

BIOCOMBUSTÍVEIS: TRAJETÓRIA HISTÓRICA E O HORIZONTE DE OPORTUNIDADES NO BRASIL

*ALVES, Pedro Henrique Neves*¹
Centro Universitário Academia – Uniacademia
*TEIXEIRA, Wesley Carminat*²
Centro Universitário Academia – Uniacademia

Linha de pesquisa: Eficiência Energética

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo relatar a história e a evolução dos biocombustíveis em todo o mundo, desde os tempos mais remotos até os dias atuais, também contando sobre o contexto brasileiro. Serão abordados aspectos como a introdução da cana-de-açúcar no Brasil, a situação atual do país em relação aos biocombustíveis, bem como projeções futuras tanto em âmbito mundial quanto nacional. Serão discutidas as possibilidades de crescimento desse setor e as políticas que podem ser implementadas para melhorar e aumentar a produção de biocombustíveis. Além disso, serão apresentados diferentes tipos de biocombustíveis, descrevendo suas fontes de produção e fornecendo uma visão geral dos processos usados nas usinas de produção desses combustíveis renováveis. Embora os biocombustíveis tenham ganhado notoriedade recentemente, eles ainda são menos discutidos do que outras formas de geração de energia. Por isso, outro objetivo deste trabalho é promover a discussão sobre o uso dessas fontes de energia, destacando suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Biomassa. Biogás. Biodiesel. Etanol.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - Uniacademia

² Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - Uniacademia.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda o tema dos biocombustíveis, traçando seu histórico bem como sua evolução desse tipo de combustível tanto globalmente quanto com foco especial no Brasil. São apresentadas informações sobre a situação atual do país em relação aos biocombustíveis, incluindo projeções de crescimento previstas. Também são discutidos os diferentes tipos de biocombustíveis e o funcionamento das usinas para a produção de energia. Por fim, são apresentadas as vantagens e desvantagens associadas à adoção de usinas de biocombustíveis por parte de um país.

1.1 MOTIVAÇÃO

A partir da década de 90, os países passaram a adquirir uma maior consciência em relação à produção de energia, buscando meios de gerá-la de forma menos prejudicial ao meio ambiente, com menor emissão de gases poluentes, redução do desmatamento, proteção da saúde humana e preservação da biodiversidade, entre outros problemas causados pelo uso de combustíveis fósseis.

No entanto, embora os biocombustíveis tenham recebido mais atenção recentemente, sua adoção ainda é insignificante em comparação a outras fontes de energia renovável, como painéis solares e parques eólicos, que apresentaram o maior crescimento desde então. No entanto, a geração de energia a partir de biocombustíveis possui vantagens em relação a outras fontes renováveis, como a melhoria na qualidade de vida e a destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos gerados pela população.

O propósito deste trabalho não é defender que devemos interromper os investimentos em outras fontes de energia para priorizar exclusivamente os biocombustíveis. Em vez disso, pretende-se trazer essa fonte para a discussão, uma vez que nos últimos anos, as outras fontes renováveis receberam muitos investimentos, deixando os biocombustíveis novamente em segundo plano. Por isso, no presente trabalho, também são abordadas as vantagens e desvantagens da implementação e investimento nessa fonte de energia.

1.2 ESTRUTURA DO ARTIGO

Na primeira seção é apresentada a introdução do trabalho, incluindo a motivação para o estudo e uma visão geral da estrutura do trabalho.

Na segunda parte aborda de forma resumida a história dos biocombustíveis desde sua primeira utilização até os dias atuais, destacando sua evolução ao longo do tempo.

Na terceira parte é abordada a história dos biocombustíveis no Brasil, com foco nos marcos desde o início da produção de açúcar até as décadas atuais.

Na quarta parte são apresentados dados sobre a situação atual do Brasil em relação aos biocombustíveis, incluindo a participação dessas fontes na oferta de energia e os principais produtos utilizados.

Na quinta parte são discutidas as medidas tomadas pelo Brasil para o crescimento dos biocombustíveis, bem como as projeções de crescimento no país e a influência global nesse setor.

Na sexta parte explora os diferentes tipos de biocombustíveis, os produtos utilizados na geração desses combustíveis, seus possíveis subprodutos e uma visão geral sobre o funcionamento das usinas.

Na sétima parte são apresentadas as vantagens que a implementação e o investimento em biocombustíveis podem trazer para o país.

Na oitava parte são discutidas as desvantagens que são debatidas globalmente em relação à produção de biocombustíveis.

Na nona e última parte, traz as conclusões finais do trabalho, resumindo os principais pontos abordados e também são listadas as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho.

2 HISTÓRIA DO BIOCOMBUSTÍVEL PELO MUNDO

Segundo o artigo intitulado 'The Discovery of Fire' do site ThoughtCo, escrito pela arqueóloga K. Kris Hirst, a descoberta e o controle do fogo foram provavelmente uma invenção dos nossos ancestrais *Homo erectus* durante a Idade da Pedra (ou Paleolítico Inferior), cerca de 2,5 milhões a 250 mil anos a.C. De acordo com Hirst (2019), uma das evidências mais antigas que associa o fogo aos seres humanos vem

do sítio arqueológico de homínídeos de Oldwan, localizado na região do Lago Turkana, no Quênia. A autora também sugere que a madeira relíquia (ou madeira fossilizada) pode ter sido utilizada como combustível nos primeiros incêndios.

O evento subsequente que marca a história dos biocombustíveis, de acordo com o artigo 'A Short History of Biofuels' do site Lee Enterprises, é a utilização do carvão vegetal, considerado o primeiro biocombustível produzido pelo ser humano. O carvão vegetal é obtido por meio da pirólise lenta da madeira. Conforme o artigo, a evidência mais antiga do uso de carvão vegetal remonta às pinturas rupestres, e a primeira referência histórica conhecida foi feita por Teodoro de Samos, provavelmente no início do século VI a.C. O artigo também menciona que, na época de Alexandre, o Grande, o carvão vegetal já era amplamente utilizado na fundição de minérios.

Seguindo o mesmo artigo, em 1630, Jan Baptiste van Helmont (1580-1644) teria registrado um gás inflamável saindo de um material vegetal em decomposição. Em 1808, o químico Humphrey Davy (1778-1829) conduziu um dos estudos pioneiros sobre a fermentação de estrume. Mas foi somente em 1900 que começaram a surgir empreendimentos utilizando o gás da fermentação de resíduos como combustível.

No início do século XVIII, foi descoberto que o óleo da baleia cachalote era um excelente iluminante, o que levou a um aumento significativo na caça às baleias. Nessa época, as lâmpadas que queimavam esse óleo eram comuns em colônias da América, assim como no Norte da Europa, conforme mencionado no artigo 'A Brief History of Lighting' do site da revista Optics and Photonics News (2008). O óleo de baleia foi utilizado como fonte de combustível até uma parte do século XIX, quando a demanda por produtos aumentou e a população desses animais começou a diminuir. Desde então, começou um movimento internacional de conservação e proteção das baleias, abrindo espaço para que novas tecnologias assumissem esse papel, como o querosene, um combustível líquido derivado do petróleo descoberto em 1846 pelo médico e geólogo canadense Abraham Gesner por meio da destilação do petróleo bruto (Optica-OPN, 2008).

Juntamente com o querosene, uma mistura de etanol com canfeno, considerado um dos primeiros biocombustíveis renováveis, foi introduzido para substituir o óleo de baleia em lâmpadas a óleo, conhecido por ser excelente para iluminação, embora fosse altamente inflamável. Samuel Morey (1762-1843), no meio

do século XIX, descreveu uma mistura de etanol com terebintina como combustível para motores, como mencionado no artigo do Lee Enterprises (2020). Essa teria sido uma das primeiras utilizações de etanol em motores, apesar de já ser utilizado em bebidas, por exemplo.

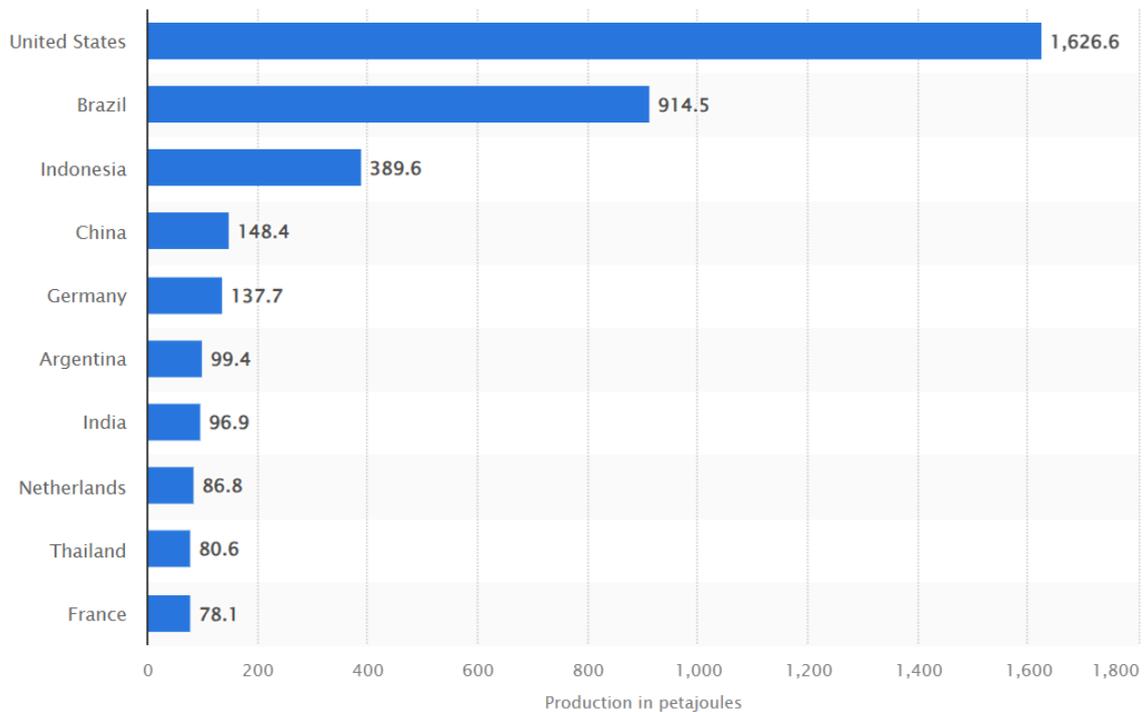
Em 1937, a transesterificação, uma reação química que permite a obtenção do biodiesel atual, foi patenteada pelo pesquisador belga George Chavanne (BiodieselBR, 2014). Nessa época, o motor a diesel, desenvolvido pelo engenheiro franco-alemão Rudolf Diesel em 1893, já era conhecido. No entanto, somente em 1898, Diesel apresentou oficialmente o primeiro modelo bem-sucedido de um motor movido a óleo de amendoim em uma Feira Mundial em Paris, na França (BiodieselBR, 2011).

No início do século XX, com a popularização dos automóveis, a demanda por combustível aumentou muito, levando aos combustíveis fósseis como principal fonte de gasolina. No entanto, de acordo com o artigo 'Crise do Petróleo' do Antonio Gasparetto Júnior, durante as décadas de 1970 e 1980, houve diversas crises no setor petrolífero. Uma delas foi o estouro da Guerra do Yom Kippur, que ocorreu em 1973, devido à anexação de territórios egípcios e sírios por Israel. Outra crise ocorreu devido à Revolução Islâmica no Irã em 1979, quando os iranianos organizaram a deposição do ditador da época, resultando em instabilidade no setor petrolífero e aumento significativo do preço do barril de petróleo, atingindo cerca de US\$ 80,00. Devido à crise do petróleo e à crescente preocupação com a segurança energética, a busca por alternativas, como os biocombustíveis, foi impulsionada.

Já nas últimas décadas, a preocupação com os impactos ambientais causados pela emissão de gases poluentes fez com que o mundo começasse a investir mais em fontes de energias limpas e renováveis. Os biocombustíveis, sendo uma delas, ganharam muita atenção ao redor do mundo.

Atualmente, os Estados Unidos é o país líder na produção de biocombustíveis em todo o mundo, com base em petajoules, uma unidade de medida de energia. Sua produção é quase o dobro do segundo lugar, o Brasil, que, por sua vez, possui mais que o dobro do terceiro lugar, como ilustrado na figura 1.

Figura 1 - Países líderes com base na produção de biocombustíveis em todo o mundo em 2022



Fonte: Statista, 2023.³

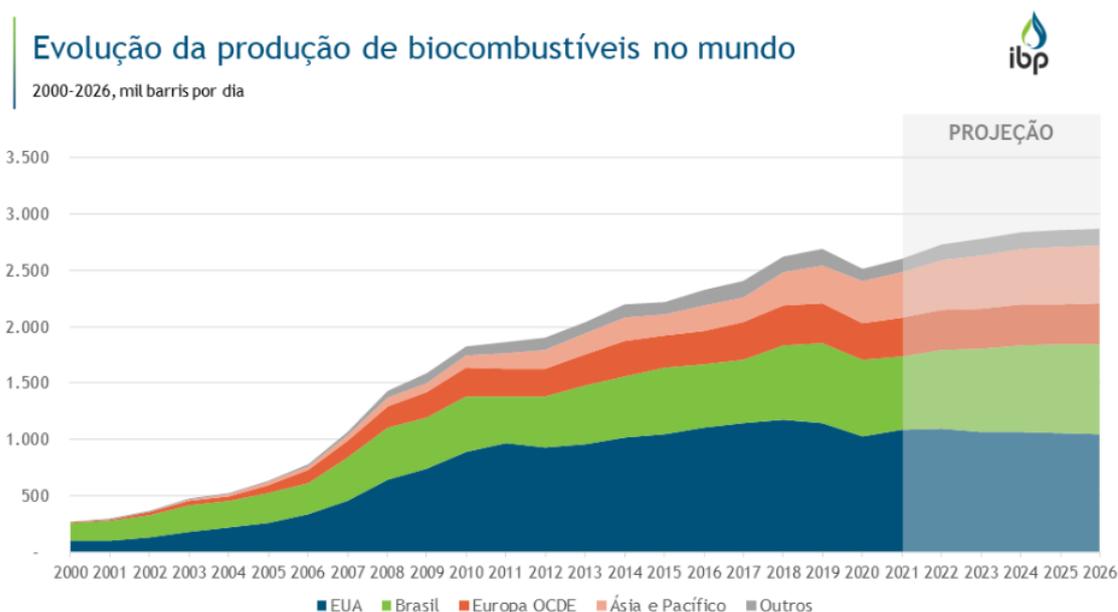
Na contemporaneidade, os biocombustíveis ainda não possuem uma capacidade muito grande de geração de energia, mas avanços tecnológicos estão sendo feitos para melhorar sua eficiência e buscar novas matérias-primas. Segundo o relatório "Renewables 2022 - Global Status Report" (REN21), a bioenergia moderna fornecia 5,3% da demanda final de energia em 2020. Além disso, forneceu 7,6% da necessidade global por aquecimento usada na indústrias, agricultura e o restante em edifícios.

Na figura 2, é possível ter uma visão de como algumas localidades performaram durante o período de 2000 até 2021, com relação a produção de barris por dia de biocombustíveis, nota-se que houve uma forte queda de produção no ano de 2020, isso, segundo o próprio artigo do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, diz que essa diminuição, de 6,5%, na produção se deve ao fato da queda do preço dos

³ STATISTA. Leading countries based on biofuel production worldwide in 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/274168/biofuel-production-in-leading-countries-in-oil-equivalent/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

combustíveis fósseis, juntamente com a pandemia da Covid-19, que, impossibilitou as pessoas de se locomoverem, causando grandes efeitos na indústria dos biocombustíveis.

Figura 2 – Evolução da Produção de Biocombustíveis no Mundo de 2000 – 2026, mil barris por dia



Fonte: IBP, 2022.⁴

Mas, a IEA, estima que a produção global deva crescer 6,8% até 2026, voltando aos patamares de 2019, sendo a Ásia e Pacífico, tendo os maiores avanços.

3 HISTÓRIA DO BIOCMBUSTÍVEL NO BRASIL

De acordo com Távora (2011), a história do Brasil nesse contexto começa 25 anos após a descoberta do país, em 1525, quando Martim Afonso de Sousa, um militar e nobre português, introduziu a cana-de-açúcar no país, iniciando um dos negócios mais bem-sucedidos da história brasileira. A cana-de-açúcar se consolidou como um grande produto de exportação, sendo utilizada como ração animal e posteriormente para a produção de alimentos, como o açúcar.

⁴ INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS (IBP). Evolução da produção de biocombustíveis no mundo. Disponível em: <<https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/evolucao-da-producao-de-biocombustiveis-no-mundo/>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

Embora o açúcar derivado da cana-de-açúcar já fosse um produto consolidado, em 1650, foi descoberto o açúcar produzido a partir da beterraba. No início do século XIX, segundo Machado (2006), devido ao domínio da Europa por Napoleão, os ingleses promoveram bloqueios continentais em 1806. Esses bloqueios incentivaram a produção de açúcar a partir da beterraba, uma vez que foram impedidos de receber o produto de suas colônias.

A partir desse ponto, a Europa não mais dependia das importações de açúcar de outros continentes. Durante a Revolução Industrial, o uso de novos equipamentos, máquinas e técnicas permitiu que as indústrias alcançassem um novo patamar de produção e eficiência, tanto na produção de cana-de-açúcar quanto de beterraba. Como resultado, a qualidade do açúcar de beterraba chegou a níveis semelhantes aos do açúcar de cana.

Embora fosse um mercado forte, o setor açucareiro também sofreu com depressões e a queda do mercado, como a quebra da bolsa de valores de Nova York em 1929 e a crise da agricultura brasileira no início dos anos 1930.

Como reação a essa crise internacional, tornou-se necessário encontrar novas funcionalidades para a cana-de-açúcar. Assim, o combustível produzido a partir da cana-de-açúcar começou a ser incentivado como uma conquista tecnológica na área de energia renovável.

No início do século XX, ocorreu a primeira "Exposição Internacional de Produtos e Equipamentos a Álcool" e o "Congresso das Aplicações Industriais do Álcool" no Estado do Rio de Janeiro. O lampião a álcool brasileiro foi destacado como menos poluente em comparação com os clássicos que utilizavam óleo de baleia.

Os primeiros passos para a utilização do novo combustível já haviam sido dados no início do século, e em 1925, o primeiro carro movido a álcool viajou de São Paulo para o Rio de Janeiro. No mesmo ano, uma conferência muito importante para o setor foi realizada, chamada "O álcool como combustível industrial no Brasil".

Mais tarde, o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA), criado no governo do presidente Getúlio Vargas, passou a controlar o mercado de açúcar, tendo controle sobre as etapas de produção, comercialização e uso de cotas de produção.

Na mesma época, os biocombustíveis representavam 5% da oferta de combustível europeu. Durante os períodos da Primeira e Segunda Guerra Mundial, o

etanol foi usado como combustível suplementar ao petróleo na Europa. No entanto, com a descoberta de novos campos de petróleo e a abundância do mesmo após a desmobilização militar no pós-guerra, o petróleo se tornou barato, e os biocombustíveis foram deixados de lado.

Durante as crises do petróleo que ocorreram entre 1970 e 1980, o preço dos combustíveis aumentou significativamente, revelando a vulnerabilidade do planejamento estratégico, uma vez que o país dependia da importação de petróleo. Para tentar resolver esse problema, foi necessário encontrar novas fontes de energia.

Com isso em mente, o Programa Nacional do Álcool (PROALCOOL) foi criado em 1975, com o objetivo de substituir os carros movidos a gasolina por carros movidos a álcool.

No final da década de 1970, conforme mencionado por Távora (2011), o Brasil adotou uma medida positiva tanto para o etanol quanto para a saúde das pessoas: a adição de álcool na gasolina, aproximadamente 4,5% de adição na mistura. No entanto, o Brasil sofreu outro golpe devido à crise do petróleo em 1979, o que resultou em dificuldades adicionais.

No início da década de 1980, uma análise do desempenho da fase inicial do PROALCOOL foi realizada. O ministro da Indústria e Comércio informou que a meta de produção havia sido alcançada e, devido a isso, a adição de álcool na gasolina poderia ser aumentada ainda mais, chegando a 20% em todo o país naquela época. A quantidade de álcool na gasolina continuou crescendo ao longo dos anos, atingindo 27,5% atualmente.

No entanto, o programa PROALCOOL enfrentou problemas, como a queda nos preços do petróleo anos depois, além de outros fatores, como dívida externa, inflação, greves e alto custo fiscal. Na mesma época, a Petrobras afirmou que o álcool estava fazendo a empresa perder meio milhão de dólares por dia, o que levou a uma reconsideração das medidas.

No início da década de 1990, o Instituto do Açúcar e do Álcool (IAA) foi encerrado, juntamente com as cotas de comercialização no mercado externo, devido à sua incapacidade de lidar com a complexidade da evolução do mercado. Segundo o artigo, o instituto foi responsável por vender o produto abaixo das cotações internacionais.

A década de 1990 também foi marcada pela era ambiental, que buscava mudanças tanto para a conservação e proteção do meio ambiente quanto para o desenvolvimento socioeconômico. Em 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como Rio 92 ou Eco 92, ocorreu no Rio de Janeiro com o objetivo de discutir essas questões. Os debates sobre o aquecimento global e o desmatamento eram frequentes nessa época, levando à assinatura do Protocolo de Kyoto em 1997. Esse protocolo estimulava os países signatários a reduzir as emissões de gases do efeito estufa, promovendo a cooperação em setores como energia, transporte, energias renováveis e gerenciamento de resíduos. Devido à pressão internacional pela redução das emissões de gases, o álcool brasileiro ganhou destaque novamente.

Em 2008, a grande maioria dos carros vendidos no Brasil era movida a biocombustíveis, devido à chegada dos carros flex-fuel alguns anos antes. Esses veículos podiam ser abastecidos com uma mistura de álcool e gasolina, conforme mostrado na tabela 1 retirada da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores.

Tabela 1 - Evolução da venda de carros flex fuel no Brasil, 2003 – 2008

Ano	Venda de carros flex fuel	Vendas totais	Participação
2003	48.178	1.237.021	3,9%
2004	328.379	1.457.274	22,5%
2005	812.104	1.541.494	52,7%
2006	1.430.334	1.748.758	81,8%
2007	1.995.090	2.240.857	89,0%
2008	2.329.247	2.546.352	91,5%

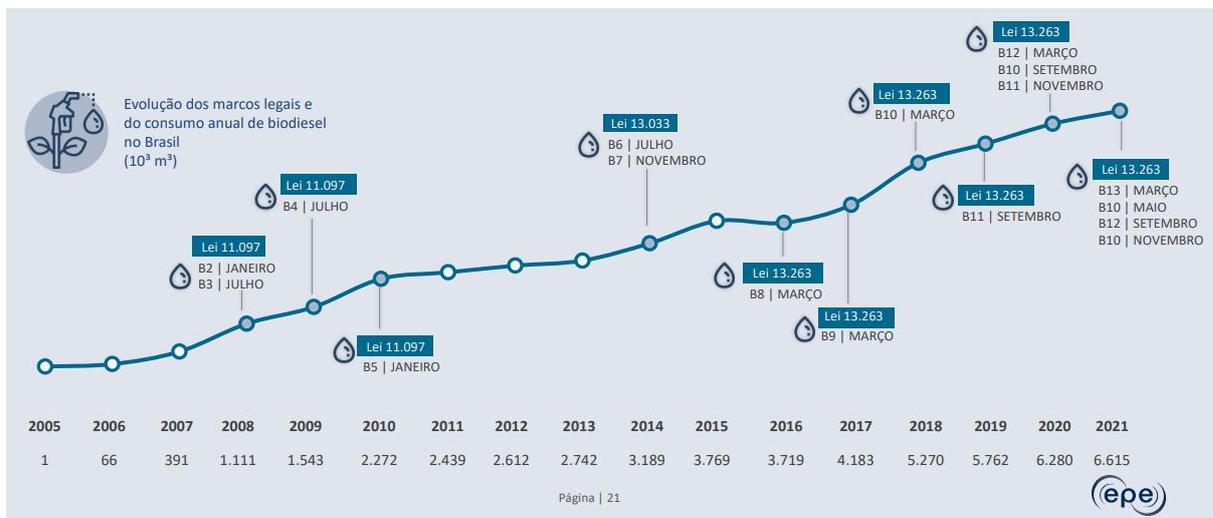
Fonte: Anfavea (2009). Elaborada por Fernando Lagares Távora.⁵

Como apontado por Távora (2011), em 2005, deu-se início ao Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), no qual o Estado começou a introduzir o biodiesel na matriz energética brasileira. Na mesma época, houve a adição

⁵ TÁVORA, Fernando Lagares. História e economia dos biocombustíveis no Brasil. Senado Federal - Estudos Legislativos - Textos para Discussão 89. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-89-historia-e-economia-dos-biocombustiveis-no-brasil>. Acesso em: 16 jun. 2023.

de 2% de biodiesel na mistura com o diesel fóssil. Esse percentual posteriormente subiu para o patamar de 5% em 2010, medida que foi antecipada, uma vez que essa elevação estava prevista para 2013. A adição de biodiesel na mistura aumentou progressivamente, como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Evolução dos Marcos Legais do Biodiesel



Fonte: Relatório Síntese 2022 do Balanço Energético Nacional (BEN).⁶

A trajetória do biodiesel em nosso país começou em 1920, pelo Instituto Nacional de Tecnologia. No entanto, foi somente na década de 70 que foi criado o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Proóleo). Na década de 80, o Proóleo tinha como objetivo substituir pelo menos 30% do óleo diesel por óleos vegetais, produzidos a partir de soja, amendoim, girassol, entre outros. No entanto, devido ao sucesso do Proálcool, à queda dos preços do petróleo e ao custo elevado de processamento dos grãos, a expansão da produção desse biocombustível foi impedida.

Já no século XXI, por volta de 2010, o Governo Federal aprovou, por meio de um decreto, o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar no país. Esse decreto tinha como objetivo garantir condições propícias para uma agricultura sustentável da

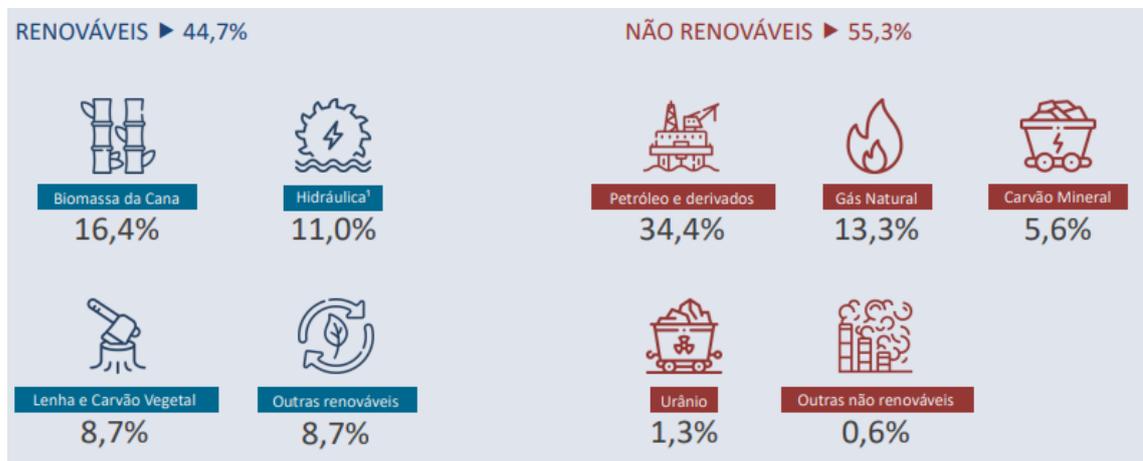
⁶ Empresa de Pesquisa Energética. Relatório Síntese 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

cana, ao mesmo tempo que buscava reduzir as preocupações ambientais provenientes do exterior.

4 SITUAÇÃO ATUAL DO BRASIL

Usando dados retirados do relatório síntese de 2022 do Balanço Energético Nacional (BEN), com base nos dados de 2021 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), pode-se afirmar que o Brasil atualmente possui uma matriz energética com maior participação de fontes renováveis em comparação com o restante do mundo. De acordo com os dados, 16,4% da matriz energética brasileira é proveniente da biomassa da cana-de-açúcar, 8,7% da lenha e carvão vegetal, e 8,7% são provenientes de outras fontes renováveis, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Matriz energética brasileira



Fonte: Relatório Síntese 2022 do Balanço Energético Nacional (BEN).⁷

A repartição da oferta de "Outras renováveis", considerando apenas os derivados dos biocombustíveis, apresenta as seguintes participações dentro dos 8,7% mencionados:

⁷ Empresa de Pesquisa Energética. Relatório Síntese 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

- 38,7% corresponde à lixívia⁸;
- 21,3% corresponde ao biodiesel;
- 5,1% corresponde a outras biomassas (arroz, capim-elefante e óleos vegetais);
- 1,4% corresponde ao biogás.

Em relação ao crescimento dessas fontes renováveis entre 2020 e 2021, temos na tabela 2:

Tabela 2 – Repartição da Oferta Interna de Energia de “Outras Renováveis” derivadas de fontes do biocombustível

Outras Renováveis (10 ³ tep)	2020	2021	Δ 21/20
Lixívia	9.576	10.128	5,8%
Biodiesel	5.300	5.570	5,1%
Outras biomassas	1.139	1.347	18,3%
Biogás	311	376	20,9%

Fonte: Relatório Síntese 2022 do Balanço Energético Nacional (BEN).⁹

Quando comparado com anos anteriores, podemos observar um aumento no consumo de energia em Mtep (milhões de toneladas de petróleo equivalente) das fontes renováveis, exceto pela biomassa da cana-de-açúcar, que apresentou um retrocesso. Em 2019, a biomassa da cana registrou 52,8 Mtep, aumentando para 54,9 Mtep em 2020 e caindo para 49,4 Mtep em 2021, representando uma queda geral de -6,4%. Por outro lado, as outras fontes renováveis apresentaram um ganho de 14,7% no mesmo período de tempo.

A variação negativa na biomassa da cana-de-açúcar pode ser atribuída a fatores como a escassez hídrica de 2021, que resultou na necessidade de racionalização dos recursos hídricos entre os setores para evitar escassez em

⁸ Lixívia, lixívia negra ou licor negro, segundo Dados Energéticos do Estado de São Paulo (2023), trata-se do processamento da madeira na atividade de extração da celulose.

⁹ Empresa de Pesquisa Energética. Relatório Síntese 2022. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

qualquer área. Além disso, a pandemia também teve um impacto negativo nesse setor.

Continuando com os dados do relatório síntese, a participação da lixívia no consumo final de energia por fonte se manteve estável em 2021 em relação a 2019. Já o etanol e o bagaço da cana registraram uma diminuição na participação, enquanto a lenha e o óleo diesel, incluindo o biodiesel, aumentaram sua participação.

O crescimento da participação do biodiesel no Brasil é resultado da política de adição desse biocombustível ao diesel fóssil. Segundo uma notícia divulgada pelo Governo Federal (Ministério de Minas e Energia, 2023), a partir de abril deste ano, a taxa de adição de biocombustível na mistura subiu de 10% para 12%.

5 PROJEÇÃO

O Brasil é reconhecido por suas condições favoráveis de solo e clima, o que lhe proporciona uma ampla diversidade de espécies e, conseqüentemente, uma vasta gama de matérias-primas para a produção de biomassa. Nesse contexto, a bioenergia desponta como uma das principais alternativas para o futuro da energia sustentável.

O país aproveita diferentes fontes de bioenergia, tanto aquelas obtidas por meio da queima direta de materiais, como lenha, bagaço da cana-de-açúcar e lixívia, quanto os biocombustíveis, como etanol, que é majoritariamente produzido a partir dos açúcares da cana-de-açúcar, milho e beterraba. Os insumos para a produção de biodiesel e diesel renovável incluem grãos oleaginosos, como soja, algodão, girassol, amendoim, entre outros, além de gordura animal.

Além disso, há a possibilidade de utilizar resíduos na produção de biogás, como resíduos da agroindústria, pecuária, lodo das estações de tratamento de esgoto e resíduos sólidos urbanos, que englobam os resíduos orgânicos descartados pela população nos aterros sanitários. No entanto, é importante ressaltar que as biomassas provenientes dos setores agrícolas são sazonais, ou seja, estão sujeitas a variações mensais de disponibilidade.

Para dissertar sobre a projeção dos biocombustíveis no Brasil, recorrerei ao Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), desenvolvido pelo Ministério de Minas e Energia em 16 de dezembro de 2020. O plano consiste em um conjunto de estudos

e diretrizes para o desenvolvimento de uma estratégia de longo prazo para o setor energético brasileiro. De acordo com o mesmo:

"(...) a sinergia entre inteligência artificial, internet das coisas (IoT), robótica, *drones*, *blockchain*, realidade aumentada, realidade virtual e impressoras 3D podem aumentar a produção de biocombustíveis, e conseqüentemente, seu consumo. Contudo, mais especificamente para o etanol, o crescimento do mercado externo pode ser impulsionado caso haja maior número de países produtores. Atualmente, cerca de 80% da produção global é atendida por apenas dois países: Brasil e Estados Unidos. Fomentar a diversificação desta produção poderá fortalecer o mercado interno e externo". (PNE 2050, 2020, p. 116).

Segundo ele, a adição de tecnologias atuais seria suficiente para beneficiar e impulsionar tanto a produção quanto o consumo de biocombustíveis, porém, o caso do etanol seria diferente. Ele ressalta que o Brasil e os Estados Unidos representam 80% da produção mundial de etanol e acredita que estimular a diversidade seria vantajoso tanto para o mercado interno quanto para o externo.

O relatório também apresenta dados sobre o aproveitamento energético nos setores de transporte e elétrico. No setor elétrico, a participação da biomassa chega a 8,5%, enquanto no setor de transporte, supera 23%, o que totaliza mais de 30% da demanda energética do Brasil em 2018.

Uma das políticas que entrou em vigor no início de 2020 e tem como objetivo aumentar a demanda por biocombustíveis no setor de transporte, contribuindo para a regularidade do abastecimento e a competitividade dos diferentes biocombustíveis no mercado brasileiro de combustíveis, é a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). Essa política também estabelece a criação do crédito de carbono (CBIO), tornando obrigatória a aquisição desse crédito pelas distribuidoras de combustíveis. No âmbito do RenovaBio, os biocombustíveis contemplados incluem o etanol anidro e hidratado, biodiesel, biometano, entre outros.

Atualmente, está em andamento uma discussão sobre a flexibilização do sistema de comercialização, eliminando a necessidade de intermediários na venda direta de etanol entre distribuidores e revendedores. Essa modalidade, conhecida como Venda Direta de Etanol, representa uma oportunidade para reorganizar as

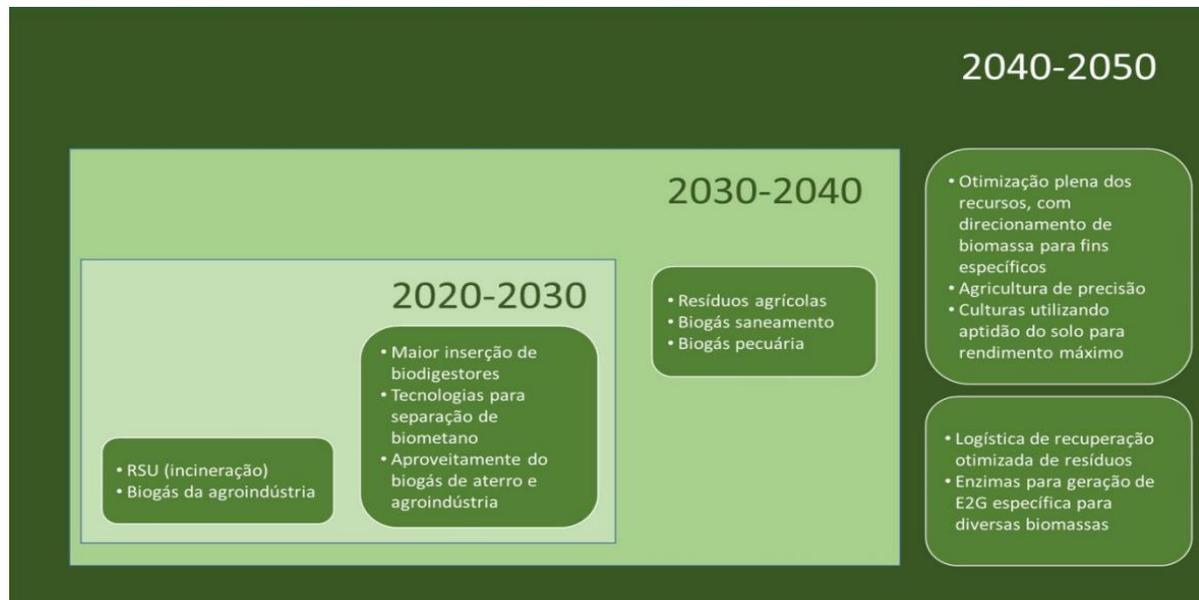
cadeias produtivas, o que poderia resultar na redução do preço do etanol para o consumidor final.

De acordo com a Agência do Senado, essa forma de negociação chegou a ser autorizada no início de 2022, porém, a sua implementação completa foi impedida devido ao veto do então presidente da República, conforme reportagem da CNN Brasil intitulada "Congresso promulga lei que libera venda direta de etanol a postos de combustível", publicada em 2022. A justificativa utilizada pelo presidente para o veto foi a alegação de que a inclusão de cooperativas nessa medida resultaria em renúncia fiscal indevida.

No setor elétrico, o aumento na produção de biomassa é uma medida que poderia aumentar a oferta de insumos energéticos renováveis. Para isso, é necessário implementar um sistema eficiente de coleta da matéria-prima, garantindo a preservação de suas condições. Além disso, é importante analisar o uso dos insumos para ampliar a capacidade das usinas termelétricas e desenvolver métodos de armazenamento da biomassa durante períodos de baixa produção.

No setor energético, a figura 5 apresenta insumos e tecnologias que ainda não foram explorados em larga escala, mas que possuem perspectivas de integrar a matriz energética.

Figura 5 - Perspectivas tecnológicas ligadas à biomassa



Fonte: Relatório Final do PNE 2050¹⁰.

Essas biotecnologias apresentadas podem aumentar a eficiência da produção, otimizar as etapas para a oferta de novos produtos e desenvolver uma maior variedade de recursos para a produção de biocombustíveis.

Há também uma projeção de aumento do biodiesel. De acordo com a matéria "Governo oficializa ampliação da mistura de biodiesel no diesel vendido no país" (gov.br), espera-se que a mistura, que atualmente é de 12% de biodiesel, alcance uma taxa de 15% até 2026. Essa mudança resultaria em um aumento na produção de biodiesel de 6,3 bilhões de litros para mais de 10 bilhões.

Vale ressaltar também o relatório "Renewables 2022" da International Energy Agency (IEA), que analisa as políticas e desenvolvimentos de mercado atuais. Segundo o relatório, a demanda global por biocombustíveis pode aumentar em até 22% durante o período de 2022-2027, devido às políticas implementadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. O combustível biojet, produzido a partir de biomassa e utilizado por companhias aéreas, teve um aumento de 35 vezes em 2022

¹⁰ BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

em comparação com o período de 2021. O crescimento dos biocombustíveis foi impulsionado pelos recentes incentivos fiscais nos Estados Unidos e pelo objetivo do programa ReFuelEU da União Europeia, que busca aumentar a demanda por combustíveis aéreos sustentáveis, de acordo com a matéria "Sustainable aviation fuels - ReFuelEU Aviation" da Comissão Europeia.

Outro dado interessante é que se espera um crescimento de quase 75% na capacidade global de energia renovável entre 2022 e 2027. Essa aceleração da expansão é impulsionada por dois fatores. Em primeiro lugar, o aumento dos preços dos combustíveis fósseis, decorrente da crise global de energia, tornou as tecnologias de energias renováveis economicamente mais atraentes. Em segundo lugar, a invasão da Rússia no território da Ucrânia intensificou a valorização dos benefícios que a energia renovável pode oferecer, especialmente por parte dos importadores de combustíveis fósseis, principalmente na Europa.

6 FUNCIONAMENTO DAS USINAS DE BIOCMBUSTÍVEIS

A seção a seguir abordará o funcionamento de diversas usinas de biocombustíveis, detalhando o processo desde a chegada da matéria-prima até a etapa final. Serão explorados aspectos referentes à biomassa, etanol, biodiesel e biogás.

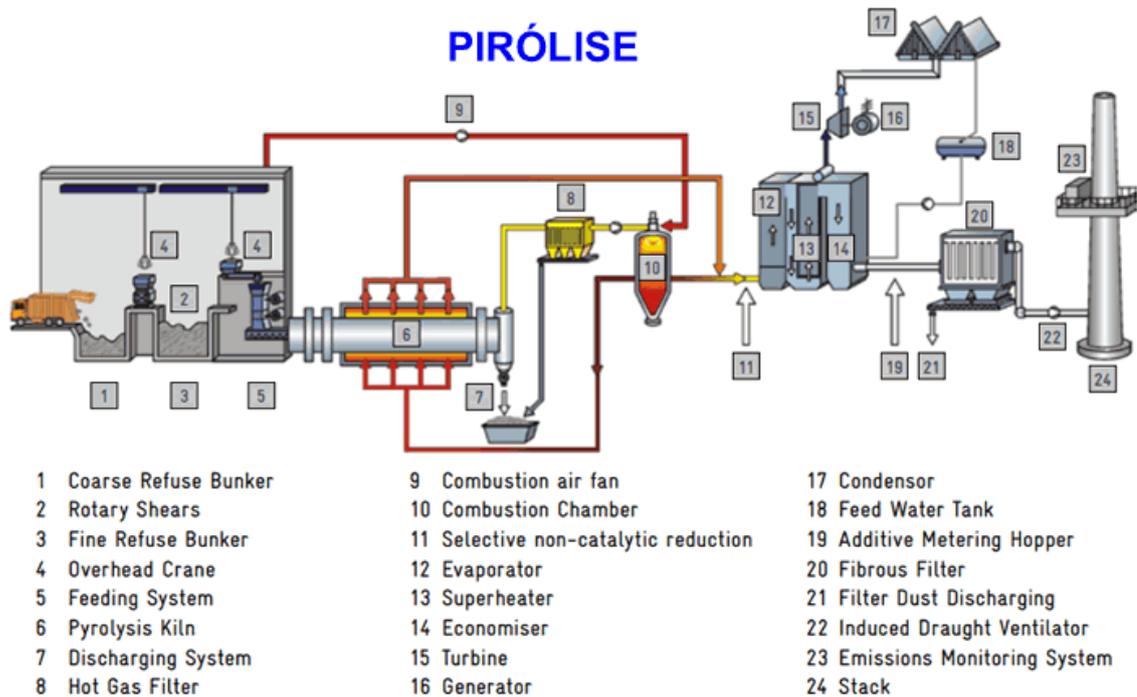
6.1 BIOMASSA

A biomassa é uma fonte renovável de energia, de acordo com o site Brasil Escola (2021), ela é considerada renovável devido à capacidade de regeneração dos recursos biológicos e também é uma opção de baixo custo devido à abundância de seus materiais. A biomassa consiste em resíduos de origem animal ou vegetal que são utilizados na produção de energia, seja na forma de calor ou eletricidade.

As usinas de biomassa, assim como as usinas termoelétricas, convertem o calor gerado pelos materiais orgânicos em energia elétrica. Existem quatro métodos amplamente utilizados na conversão da biomassa em energia:

- Pirólise: No método da pirólise, de acordo com Equipe GNPW Group (2020), o material orgânico é triturado e exposto a altas temperaturas em um reator, sem a presença de oxigênio. Isso acelera a decomposição, produzindo gases que passam por um sistema de limpeza e filtragem baseado em água. Em seguida, o gás pode ser direcionado para um gerador de energia ou para a produção de vapor. Os resíduos sólidos restantes no reator são extraídos como cinzas na forma de terra preta, que são comumente utilizadas para nutrir o solo onde outras plantas serão cultivadas;

Figura 6 – Esquema do processo de Pirólise



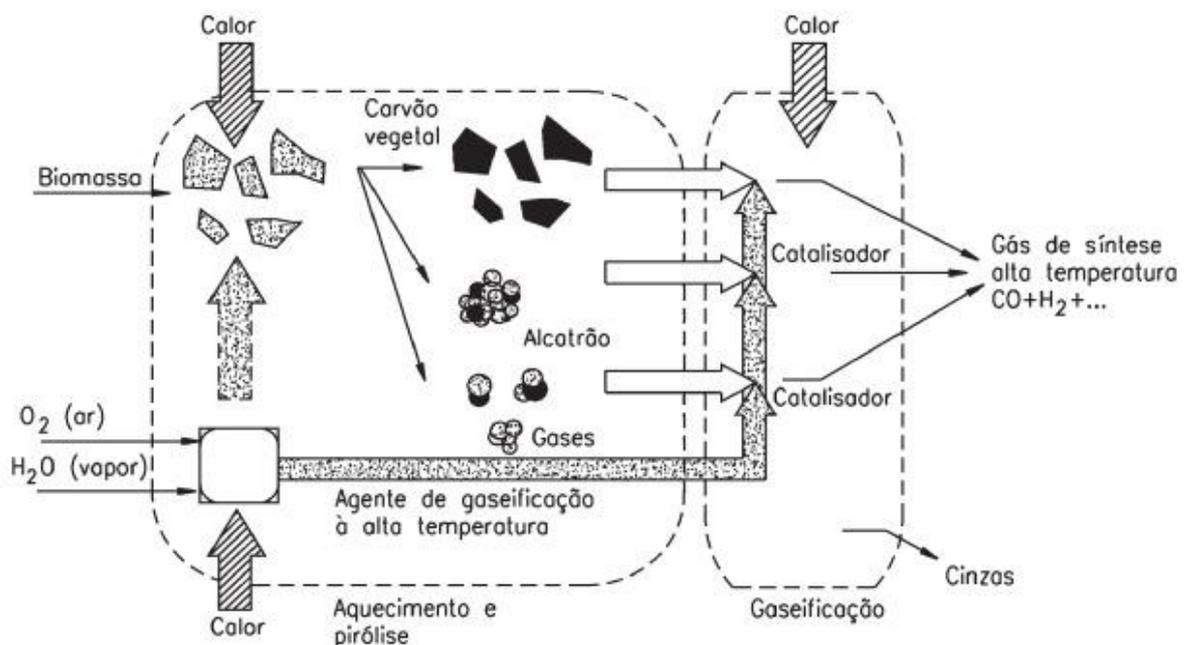
Fonte: Elaborado por Mutz, Hengevoss, Hugi e Gross.¹¹

- Gaseificação: Energia Inteligente UFJF (2017) diz que no processo de gaseificação, a biomassa é exposta a altas temperaturas sem a presença de oxigênio, resultando na formação de um gás inflamável. Esse gás pode ser filtrado para remover alguns componentes químicos presentes e tem um fim

¹¹ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Components-of-a-pyrolysis-plant-for-specific-solid-waste-treatment-36_fig6_322772063. Acesso em: 24 nov. 2023.

semelhante ao gás produzido pela pirólise. A diferença entre os dois métodos é que a gaseificação requer temperaturas mais baixas e resulta apenas em um gás;

Figura 7 – Principais etapas da gaseificação da biomassa.

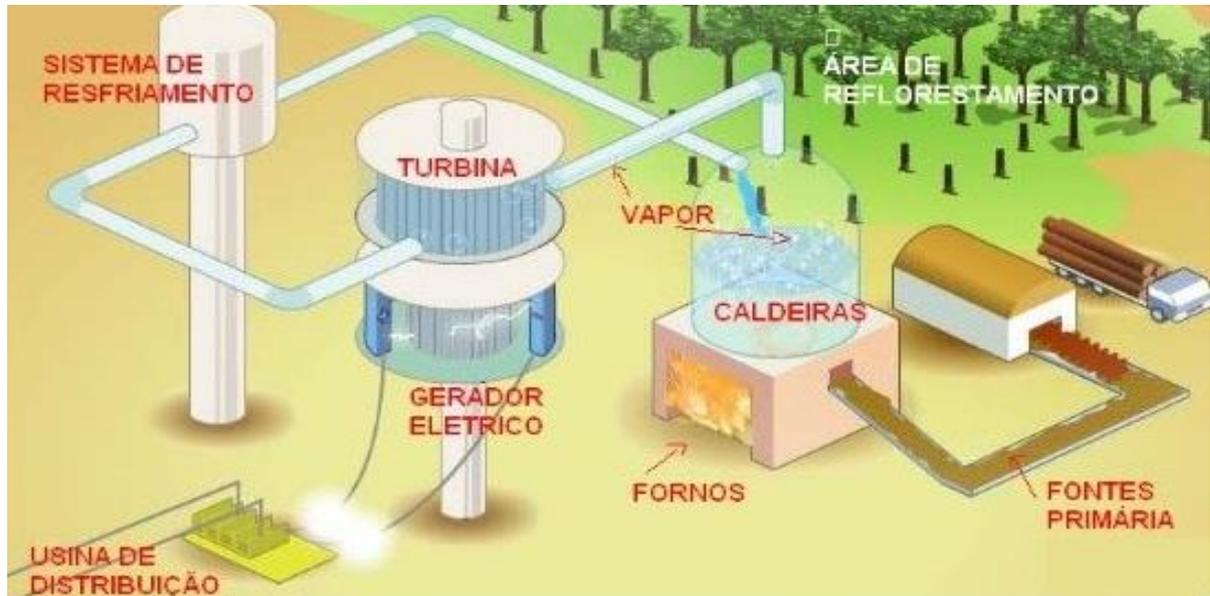


Fonte: Reproduzida com permissão de Knoef (2002). *Review of small-scale biomass gasification. Pyrolysis and Gasiication of Biomass and Waste Expert Meeting, Strasbourg, France, 2002.*¹²

- **Combustão:** A combustão é realizada em altas temperaturas na presença abundante de oxigênio, produzindo vapor em alta pressão. Esse vapor pode ser utilizado em caldeiras ou para acionar turbinas, gerando energia. Essa técnica é a mais utilizada e sua eficiência energética fica entre 20% e 25%;

¹² Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Martinez-109/publication/284163742_Gaseificacao_e_pirólise_para_a_conversao_da_biomassa_em_eletrificada_e_biocombustiveis/links/5728cf3508ae2efb7e72f/Gaseificacao-e-pirólise-para-a-conversao-da-biomassa-em-eletricidade-e-biocombustiveis.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

Figura 8 – Funcionamento de Usina Térmica a Biomassa



Fonte: CBIE.¹³

- **Co-combustão:** A prática da co-combustão consiste na substituição do carvão mineral, utilizado em usinas termoelétricas, pela biomassa. Isso resultaria em uma redução significativa da emissão de poluentes pela usina. A eficiência dessa nova matéria-prima varia entre 30% e 37%, tornando-a uma opção mais atraente e econômica atualmente.

Esses métodos citados de conversão da biomassa em energia fornecem uma alternativa sustentável e também ajudam para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

6.2 ETANOL

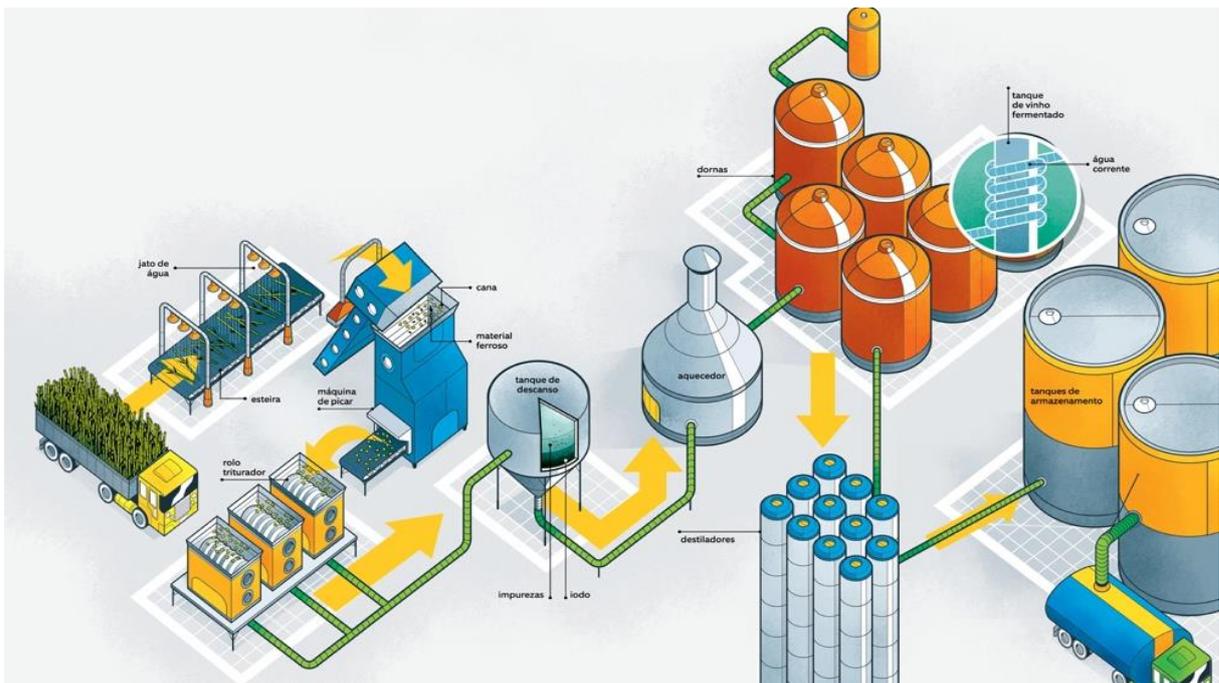
De acordo com informações divulgadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) (2020), o etanol é uma substância química produzida através da fermentação de açúcares. O Brasil é um dos maiores produtores

¹³ Disponível em: <https://cbie.com.br/como-a-biomassa-se-transforma-em-energia-eletrica/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

desse biocombustível e pioneiro na produção em larga escala. Existem duas formas de utilizá-lo: como etanol anidro, adicionado à mistura para a formação da gasolina C, ou na forma de etanol hidratado, comercializado em todo o país como combustível final.

A produção do bioetanol, também conhecido como etanol ou álcool etílico, é realizada em usinas que utilizam matérias-primas como a cana-de-açúcar, o milho, a beterraba, entre outros. Para um melhor entendimento de como ocorre a produção de energia por meio dessas usinas, iremos utilizar a ilustração a seguir para uma melhor compreensão.

Figura 9 – Ilustração de uma usina de Etanol



Fonte: Gabriel Silveira (Mundo Estranho).¹⁴

Como mostrado na imagem anterior, podemos observar uma usina completa e complexa, com várias etapas. O primeiro passo, após a chegada do material, é a lavagem para remover impurezas, como areia, terra e outros.

¹⁴ Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-produzido-o-etanol>. Acesso em: 24 nov. 2023.

O segundo passo é o processo de picagem, no qual o material é transformado em pequenos pedaços para facilitar a moagem. Algumas usinas, antes de passar por essa segunda fase, preferem usar um eletroímã para remover qualquer vestígio de material ferroso ou componentes metálicos que possam danificar a máquina.

A terceira fase, como mencionado anteriormente, é a moagem, na qual o material picado é esmagado por rolos trituradores. Após a moagem, a cana-de-açúcar, por exemplo, se transforma em 70% de caldo, a partir do qual o açúcar e o etanol podem ser extraídos, enquanto os outros 30% consistem em bagaço, que também pode ser usado para gerar energia através da queima.

A quarta fase ocorre no tanque de descanso, onde o caldo passa por decantação. Mesmo após as fases anteriores, ainda podem ser encontradas impurezas e pedaços de bagaço da cana, por isso o caldo é mantido nesse tanque até que as impurezas se depositem no fundo, formando um lodo que pode ser utilizado como adubo.

Na quinta fase, o caldo clarificado passa por um aquecedor. Após passar por várias etapas de limpeza, o caldo limpo é chamado de caldo clarificado. O aquecimento é realizado para eliminar as últimas impurezas que ainda possam estar presentes.

Na sexta fase, o caldo é levado para tanques onde é misturado com um fermento específico. Esse fermento contém microrganismos que digerem o açúcar presente, liberando dióxido de carbono e álcool. Essa etapa, conhecida como fermentação, pode durar de 4 a 12 horas, resultando em um produto chamado de vinho fermentado. As reações químicas que ocorrem devido ao fermento também liberam energia na forma de calor, por isso o vinho é resfriado com água corrente que circula em torno dos tanques, sem entrar em contato direto com o vinho.

Na sétima fase, o vinho fermentado é direcionado para destiladores, onde ocorre a destilação. O vinho fermentado contém apenas 10% de álcool, enquanto os outros 90% são compostos principalmente por água. Nos destiladores, o vinho é aquecido até evaporar (vaporização) e, em seguida, é resfriado para retornar ao estado líquido (liquefação), separando assim seus componentes.

Após a destilação, obtém-se o álcool hidratado, que contém cerca de 96% de álcool. É esse álcool que encontramos sendo vendido nos postos de combustível.

Uma parte desse álcool hidratado passa por um processo adicional de desidratação para se tornar álcool anidro, que possui mais de 99% de álcool e é utilizado como aditivo na mistura da gasolina.

A última fase é a armazenagem, realizada em tanques de grande volume, que são utilizados para armazenar ambos os tipos de álcool até que sejam levados às distribuidoras para comercialização dos produtos.

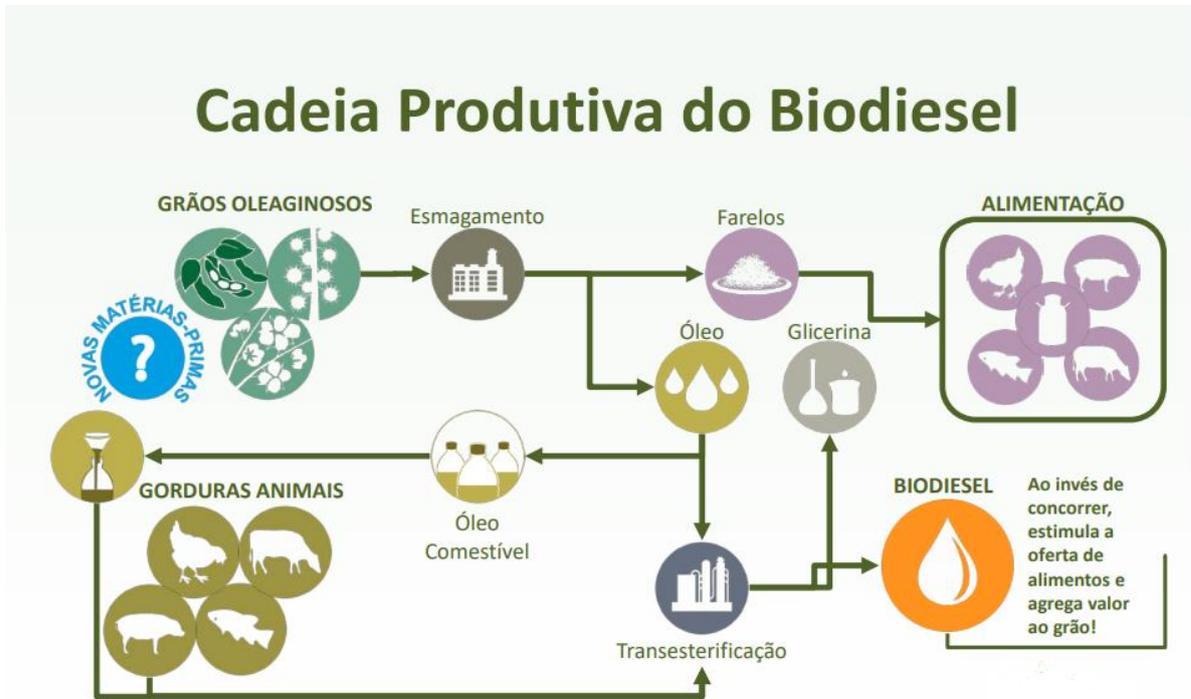
6.3 BIODIESEL

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o biodiesel é um biocombustível obtido a partir de fontes renováveis, como óleo vegetal, como soja, algodão, girassol, entre outros e gordura animal, e pode ser utilizado em veículos com motores a diesel. A produção desse biocombustível envolve um processo químico chamado transesterificação, no qual os triglicerídeos presentes nos grãos oleaginosos e na gordura animal reagem com álcool primário, como metanol ou etanol, resultando em dois produtos: éster, comumente chamado de biodiesel, e glicerina. A glicerina pode ser aproveitada pelas indústrias de cosméticos, alimentos e farmacêutica.

De acordo com Abiove (2023), a produção desse biocombustível, que inclui grãos e gordura animal, pode ser realizada por fazendas de pequeno porte (agricultura familiar) e também por fazendas de médio e grande porte. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais desse biocombustível, ficando em segundo lugar, de acordo com uma pesquisa do Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA, 2021). No período de 2011 a 2020, o Brasil produziu 26% do biodiesel, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, que produziram 41%.

No caso da fabricação de biodiesel a partir de grãos oleaginosos, os procedimentos envolvidos são os seguintes, conforme observa-se na figura 10:

Figura 10 – Esquema da Cadeia Produtiva do Biodiesel



Fonte: União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio).¹⁵

1. Os grãos são transportados por caminhões da fazenda para silos graneleiros, onde são armazenados.
2. Em seguida, ocorre o processo de esmagamento dos grãos, no qual são produzidos dois produtos: farelo, que pode ser usado na produção de rações para animais quando misturado com outros nutrientes, e óleo vegetal, que pode ser utilizado para produção de óleos refinados, preparações alimentícias e biodiesel.

O óleo de cozinha usado, quando separado corretamente e enviado para pontos de coleta, também pode ser transformado em biodiesel. Após a coleta, o óleo é enviado para a indústria, onde passa por processos de filtragem e purificação.

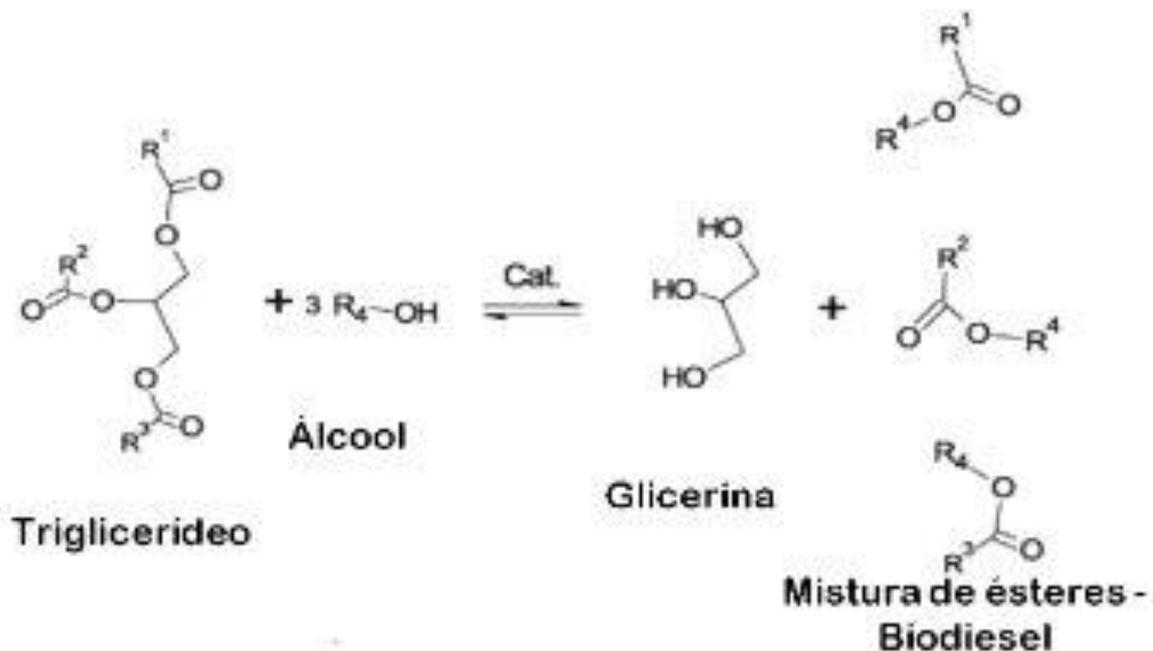
Depois de separados, os diferentes óleos são submetidos ao processo de transesterificação, que envolve a mistura dos óleos com etanol ou metanol na

¹⁵ Disponível em: <https://ubrabio.com.br/2018/08/30/biocombustiveis-aliados-do-brasil-na-busca-da-transicao-para-a-energia-limpa/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

presença de um catalisador. Durante a transesterificação, os triglicerídeos presentes no óleo são transformados em moléculas menores chamadas ésteres de ácido graxo, que são o biodiesel, utilizando um agente transesterificante (álcool primário) e um catalisador (base ou ácido).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (2021), para a obtenção de biodiesel, durante o processo de transesterificação, os triglicerídeos que estão presentes no óleo, são transformados em moléculas menores de ésteres de ácido graxo, que seria o biodiesel, a partir de um agente transesterificante, álcool primário, e um catalisador, base ou ácido, como demonstrado na figura 11.

Figura 11 – Obtenção de um biodiesel por meio de reação química.



Fonte: Toda Matéria.¹⁶

Antes de realizar a mistura, é necessário aquecer previamente o óleo. Em seguida, ocorre a mistura com o álcool e o catalisador dentro de um reator com agitação. Devido à presença do álcool na mistura, a temperatura durante o processo pode ser ambiente ou, no máximo, 70°C, mas geralmente é fixada em 45°C para obter

¹⁶ Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/biodiesel/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

um bom rendimento. O tempo de reação pode variar de acordo com a matéria-prima utilizada, o álcool e o catalisador, e a reação é considerada completa quando a mistura retorna à sua coloração original após o escurecimento.

6.4 BIOGÁS

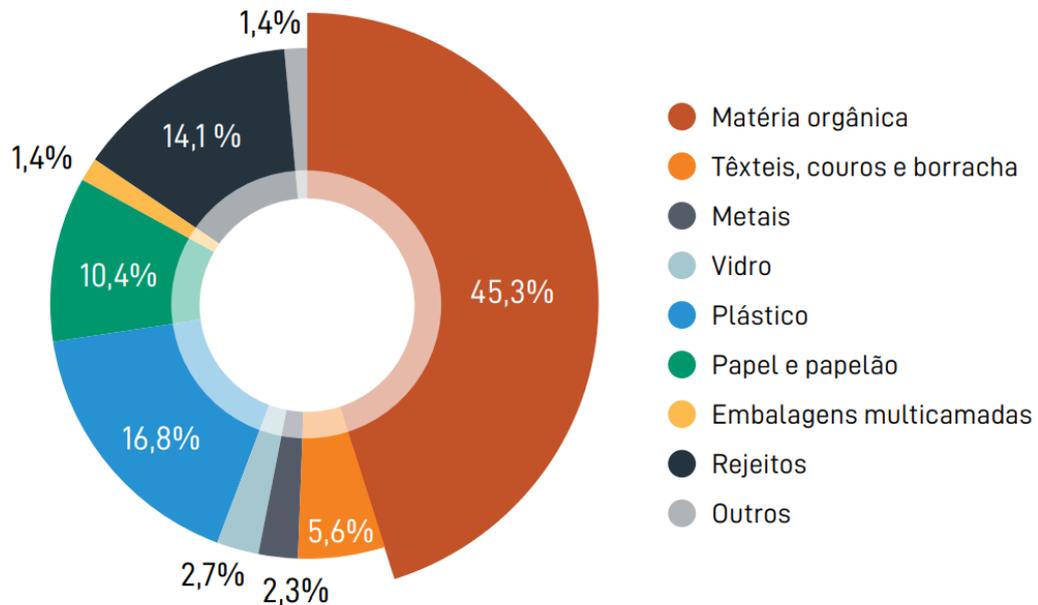
A definição de biogás, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, refere-se ao gás produzido pela decomposição biológica de materiais orgânicos na ausência de oxigênio. Esse combustível renovável é composto principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e pequenas quantidades de gás sulfídrico (H₂S) e outros gases.

O biogás é obtido a partir de diversas formas de biomassa, sendo as principais: resíduos sólidos urbanos, palha de arroz, bagaço de cana-de-açúcar e esterco de animais.

A definição de resíduos sólidos urbanos (RSU), de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), engloba materiais provenientes de atividades domésticas (resíduos domiciliares), varrição, limpeza de praças, jardins, vias públicas ou qualquer outro serviço de limpeza urbana, comumente chamados de lixo.

A gravimetria dos RSU no Brasil, que se refere ao método de separação e pesagem dos componentes dos RSU para determinar a quantidade proporcional presente em uma amostra, é apresentada no gráfico da figura 12, retirado do panorama de 2020 elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe).

Figura 12 – Gráfico gravimetria dos RSU no Brasil



Fonte: ABRELPE, 2020.¹⁷

Como mostrado no gráfico da figura 12, a fração destinada à matéria orgânica corresponde a 45,3% do total dos resíduos sólidos urbanos, sendo composta principalmente por sobras de alimentos, resíduos verdes e madeira. Os resíduos recicláveis secos representam 33,6% do total, com plásticos correspondendo a 16,8%, papel e papelão a 10,4%, vidros a 2,7%, metais a 2,3% e embalagens multicamadas a 1,4%. Outras categorias de resíduos representam 21,1% do total, incluindo o setor têxtil, couro e borrachas com 5,6%, e os rejeitos, que totalizam os 15,5% restantes, principalmente compostos por resíduos sanitários.

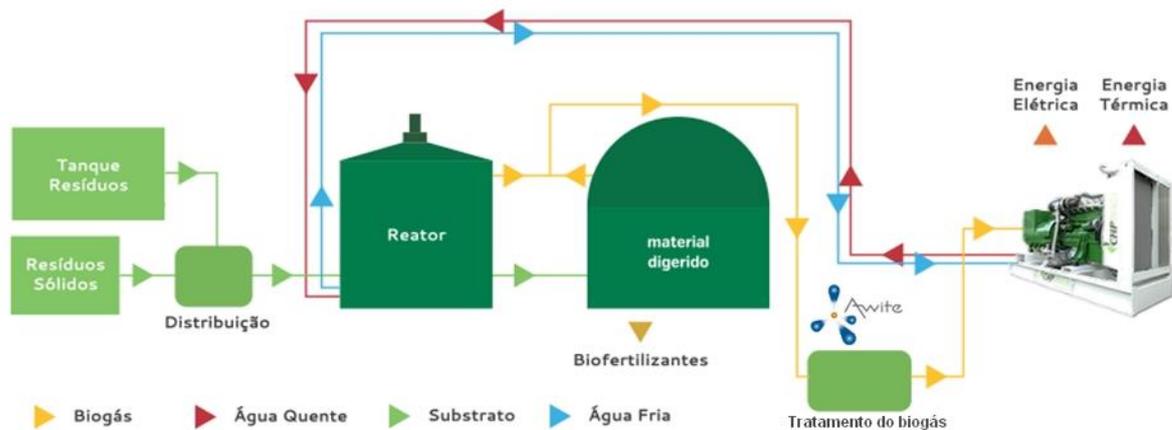
Esses dados mostram que quase metade dos resíduos sólidos urbanos pode ser destinada às usinas de biogás, em vez de serem direcionados para aterros sanitários. De acordo com o Roteiro para Encerramento de Lixões - Apoio para Tomadas de Decisões (2021), que apresenta um processo para eliminar a disposição inadequada de resíduos no Brasil até 2024, os aterros sanitários geram chorume, que

¹⁷ Disponível em:
https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

polui o solo, as águas superficiais e subterrâneas, além de representar riscos à saúde devido à proliferação de vetores transmissores de doenças e à possibilidade de incêndios e impactos nas mudanças climáticas, entre outros riscos.

As usinas de biogás atuam nessa área, oferecendo um novo destino para os resíduos orgânicos. O funcionamento dessas usinas ocorre basicamente conforme ilustrado na figura 13:

Figura 13 – Esquema de uma usina de biogás



Fonte: CHP Brasil.¹⁸

Como mostrado na figura 13, inicialmente, os resíduos sólidos orgânicos são levados para um reator, também conhecido como biodigestor. Nesse reator, água quente é adicionada para auxiliar no processo de decomposição anaeróbica dos resíduos, que ocorre na ausência de oxigênio. Os micro-organismos anaeróbicos presentes no reator decompõem o material, transformando-o em biogás e biofertilizante.

No reator, a água é constantemente renovada para manter uma temperatura adequada. O biogás produzido é conduzido por um tubo até a unidade de tratamento do biogás, onde é processado para ser utilizado sem danificar os equipamentos. Após o uso, o gás pode ser liberado na atmosfera sem causar danos ao meio ambiente.

Após um período determinado, os resíduos remanescentes no fundo do reator, também conhecidos como biofertilizante, são separados para dar espaço aos novos

¹⁸ Disponível em: <http://dev.chpbrasil.com.br/biogas>. Acesso em: 24 nov. 2023.

resíduos. Esse biofertilizante consiste em adubos orgânicos que podem ser utilizados como complemento na adubação dos fertilizantes convencionais. Ele fornece nutrientes essenciais para as plantas e auxilia no controle de doenças e insetos, devido à presença de micro-organismos benéficos ao solo.

7 ASPECTOS FAVORÁVEIS

Como mencionado anteriormente, os biocombustíveis produzidos a partir de matéria-prima orgânica e renovável são uma alternativa promissora para substituir parcial ou totalmente as fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis. Eles apresentam diversas vantagens alinhadas às políticas ambientais, também conhecidas como políticas verdes, que visam a proteção do meio ambiente. Algumas dessas vantagens são:

- Emissão reduzida de gases de efeito estufa: Os biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, possuem uma pegada de carbono mais baixa em comparação aos combustíveis fósseis. Isso significa que a emissão de gases de efeito estufa provenientes da atividade humana é menor. Embora os biocombustíveis emitam dióxido de carbono (CO₂) e outros gases durante seus processos, a quantidade emitida é menor e contribui menos para as mudanças climáticas;
- Menor emissão de poluentes: Os biocombustíveis também apresentam menor emissão de poluentes. Um estudo realizado pelo Laboratório de Desenvolvimento de Tecnologias Limpas demonstrou que substituir o óleo diesel mineral pelo biodiesel resulta em reduções nas emissões de enxofre (20%), dióxido de carbono (9,8%), hidrocarbonetos não queimados (14,2%), material particulado (26,8%) e óxido de nitrogênio (4,6%), entre outros poluentes, em comparação com outras fontes de energia (BIODIESELBR, 2011). Essa menor emissão de poluentes contribui para a melhoria da qualidade do ar, reduzindo os riscos à saúde humana e os impactos negativos nos ecossistemas;

- Diversificação das fontes de energia: Os biocombustíveis, produzidos a partir de matérias-primas renováveis, oferecem uma opção interessante para a diversificação da geração de energia. A menor dependência de uma única fonte de energia, como ocorre no Brasil, onde há uma grande dependência de hidrelétricas, é vantajoso. Eles podem ser uma alternativa nos momentos de crise hídrica, como períodos de baixa pluviosidade (estiagem), quando os reservatórios não possuem o volume necessário de água para a geração de energia;
- Baixo custo: Os biocombustíveis também apresentam a vantagem de baixo custo de produção. As matérias-primas utilizadas para a geração de energia são abundantes no território brasileiro, como cana-de-açúcar, algodão, soja, entre outras, o que contribui para a redução dos custos tanto para os produtores quanto para os consumidores;
- Estímulo à economia: A produção de biocombustíveis, que depende do cultivo agrícola, beneficia a economia local de muitos municípios. O cultivo dessas matérias-primas possui períodos de safra, gerando uma quantidade significativa de mão de obra ao longo de sua cadeia produtiva;
- Alternativa para os lixões: De acordo com o artigo "Biogás: O Aproveitamento Energético do Gás Metano Gerado em Aterros Sanitários" do Brasil Escola, os lixões são áreas de depósito final de resíduos sólidos urbanos que não possuem preparação adequada para receber esse material. Como resultado, o solo é danificado e o chorume (líquido proveniente do lixo) penetra no solo, contaminando o lençol freático. Além disso, essas áreas atraem animais e pessoas em situação precária que buscam itens para venda entre os resíduos, aumentando os riscos de doenças transmitidas por animais. Outro aspecto negativo é a liberação de gases resultantes da decomposição dos resíduos orgânicos, que além de prejudicar o meio ambiente quando não tratados, são altamente inflamáveis, aumentando o risco de incêndios. Nesse contexto, o biogás surge como uma alternativa para direcionar esses resíduos orgânicos, contribuindo para a produção de energia e biofertilizantes. Usinas de biogás são capazes de tratar esses resíduos, evitando sua liberação prejudicial na atmosfera. Dessa forma, o biogás proporciona uma solução para lidar de forma

mais adequada com os resíduos orgânicos, reduzindo impactos ambientais e riscos à saúde.

8 ASPECTOS DESFAVORÁVEIS

Embora os biocombustíveis apresentem várias vantagens, existem pontos questionáveis levantados por alguns críticos em relação à sua real vantagem. Algumas das desvantagens mais citadas são:

- **Desmatamento e perda da biodiversidade:** Há preocupações legítimas sobre o impacto do investimento em biocombustíveis no aumento do desmatamento. O incentivo a essa indústria pode levar à supressão de vegetação para a produção da matéria-prima necessária. Além disso, a expansão das áreas destinadas ao cultivo de plantas como cana-de-açúcar, milho e soja pode resultar em maior produção de biocombustíveis e subprodutos, afetando áreas originalmente destinadas à produção de alimentos. Essa expansão pode levar à perda da biodiversidade, intensificação dos monocultivos especializados nessas culturas e mudanças na produção de alimentos;
- **Emissão de gases poluentes:** Embora estudos comprovem que a substituição de combustíveis por biocombustíveis resulta em menor emissão de certos gases, há também estudos, como o da União Europeia, que mostram um aumento na emissão de NOx (óxidos de nitrogênio) quando comparado ao diesel de petróleo (BIODIESELBR, 2011);
- **Uso de agrotóxicos e fertilizantes:** O uso de agrotóxicos tem o objetivo de proteger as plantações de animais, fungos e pragas, enquanto os fertilizantes fornecem nutrientes para o crescimento das plantas. No entanto, esses insumos agrícolas apresentam um lado negativo. Nas últimas décadas, a quantidade de nitrogênio presente na água, ar e solo tem aumentado consideravelmente, o que pode ter impactos ambientais negativos (UNEP, 2020);
- **Concentração fundiária:** De acordo com Oliveira, Neder e Almeida Filho (2010), o incentivo à expansão da monocultura está diretamente associado ao aumento

da concentração fundiária no meio rural. Essa realidade traz consigo consequências como o desemprego dos trabalhadores rurais, a deterioração da situação de pobreza dos pequenos produtores e outros problemas decorrentes da concentração.

9 CONCLUSÃO

Após abordar todas as partes descritas, que incluem desde a descoberta e controle do fogo na Idade da Pedra até o histórico dos biocombustíveis no nosso país, a situação atual do Brasil em relação a esses combustíveis, as projeções tanto a nível nacional quanto global, o funcionamento das usinas de diversos biocombustíveis, e as vantagens e desvantagens discutidas por cientistas e estudiosos, o objetivo do trabalho, conforme descrito na seção de motivação, foi alcançado. O propósito do trabalho era trazer uma discussão sobre a validade da implementação dos biocombustíveis.

Embora os biocombustíveis tenham um potencial significativo para auxiliar na geração de energia, abastecendo indústrias, residências, e contribuindo para o setor de transporte, entre outros, ainda há um longo caminho a percorrer. Por ter sido um tópico muitas vezes negligenciado, despertar o interesse de mais pessoas e incentivá-las a estudar, pesquisar e contribuir para o desenvolvimento dos biocombustíveis, otimizando sua eficiência e tornando-os menos prejudiciais ao meio ambiente e às gerações futuras, será de grande importância para o futuro.

ABSTRACT

This paper aims to report the history and evolution of biofuels worldwide, from ancient times to the present day, also discussing the Brazilian context. Aspects such as the introduction of sugarcane in Brazil, the current situation of the country regarding biofuels, as well as future projections both globally and nationally, will be addressed. The possibilities for growth in this sector and the policies that can be implemented to improve and increase biofuel production will be discussed. Furthermore, different types of biofuels will be presented, describing their sources of production and providing an overview of the processes used in the production plants of these renewable fuels. Although biofuels have gained recent notoriety, they are still less discussed than other forms of energy generation. Therefore, another objective of this work is to promote the

discussion on the use of these energy sources, highlighting their advantages and disadvantages.

Keywords: Biofuels. Biomass. Biogas. Biodiesel. Ethanol.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL - ANP. **Biodiesel**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel#:~:text=O%20biodiesel%20é%20um%20combustível,o%20éster%20e%20a%20glicerina>. Acesso em: 16 jun. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS DO BRASIL - ANP. **Etanol**, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/etanol>. Acesso em: 16 jun. 2023.

AGÊNCIA SENADO. **Senado aprova MP que conclui autorização para venda direta de etanol**, 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/06/08/senado-aprova-mp-que-conclui-autorizacao-para-venda-direta-de-etanol>. Acesso em: 16 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**, 2021. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7212936/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%20%282%29.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Biodiesel**, 2023. Disponível em: <https://biodiesel.abiove.org.br/biodiesel/>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BIODIESELBR. **Emissão de Gases Poluentes e Biodiesel**, 2011. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/efeito-estufa/gases/emissoes>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BIODIESELBR. **História e Biodiesel**. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia#:~:text=Isso%20ocorreu%20quando%20o%20belga,e%20logo%20ganhou%20aplicação%20prática>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BIODIESELBR. **Motor Diesel**, 2006. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/motor-diesel/motor-diesel>. Acesso em: 16 jun. 2023.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resíduos Sólidos Urbanos**, 2022. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-urbanos/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BRASIL. Serviços e Informações do Brasil. **Governo oficializa ampliação da mistura de biodiesel no diesel vendido no país, 2023**. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2023/03/governo-oficializa-ampliao-da-mistura-de-biodiesel-no-diesel-vendido-no-pais#:~:text=O%20Diário%20Oficial%20da%20União,o%20percentual%20subirá%20para%2013%25>. Acesso em: 16 jun. 2023.

CENTRO BRASILEIRO DE INFRAESTRUTURA - CBIE. **Como a Biomassa se transforma em Energia Elétrica?** Disponível em: <https://cbie.com.br/como-a-biomassa-se-transforma-em-energia-eletrica/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

CHP BRASIL. **O biogás é um combustível limpo, de fonte renovável, proveniente da decomposição de matéria orgânica, com propriedades semelhantes às do gás natural**, 2017. Disponível em: <http://dev.chpbrasil.com.br/biogas>. Acesso em: 24 nov. 2023.

CNN BRASIL. **Congresso promulga lei que libera venda direta de etanol a postos de combustíveis**, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/congresso-promulga-lei-que-libera-venda-direta-de-etanol-a-postos-de-combustiveis/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

DILAURA, David L. **A Brief History of Lighting**, 2008. Disponível em: https://www.optica-opn.org/home/articles/volume_19/issue_9/features/a_brief_history_of_lighting/. Acesso em: 16 jun. 2023.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Transesterificação**, 2021. Disponível em: [https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/tecnologia/transesterificacao#:~:text=No%20processo%20de%20transesterificacao%2C%20para,catalisador%20\(base%20o%20ácido\)](https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/biodiesel/tecnologia/transesterificacao#:~:text=No%20processo%20de%20transesterificacao%2C%20para,catalisador%20(base%20o%20ácido).). Acesso em: 01 jun. 2023.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Relatório Síntese 2022 - Ano base 2021, 2022**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-675/topico-631/BEN_S%C3%ADntese_2022_PT.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

ENERGIA INTELIGENTE. **Como funciona: Biomassa**, 2017. Disponível em: <https://energianteligenteufjf.com.br/como-funciona/como-funciona-biomassa/>. Acesso em: 18 nov. 2023.

EUROPEAN COMMISSION. **Sustainable aviation fuels: ReFuelEU Aviation**, 2020. Disponível em: https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12303-Sustainable-aviation-fuels-ReFuelEU-Aviation_en. Acesso em: 16 jun. 2023.

GASPARETTO JÚNIOR, Antonio. **Crise do Petróleo**, 2010. Disponível em: <https://www.infoescola.com/economia/crise-do-petroleo/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

GNPW GROUP. **Como a energia de biomassa é gerada?**, 2020. Disponível em: <https://www.gnpw.com.br/biomassa/como-a-energia-de-biomassa-e-gerada#:~:text=Uma%20usina%20de%20biomassa%20funciona,%2C%20combustã%20ou%20co-combustão>. Acesso em: 18 nov. 2023.

GROBA, Paula. **Biocombustíveis**: aliados do Brasil na transição para a energia limpa. União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio), 2018. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2018/08/30/biocombustiveis-aliados-do-brasil-na-busca-da-transicao-para-a-energia-limpa/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

GUITARRARA, Paloma. **Biomassa**, 2021. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/biomassa.htm#Resumo+sobre+biomassa>. Acesso em: 16 jun. 2023.

HIRST, K. Kris. **The Discovery of Fire**: A Turning Point in Human History, 2019. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/the-discovery-of-fire-169517>. Acesso em: 16 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS - IBP. **Evolução da produção de biocombustíveis no mundo**. Disponível em: <https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/evolucao-da-producao-de-biocombustiveis-no-mundo/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

INTERNACIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Renewables 2022 Analysis and forecast to 2027**, 2023. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ada7af90-e280-46c4-a577-df2e4fb44254/Renewables2022.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

LEE ENTERPRISES CONSULTING - LEC. **A Short History of Biofuels**, 2020. Disponível em: https://lee-enterprises.com/a-short-history-of-biofuels/#_ftnref3. Acesso em: 16 jun. 2023.

LORA, Electo Eduardo Silva et al. **Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis**. Biocombustíveis. Interciência, v. 1, p. 411-498, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Juan-Martinez-109/publication/284163742_Gaseificacao_e_pirolise_para_a_conversao_da_biomassa_em_eletricidade_e_biocombustiveis/links/5728cf3508ae2efb7e72f/Gaseificacao-e-pirolise-para-a-conversao-da-biomassa-em-eletricidade-e-biocombustiveis.pdf. Acesso em: 24 nov. 2023.

MACHADO, Fulvio de Barros Pinheiro. **A História da Cana-de-açúcar: Da Antiguidade aos Dias Atuais**, 2003. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html>. Acesso em: 16 jun. 2023.

MAGALHÃES, Lana. **Biodiesel**, 2017. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/biodiesel/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

MUTZ, Dieter; HENGEVOSS, Dirk; HUGI, Christoph; GROSS, Thomas. **Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management: A Guide for Decision Makers in Developing and Emerging Countries**, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Components-of-a-pyrolysis-plant-for-specific-solid-waste-treatment-36_fig6_322772063. Acesso em: 22 nov. 2023.

NERY, Amily. **Governo estuda aumentar quantidade de álcool na gasolina de 27,5% para 30%**, 2023. Disponível em: <https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2023/05/governo-estuda-aumentar-quantidade-de-alcool-na-gasolina-de-275percent-para-30percent.ghtml>. Acesso em: 16 jun. 2023.

NOVACANA. **Processos de fabricação do etanol**, 2014. Disponível em: <https://www.novacana.com/noticias/fabricacao>. Acesso em: 16 jun. 2023.

OLIVEIRA, Izabel Cristina carvalho de; NEDER, Henrique Dantas; ALMEIDA FILHO, Niemeyer. **Impactos Sociais da Expansão do Programa de Biocombustíveis sobre o estado de Minas Gerais**, 2010. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6237108.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

REN21. **Renewables 2022: Global Status Report**. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf. Acesso em: 16 jun. 2023.

RUFINO, Daniela Cristiano. **Biogás: o aproveitamento energético do gás metano gerado em aterros sanitários**, 2018. Disponível em: <https://meuartigo.brasilecola.uol.com.br/biologia/biogas-aproveitamento-energico-gas-metano-gerado-aterros-sanitarios.htm>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Biogás**. Disponível em:

<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/energias-eletrica-e-renovaveis/biogas/>. Acesso em: 01 jun. 2023.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Dados Energéticos do Estado de São Paulo**. Licor Negro – Lixívia, 2023. Disponível em:

<https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/Portalcev2/intranet/renovaveis/lixivia.asp>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SOUSA, Rainer Gonçalves. **Crise do Petróleo**, 2009. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/historiag/petroleo1.htm>. Acesso em: 16 jun. 2023.

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. **Leading countries based on biofuel production worldwide in 2022**. Disponível em:

<https://www.statista.com/statistics/274168/biofuel-production-in-leading-countries-in-oil-equivalent/>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SUPER INTERESSANTE. **Como é produzido o etanol?**, 2018. Disponível em:

<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-produzido-o-etanol>. Acesso em: 16 jun. 2023.

TÁVORA, Fernando Lagares. **História e economia dos biocombustíveis no**

Brasil. Senado Federal - Estudos Legislativos - Textos para Discussão 89, 2011.

Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-89-historia-e-economia-dos-biocombustiveis-no-brasil>. Acesso em: 16 jun. 2023.

TODA MATÉRIA. **Biodiesel**. Disponível em:

<https://www.todamateria.com.br/biodiesel/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

TORROBA, Agustín. **Atlas dos biocombustíveis líquidos**, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18661/BVE21097939p.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Acesso em: 01 jun. 2023.

UNIÃO BRASILEIRA DO BIODIESEL E BIOQUEROSENE - UBRABIO.

Biocombustíveis: aliados do Brasil na transição para a energia limpa. Disponível em: <https://ubrablo.com.br/2018/08/30/biocombustiveis-aliados-do-brasil-na-busca-da-transicao-para-a-energia-limpa/>. Acesso em: 24 nov. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Fertilizantes:** desafios e soluções, 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/fertilizantes-desafios-e-solucoes>. Acesso em: 16 jun. 2023.

WORLDWATCH INSTITUTE. **Biofuels for transport:** global potential and implications for energy and agriculture, 2007. Disponível em: <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Biotechnology-Renewable-Energy/Biofuels-for-Transport-Global-Potential.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2023.

ZANELLA, Ana Bárbara. **Roteiro para Encerramento de Lixões**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer/encerramento-dos-lixoes-e-proximos-passos-ana-barbara-zanella.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2023.