

O biodiesel na matriz energética brasileira: da sua inserção aos dias atuais

Tassio Lessa do Nascimento ^[1], Maria Aparecida Medeiros Maciel ^[2], Hellen Elisia de Sousa Gurgel ^[3], Maria Alexandra de Sousa Rios ^[4], Luciana Medeiros Bertini ^[5]

^[1] tassio.lessa@ifrn.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) / Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Brasil

^[2] mammaciel@hotmail.com. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) / Universidade Potiguar (UNP), Brasil

^[3] hellen.gurgel@gmail.com. Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Brasil

^[4] alexsandrarios@ufc.br. Universidade Federal do Ceará (UFC), Brasil

^[5] luciana.bertini@ifrn.edu.br. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Brasil

Resumo

Em uma conjuntura de preocupações crescentes com o aumento dos problemas ambientais, os biocombustíveis, em especial o Biodiesel, representam uma ferramenta significativa para contenção da emissão de poluentes e, ainda, contribui com o empreendedorismo da economia regional. Nesse sentido, buscou-se investigar os mais variados aspectos que envolvem a produção e utilização deste tipo de combustível, tais como: principais matérias-primas, políticas de regulamentação, as formas de sínteses e suas produções, bem como estímulos governamentais e questões sócio/econômico e ambientais. Dessa forma, foram utilizadas pesquisas documentais e revisões bibliográficas sobre biodiesel, desde sua origem, em 1937, até os dias atuais. Neste cenário, concluiu-se que mundialmente, o combustível oleaginoso representa uma alternativa promissora ao balanceamento entre desenvolvimento sustentável e redução de gases poluentes, além de fomentar a produção regional e políticas governamentais, por ser tecnologia de inserção eco-compatível.

Palavras-chave: Biocombustíveis. Biodiesel. Sustentabilidade. Incentivos Governamentais.

Biodiesel in the Brazilian energy matrix: from its insertion to the present

Abstract

Against a backdrop of growing environmental concerns, biodiesel and other biomass-derived fuels have proven to be valuable agents for stifling pollutant emissions and propping up the entrepreneurship of regional economies. In that regard, this paper set out to investigate a few aspects involving biodiesel production and its applications: the main raw materials involved in regulatory and/or stimulus policies, the means for synthesizing and production, as well as their socioeconomic and environmental implications. Therefore, a documentary research and literature reviews were carried out about biofuel, from his origin, in 1937, to the century 21. In this scenario, it was concluded that worldwide oleaginous fuel represents a promising alternative for balancing sustainable development and reducing polluting gases, in addition to promoting regional production and government policies, as it is an eco-compatible insertion technology.

Keywords: Biofuels. Biodiesel. Sustainability. Government Incentives.

1 Introdução

Em função do empreendimento do setor industrial automobilístico e geração de novas tecnologias sustentáveis, os biocombustíveis têm destaque em função da crescente demanda.

Nesta perspectiva, ganha destaque o biodiesel, um dos mais importantes e difundidos biocombustíveis da matriz energética brasileira. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e

Biocombustíveis (ANP), a produção atual de biodiesel atende a 12% do consumo nacional (ANP, 2021). Juntamente com o etanol, o biodiesel faz parte da Resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) nº 16 de 2017 (BRASIL, 2017).

Com relação à lei de regulamentação do uso de biocombustíveis, 11.097/05 (BRASIL, 2005), encontra-se a recomendação para o uso de biocombustível derivado de biomassa

renovável em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente, os combustíveis de origem fóssil.

Segundo a ANP, em 2021, a produção brasileira de biodiesel, atingiu 6,8 bilhões de litros, com registro de crescimento competitivo, em nível mundial. Nesse cenário, a Associação dos Produtores de Biodiesel do Brasil (APROBIO), estima que o Brasil, se torne o maior produtor de biodiesel em escala mundial (APROBIO, 2020).

Neste contexto, o presente trabalho, tem o objetivo de apresentar as principais matérias-primas e tecnologias utilizadas, como também programas e legislações governamentais, no âmbito brasileiro, para a produção de biocombustíveis.

2 Metodologia

Para a realização deste trabalho foram utilizados artigos científicos nos idiomas português e inglês. As palavras-chaves utilizadas foram: biocombustíveis, biodiesel, sustentabilidade, incentivos governamentais, bem como *biofuels*, *biodiesel*, *sustainability*, e *government incentives*, palavras essas da língua inglesa.

O desenvolvimento descritivo do estudo envolveu ainda, busca em outras fontes e se caracteriza por estar de acordo com a metodologia descrita por Marconi e Lakatos (2003, p. 174), a qual retrata fontes primárias e secundárias que abrangem a bibliografia prévia ao tema do estudo (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 183).

O recorte temporal realizado pelo trabalho visa atribuir o primeiro plano a uma faixa de anos que se estende desde 2005, quando o Brasil passa a assegurar por lei, o conhecimento sobre o biodiesel e sua porcentagem de adição ao diesel, até os dias atuais, com sua respectiva importância. Outras épocas também estão contempladas, com foco especial nas justificativas para a implantação, o consumo e a popularização no Brasil.

3 Resultados

Nesta seção são apresentadas as definições acerca do biodiesel e os principais processos produtivos utilizados. Também são abordadas as principais matérias-primas empregadas e o histórico dos programas e legislações

relacionadas à inserção desse produto na matriz energética brasileira.

3.1 Definições e contextualizações acerca do biodiesel

Conceitualmente, o biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de matéria-prima vegetal ou animal pelo processo de transesterificação (ANP, 2021). A revista digital BiodieselBr¹ mostra em suas divulgações, a ampla utilização dos biocombustíveis em motores que operam com o ciclo diesel, sem a necessidade de sérias adaptações. Como benefício adicional, confere melhoria ambiental pela redução de emissão de gases poluentes na atmosfera, tendo em vista não se tratar de um derivado de combustíveis fósseis. Ramos *et al.* (2011, p. 388) descrevem o biodiesel como o substituto natural e renovável do diesel, que pode ser obtido através da alcoólise de óleos vegetais ou gorduras animais, ou ainda, pela esterificação de ácidos graxos, empregando um álcool na presença de um catalisador homogêneo, heterogêneo ou enzimático.

De forma abrangente, para produzir biodiesel, um determinado processo químico assume o protagonismo, com eficácia na transformação de uma determinada matéria-prima oleaginosa em fonte energética eco-compatível. Historicamente, apesar da ampla implementação do setor industrial químico nos séculos XVIII e XIX, somente no século XX o debate sobre a produção de biodiesel teria realmente se instalado. Suarez e Meneghetti (2007, p. 2069), ressaltam noções inerentes ao surgimento biodiesel que data de 1937, na Bélgica, quando G. Chavanne patenteou o processo de produção de biodiesel, utilizando, pela primeira vez, o processo de transesterificação de óleos vegetais para fins energéticos. No Brasil, nos anos 1940, surgiu uma das primeiras tentativas de aproveitamento energético de óleos *in natura* em motores de combustão interna. No entanto, apenas em 1980, teria sido proposto a transesterificação como medida tecnológica.

3.2 Processos produtivos para obtenção do biodiesel

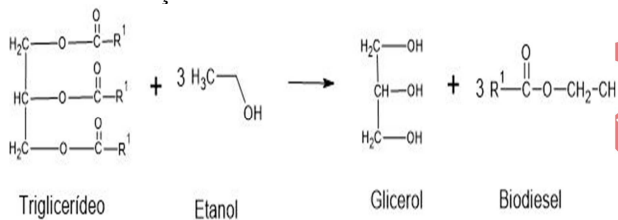
¹ BiodieselBr: Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/revista.htm>

Dentre os processos que geram biodieises os mais utilizados são: reações de transesterificação, hidroesterificação, esterificação e craqueamento térmico, como detalhado nesta subseção.

3.2.1 Transesterificação

A transesterificação (ou alcóolise) é o principal procedimento para obtenção do biocombustível derivado dos óleos vegetais ou animais. Neste processo, a matéria-prima reage com um álcool (frequentemente metanol), na presença de um catalisador, para produzir alquil ésteres metílico ou etílico, representado pela Figura 1. Seguido de tratamento posterior, obtém-se biodiesel e o produto secundário da síntese é a glicerina ou glicerol, que tem amplo uso industrial nos setores de medicamentos, cosméticos e produtos de higiene bucal (MAIA, 2015, p. 28).

Figura 1 – Representação da reação de transesterificação



Fonte: elaborado pelos autores

A reação de transesterificação pode ser catalisada por bases, ácidos ou enzimas. No entanto, nas mesmas condições experimentais, o produto é obtido de forma mais rápida, pelo uso de um catalisador alcalino, ao invés do catalisador ácido (BARBOSA, 2021).

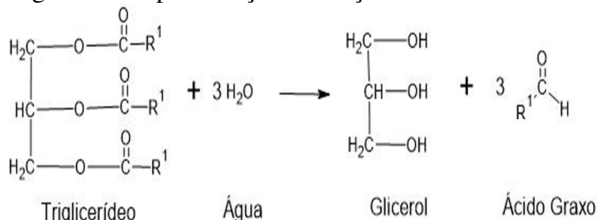
3.2.2 Hidroesterificação

Dentre as alternativas possíveis para a produção de biodiesel, a hidroesterificação se destaca como em inovação, permitindo a utilização de uma gama mais extensa de matérias-primas em relação à usual transesterificação, já que independe do teor de acidez e umidade presente nos insumos (SANTOS *et al.*, 2015, p. 180).

A hidroesterificação consiste em um processo de duas etapas: hidrólise e esterificação, ilustradas pelas Figuras 2 e 3, respectivamente. Na hidrólise ocorre a reação entre a gordura (ou óleo) com a água, gerando glicerina e ácidos graxos, que sofrem esterificação na presença de metanol ou etanol,

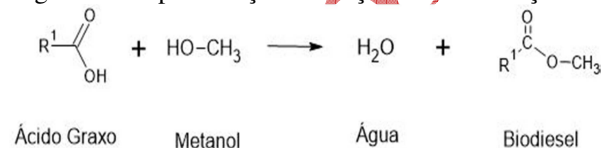
produzindo metil ésteres, com elevada pureza (TAPANES *et al.*, 2013, p. 122-123).

Figura 2 – Representação da reação de hidrólise



Fonte: elaborado pelos autores

Figura 3 – Representação da reação de esterificação



Fonte: elaborado pelos autores

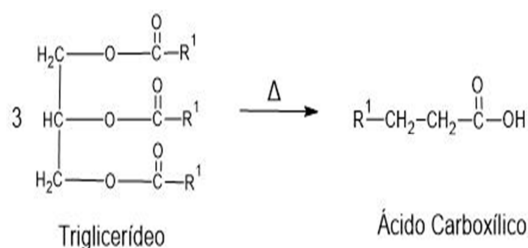
3.3 Esterificação

Dantas *et al.* (2016, p. 1081) descrevem a obtenção de biodiesel por esterificação, da seguinte forma: uma reação entre ácidos carboxílicos e um álcool de cadeia curta, na presença de um catalisador ácido, produzindo ésteres com eliminação de água. Portanto, difere-se da transesterificação pela escolha da matéria prima que, ao invés de ser um triglicerídeo, é um ácido graxo, bem como pela etapa da hidroesterificação, que não envolve a reação de hidrólise, de acordo com a Figura 3.

3.4 Craqueamento térmico

O craqueamento térmico, também denominado processo de pirólise, é definido por Tapanes *et al.* (2013, p. 122) como consistindo na quebra das moléculas presentes no óleo vegetal ou gordura, levando à formação de uma mistura de compostos químicos com propriedades semelhantes às do diesel, gases e gasolina de petróleo, que podem ser usados diretamente em motores convencionais. Nesse processo, ilustrado pela representação da reação na Figura 4, mesmo que o produto tenha propriedades semelhantes às do diesel de petróleo, há a formação de moléculas oxigenadas com um elevado caráter ácido. Portanto, há a necessidade de etapas adicionais para melhoria do produto.

Figura 4 – Representação da reação de pirólise



Fonte: elaborado pelos autores

De acordo com a Agência Embrapa de Informação Tecnológica (AGEITEC), o combustível produzido via craqueamento térmico, não é considerado biodiesel, pela nomenclatura internacional. Assim, a Embrapa adotou o termo ecodiesel para combustíveis obtidos através da pirólise de ácidos graxos, embora o termo mais usual utilizado seja biodiesel craqueado (EMPRABA, c2020).

3.5 Principais matérias-primas para obtenção do biodiesel

Dados recentes da ANP (2022) mostram que em 2021, a soja foi utilizada majoritariamente (72,1%), como matéria-prima para produção de biodiesel. O elevado consumo da soja se deve ao fato desta oleaginosa ser resistente a mudanças climáticas, em função das suas baixas necessidades hídricas (SANTOS; MACIEL; SILVA, 2015).

A segunda matéria-prima mais utilizada na produção do biodiesel é a gordura bovina, com 7,7%, em função de o Brasil ter o segundo maior rebanho bovino do mundo (EMBRAPA, 2019).

3.6 Regulamentação do biodiesel no Brasil

A Lei nº 11.097/05 (BRASIL, 2005) é responsável pela introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, na qual estão contidas as diretrizes dos processos produtivos e das questões mercadológicas. Já a Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017) regulamenta a Política Nacional de Biocombustíveis, onde consta os incentivos à produção de combustíveis renováveis como o etanol e o biodiesel. Esta lei também é conhecida como a Renovação dos Biocombustíveis (RenovaBio).

Já o Conselho Nacional de Produção Energética (CNPE) é o órgão que atua na regulamentação do percentual de biodiesel a ser adicionado ao diesel (BRASIL, 2017)

3.7 Instauração do biodiesel no Brasil

O Brasil possui um grande destaque na produção do biodiesel no cenário mundial, tanto pelo fato do primeiro processo industrial ter sido desenvolvido por um brasileiro, como também suas características sociais, econômicas e ambientais.

3.7.1 A primeira patente

A primeira patente registrada (PI – 8007957) sobre biodiesel no Brasil foi elaborada pelo professor Dr. Expedido José de Sá Parente, na década dos anos 1980 (BERTONI, 2011). Parente incentivado pelas oscilações econômicas no preço do petróleo e as crescentes preocupações ambientais desenvolveu a partir do processo de transesterificação dos óleos vegetais o combustível de natureza renovável denominado de biodiesel (HOLANDA, 2004).

3.7.2 O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB)

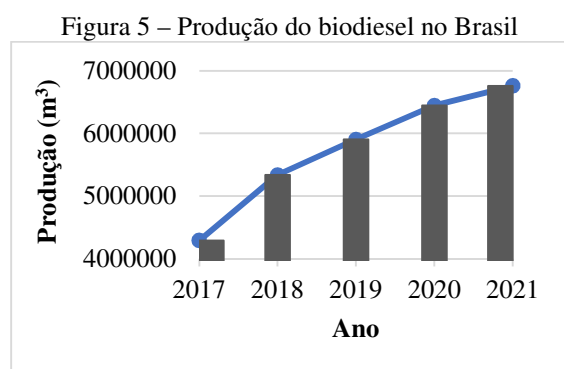
O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) entrou em vigor no ano 2004, com o objetivo de implementar a produção e utilização do biodiesel em todo território brasileiro. O PNPB busca a criação de incentivos e regras para a produção e comercialização de biocombustíveis, visando sustentabilidade, inclusão social e aspectos econômicos. A importância desse projeto é evidenciada por meio do crescimento da comercialização de biodiesel, da diversidade de oleaginosas utilizadas nos processos produtivos, bem como do crescimento da agricultura familiar e preservação do meio ambiente (SAMPAIO; BONACELI, 2015).

Destacando um exemplo, o PNPB fortalece a inclusão social através da agricultura familiar, utilizando o plantio da mamona (*Ricinus communis*) como principal matéria-prima para as usinas produtoras de biodiesel. Essa oleaginosa é de fácil plantio e tem resistência ao estresse hídrico, logo são características favoráveis ao sertão nordestino. Dessa forma, a cultura da mamoneira seria uma opção assertiva que poderia propiciar aumento na mão de obra de trabalhadores rurais com conseqüente geração de emprego e renda familiar (CÉSAR; BATALHA, 2010). No entanto, fatores ligados ao cultivo e a aspectos técnicos do óleo extraído, inviabilizaram sua utilização. O fato do biodiesel de mamona apresentar elevada

viscosidade, não atende um dos requisitos de qualidade estabelecidos pela ANP (MAIA, 2015).

Com relação ao plantio, destacam-se os seguintes entraves: assistência técnica ausente/ineficiente; técnicas inadequadas adotadas; baixa produção; comercialização por meio de atravessadores; escassa condição de investimento por parte do agricultor familiar; rompimento de contrato pelas empresas processadoras; e a falta de organização da cultura cooperativista (BORBA; FERREIRA, 2019).

Segundo Sampaio e Bonacelli (2015), o crescimento da produção do biodiesel no Brasil, de acordo com Figura 5, foi impulsionado por incentivos fiscais e agentes financeiros, tais como: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Programas de Integração Social (PIS), de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP) e Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), além do Selo Combustível Social (SCS), ação executada pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA).



Fonte: ANP (2022)

3.7.2.1 Selo combustível social e incentivos fiscais e financiamentos

O Selo Combustível Social (SCS) se caracteriza por uma certificação governamental instituída e executada pelo MDA. Sua ocorrência se deu com o intuito de fortalecer o caráter social do programa de geração de energia renovável, buscando fortalecer também, os pequenos agricultores.

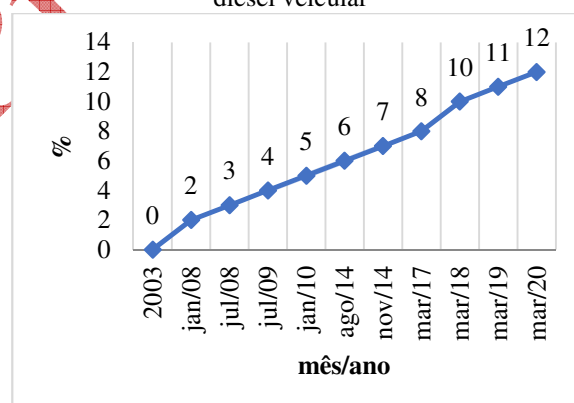
A certificação governamental SCS ocorre para os produtores de biodiesel que adquirem no mínimo 30% da matéria-prima proveniente da agricultura familiar (BORBA; FERREIRA, 2019). De acordo com o Decreto nº 10.527, de

22 de outubro de 2020 (BRASIL, 2020), esse percentual poderá ser diferenciado de acordo com a região e deve ser estipulado de acordo com as aquisições anuais de matéria-prima pelas empresas. Os produtores que possuem a certificação SCS gozam da redução da contribuição para o PIS/PASEP e para o COFINS, como também a possibilidade de financiamento através do banco BNDES.

3.7.3 Outras políticas públicas

O desenvolvimento da produção de biodiesel no Brasil ocorre tanto pelos incentivos para a sua produção propriamente dita, como também em políticas públicas para seu uso. Como, por exemplo, destaca-se a Lei nº 11.097/2005 que regula a obrigatoriedade da adição de biodiesel no diesel veicular comum. Os teores de adição vêm crescendo e, com isso, a popularidade do biocombustível aumenta significativamente. A Figura 6 indica a evolução dessa adição.

Figura 6 – Percentual adicional de biodiesel no diesel veicular



Fonte: Dados da pesquisa

3.7.4 Programa RENOVABIO

Alinhados aos compromissos mundiais em relação à emissão de poluentes e a processos mais limpos, o Brasil implantou a Lei nº 13.576/2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio). Esse programa não é exclusivo para do biodiesel, porém suas ações aumentaram sua produtividade, com a ênfase nos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP-21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, também conhecida da sigla em inglês como UNFCCC (*United Nations Framework Convention on*

Climate Change), efetivou-se o compromisso mundial com a redução da emissão de carbono, principalmente atrelado às preocupações acerca do aumento da temperatura global. Nessa ocasião, objetivou-se manter o aquecimento abaixo de 2°C. Nas COP's realizadas posteriormente a COP-21 buscaram definir regras para realizar a implementação dos compromissos assumidos pelo Acordo de Paris (FREITAS; SILVA, 2020)

Nessa esfera, o Brasil criou o Renovabio, um programa que pudesse relacionar a produção dos biocombustíveis e a preocupação com a redução na emissão de carbono. A Lei nº 13.576/2017 é responsável pela regulação desse projeto e tem como o primeiro objetivo contribuir para o atendimento aos compromissos do país no âmbito do Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Outros propósitos da política governamental estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Objetivos do Renovabio

Objetivos da Política Nacional de Biocombustíveis
II – Contribuir com a adequada relação de eficiência energética e de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa na produção, na comercialização e no uso de biocombustíveis, inclusive com mecanismos de avaliação de ciclo de vida;
III – Promover a adequada expansão da produção e do uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade do abastecimento de combustíveis; e
IV – Contribuir com previsibilidade para a participação competitiva dos diversos biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis.

Fonte: Lei 13.576/2017

O Renovabio atua em conjunto com as empresas produtoras de combustíveis a fim de estabelecer e supervisionar metas para produção de biocombustíveis. Segundo a ANP (2022), o funcionamento parte das atribuições de notas para cada produtor ou importador conforme a intensidade de carbono do biocombustível produzido. Essa ação tende a refletir a contribuição de cada participante no processo de mitigação da emissão de gases-estufa. As empresas poderão atestar o êxito nas

metas a partir da compra de Créditos de descarbonização (CBIO), que podem ser comercializados, após a certificação de cumprimento dos compromissos, ilustrando a criação de um novo meio de lucro à instituição.

O mercado dos combustíveis é dependente de duas partes: o produtor e o distribuidor. Enquanto o sucesso do primeiro é estabelecido pela compra de CBIO, o segundo somente será atestado como exitoso se, ao final do ano, comprovar a propriedade de CBIO em seus negócios. A intensidade de carbono nos biocombustíveis produzidos é monitorada pela RenovaCalc, ferramenta também elaborada e mantida pela ANP (2020).

Jardim (2017) destaca as seguintes qualidades do Renovabio: o posicionamento do Brasil como país de economia verde; a revitalização da cadeia produtiva; a reafirmação da liderança em biocombustíveis. Para ele, o programa promove não somente racionalidade, previsibilidade, eficiência e redução de custos, mas, principalmente, uma estratégia de desenvolvimento sustentável que gera emprego e renda.

3.7.5 Pesquisa e inovação em biodiesel

Com o passar dos anos e com o aumento da conscientização ambiental e a política econômica do petróleo e seus derivados, surgiram pesquisas no ramo da bioenergia, em que o biodiesel se destaca nos aspectos social, ambiental e econômico. Nesse contexto, surgem pesquisas inovadoras voltadas para o descobrimento de novas matérias-primas e a otimização de produtos e processos, objetivando o desenvolvimento da cadeia produtiva de biodiesel (RODRIGUES, 2016).

Dentre as matérias-primas promissoras para a produção de biodiesel destacam-se as microalgas. Elas se tornam boas candidatas para a produção desse biocombustível devido à sua maior taxa de crescimento do que outras culturas energéticas, conseqüentemente uma maior produção dessa biomassa e disponibilidade de óleo a ser extraído (FAWZY; ALHARTHI, 2021).

Desse modo, a produção fica mais barata, acarretando uma redução no preço final do combustível. Entre as espécies produzidas, a ordem *Chlorellales* possui destaque, sendo a alga *Chlorella sp* a mais promissora (RIBEIRO *et al.*, 2019).

O estudo realizado por Cornélio (2021) apresenta o biodiesel de microalgas como uma alternativa promissora para a produção de energia, pois, além de serem renováveis, seus efluentes são menos agressivos se comparados aos dos combustíveis fósseis.

Outras matérias primas também estão sendo pesquisadas, como o trabalho de Oliveira *et al.* (2021) que avalia os aspectos biotecnológicos do biodiesel oriundo do óleo extraído da pupunheira (*Bactris gasipaes*). Um outro exemplo é o óleo e o azeite do coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) teve seu potencial energético estudado por Silva Neto *et al.* (2021).

Em adição, temos as pesquisas com pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) que se tem apresentado como uma oleaginosa importante para o desenvolvimento da bioenergia, principalmente para a fabricação de biodiesel, devido sua alta percentagem de óleo em suas sementes que varia de 40-60% (GAVILANES *et al.*, 2021).

As tecnologias ligadas à utilização eficiente das matérias são constantemente estudadas, buscando novas alternativas para os processos catalíticos. Atualmente, a transesterificação alcalina homogênea é a mais utilizada no âmbito industrial, apesar desse processo alcançar elevados rendimentos reacionais em tempos curtos, apresentam algumas desvantagens, como: dificuldade de separação do catalisador, grande consumo de água e produção de águas residuais (MELLO; CARDOZO FILHO; SILVA, 2020).

Nesse sentido, surgem estudos que buscam alternativas de processos, como o de Durán, Takahashi e Fortes (2019) que mostram a possibilidade de um biocatalisador de biomassa liofilizada de *Syncephalastrum racemosum*, um fungo que sintetiza a lipase. Essa enzima realiza a quebra de lipídios em ácidos graxos, aumentando a taxa de transesterificação.

Os pesquisadores Mello, Cardozo Filho e Silva (2020) estudaram a hidroesterificação como uma alternativa de produção para o biodiesel. Esse processo consiste em duas etapas, no qual a primeira etapa se refere à hidrólise de triacilgliceróis a fim de formar os ácidos graxos livres (AGLs) e glicerol. Após esta etapa o glicerol é removido e os AGLs são, posteriormente, esterificados na presença

de um álcool gerando biodiesel (ésteres de ácidos graxos) e água.

Outra alternativa em potencial para a fabricação do biodiesel é a produção em condições supercríticas. Essa tecnologia permite a transesterificação dos triglicerídeos e a esterificação dos ácidos graxos, não requerendo a utilização de um catalisador. Essa técnica apresenta altos rendimentos reacionais, menos etapas operacionais e são aplicáveis às diversas matérias-primas (ANDREO-MARTÍNEZ *et al.*, 2020).

3.8 Implicações da produção e utilização do biodiesel

Todo o processo de inserção e de utilização do biodiesel na matriz energética brasileira está alinhado aos aspectos socioeconômicos e ambientais. Com a adição desse novo item, surgem novas demandas nas estruturas produtivas do biodiesel, como destacado nesta subseção.

3.8.1 O viés socioeconômico

As implicações econômicas relacionadas à segurança energética de um país estão relacionadas em garantir o abastecimento dos seus produtos energéticos. Porém, esse aporte energético não pode estar atrelado a um bem esgotável ou a conflitos sociais e políticos. Portanto, busca-se desenvolver estratégias em longo prazo para garantir a segurança no abastecimento, certificando-se que os produtos estejam disponíveis de forma contínua e com preço acessível. O Brasil por ser um país majoritariamente agrícola favorece as possibilidades de produção em larga escala, assegurando o crescimento econômico e produtivo (COSTA, 2017).

O PNPB trouxe ações para mitigar os problemas relacionados ao monopólio latifundiário e tecnológico, especialmente os da agricultura familiar nordestina. Nesse aspecto, o foco foi a geração de empregos, o acesso a novas técnicas e a garantia de mercado. A melhoria da condição socioeconômica possibilita aos agricultores autonomia produtiva. Nesse viés, o governo passou a intervir no formato organizacional e na distribuição de incentivos, as empresas passaram a adotar responsabilidade social, aos trabalhadores do campo e os movimentos sociais efetivaram parcerias com as usinas de biodiesel (SILVA, 2016).

Conforme Silva (2019), a dimensão social defendida pelo programa PNPB pode perder apenas, para as decisões que valorizam os produtores consolidados e o próprio capital. Sobre isso, ela menciona a tendência do programa em alcançar melhores resultados em contextos de agricultura empresarial, movida pela lógica de mercado, em contrapartida aos resultados obtidos pelas regiões em que protagoniza a agricultura camponesa.

3.8.2 O viés ambiental

O caráter ambientalista da produção de biodiesel garante a união com os demais combustíveis renováveis que, conseqüentemente, está em consonância com a maioria dos tratados globais para a redução dos poluentes atmosféricos. Segundo o relatório energético nacional de 2020 (BEN 2020), o Brasil emitiu, no ano de 2019, 1,43 tonelada de dióxido de carbono por tonelada equivalente de petróleo (tCO₂/tep). Comparativamente, em alguns países com forte presença de fontes fósseis, esse indicador passa de 3tCO₂/tep de energia (EPE, 2020). Além de reduzir as emissões diretas do dióxido de carbono, a cadeia produtiva do biodiesel retira esse gás, devido à realização da fotossíntese dos insumos agrícolas. Portanto, as principais vantagens de uma matriz energética limpa são: aumento da diversidade de oferta de energia, maior geração de empregos no setor energético e novas oportunidades nas regiões rurais, preservação da biodiversidade, redução da poluição e da emissão de gases de efeito estufa, fornecimento de energia sustentável em longo prazo e redução do risco da falta de energia, impacto ambiental muito pequeno, sem atingir a composição atmosférica do planeta ou o balanço térmico (SANTANA *et al.*, 2020).

Apesar das vantagens do uso do biodiesel, a forma como ele é produzido pode trazer alguns entraves, exemplos: utilização de adubos químicos, agrotóxicos e a produção de sementes transgênicas (SILVA, 2019).

Dessa forma, o processo produtivo de biodiesel se encontra em uma balança. Em um dos lados, a redução das emissões de CO₂ e a retirada de parte dele do ambiente; no outro lado, também provoca danos ambientais, como a expansão da agricultura e a

destruição de biomas (SILVA; POLLI, 2020).

4. Considerações finais

As preocupações cada vez mais acentuadas com as questões sociais, econômicas e ambientais, fizeram com que o biodiesel se tornasse uma alternativa energética eficaz. Paralelamente, acarretou modificações nos meios de produção, nas relações de trabalho e na distribuição de renda para os trabalhadores do campo. No Brasil, ano a ano, a produção de biodiesel ganha força e aumenta sua participação na matriz energética de forma significativa, especialmente através da produção de biodiesel obtido de óleo de soja e da gordura bovina.

Para a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira, foram implementadas diversas políticas governamentais. Dentre as mais importantes estão: i) o PNPB, que fomentou o auxílio do Selo Combustível Social e incentivou a inserção de agricultores familiares na cadeia produtiva de biodiesel; e ii) o RenovaBio, que proporcionou créditos a serem comercializados pelas empresas.

As pesquisas relacionadas ao biodiesel não tendem a se estagnar, devido os diversos tipos de produção e descobertas de novas matérias-primas. Do ponto de vista tecnológico, vários processos são utilizados na produção de biodiesel, tais como: transesterificação, hidroesterificação, esterificação e craqueamento térmico ou pirólise. No Brasil, por exemplo, prevalece a produção através da transesterificação.

Com relação às biomassas como matéria-prima, a viabilidade do uso das microalgas é de certo modo, uma característica inovadora, assim como o surgimento de novos agentes catalisadores.

O biodiesel representado em uma balança visa equilibrar o desenvolvimento sustentável, com a redução de gases poluentes, e fomenta o crescimento econômico de empresas e também da agricultura familiar, sobretudo em áreas predominantemente agrícolas. Portanto, oferece vantagens nos aspectos econômico, social e ambiental.

Referências

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Produção e fornecimento de biocombustíveis**. 27 abr. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis>. Acesso em: fev. 2022.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. **Painel dinâmico: matéria-prima**. jan. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBlliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtNGl0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>. Acesso em: fev. 2022.

APROBIO – ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE BIOCMBUSTÍVEIS DO BRASIL. **Artigo de Erasmo Carlos Battistella**: APROBIO completa 10 anos celebrando trajetória de sucesso do setor e mirando consolidação do crescimento do biodiesel no Brasil. 17 jun 2021. Disponível em: <https://aprobio.com.br/ler-conheca-o-biodiesel/partigo-de-erasmo-carlos-battistella-aprobio-completa-10-anos-celebrando-trajectoacuteria-de-sucesso-do-setor-e-mirando-consolidaccedilatildeo-do-crescimento-do-biodiesel-no-brasilp>. Acesso em: fev.2022.

BARBOSA, C. M. **Estudo da produção de biodiesel obtido a partir de óleos vegetais utilizando catálise heterogênea**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Química Industrial) – Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60393>. Acesso em: fev. 2022

BERTONI, E. **EXPEDITO JOSÉ DE SÁ PARENTE (1940-2011)**: engenheiro que criou o biodiesel: Folha de São Paulo, 19 set. 2011. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff1909201116.htm>. Acesso em: mai. 2020.

BORBA, M. M.; FERREIRA, M. D. P. Variação da renda bruta da mamona e competição por área no contexto do PNPB na Bahia e no Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 50, n. 2, p. 163-181, 2019.

Disponível em: <https://g20mais20.bnb.gov.br/revista/index.php/ren/article/view/932>. Acesso em: mar. 2020.

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. CNPE. **Resolução nº 16, de 8 de junho de 2017**. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2017/resolucao-cnpe-no16.pdf>. Acesso em: fev. 2022.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Lei nº 11.097/05, de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. Altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111097.htm. Acesso em: fev. 2020.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. SECRETARIA-GERAL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017**. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm. Acesso em: abr. 2020.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. SUBCHEFIA PARA ASSUNTOS JURÍDICOS. **Decreto nº 10.527, de 22 de outubro de 2020**. Institui o Selo Biocombustível Social e dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público e da Contribuição Social para o Financiamento da Seguridade Social, incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, e sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas. 2020. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2020/decreto-10527-22-outubro-2020-790748->

publicacaooriginal-161707-pe.html. Acesso em: fev. 2022.

CÉSAR, A. S.; BATALHA, M. O. Análise dos direcionadores de competitividade sobre a cadeia produtiva de biodiesel: o caso da mamona. **Revista Produção**, v. 21, n. 3, p. 484-497, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000039>.

CORNÉLIO, J. P. S. Microalgas: uma alternativa sustentável para a produção de biodiesel no Brasil. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 52, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51189/rema/2074>.

COSTA, A. O. **A inserção do biodiesel na matriz energética nacional**: aspectos socioeconômicos, ambientais e institucionais. 2017. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/doutorado/Angela_Oliveira_da_Costa.pdf. Acesso em: 25 fev. 2022.

DANTAS, J.; LEAL, E.; MAPOSSA, A. B.; SILVA, A. S.; COSTA, A. C. F. M. Síntese, caracterização e performance catalítica de nanoferritas mistas submetidas a reação de transesterificação e esterificação via rota metílica e etílica para biodiesel. **Revista Matéria**, v. 21, n. 4, p. 1080-1093, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620160004.0099>.

DURÁN, N. P.; TAKAHASHI, J. A.; FORTES, I. C. P. Biomassa liofilizada de *Syncephalastrum racemosum* como um biocatalisador inovador para produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 11, n.1, p. 35-49, 2019. Disponível em: <http://static.sites.sbg.org.br/rvq.sbg.org.br/pdf/JaquelineNoPrelo.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Microalgas. **Agroenergia em Revista**, n. 10, p. 4-5, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/>

[publicacao/1060364/agroenergia-em-revista-microalgas](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/). Acesso em: 25 fev. 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sebo bovino é segunda matéria-prima na produção de biodiesel**. 4 nov. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/47881589/sebo-bovino-e-segunda-materia-prima-na-producao-de-biodiesel>. Acesso em: 25 fev. 2022.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Craqueamento**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fb123vmz02wx5e00sawqe3wx8euqg.html>. Acesso em: 25 fev. 2022.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético 2020**. Maio. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em: 25 fev. 2022.

FAWZY, M. A.; ALHARTHI, S. Use of response surface methodology in optimization of biomass, lipid productivity and fatty acid profiles of marine microalga *Dunaliella parva* for biodiesel production. **Environmental Technology & Innovation**, v. 22, p. 101485, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101485>.

FREITAS, C. V. M.; SILVA, M. L. P. Mudanças do clima: análise das conferências que trataram do mercado de carbono e seus principais resultados. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 75332-75342, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n10-093>.

GAVILANES, F. Z.; ANDRADE, D. S.; SILVA, H. R.; CRUZATTI, L. G.; PALACIOS, C. C. Avaliação do potencial do uso de pinhão manso para a geração de biocombustíveis. **UNESUM – Ciências. Revista Científica Multidisciplinária**, v. 5, n. 3, p. 33-46, 2021. Disponível em: <http://revistas.unesum.edu.ec/index.php/unesu>

[mciencias/article/view/113](#). Acesso em: 8 mar. 2022.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/acamara/estruturaadm/altosestudios/pdf/biodiese1-e-inclusao-social/biodiesel-e-inclusao-social>. Acesso em: 23 fev. 2022.

JARDIM, A. RENOVABIO: revolução econômica e socioambiental. **Agroanalysis**, p. 48, dez. 2017. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/agroanalysis/article/view/76577>. Acesso em: mai. 2020.

MAIA, R. R. S. **Biodiesel no Brasil**: análise de custo-benefício. Curitiba: Appris, 2015.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

ANDREO-MARTÍNEZ, P.; ORTÍZ-MARTÍNEZ, V. M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, N.; RÍOS, A. P.; HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, F. J.; QUESADA-MEDINA, J.. Production of biodiesel under supercritical conditions: State of the art and bibliometric analysis. **Applied Energy**, v. 264, p. 114753, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114753>.

MELLO, B. T. F.; CARDOZO FILHO, L.; SILVA, C. Produção de biodiesel a partir da reação de hidroesterificação **Uningá Review Journal**, [S.l.], v. 35, p. eRUR3522, 2020. Disponível em: <http://revista.uninga.br/index.php/uningarevies/article/view/3522>. Acesso em: 17 fev. 2022.

OLIVEIRA, A. C. D.; GRAZIANI, A. C.; SHULTZ, C.; MARIANO, A. B. Estimativa das propriedades do biodiesel metílico produzido a partir da pupunha e aspectos biotecnológicos. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, dez. 2021. Early View. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4353>.

RAMOS, L. P.; SILVA, F. R.; MANGRICH, A. S.; CORDEIRO, C. S. Tecnologias de produção de biodiesel. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 5, p. 385-405, 2011. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/190>. Acesso em: 3 mar. 2022.

RIBEIRO, D. M.; GARCIA, L. C.; JUNGSMANN, L.; WILLIAMS, T. C. R.; RONCARATTI, L. F.; BRASIL, B. S. F. Potencial para produção de biodiesel de algas verdes da ordem Chlorellales cultivadas em meio de baixo custo Blue Green Nitrogen Mix (BGNM). In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE BIODIESEL, 7., 2019, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2019, p. 523-525. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1120288/potencial-para-producao-de-biodiesel-de-algas-verdes-da-ordem-chlorellales-cultivadas-em-meio-de-baixo-custo-blue-green-nitrogen-mix-bgnim>. Acesso em: 25 fev. 2022.

RODRIGUES, L. A. **Inovação no setor de biodiesel: o papel da demanda induzida**. 2016. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9524>. Acesso em: fev. 2022.

SAMPAIO, R. M.; BONACELLI, M. B. M. Energia, tecnologia e instituições: a produção de biodiesel no Brasil. In: CONGRESSO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTÃO DA TECNOLOGIA, 6., 12015, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://altec2015.nitec.co/altec/papers/456.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2022.

SANTANA, J. C.; RIBEIRO, M. E. O.; SOUZA, P. R. A.; SOUZA, J. P. S.; PERES, S. M. O uso e produção da energia limpa como método de preservação ambiental sustentável. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 12, p. 99-111, 2020. DOI: <https://doi.org/10.47879/ed.ep.2020144p99>.

SANTOS, J. S.; MACIEL, M. A. M.; SILVA, A. O. Biofuels: general aspects, technological development and economic

viability. **International Journal of Latest Research in Science and Technology**, v. 4, p. 8-17, 2015. Disponível em: https://www.mnkjournals.com/journal/ijlrst/pdf/temp/Volume_4_4/10534.pdf. Acesso em: 25 fev. 2022.

SANTOS, L. K.; CALERA, G. C.; STRINGACI, J. C. T.; VILAÇAÇ, S. M.; VIVIANI, V. E.; FLUMIGNAN, D. L. Estado da arte da aplicação do processo de hidroesterificação na produção de biodiesel a partir de matérias-primas de baixa qualidade. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 28, p. 178-190, dez. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-03062015v1n28p178-190>.

SILVA NETO, J. F.; MACHADO, J. S.; MENDES F.; RIOS, M. A. S, ASSUNÇÃO, J.C. C.; MAIA, F. F. S, MACEDO, A. A. M.; SOUZA, C. F. V. Óleo e azeite de coco babaçu (*Orbignya speciosa* Mart.) como matérias primas para produção de biodiesel. **Revista ION**, v. 34, n. 2, p. 95-104, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18273/revion.v34n2-2021009>.

SILVA, C. C; POLLI, S. A. O programa nacional de produção e uso do biodiesel: PNPB e a atuação da agricultura familiar. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 3542-3555, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv3n2-184>.

SILVA, E. C. **A análise do PNPB, com foco no projeto polos de produção de biodiesel: trajetória e transversalidade de gênero**. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia Doméstica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/8344>. Acesso em: 25 fev. 2022.

SILVA, M. E. S. **A política pública do biodiesel e os desafios para a inclusão dos diferentes estilos de agricultura familiar no mercado dos biocombustíveis no Brasil**. 2019. Tese (Doutorado em Sociologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/201530>. Acesso em: 25 fev. 2022.

SUAREZ, P. A; MENEGHETTI, S. M. P. 70º Aniversário do biodiesel em 2007: evolução histórica e situação atual no Brasil. **Revista Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 2068-2071, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000800046>.

TAPANES, N. C. O.; ARANDA, D. A. G.; PEREZ, R. S.; CRUZ, Y. R. Biodiesel no Brasil: matérias primas e tecnologias de produção. **AS&T. Acta Scientiae & Technicae**, v. 1, n. 1, p. 119-125, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17648/uezo-ast-v1i1.11>.