

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO – UNISAGRADO

DUANA ALMEIDA MACHADO

PERSPECTIVA TÉCNICO ECONÔMICA DA BIOMASSA NO BRASIL

BAURU

2023

DUANA ALMEIDA MACHADO

PERSPECTIVA TÉCNICO ECONÔMICA DA BIOMASSA NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica -
Centro Universitário Sagrado Coração.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Gomes Cabana

BAURU

2023

Machado, Duana Almeida Machado.

Perspectiva técnico econômico da biomassa no Brasil/

Duana Almeida Machado. -2023. 20f.

Orientador: Dr.Tiago Gomes Cabana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) –
Centro Universitário Sagrado Coração - Bauru - SP

1. Biomassa 2. Descarbonização. 3. Energia Renovável 4. Bioenergia

I. Machado, Tiago Gomes Cabana.

II. Análise técnico econômica e disponibilidade de biomassa no Brasil.

DUANA ALMEIDA MACHADO

PERSPECTIVA TÉCNICA E ECONÔMICA DA BIOMASSA NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia elétrica -
Centro Universitário Sagrado Coração.

Aprovado em: ___/___/___.

Banca examinadora:

Prof. Dr. _____ (Orientador)
Centro Universitário Sagrado Coração

Titulação, Nome
Instituição

Titulação, Nome
Instituição

Dedico este trabalho a minha mãe e irmã, e
com carinho ao meu amor.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho para minha mãe, irmã, mulher e família, como forma de agradecimento pelo apoio de todos estes anos tentando realizar este sonho. Agradeço também aos professores que tanto me apoiaram nessa longa jornada e gratidão a Deus por me deixar concluir mais esta etapa da minha vida.

“Um trabalho científico é uma aventura, [...] é uma forma de exploração que nos leva a descobertas” (GIBALDI, 1999, p. 3).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fontes de Biomassa, rotas de conversão e energia final formada	12
Figura 2 – Percentual de utilização de biomassa na matriz energética Brasileira	14
Figura 3 – Capacidade de geração de energia através da biomassa	15
Figura 4 - Fluxograma de produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica	17
Figura 5 - Comparativo da eficiência ecológica da utilização da biomassa com métodos de controle de emissão de poluentes.	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
COP2021	Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2021
EPE	Empresa de Pesquisa Energética

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3 METODOLOGIA	13
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1 A biomassa na matriz energética Brasileira	14
4.2 Potencial econômico da utilização da biomassa	15
4.3 Principais fontes de biomassa e suas rotas de conversão energéticas	16
4.3.1 Biomassa de vegetais não lenhosos	16
4.3.2 Biomassa de vegetais lenhosos	17
4.3.3 Biomassa de resíduos orgânicos	18
4.4 Sustentabilidade do uso da biomassa	19
5 CONCLUSÃO	20
6 REFERÊNCIAS	21

PERSPECTIVA TÉCNICO ECONÔMICA DE BIOMASSA NO BRASIL

Duana Almeida Machado¹ Tiago Gomes Cabana²

¹Graduanda em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Sagrado Coração (UNISAGRADO)

RESUMO

A busca por fontes alternativas de energias que não gerem a emissão de dióxido de carbono e contribuam para a descarbonização da matriz energética brasileira e mundial apresenta crescente de estudos. Uma das alternativas sustentáveis para produção de energia é a utilização da biomassa como matéria-prima. A biomassa é definida como qualquer composto de origem animal ou vegetal que ao ser submetido a um processo químico, físico ou térmico é capaz de produzir energia. O Brasil apresenta grande disponibilidade para utilização destes compostos como fonte de geração de energia. Atualmente, o país conta com aproximadamente 18% da sua matriz energética composta por biomassa, entretanto possui como objetivo até 2030 que ao menos 30% da matriz energética seja composta por fontes de energia derivadas da biomassa. Logo, entende-se a necessidade de exploração do tema e da ampliação de estudos que tangenciam a expansão da produção no Brasil. O presente estudo teve como objetivo uma revisão bibliográfica técnica e econômica sobre a utilização da biomassa no Brasil. Entende-se a necessidade de incentivos governamentais para expansão de usinas que comportem a exploração da biomassa e por consequência fomenta a criação de postos de trabalho. Concluiu-se que a biomassa tem amplo potencial econômico e energético a ser explorado.

Palavras-Chave: Biomassa; Energia Renovável; Descarbonização; Bioenergia;

ABSTRACT

The search for alternative energy sources that do not generate carbon dioxide emissions and contribute to the decarbonization of the Brazilian and global energy matrix is an increasing number of studies. One of the sustainable alternatives for energy production is the use of biomass as a raw material. Biomass is defined as any compound of animal or vegetable origin that, when subjected to a chemical, physical or thermal process, is capable of producing energy. Brazil has great availability for using these compounds as a source of energy generation. Currently, the country has approximately 18% of its energy matrix made up of biomass, however the objective is by 2030 that at least 30% of the energy matrix is made up of energy sources derived from biomass. Therefore, the need to explore the topic and expand studies that touch on the expansion of production in Brazil is understood. The objective of this study was a technical and economic bibliographical review on the use of biomass in Brazil. It is understood that there is a need for government incentives to expand plants that support the exploitation of biomass and, consequently, encourage the creation of jobs. It was concluded that biomass has broad economic and energy potential to be explored.

Keywords: Biomass; Renewable energy; Decarbonization; Bioenergy;

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico da humanidade e a criação da eletricidade, o aumento da demanda energética no mundo cresceu consideravelmente. Este aumento na demanda de energia trouxe consigo a utilização de fontes energéticas altamente poluentes como por exemplo os derivados de petróleo ou carvão mineral para produção de energia, fontes estas que possuem longas cadeias de hidrocarbonetos e cuja queima libera alta demanda de dióxido de carbono na atmosfera (Melo, 2008).

O aumento da emissão de poluentes decorrentes da queima de combustíveis fósseis, é o responsável pelas mudanças climáticas e aumento do efeito estufa antrópico no planeta (Júnior et al., 2009). Por se tratarem de compostos com alta carga de poluentes emitidos ao longo de sua queima, a utilização de combustíveis derivados de petróleo tem dado lugar a combustíveis com neutralidade ou com baixa emissão de dióxido de carbono em sua queima para gerar energia.

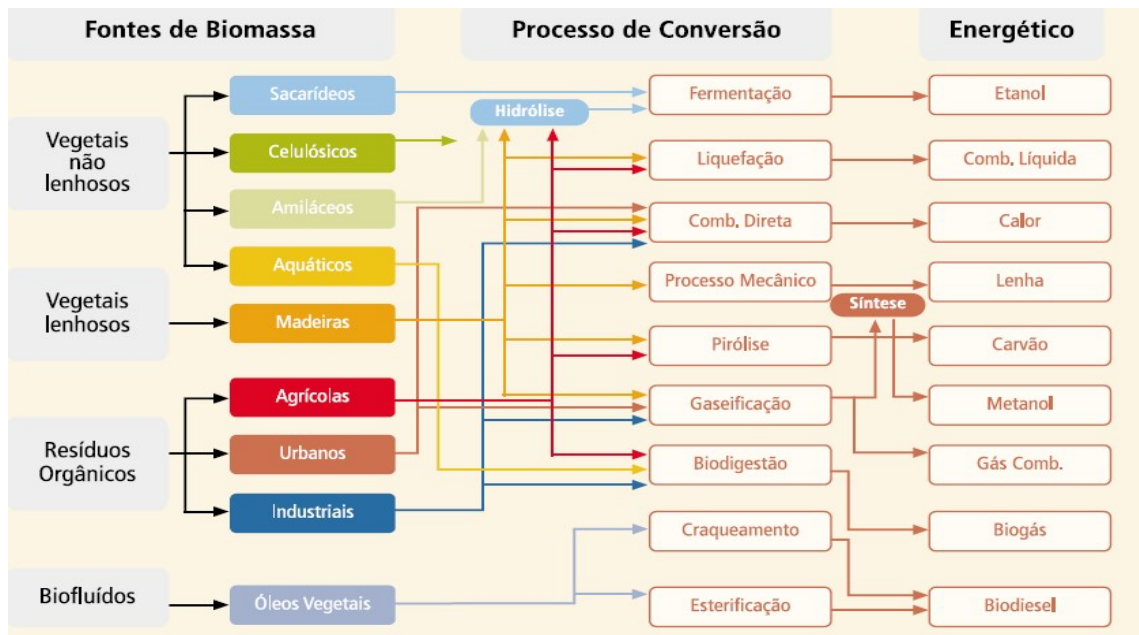
Uma energia considerada com baixa emissão de carbono ou neutra emissão de carbono, significa dizer que a matéria-prima utilizada e sua cadeia produtiva, compensarão a emissão de dióxido de carbono ao longo da queima para produção energética. Um bom exemplo a ser citado de fonte de energia limpa são as energias derivadas de transformações da biomassa orgânica que pode ser utilizada para produção de energia (EPE, 2023).

O projeto de Lei nº 548 de 2022 em seu Art.3º que Institui a Política Nacional de Incentivo ao uso da Biomassa para Geração de Energia, define que a biomassa é toda matéria orgânica de origem vegetal ou animal utilizada com a finalidade de produzir energia. Ou seja, é possível que diversos resíduos vegetais ou animais possam ser usados com diferentes formas de conversão para a produção de energia.

As medidas instauradas pelo Governo Federal em parceria com as condições edafoclimáticas possibilitaram ao Brasil uma gama de possíveis fontes de produção de energias renováveis que compõem hoje a matriz energética nacional. Quando comparado ao cenário mundial, outros países apresentam cerca de 13,5 a 15% de energias renováveis em suas matrizes energéticas, já no Brasil o cenário é mais promissor com as fontes renováveis representando 40% da produção total de energia (EPE, 2023).

Qualquer biomassa de origem orgânica que é apresentada a processos de queima para oxidação do carbono e hidrogênio para liberar energia, dióxido de carbono e água é considerada um biocombustível (Barbieri, 2009). Na figura 1 é ilustrado as diferentes fontes de biomassa e suas rotas de conversão para energia.

Figura 1 - Fontes de biomassa, rotas de conversão e energia final formada



Fonte: ANEEL, 2005

Como é possível observar, a biomassa não possui uma única fonte de matéria-prima e nem um único processo de conversão a produto energético, mas possui uma gama de rotas de conversão energéticas que resultam em produtos que podem ser utilizados para produção de energia. No Brasil, de acordo com o que é apontado por Oliveira, (2012), as principais fontes de biomassa utilizadas a nível nacional para geração de energia são: 1) os resíduos florestais em que são coletados restos de galhos e celulose, 2) os resíduos agrícolas como bagaço da cana-de-açúcar, casca de arroz, entre outras fontes que possuem celulose ou uma quantidade significativa de amido disponível para fermentação, esterco de animais usados na produção agropecuária e por fim 3) resíduos urbanos advindos de esgoto ou lixo orgânico

Portanto, mediante informações expostas inicialmente, entende-se a importância do estudo da utilização da biomassa como fonte de matéria-prima para a geração de energia de diferentes formas. Logo, este trabalho visa apresentar as questões econômicas do Brasil em relação ao aproveitamento da biomassa e expor aspectos técnicos da conversão das principais biomassas empregadas no Brasil para a conversão energética

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão bibliográfica acerca da utilização da Biomassa no Brasil com enfoque técnico e econômico.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar o conceito de biomassa;
- b) Apresentar os desafios de utilização da biomassa no Brasil;
- c) Expor as vantagens econômicas e ambientais atreladas a essa produção;
- d) Explicar a representação da biomassa na matriz energética brasileira;
- e) Explicar as principais conversões de biomassa a energia;

3 METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre os aspectos técnicos e econômicos da biomassa no Brasil. Para tal, foram utilizadas bases de dados acadêmicos para busca de artigos científicos, bases como: Scielo (*Scientific Electronic Library Online*), plataforma do Ministério da Educação - CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), Science Gov, BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações) e o site Planalto.gov, disponibilizado pelo Governo Federal, utilizado para revisão da legislação pertinente ao trabalho.

Nessas plataformas foram utilizados artigos publicados a partir de 2002, que contemplam palavras-chaves como: biomassa, energia renovável, biogás, etanol, lignocelulose, produção de energia, bioetanol, conversão térmica.

Os artigos e trabalhos encontrados nas respectivas plataformas, que apresentaram pelo menos 3 palavras-chaves tiveram seus resumos lidos e de acordo com as informações apresentadas no resumo os artigos foram lidos na íntegra. Os trabalhos que apresentaram relevância para construção desta revisão bibliográfica, tiveram seus autores citados tanto direta, quanto indiretamente.

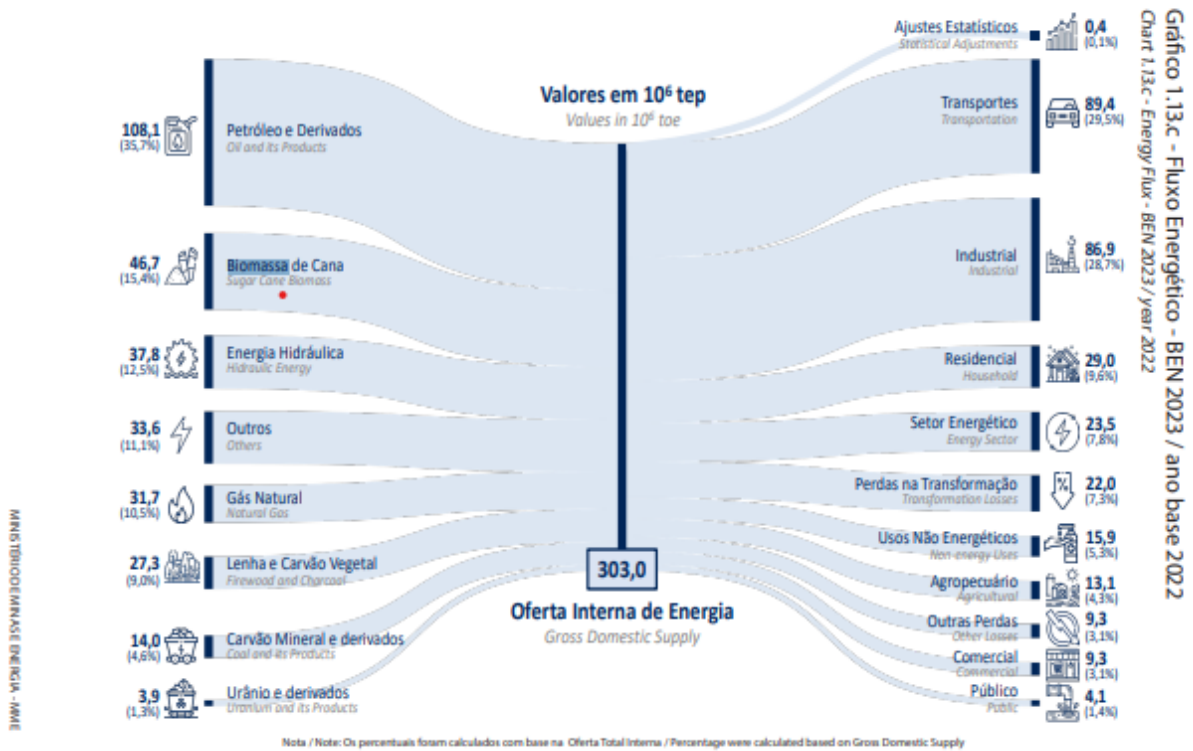
Na primeira etapa de seleção de artigos, um montante de 1.080 artigos foram localizados ao verificar as palavras-chaves nas plataformas citadas. Na segunda etapa, utilizando o critério de busca de 3 palavras-chaves por artigo, restaram 236 artigos. Por fim, os artigos selecionados que foram lidos, para esta revisão, foram utilizados 36 artigos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A biomassa na matriz energética Brasileira

A expressão da biomassa no Brasil atualmente corresponde a cerca de 24,5% da matriz energética, com ênfase na utilização da biomassa derivada da cana-de-açúcar com cerca de 16,4% de utilização para produção de energia. Os demais 8% ficam divididos entre biogás com 1,4% e outras fontes de biomassa (milho, sorgo, resíduo agrícola) com 5,1% de utilização conforme consta na Figura 2 (EPE, 2023).

Figura 2 - Percentual de utilização de biomassa na matriz energética Brasileira



Fonte: Adaptado de Empresa de Pesquisa Energética, 2023. p.36

Apesar da grande oferta de biomassa no país, é possível observar que a utilização da biomassa como fonte energética, ainda apresenta baixa expressão comparada a outras fontes de energia, fato este atrelado a capacidade reduzida de tecnologia disponível de aproveitamento integral destes resíduos no país (Agência Nacional de Petróleo e Gás, 2015).

Entretanto, o Brasil apresenta um cenário promissor no avanço da utilização da biomassa como fonte de energia. Através da Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas que ocorreu no ano de 2021 (COP21), o Brasil estabeleceu o compromisso

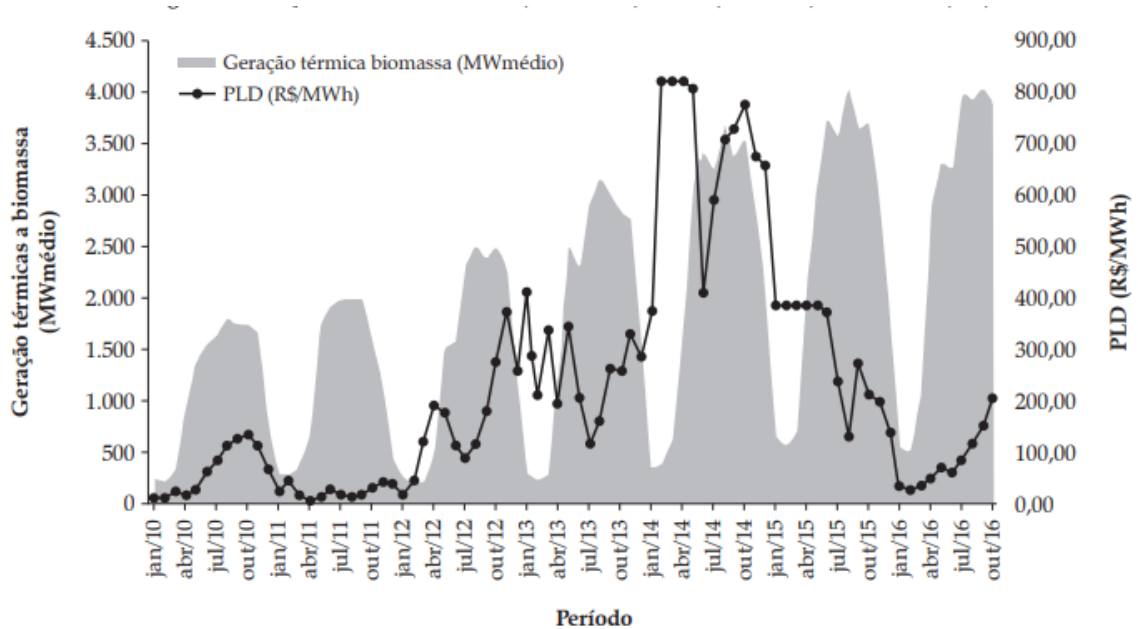
internacional com a redução da emissão de gases de efeito estufa em 37% até 2025 (EPE,2017).

Segundo a Agência Nacional de Petróleo e Gás (2015), a oferta de energias renováveis tem apresentado crescimento considerável, com representação expressiva da biomassa de cana-de-açúcar com cerca de 1.858.699 MWh produzidos. A empresa Unica, (2023) aponta que nos últimos 10 anos o Brasil apresentou um crescimento significativo em bioenergia adicionando 6.914 MW gerados a partir da biomassa na matriz elétrica.

4.2 Potencial econômico da utilização da biomassa

A biomassa possui amplo potencial econômico a ser explorado contribuindo com cerca de 14,6 MW na matriz energética. Somente a biomassa derivada da cana-de-açúcar foi responsável por 11 MW produzidos com um custo médio de R\$900,00 por hora de energia produzida. A figura 3 expressa o valor produzido com a biomassa derivada da cana-de-açúcar.

Figura 3- Capacidade de geração de energia através da biomassa



Fonte: CCEE (2016), PLD: Preço de Liquidação das Diferenças apud Filho e Trombeta, (2017) p. 481

De acordo com dados apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) o crescimento da utilização da biomassa no Brasil entre os anos 2015 a 2018 foi de aproximadamente 2,9% com custo agregado de 84 bilhões de reais no ano de 2018.

Outra vantagem econômica da utilização da biomassa é o custo produtivo quando comparado a outras fontes de energia. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (2016) o custo para gerar megawatt-hora (MWh) a partir de biomassa custa em média, R\$ 189,78, enquanto que a energia produzida a partir do gás-natural custa em média R\$235,42 e a energia solar possui custo estimado de R\$286,52.

Ainda, tratando-se das vantagens econômicas traduzidas pela utilização desta fonte de energia, é possível mencionar que a expansão gerada pela instalação de usinas que sejam capazes de converter biomassa em energia trazem valor agregado no que tange a criação de novos postos de trabalho. No Brasil, a expansão de usinas com essa finalidade, trouxe um crescimento de cerca de 4% para o setor. A nível mundial as usinas que estão em expansão permitiram a criação de 3,58 milhões de empregos. Somente no ano de 2021 mais de 140 mil postos de trabalho foram preenchidos com o avanço da construção de indústrias e expansão de usinas já existentes (BiodiselBR, 2023).

4.3 Principais fontes de biomassa e suas rotas de conversão energéticas

Como citado, a denominação de biomassa define um conjunto de matérias-primas que podem ser utilizadas como fontes de energia. No presente trabalho, é apresentado as principais fontes de biomassa utilizadas no Brasil e quais são as rotas de conversão para energia. Destaca-se que as principais rotas de conversão de biomassa atualmente são: conversão termoquímica, combustão direta, gaseificação e a pirólise, conversão bioquímica que constitui a hidrólise e fermentação e conversão físico-química que consiste na compressão e esterificação (Zapparoli & Robusti, 2014).

4.3.1 Biomassa de vegetais não lenhosos

A biomassa derivada de vegetais não lenhosos consiste na utilização de fontes ricas em sacarídeos, celulósicos, amiláceas, oleaginosas e aquáticas que são utilizados para a produção de etanol, biodiesel ou compostos biogás. Os produtos que possuem maior relevância econômica são os da classe dos glicídios, como os amidos e a sacarose e os lipídios utilizados para a produção do biodiesel através de suas substâncias graxas (EPE, 2017)

Os vegetais não lenhosos que possuem alta concentração de sacarídeos são aqueles que possuem tecidos com alta taxa de armazenamento de açúcares disponíveis para fermentação através de uma molécula de glicose e frutose. A exemplo tem-se: cana-de-açúcar, beterraba, milho e sorgo sacarino que são matérias primas convertidas a etanol de primeira geração (Mantovani et al.,2022)

Já os vegetais não lenhosos que possuem concentração de celulose, necessitam de outros processos para serem convertidos a energia. Para matérias-primas como capim-elefante e gramíneas forrageiras, o processo basicamente consiste na fermentação da molécula de celulose através da utilização de microrganismos capazes de quebrar moléculas de hexoses, como é o caso da celulose (Nakaema, 2021).

Ainda em vegetais não lenhosos ricos em celulose, atualmente é possível que seja utilizada a biomassa lignocelulósica para transformação em etanol de segunda geração, entretanto o processo diverge de uma fermentação comum por se tratar de um material com três tipos de moléculas diferentes: celulose, hemicelulose e lignina (Nakaema, 2021).

Neste caso, para que haja a produção de etanol de segunda geração, é necessário que haja uma separação inicial dessas moléculas através do pré-tratamento, posteriormente a hidrólise enzimática ou ácida do material, a fermentação com microrganismos capazes de quebrar moléculas de pentose (moléculas com 5 carbonos) e por fim, a destilação do composto (Batista, et al., 2021). Abaixo, o fluxograma representado pela figura 4 demonstra um fluxograma de produção do etanol derivado da biomassa lignocelulósica.

Figura 4 - Fluxograma de produção de etanol a partir de biomassa lignocelulósica



Fonte: Elaboração do autor

No Brasil, a tecnologia para aproveitamento da biomassa lignocelulósica para produção do etanol de segunda geração, avança com empresas privadas como a Raízen que aposta em larga expansão na instalação de usinas para a produção deste composto (Raizen, 2023)

Para vegetais não lenhosos oleaginosos, o processo de conversão é baseado na extração óleos e gorduras presentes na estrutura desses vegetais através processo de transesterificação de triglicerídeos, ou seja a obtenção de um éter a partir de outro éter de álcool (Komura, 2015).

E por fim, para vegetais não lenhosos aquáticos, o processo ainda caminha em estudo para que haja viabilidade de produção comercial. Neste caso, os vegetais utilizados são micro algas que possuem alta concentração de lipídios em sua estrutura, o que possibilita a remoção do óleo para a produção de biodiesel (Costa et al.,2018).

4.3.2 Biomassa de vegetais lenhosos

A biomassa de vegetais lenhosos é aquela considerada como capaz de produzir madeira como um tecido suporte. É possível que nesta forma de biomassa sejam utilizadas as folhagens, troncos e galhos. Neste caso, o objetivo da utilização desta biomassa é a utilização da porção de holocelulose e lignina para gerar energia térmica através da combustão que pode ser convertida a energia elétrica ou térmica. Ainda é possível que a conversão de energia se dê por processo de pirólise em que a biomassa passa por decomposição térmica. No caso da biomassa de vegetais lenhosos a utilização mais comum é dada através da conversão dos resíduos madeireiros em *pellets* e briquetes que são formas menores e prensadas de madeira a fim de que a utilização e manejo sejam facilitados (Zapparoli & Robusti, 2014).

4.3.3 Biomassa de resíduos orgânicos

A utilização da biomassa derivada de resíduos orgânicos pode ser convertida a energia através do processo de gaseificação ou biodigestão, ambos os processos visam a produção de biogás.

A gaseificação de acordo com Simões et al., (2017) é a conversão termoquímica com a presença de oxidantes que acontecem através de um reator e tem como objetivo converter a biomassa carbônica sólida em gás que se torne combustível. Este processo obtém como resultado um alto teor calorífico entretanto, existem gargalos para essa produção como por exemplo a produção de alcatrão ao final do processo.

Existem dois tipos de gaseificadores: gaseificadores de leito fixo ou de leito fluidizado e cada um deles será utilizado de acordo com características básicas da biomassa: gramatura do material particulado a ser gaseificado, modo como a biomassa é apoiada no reator, direção

do fluxo e como o calor será fornecido para o reator (Warnecke, 2000).

Ciferno e Marano (2002), definem a gaseificação de biomassa como “a conversão de uma matéria-prima carbonosa derivada organicamente por oxidação parcial em um produto gasoso ou gás de síntese”, em que o oxidante poderia ser oxigênio puro, ar, vapor ou uma mistura desses. De acordo com os mesmos autores a gaseificação da biomassa é composta da decomposição pelo calor, ou seja uma reação endotérmica que produz de 75 a 90% dos materiais voláteis e, em seguida, a gaseificação propriamente realiza a conversão para gás de síntese.

Já no processo de biodigestão da biomassa, o objetivo é o aproveitamento do gás produzido a partir da decomposição de resíduos orgânicos de forma anaeróbia. Este composto gasoso comumente possui composição de 55-70% de metano (CH_4) e 30-45% dióxido de carbono (CO_2), com pequenas quantidades de ácido sulfídrico (H_2S) e amônia (NH_3), traços de hidrogênio (H_2), nitrogênio (N_2), monóxido de carbono (CO), carboidratos e oxigênio (O_2) (Sansaniwal et al.,2017).

A formação do gás metano ocorre por geração espontânea em locais onde não haja a circulação de oxigênio e a biomassa é exposta a decomposição. Esta biomassa possui uma alta concentração de carboidratos, gorduras e proteínas que são decompostas por bactérias metanogênicas. Ao final da formação do biogás a composição base é: CH_4 (71%:) e CO_2 : (29%) (Araújo, 2017).

4.4 Sustentabilidade do uso da biomassa

O Brasil por meio do Decreto Legislativo nº 144 de 7 de fevereiro de 2002 que aprova o texto do Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima assumiu o compromisso de redução da emissão de dióxido de carbono. Através deste decreto foi estabelecido o empenho do Brasil com a redução de emissões de gases de efeito estufa, mesmo que o texto aprovado não previsse a obrigação dessas reduções para países em desenvolvimento, como o Brasil era considerado na época (Senado Federal, 2002).

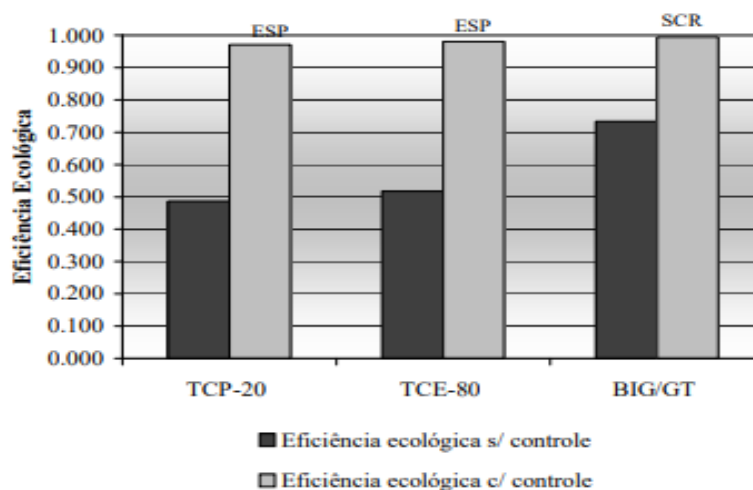
Com este compromisso estabelecido e os marcos estipulados pelo programa do RenovaBio, o maior programa de descarbonização da matriz energética brasileira, o Brasil assumiu um compromisso internacional com a descarbonização da matriz energética, logo a utilização de fontes de energia que não emitem gás carbônico se faz necessária (Almeida e Rodrigues, 2022).

A descarbonização é um termo utilizado para definir o objetivo de reduzir e neutralizar o lançamento de gás carbônico na atmosfera através da utilização de fontes de energias renováveis que tenham neutralidade de gases do efeito estufa durante sua combustão (Almeida e Rodrigues, 2022)

A utilização da biomassa como fonte de energia apresenta vantagens ecológicas consideráveis quando analisadas as emissões de dióxido de carbono. Um estudo realizado por Lora & Salomon, (2023) demonstra que quando utilizadas formas de mitigação de emissão de poluentes, a biomassa apresenta níveis de controle ecológico aceitáveis no que tange a poluição ambiental em comparação com fontes de energia como combustíveis derivados de petrolatos. A Figura 5 apresenta a comparação de emissão de gases poluentes das fontes de biomassa comumente utilizadas.

Além de todos os aspectos econômicos atrelados a utilização da biomassa, os aspectos sustentáveis atrelados também merecem destaque. A utilização de biomassa, principalmente as que possuem potencial poluidor como as derivadas de dejetos de animais ou de seres humanos, apresenta redução de danos ao meio ambiente quando aproveitadas para fins de produção energética, logo a valoração da utilização destes resíduos orgânicos pode auxiliar na solução de problemas ambientais graves como poluição de rios com dejetos da agropecuária ou acúmulo de material orgânico em aterros sanitários (Silva, 2020).

Figura 5 - Comparativo da eficiência ecológica da utilização da biomassa com métodos de controle de emissão de poluentes.



Fonte: Lora & Salomon, (2023) p. 9

Legenda: ESP: precipitador eletrostático. TCP-20: Turbina de contrapressão com vapor inicial a 20%, TCE-80 Turbina condensação com extração pressão inicial do vapor 80 bars. BIG/GT - Sistema integrado de gaseificação e turbinas a gás, microturbina

Ao analisar a Figura 5, é possível verificar que a utilização da biomassa como combustível resulta em altas eficiências ecológicas, principalmente em tecnologias avançadas onde as emissões dos poluentes são muito baixas, logo apresentam vantagens biológicas com relação a outras fontes de energia.

5 CONCLUSÃO

Esta revisão bibliográfica teve como objetivo central a análise do cenário da utilização da biomassa. Logo, com base no que foi apresentado ao longo deste trabalho, é possível concluir que a biomassa possui ampla disponibilidade para conversão energética e que a sua utilização como fonte de matéria-prima para produção energética no Brasil apresenta grande potencial econômico. A sua utilização ainda apresenta vantagens ambientais e sociais através da expansão de usinas que convertem esses materiais em energia com a geração de emprego e consequentemente de renda para as cidades onde são instaladas.

Entende-se que há a necessidade de ampliação de usinas com capacidade produtiva suficiente que comportem a quantidade de matéria-prima disponível no Brasil e também a necessidade de investimentos e incentivos governamentais para que haja expansão da produção de energia utilizando a biomassa, para que os marcos de descarbonização da matriz energética sejam alcançados.

Estimula-se a produção de pesquisas acadêmicas em processos que hoje ainda não são totalmente elucidados como o etanol de segunda geração e a pirólise para que através destes estudos seja possível mapear os processos produtivos e assim obter uma otimização da produção energética, visto que há uma gama de fontes de matéria-prima que podem ser utilizadas para conversão energética.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA. R. O ; RODRIGUES. V. S, (2022). Avaliação de Descarbonização da matriz energética Brasileira por meio da produção de hidrogênio verde. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

AMBROZIM, F. M. Estudo das Condições de Fermentação em Estado Sólido para Produção de Celulases Utilizando Biomassa de Cacau. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em

Engenharia Química), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória: 2019. Disponível em < <https://bdtd.ibict.br/vufind/>> Acesso em 06/10/2023

ARAÚJO. C, Ana Paula (2017). Produção de Biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico. Monografia - Bacharelado em Engenharia Química. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, (2015). Os desafios para o Etanol de Segunda Geração no Brasil. ed.20. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins-anp/bpdi/boletim-pdi-ed20.pdf>. Acesso em: 03/10/2023

BATISTA. M. A, Carla et.al, (2021). Pré-Tratamentos de Biomassa lignocelulósica para obtenção de biocombustíveis: revisão bibliográfica. IV Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

BARBIERI, R. F. Biocombustíveis, controvérsia agrícola na economia do petróleo: o caso do etanol no Cerrado. 2009. Tese - Doutorado em Ciência Ambiental - Ciência Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. doi:10.11606/T.90.2009.tde-22112011-143437. Acesso em: 2023-09-10.

BiodieselBR (2023). Bioenergia aumentou 4% sua força de trabalho no ano passado. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/info/bioenergia-aumentou-4-sua-forca-de-trabalho-no-ano-passado-%20do%20que%20em%202021>. Acesso em: 06/08/2023

CIFERNO, J.; MARANO, J. J. Benchmarking biomass gasification Technologies for fuels, chemicals and hydrogen production. Departamento de Energia dos Estados Unidos. 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, (2017). Renovabio: Biocombustíveis: 2030. Disponível em: <https://acesse.one/cIeG5>. Acesso em : 06/08/2023

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, (2022). Relatório Síntese: Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Disponível em: <https://acesse.one/cIeG5>. Acesso em : 06/08/2023

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, (2016). Uso da Biomassa para Geração de Energia. ISSN 1678-1953. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155329/1/Doc-211.pdf>. Acesso em: 01/10/2023

ESFERA ENERGIA (2021). Biomassa e seu papel na matriz energética brasileira. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/CGKwfM3km7Mx49H7Xd9btQj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 06/08/2023

FILHO.C.V, José; TROMBETA. C, Natália. Potencial e Disponibilidade de Biomassa de Cana-de-açúcar na Região Centro-Sul do Brasil: indicadores agroindustriais. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/CGKwfM3km7Mx49H7Xd9btQj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 08/09/2023

JESUS, Márcia Silva de. “Biomassa: uma estratégia ou desafio na produção de energia renovável?”. Agência Brasil Energia. Rio de Janeiro, 30 de janeiro de 2019.

JUNIOR. L. L, Fernando et al., (2009) - Bioetanol, Biodiesel e Biocombustíveis: Perspectivas para o futuro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - regional, urbano e ambiental p.53-57| 03 | dez. 2009.

KOMURA, R. K., Investigação dos métodos de separação, uso e aplicação da lignina proveniente da biomassa lignocelulósica. 2015. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

LORA.S.E. Electo; SALOMON.R, Karina (2023). Análise comparativa da utilização da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. Universidade Federal de Itajubá. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v1/009.pdf>. Acesso em: 06/08/2023

MANTOVANI et al., (2022). Biomassa e Energia. Revista Agronomia Brasileira. vol.6e- ISSN 2594-6781. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/ensino/departamentos/cienciasdaproducaoagricola/labor>

atoriodematologia-labmato/revistaagronomiabrasileira/rab202221.pdf. Acesso em: 01/10/2023

MELO, I. E, (2008). As crises do petróleo e seus impactos sobre a inflação do Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia) - Departamento de Economia, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

NAKAEMA. H, (2021). Estratégias de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica para melhorar a produção de biogás e bioquímicos em biorrefinarias. Trabalho de conclusão de curso - Bacharelado em Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo.

SIMÕES. O, Luciana; Pereira.S, Daniel; Pereira. S, Isabelly (2017). Uso da gaseificação de biomassa como energia renovável: Uma revisão Bibliográfica das motivações e aplicações. Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (2017) 582. ISSN 2447-0635

SILVA.O, Claudionor, (2020). Sustentabilidade da Biomassa dos resíduos sólidos de aterro sanitário para geração de biogás. Tese de Doutorado - Universidade do Vale do Taquari - Área de estudos: Ambiente e Desenvolvimento.

Oliveira, K. P. de, Araújo, A. L. C., & Costa, M. (2018). EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ÓLEO DE MICROALGAS DE LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 7(3), 320–349. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e32018320-349>

RAÍZEN, (2023). Etanol de segunda geração: potencial e oportunidades. Disponível em: <https://www.raizen.com.br/blog/etanol-de-segunda-geracao>. Acesso em: 03/10/2023

UNICA, (2023). Geração de Bioeletricidade à rede cresce 30% em 2023. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/Home/ensino/departamentos/cienciasdaproducaoagricola/laboratorioidematologia-labmato/revistaagronomiabrasileira/rab202221.pdf>. Acesso em: 01/10/2023

SANSANIWAL, S. K.; PAL, K.; ROSEN, M. A.; TYAGI, S. K. Recent advances in the development of biomass gasification technology: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ed. 72, pg. 363- 384. 2017.

SENADO FEDERAL, Decreto Legislativo nº 144 de 7 de fevereiro de 2002. Aprova o texto do Protocolo de Kyoto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima.

Diário Oficial da União - Seção 1 - 21/6/2002

ZAPAROLLI. D, Irene; ROBUSTI. A, Eliane (2014). Resíduos da biomassa florestal como recursos energético brasileiro para indústria de papel e celulose. Revista de Ciências Agroambientais, Alta Floresta, MT, v.13, n.1, p.11-22, 2015. Disponível em:http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol13-1/2_artigo_rcaa_v13n1a2015.pdf. Acesso em: 04/10/2023

WARNECKE, R. Gasification of biomass: comparison of fixed bed and fluidized bed gasifier. Biomass & Energy, ed. 18, pg. 489-497. 2000.