venda direta para o mercado nacional energético, destacada no Balanço Energético Nacional.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O acompanhamento do setor nacional energético, assim como o crescimento do uso de biomassas como bioenergia teve sua quantificação para transformação, a partir de 1970, dados estes publicados anualmente pelo Balanço Energético Nacional, por lei, sob a responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética, os quais apresentam pelo gráfico 01, que o bagaço de cana e a lixívia, iniciaram crescimento de produção a partir de 1990, ao passo que nesse mesmo período, a lenha iniciou um decréscimo.

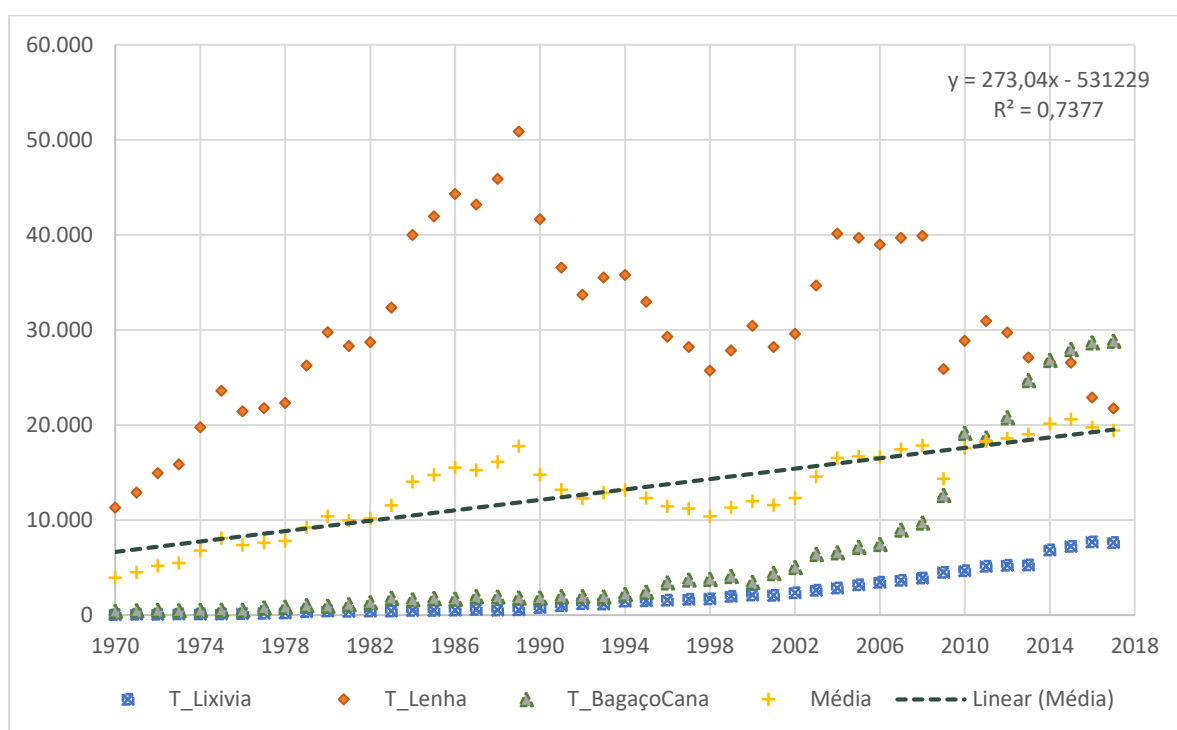


Gráfico 1 - Transformação energética por tipo de biomassa de 1970 a 2018

Fonte: EPE (2018), análise com o Excel 2016.

A análise econométrica regressiva dos dados da biomassa do BEN, realizada pelo software SPSS versão 15.0, em seus resultados, destacou pelo coeficiente de correlação de *Pearson*, tabela 5, na observação em relação ao total de biomassa transformada, que o bagaço de cana tem relação positiva de 0,692, ao passo que a lenha tem influência negativa de 0,471, e a lixívia uma relação positiva de 0,676. Destacando que esta relação possui influência direta no subsetor de biomassa e indireta no submercado de bioenergia. Verificou-se, tanto na análise estatística descritiva quanto na regressão, que o bagaço de cana e a lixívia, se fazem positivos no modelo bioenergético de biomassa, ao passo que a lenha, não apresentou mais expressão de crescimento, em movimento até contrário a partir de 1990, indicado na correlação de *Pearson*.

A apresentação do gráfico 02, expressa a comparação de concentração entre os volumes no subsetor de bioenergia, a partir dos tipos de biomassa, que a lenha, desde o ano inicial de contagem junto ao BEN, diga-se em 1970, foi uma matriz de biomassa já iniciada com montantes superiores à 10.000 toneladas (t) no uso de transformação energética, ao passo que o bagaço de cana e a lixívia tiveram seus inícios para a finalidade de energia, de forma modesta, inferior à 1.000t para ambas, destacando, por conseguinte, que a maturação do uso de outros tipos de fonte biomassa demorou a fazer parte da matriz energética nacional de forma expressiva.

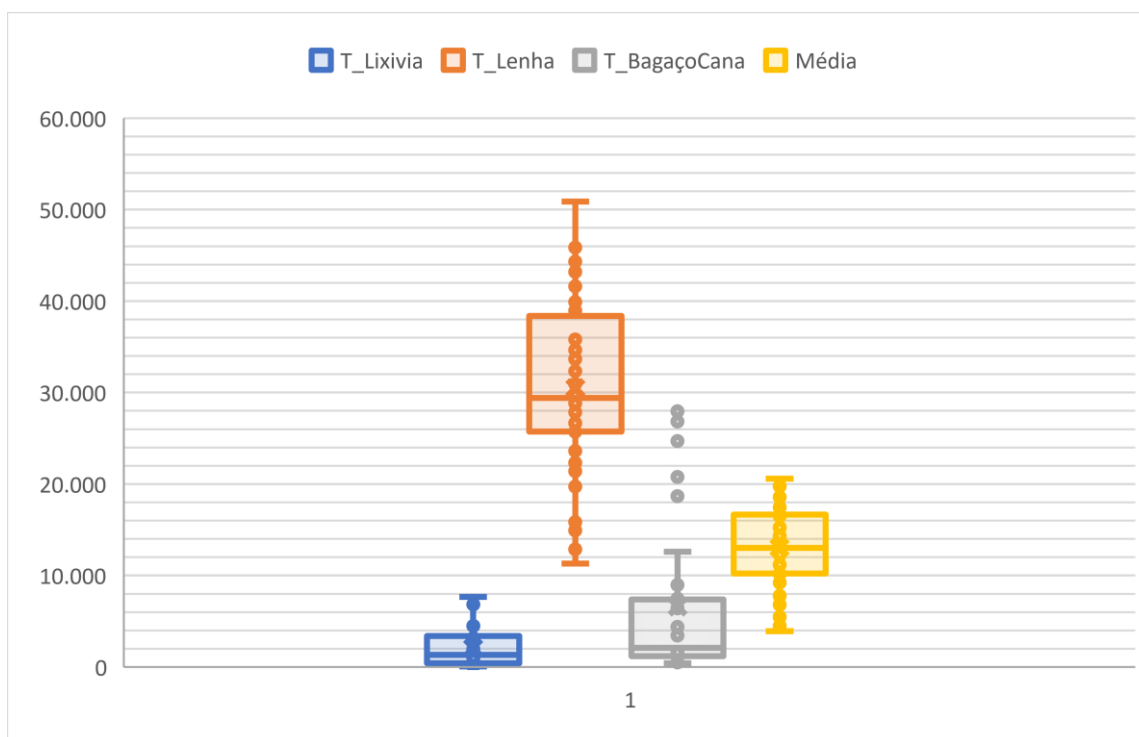


Gráfico 2 - Concentração energética por tipo de biomassa de 1970 a 2017
 Fonte: EPE (2018), Análise com o Excel 2016.

O gráfico 2 ressalta que a concentração da lenha no seu uso para transformação energética, como tipo de biomassa, já iniciou acima de 10.000t, distintamente do bagaço de cana que em sua maior proporção esteve inferior à 10.000t, assim como a lixívia que nem em seu ápice chegou à esse patamar de 10.000t, entretanto, o bagaço de cana e a lixívia tiveram uso com crescimento positivo, conforme apresentado no gráfico 1. A lenha, ainda assim, foi a que manteve a influência para manter a média do uso de biomassa, superior a quantidade das demais biomassas arroladas no BEN, pois a média no período observado, destacado no gráfico 2, foi entre 10.000t e 20.000t de bioenergia advinda de transformação por essa matriz energética.

A observação do valor agregado *vis-à-vis* o quantitativo de tipo de biomassa disponível e utilizada para a transformação de bioenergia é o determinante para a precificação deste tipo de bioenergia. Verificou-se, por conseguinte, pela representação do Gráfico 02 que, ainda assim, a lenha possui maior expressividade nos 48 anos observados, apesar dessa característica ter tido mudança substancial nos últimos 10 anos, quando o bagaço de cana rompeu a barreira de 10.000t toneladas aplicadas na transformação de bioenergia, destacados no Gráfico 03, volume esse que a lenha já possuía desde o primeiro ano de medição informada pelo BEN de 2018.

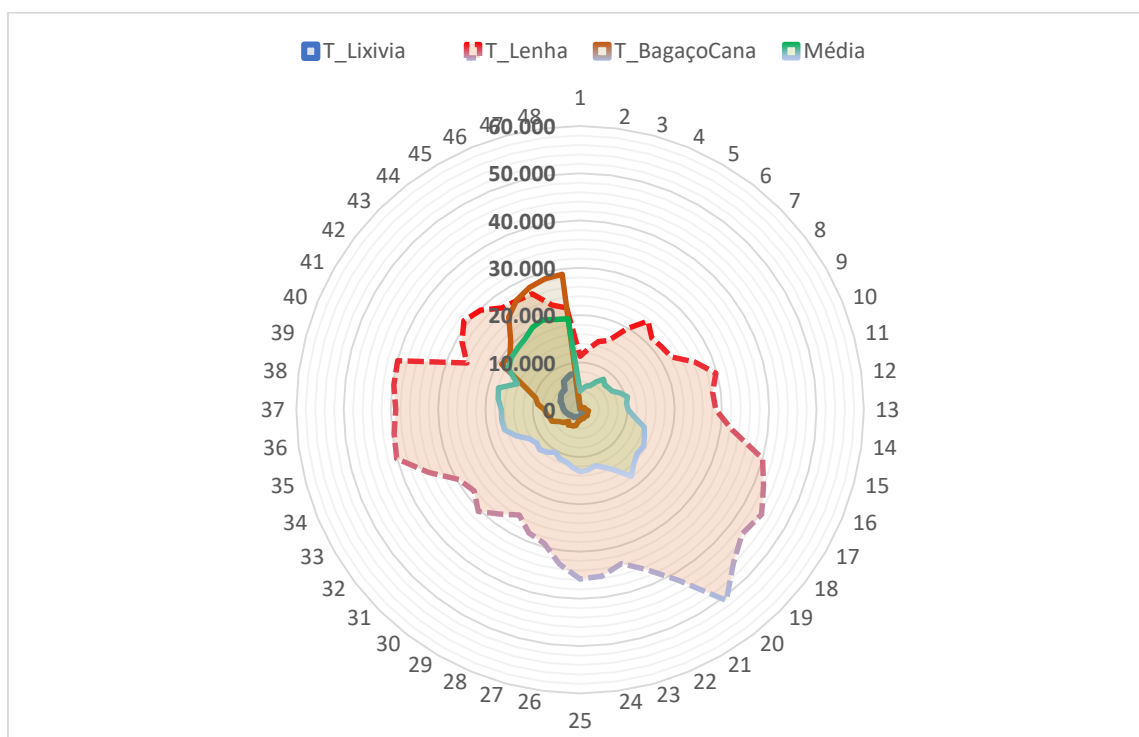


Gráfico 3 - Quantidade de transformação energética por tipo de biomassa em 48 anos
 Fonte: EPE (2018), Análise com o Excel 2016.

O gráfico 03 destacou claramente que no 39º ano de medição, a média passa a seguir o mesmo direcionamento do volume do bagaço de cana, ao passo que no mesmo ano, a lenha teve uma queda superior à 14.000t em seu uso para a transformação de bioenergia, de acordo com o BEN de 2018.

O gráfico 04 expressou o histograma normalizado, entre a frequência e a regressão residual padronizada, o que representou um desvio padrão de 0,894, portanto considerado um dado nacional, validado a partir do BEN, distintamente do parâmetro internacional indicado anteriormente pela ACM0006, cuja incerteza poderia ser considerada maior que 100%, resultando em um fator de conservatividade de 0,73 para o elemento da biomassa.

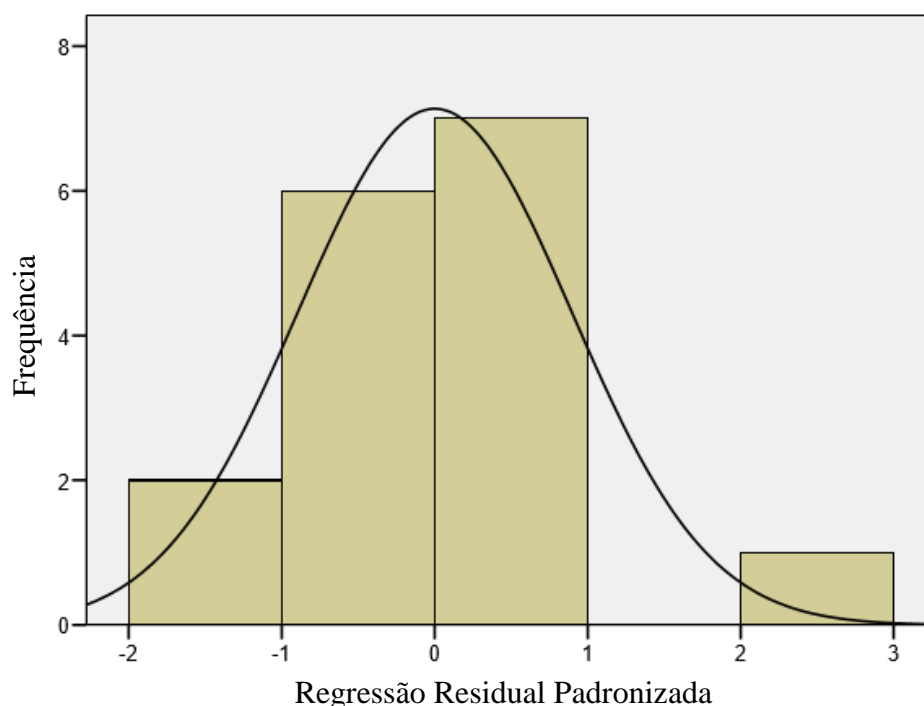


Gráfico 4 - Histograma, variável dependente total
 Fonte: EPE (2018), Análise com o SPSS versão 15.0

O Gráfico 05 da normal P apresentou a correlação moderada positiva entre a variável total da biomassa, dependente ou explicada, anualizada pelo indicador de inflação, IPC-A, parametrizada pelo último preço para 2017, dentro da média do PLD, a qual está admitida com 3,4% de significância *F Change*. Validando o movimento de diferenciação deste subsetor de bioenergia, no mercado nacional energético, no período observado pela publicação da EPE, o BEN, destacando a correlação do total de biomassa transformada, onde o bagaço de cana teve movimento de crescimento de 69,2%, ao passo que a lenha teve diminuição de 47,1%, e a lixo aumentou de 67,6%. Portanto, os distintos valores desses tipos de biomassas influenciam a precificação com um submercado de bioenergia dentro do SIN.

O PLD que determina o valor nacional médio da energia praticado no SEB, indicou a resultante da média do preço da biomassa anualizada pelo IPC-A, para o período observado no modelo analítico ao valor médio de R\$ 161,56/MWh, calculado sob a tabela 3. Dispare do valor médio final para as térmicas a biomassa que foi de R\$ 187,90/MWh no leilão de energia de 2019. Por conseguinte, a viabilidade econômica e o ponto de equilíbrio dos projetos de bioenergia de biomassa, devem ser administrados em uma faixa observando estes valores médio anualizados, pois são a resultante predominante do preço médio praticado no período, entretanto para finanças, o que é observado não garante repetição para os próximos períodos, sendo somente uma indicação, caso não haja novos fatores para mudar o direcionamento.

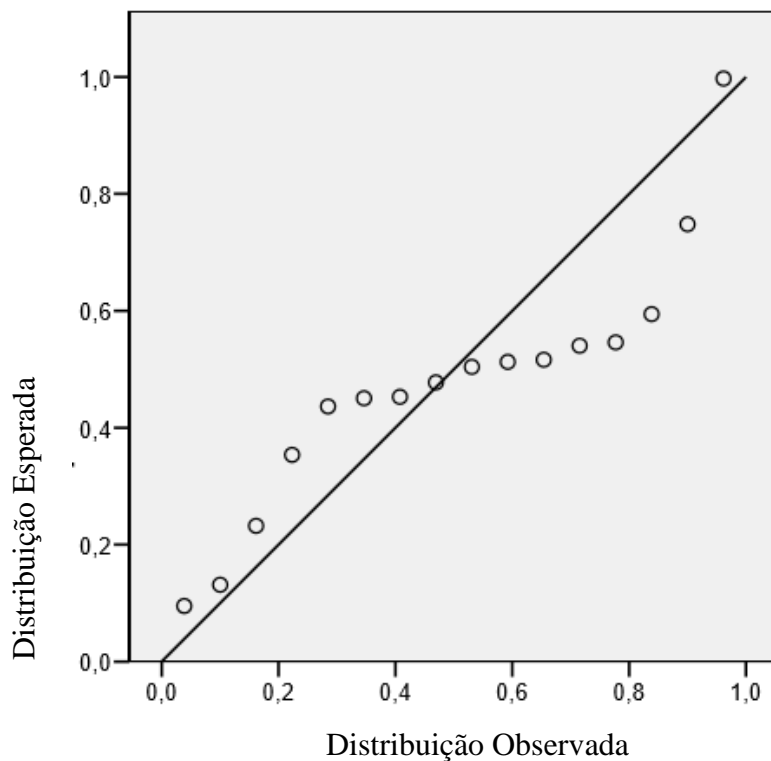


Gráfico 5 - Normal P-P Plot da regressão residual padronizada
 Fonte: EPE (2018), Análise com o SPSS versão 15.0

As análises da estatística descritiva e da regressão econométrica aplicadas nesta pesquisa, apontaram a correlação do preço praticado no mercado, pelos elementos do submercado de bioenergia de biomassa destacado e medido pelo Balanço Energético Nacional, assim como, as resultantes influenciadoras que compõem o direcionamento de cada valor agregado dos tipos de biomassa, na tendência de sua precificação ao longo dos 48 anos de dados do volume de biomassa medida, e também dos 16 anos de precificação observada no BEN, aptos ao modelo de monetização aplicado nesta pesquisa.

Ressalta-se que o ajuste de diminuição de incertezas em prol da acurácia, entre o dado da linha de base e o medido pelas análises aplicadas, *vis-à-vis* a precificação, partindo do pressuposto da análise da viabilidade econômica, faz-se necessário para a propositura, assim como manutenção de qualquer projeto energético, pois o mesmo se faz primordial para se estabelecer um fluxo de caixa mais ajustado e controlado entre receitas e despesas, uma vez que a venda ou desconto de energia será feito pela analogia do valor indicado no mercado, sobretudo pelo Preço de Liquidação das Diferenças. Portanto, apresentou-se abaixo, as modelagens analíticas, pelas equações 7 e 8, atendendo a linha de base ACM0006, para a biomassa no tangente à monetização, com o uso do dado, como parâmetro nacional:

$$BP_{BL,y} = PB_{leilao,y} * TB_y \pm DP_{B,y} \quad (7)$$

Em que:

$BP_{BL,y}$ = é o preço da biomassa advindo da transformação para energia no ano (R\$/MWh)

$PB_{leilao,y}$ = é o preço da biomassa no leilão de energia no ano (R\$/MWh)

TB_y = é a quantidade de biomassa transformada em energia ano (ton/MWh)

$DP_{B,y}$ = é o desvio padrão do montante de biomassa transformada em energia no período indicado pelo BEN (ton/MWh)

A equação 7, refere-se a modelagem a ser aplicada, com o dado nacional, preço e quantidades, parametrizadas pelos elementos dados do BEN, na linha de base ACM0006.

$$BP_{BL,y} = PB_{leilao,y} * TB_y * (1 + EF_{tCH_4TB}) \pm DP_{pB,y} \quad (8)$$

Em que:

$BP_{BL,y}$ = é o preço da biomassa advindo da transformação para energia no ano (R\$/MWh)

$PB_{leilao,y}$ = é o preço da biomassa no leilão de energia no ano (R\$/MWh)

TB_y = é a quantidade de biomassa transformada em energia ano (ton/MWh)

EF_{tCH_4TB} = é o fator de emissão da quantidade de tonelada de metano na transformação da biomassa em energia (tCH₄/MWh)

$DP_{pB,y}$ = é o desvio padrão da biomassa precificada e anualizada transformada em energia no período indicado no PLD (ton/MWh)

A equação 8, destaca o uso do desvio-padrão como variabilidade na relação preço e quantidade no elemento de transformação de biomassa para energia no mercado nacional de energia, ponderado a partir do PLD na linha de base ACM0006. O modelo apresentado, equações 7 e 8, utilizando a fundamentação desta linha de base permite a observação do movimento do valor monetário da bioenergia de biomassa por subsetor considerando a precificação junto a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, para ser aplicado como informação de valor de face para a monetização, pela entrada de operação da geração de energia no submercado de biomassa.

6 CONCLUSÃO

A pesquisa apresentou que há uma correlação positiva moderada entre os tipos de biomassa, em relação ao total precificado no parâmetro anualizado, observado na regressão aplicada, considerando que o submercado desta bioenergia equivale a cerca de 8% da matriz energética nacional, de acordo com o Balanço Energético Nacional. Pode-se observar que as recomendações analíticas estiveram no alinhamento dos pontos comuns das linhas de base da CQNUMC, pacíficos de convergirem para com os dados do BEN na modelagem de monetização bioeconômica que este estudo propôs, considerando a biomassa com uma amplitude maior para o valor a ser monetizado pelos seus serviços ambientais energéticos, ao passo que ela se transforma em bioenergia num sistema operacionalizado.

O uso da linha de base ACM0006 faz-se como um exímio orientador para se estimar a geração de energia à partir da biomassa, o qual por meio de modelos estatísticos aplicados, pode criar parâmetros e modelos específicos de quantificação para valoração e futura monetização, observando o viés do Preço de Liquidação das Diferenças, sobretudo para melhor orientar na aplicação e implementação de projetos, seus fluxos de caixa operacionais, receitas e despesas, advindos da geração no subsetor por tipo de biomassa, submercado de bioenergia, ou ainda em processos de cogeração.

As análises bioeconômicas de processos sustentáveis cíclicos e com variações adversas não podem contar tão somente com usuais análises econômicas, como TIR¹², VPL¹³, Payback¹⁴ e TMA¹⁵, as quais subestimam efeitos ambientais legítimos do mercado nacional de energia para a monetização, sobretudo considerando o valor de face da energia dado o PLD. Por conseguinte, o uso da análise econométrica bioeconômica auxiliaria justamente num melhor ajuste para o valor da biomassa como subsetor no mercado de bioenergia, observando os instrumentos analíticos disponíveis em dados nacionais, ao passo que a precificação fora de leilão de submercado é estimada pela maior geração de energia, desconsiderando elementos que foram demonstrados claramente nesta pesquisa, através da ACM0006 aplicados junto aos dados do BEN.

O pleito de investimentos para a realização de projetos sustentáveis, produção mais limpa, adicionalidade, pela solicitação de financiamentos, seguindo a máxima econômica de que

¹² Taxa interna de retorno

¹³ Valor presente líquido

¹⁴ Período de tempo necessário para recuperar o investimento

¹⁵ Taxa mínima de atratividade

é melhor dispor de capital alheio, para não mobilizar capital próprio, requer grande cautela na apresentação das possíveis resultantes, pois a frustração de resultados na geração de receitas pode acarretar em desequilíbrio financeiro do projeto, onde esse modelo de análise bioeconômica que já considera o valor de face da energia em projetos, se fazem de grande valia.

Há, ainda, grande capacidade da geração de bioenergia, por meio da biomassa, no Brasil, pois a cada ano esse percentual vem aumentando, tendo sua participação no Sistema Energético Nacional à 8,4%, segundo BEN de 2018, portanto, observado um patamar superior a 8% para os últimos 3 anos. É sabido que a quantidade de biomassa disponível no Brasil, assim como a residual, pode aumentar bastante o percentual do uso dessa fonte de energia na matriz nacional, sendo que a avaliação desse submercado deve possuir maior acurácia avaliativa como demonstrado pela ACM0006 e pelo modelo resultante desse estudo.

A análise do preço de mercado para a energia no PLD *vis-à-vis* o subsetor por tipo de biomassa para se compreender o valor agregado deste tipo de substrato para a geração de energia, tanto no tangente ao montante de transformação, quanto ao preço no submercado anualizado, foi importante para atender a influência de cada recurso de biomassa. A mensuração pelo BEN deste submercado de bioenergia cuja premissa do movimento ascendente do bagaço de cana e lixívia foi próximo a 0,68 observado na correlação de *Pearson*, ou seja, um patamar de 68%, assim como, o sentido de decréscimo na ordem de 0,47 da lenha, compreendendo-se -47%, mediante a análise estatística e econométrica, são decisórios para a precificação de uma usina geradora de biomassa e sua monetização no mercado, pois cada uma possui um equilíbrio financeiro que será justificado pela venda em leilão ou no mercado livre de energia.

Foi destacado nesta pesquisa que a média do preço da biomassa anualizada pela inflação para o período observado de 17 anos, neste modelo analítico, foi de R\$ 161,56/MWh, sendo, portanto, que em 11 anos houveram preços inferiores a essa média, e somente 6 anos foram superiores a esta média. Já no leilão de energia de 2019, o valor médio final para as térmicas a biomassa foi de R\$ 187,90/MWh, aumentando, por conseguinte, a disponibilidade de preço médio para o ponto de equilíbrio econômico da monetização e venda para este tipo de bioenergia.

Conclui-se que a compreensão do subsetor de biomassa junto ao BEN para o mercado energético nacional, assim como a aplicação de um modelo bioeconômico analítico ajustado, como os aqui apresentados nesta pesquisa, pelas equações 7 e 8, atendem ao rigor técnico da perspectiva da linha de base e identificam ao valor de face praticado na negociação do PLD destacado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica deste submercado de energia.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução ANEEL n° 109/2004**. Institui a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2004109.pdf>. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Resolução ANEEL n° 633/2014**. Regulamenta o Preço de Liquidação das Diferenças. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2014/054/resultado/ren2014633.pdf>. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Resolução ANEEL n° 795/2017**. Estabelece critérios e procedimentos para atualização do valor do patamar da função de custo do déficit de energia elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017795.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

ALVES, Helton José, ARAÚJO, Izabela Regina Costa, FRIGO, Michelle Sato, FRIGO, Elisandro Pires, JÚNIOR, Cicero Bley, MARIANE, Leidiane e COIMBRA-ARAUJO, Carlos H. (2014) – Brazilian case of study for biogas energy: Production of electric power, heat and automotive energy in condominiums of agroenergy – in **Science Direct, Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews** 40 (2014) 826-839; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.024>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114004766>. Acesso em: 17 out. 2017.

BRASIL. **Decreto n° 2.652 / 1998**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2652.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Decreto n° 5.445 / 2005**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Decreto/D5445.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Decreto n° 7.343 / 2010**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7343.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Decreto n° 9.578 / 2018**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Lei n° 10.847 / 2004**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Lei/L10.847.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Lei n° 12.114 / 2009**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Lei n° 12.187 / 2009**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Lei nº 13.800 / 2019**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Lei/L13800.htm. Acesso em: 17 out. 2019.

CARNEIRO, Patrícia e FERREIRA, Paula. The economic, environmental and strategic value of biomass – in **Elsevier Renewable Energy** 44 (2012) 17-22; Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/55619982.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC. **Projeto BK Energia Itacoatiara**. (p.13, 2005). Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_d_e_desenvolvimento_limpo/submetidos/aprovados_termos_resolucao_1/publicacoes/20/Documento-de-Concepcao-do-Projeto.pdf Acesso em: 17 maio 2018.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – CQNUMC (UNFCCC, acrônimo em ingles). CDM Methodology Booklet 2014 (2015).

DANCEY, Christine P. e REIDY, John. **Estatística sem matemática para psicologia usando o SPSS para Windows**. (p. 23, 2006). Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/10095/material/Dancey_Reidy_2006_CAP_04.pdf. Acesso em: 17 out. 2017.

DENARDIN, Valdir Frigo e SULZBACH, Mayra Taiza. **Capital natural na perspectiva da economia**. (p.03, 2002). In: I Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade. Disponível em: <https://docplayer.com.br/3785774-Capital-natural-na-perspectiva-da-economia-valdir-frigo-denardin-mayra-taiza-sulzbach-natural-capital-in-the-economy-perspective.html>. Acesso em: 17 out. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). **Balanco Energético Nacional 2016**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>. Acesso em: 17 out. 2017.

_____. **Balanco Energético Nacional 2017**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>. Acesso em: 17 maio 2018.

_____. **Balanco Energético Nacional 2018**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 07 nov. 2018.

_____. **Balanco Energético Nacional 2019**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em: 17 out. 2019.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto e DA SILVA JÚNIOR, José Alexandre. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r)**. in: Revista Política Hoje, p. 118-146, vol. 18, nº 1, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>. Acesso em: 17 out. 2019.

IBM Corporation (2016). **IBM SPSS statistics 24 algorithms**. Disponível em: ftp://public.dhe.ibm.com/software/analytics/spss/documentation/statistics/24.0/en/client/Manuals/IBM_SPSS_Statistics_Algorithms.pdf. Acesso em: 17 out. 2019.

KUHN, Peterson D., SAMPAIO, Silvio C., TELEKEN, Joel G., DIETER, Jonathan, CREMONEZ, Paulo, A., KUHN, Sheila, S. e FERREIRA, Agmar. (2017) – Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential – in **Science Direct, Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews** 81 (2018) p. 3081-3089; Disponível em: https://econpapers.repec.org/article/eeerensus/v_3a81_3ay_3a2018_3ai_3ap2_3ap_3a3081-3089.htm. Acesso em: 17 maio 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Dez anos do sistema nacional de unidades de conservação da natureza, lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro**. (p.72, 2011). Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dap/_publicacao/149_publicacao06072011055754.pdf. Acesso em: 17 maio 2018.

BRASIL. Ministry of Mines and Energy (MME) – **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)** (p. 184, 2017) – Brazilian Energy Balance 2017; Disponível em: http://www.epe.gov.br/sites-en/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-46/topico-82/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf. Acesso em: 17 maio 2018.

MIRANDA, Sílvia H. G. de, BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi e LIMA, Lílian Maluf de. **Estudo sobre Metodologia de Quantificação e Qualificação de Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais de Programas de Avaliação da Conformidade**. (p.05, 2009).

OSÓRIO, Eduardo, ZEN, Leandro Dalla, VILELA, Antônio César Faria e GOMES, Gabriel Meneghetti Faé. (2012) – **Aspects for a cleaner production approach for coal and biomass use as a decentralized energy source in southern Brazil** – in Science Direct, Elsevier Journal of Cleaner Production 47 (2013) 85-95; DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.037> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612005082>. Acesso em: 17 maio 2018.

STECHEER, Luiza Chourkalo. **Cálculo de viabilidade econômica de fontes alternativas de energia considerando seus custos ambientais para pequenas comunidades da região nordeste brasileira**. (p. iv, 2014). DOI: 10.11606/D.85.2014.tde-07042014-112240. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85133/tde-07042014-112240/pt-br.php>. Acesso em: 17 maio 2018.

SCHNEIDER, Daniel Rolph, KIRAC, Mislav e HUBLIN, Andrea. (2012) – **Cost-effectiveness of GHG emission reduction measures and energy recovery from municipal waste in Croatia** – in Elsevier Energy 48 (2017) 203-211; Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544212001028>. Acesso em: 17 maio 2018.

SILVA, Carlos Miguel Simões, CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira, VITAL, Benedito Rocha, FIGUEIRÓ, Clarissa Gusmão, FIALHO, Lucas de Freitas, MAGALHÃES, Mateus Alves de, CARVALHO, Amélia Guimarães e CANDIDO, Welliton Lelis. (2017) – **Biomass torrefaction for energy purposes** – Definitions and an overview of challenges and opportunities in Brazil – in Science Direct, Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews (2017) p. 2426-2432; Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117312388>. Acesso em: 17 maio 2018.

SZKLO, Aleandre, SCHAEFFER, Roberto, RATHMANN, Régis, SORIA, Rafael e PORTUGAL-PEREIRA, Joana. (2015) – **Agricultural and agro-industrial residues-to-energy**: Techno-economic and environmental assessment in Brazil – in Science Direct, Elsevier Biomass and Bioenergy 81 (2015) 521-533; Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953415300805>. Acesso em: 17 maio 2018.

United Nations Framework for Climate Change Conference – **Clean Development Mechanism** – CDM Methodology Booklet 2017. 9º Edition. Disponível em: https://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/1803/CDM-Methodology-Booklet_fullversion_PART_1.pdf. Acesso em: 17 maio 2018.

_____. – CDM Methodology Booklet 2018. 10º Edition. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/index.html>. Acesso em: 07 jan. 2019.

VAKKILAINEN, Esa, SHIPFER, Fabian, HEINIMÖ, Jussi e PROSKURINA, Svetlana. (2017) – **Biomass for industrial applications**: The role of torrefaction – in Science Direct, Elsevier Renewable Energy 111 (2017) 265-274; Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148117303208>. Acesso em: 17 maio 2018.

VEIGA NETO, Fernando Cesar da. **A construção dos mercados de serviços ambientais e suas implicações para o desenvolvimento sustentável**. (p.42, 2008). Disponível em: <https://tede.ufrj.br/jspui/handle/tede/714>. Acesso em: 17 maio 2018.

ZHAO, Rui, LIN, Xiao, WANG, Tao e LIU, Chengliand. (2016) – **Allocating and Mapping Carbon Footprint at the Township Scale by Correlating Industry Sectors to Land Uses** – the American Geographical Society of New York in Geographical Review 106 (3):441-464, July 2016; Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1931-0846.2016.12159.x>. Acesso em: 17 maio 2018.

*A observação dos recursos naturais de uma sociedade,
de acordo com a sua disponibilidade
considerando o seu modelo de vida e transformação,
assim como as suas necessidades,
geram oportunidades socioeconômicas
que devem ser bem geridas na alocação para o
seu próprio bem-estar.*
Roulien Paiva Vieira