



---

**Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani**

**Trabalho de Graduação**

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”  
FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL – SP (Fatec-JB)  
TECNOLOGIA EM BIOCOMBUSTÍVEIS**

**PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DO MILHO**

**ANDRÉ CASSIANO**

**PROF. ORIENTADOR: PROF. MS. RITA DE CÁSSIA VIEIRA**

**PROF. COORIENTADOR: PROF. DR. CELSO ANTONIO JARDIM**

**JABOTICABAL, S.P.  
2023**

**ANDRÉ CASSIANO**

**PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DO MILHO**

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis

Orientadora: Prof. Ms. Rita De Cássia Vieira

**JABOTICABAL, S. P.**

**2023**

**ANDRÉ CASSIANO**

**PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DO MILHO**

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis

Orientadora: Profa. Ms. Rita De Cássia Vieira

**JABOTICABAL, S. P.**

**2023**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio

convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Cassiano, André

A produção de biocombustível a partir do milho/ André Cassiano. —  
Jaboticabal: Fatec Nilo deStéfani, 2023.  
xpp.

Orientadora: Profa. Ms. Rita De  
Cássia Vieira

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) – Apresentado ao Curso de  
Tecnologia em Biocombustíveis, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani -  
Jaboticabal, 2023.

1. Biocombustíveis. 2. Etanol de Milho. 3. Sustentabilidade. 4. Matriz  
Energética. I. Vieira, R. II. Produção de biocombustíveis a partir do  
milho.

**ANDRÉ CASSIANO**

**A PRODUÇÃO DE BICOMBUSTÍVEIS A PARTIR DO MILHO**

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Biocombustíveis

Orientadora: Profa. Ms. Rita De Cássia  
Vieira

Coorientador: Prof. Dr. Celso Antonio Jardim

Data da apresentação e aprovação: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**MEMBROSCOMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA**

Presidente e Orientadora: Prof. Ms. Rita De Cássia Vieira  
Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)

Segundo membro da banca examinadora: Prof. Dr. Tadeu  
Tomio Sudo

Terceiro membro da banca examinadora: Prof. Dr. Claudenir  
Facincani Franco

JABOTICABAL, S. P.

2023

A PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS A PARTIR DO MILHO

*THE PRODUCTION OF BIOFUELS FROM CORN*

André Cassiano<sup>1</sup>

Prof. Ms. Rita de Cássia Vieira<sup>2</sup>

Prof. Dr. Celso Antonio Jardim

RESUMO

Este artigo consiste com uma revisão bibliográfica, na literatura específica que tem como objetivo central apresentar o cenário do etanol de milho no Brasil, com uma alternativa viável de geração de energia, renovável e rentável. Neste aspecto o etanol de milho possibilita ampliar o leque de biocombustíveis da matriz energética, diminuindo os prejuízos advindos da inatividade das usinas nos períodos entressafras da cana-de-açúcar e também pela sua relevância na cadeia produtiva que confere as usinas que só produzem etanol de milho no sistema *flex me full*. Contribuindo com a diminuição dos GEE, utilizando seus coprodutos DDG e WWG, que originam ração animal, óleo de milho entre outras possibilidades de geração de renda e empregos diretos e indiretos, envolvendo diferentes segmentos industriais ao longo da cadeia produtiva. Considerando - se os objetivos traçados ao longo do trabalho, é importante incorporar novas fontes de energia à matriz energética brasileira, por diversos motivos, como a grande dependência de combustíveis fósseis, como a gasolina, que se consolidou com o tempo, a crescente demanda nos diferentes setores da sociedade, como a indústria, o transporte, e a poluição que isso acarreta com a emissão de GEE. A metodologia utilizada ao longo do trabalho confere uma revisão bibliográfica sobre a temática em bases de dados Scielo, Google Acadêmico, portais do EPE, CONAB, UNEM entre outros, prezando pela confiabilidade e credibilidade das fontes pesquisadas.

**Palavras – Chave:** Combustível Renováveis , Etanol de Milho. Sustentabilidade. Matriz Energética.

ABSTRACT

This article consists of a bibliographical review, in the specific literature that has as main objective to present the scenario of corn ethanol in Brazil, with a viable alternative of energy generation, renewable and profitable. In this aspect, corn ethanol makes it possible to expand the range of biofuels in the energy matrix, reducing the losses arising from the inactivity of the plants in the periods between sugarcane harvests and also due to its relevance in the production chain that confers the plants that only produce ethanol of corn in the flex me full system. Contributing to the reduction of GHGs, using its co-products DDG and WWG, which originate animal feed, corn oil, among other possibilities for generating income and direct and indirect jobs, involving different industrial segments along the production chain. Considering the objectives outlined throughout the work, it is important to incorporate new energy sources into the Brazilian energy matrix, for several reasons, such as the great dependence on fossil fuels, such as gasoline, which has consolidated over time, the growing demand in different sectors of society, such as industry, transport, and the pollution that this entails with GHG emissions. The methodology used throughout the work provides a bibliographic review on the subject in Scielo

<sup>1</sup> Estudante do curso superior de Tecnólogo em Biocombustíveis da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: andre\_cassiano91@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: celso.jardim@fatec.sp.gov.br

databases, Google Scholar, EPE, CONAB, UNEM portals, among others, emphasizing the reliability and credibility of the researched sources.

**Keywords:** Renewable Fuel, Corn Ethanol. Sustainability. Energy matrix.

## 1 INTRODUÇÃO

Em virtude do cenário de combustível fósseis não serem renováveis, e da grande dependência e do aumento da demanda de fontes de energia que sejam mais sustentáveis, os biocombustíveis emergem como uma alternativa plausível de energia mais limpa, uma vez que gera menos emissões de GEE. Considerando que o etanol entre os bicompostíveis é o de maior destaque que pode ser produzido pela cana-de-açúcar, beterraba e milho. Sendo que o Brasil ocupa o segundo lugar de produção de etanol tendo como insumo a cana (BORTOLETTO; ALCARDE, 2015).

Contudo devido a problemática da cana-de-açúcar ter períodos bem definido de entressafras, onde neste meio tempo acaba, ocasionando um gargalo e várias implicações negativas no setor sucroalcooleiro, havendo paradas na produção de etanol. Mas os gastos operacionais continuam gerando prejuízos econômicos pela falta de divisas, política pública, dificuldades de armazenagem entre outros.

Neste diapasão o milho surge como uma matéria-prima viável para a produção de etanol seja, para complementar a produção de etanol do país, em virtude dos vastos territórios para a produção, assim como nas usinas *flex* nas paradas da cana ou até mesmo no sistema *full*, onde só se produz etanol de milho, com ciclo de 3 a 5 meses podendo ser plantado em áreas de renovação de canaviais, e armazenados como maior facilidade (EMBRAPA, 2015) diferente da cana. Sem contar que o etanol de milho, movimenta toda uma cadeia produtiva, considerado maior energia verde, sustentável, que gera produtos como DDG e WWG, usado na alimentação humana por meio do óleo e animal para as indústrias de ração. Neste ínterim, a produção de etanol tem benefícios que se estendem além da venda dos combustíveis, se expandindo em outros setores e também como forte potencial fomentador de empregos e divisa as usinas nas épocas da entressafra, sustentabilidade pela utilização de eucalipto nas próprias caldeiras, dentre outros.

O objetivo geral do artigo é investigar e compreender as implicações positivas no panorama da produção de etanol de milho, como uma aliada a geração de biocombustíveis no Brasil e sua expansão e consolidação na matriz energética brasileira, e em específico entender a trajetória histórica dos bicompostíveis ao longo do tempo, apresentar a cultura do milho, sua viabilidade do ponto de vista energético, sustentável e econômico, assim como uma alternativa interessante nas entressafras contribuindo com as usinas frente a inatividade das mesmas durante o período não produtivo, gerando com divisas para sanar o gargalo das entressafras, e apresentar a relevância dos seus produtos na cadeia produtiva.

Desta forma o trabalho se justifica pela importância em discorrer sobre as novas possibilidades a matriz energética, como o etanol de milho em decorrência da dependência dos combustíveis fósseis que não são renováveis, assim como os poluentes que geram a sociedade emitindo quantidades consideráveis de GEE. Outra contribuição é que possa servir de material acadêmico a quem tenha interesse em entender um pouco mais do assunto, podendo suscitar questionamentos, novas pesquisas com vistas para revolucionar o setor energético.

## 2 BIOCMBUSTÍVEIS: TRAJETÓRIA E CONSOLIDAÇÃO NO BRASIL

A sociedade tem se preocupado cada vez mais com o preço do petróleo e a constante instabilidade de um possível esgotamento deste combustível fóssil, fazendo com que os países

o qual depende desta matéria-prima procurem alternativas plausíveis para a sua matriz energética. Neste ínterim tem-se o carvão e gás como natural alternativas possíveis para tal problemáticas, contudo são grandes poluentes e podem se esgotar em virtude da demanda por energia com o passar dos anos, o que abre espaço para a adoção de combustíveis renováveis e concomitantemente causem menos danos ao meio ambiente, como os biocombustíveis.

O biocombustível constitui um termo genérico, considerado limpo englobando uma gama diversificada de produtos de origem biológica, produzido a partir da biomassa, que pode ser de origem (animal, vegetal e de microrganismo) como plantas oleaginosas, cana-de-açúcar, mamona, canola, excrementos de animais, milho entre outras fontes de matéria-prima, podendo ser utilizado de forma isolada ou até mesmo adicionado a outros combustíveis (etanol + gasolina, biodiesel + diesel), contribuindo para minimizar o efeito estufa no planeta (ESALQ, 2007).

Pesquisadores ratificam a sua importância na utilização como combustível, defendendo que os mesmos geram menos poluentes na atmosfera de até 48%, dos gases dióxido e monóxido de carbono outra vantagem é que emitem menos partículas que penetram nos pulmões, e também são fontes renováveis de energia, diferentemente dos combustíveis fósseis como o petróleo e carvão mineral. Os principais biocombustíveis são o etanol, que podem ser produzidos por meio da cana-de-açúcar e milho; biogás originário da biomassa, biodiesel por meio de vegetais ou sebo de animal (HOTTA, 2019).

Já no Brasil, as pesquisas se iniciam por meio de testes entre os anos de 1905 e 1925, tendo como produto o álcool. Sendo que em 1920, o Instituto Nacional de Tecnologia, o Instituto de Óleos do Ministério da Agricultura e o Instituto de Tecnologia Industrial de Minas Gerais desenvolvem pesquisas consolidam testes com outras fontes alternativas de combustíveis, registrando estudos da utilização de óleo de ouricuri, mamona em motores alimentados a diesel de seis cilindros (CADERNOS NAE, 2005).

E 1931 o governo brasileiro consolidou a decreto em que era obrigatório misturar um índice de 5% do referido elemento na gasolina que era importada. Contudo, após um período de sete anos o decreto-Lei nº 737 estendeu a obrigatoriedade a gasolina interna, ou seja, a produzida em território brasileiro. Mas na década de 60 devido as descobertas de novas fontes de reservas de petróleo no Oriente médio, fez com que os interesse em adotar os biocombustíveis por outros países diminuíssem (CADERNOS NAE, 2005).

No ano de 1960, o Conde Francisco de Matarazzo se torna um dos pioneiros na utilização de biocombustíveis, pois suas indústrias tinham como pressuposto produzir óleo por meio de grãos de café, ao longo das lavagens para retirar as impurezas sendo usado o álcool resultante da cana-de-açúcar, processo este que propiciou a liberação da glicerina, e éster etílico denotado na atualidade de biodiesel (BARROS; PESSOA, 2006).

Contudo, em 1973 emerge a primeira crise global do petróleo o que fez como ressurgisse a preocupação e interesse em procurar por novos produtos energéticos, em detrimento aos combustíveis fósseis. Há de salientar-se, que nesta época o Brasil em virtude da derrocada cafeeira e implantação de indústrias, principalmente a automobilística tem uma dependência significativa no que concerne ao petróleo como fonte de energia. Neste diapasão com a crescente crise e os valores cada vez mais altos do barril de petróleo, em virtude da formação de cartéis pelos maiores e principais produtores de tal combustível fóssil, que possuíam maior liderança e controle nos preços assim como, na distribuição de produtos aos diferentes cantos do mundo, cuja conglomerado denominou-se OPEP, Organização dos Países Exportadores de Petróleo. Mediante a tal contexto e dependência, os governos passam a procurar e a retomar a busca por novas fontes renováveis.

O Brasil, em resposta a problemática e para minimizar os efeitos da crise mundial em 1975, instituiu o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), através do Decreto nº 76.593/1975 (BRASIL, 1975). Essas medidas tinham como intuito diminuir a dependência dos

combustíveis fósseis e introduzir o etanol na matriz energética brasileira, outro ponto a destacar é que o programa também tinha como finalidade o estimular a implantação e desenvolvimento das indústrias no Nordeste, e geração de empregos aos trabalhadores rurais dos canaviais.

O Decreto nº 76.593 de 1975 institui:

Art. 1º. Fica instituído o Programa Nacional do Álcool visando ao atendimento das necessidades do mercado interno e externo e da política de combustíveis automotivos.

Art. 2º. A produção do álcool oriundo da cana-de-açúcar, da mandioca ou de qualquer outro insumo será incentivada através da expansão da oferta de matérias-primas, com especial ênfase no aumento da produção agrícola, da modernização e ampliação das destilarias existentes e da instalação de novas unidades produtoras, anexas a usinas ou autônomas, e de unidades armazenadoras (BRASIL, 1975).

Apesar do PROÁLCOOL ter impulsionado a fabricação e o comércio de etanol, com o tempo os preços do Barril de petróleo decaíram em contrapartida o açúcar teve um elevado aumento em seus preços, fazendo com que este programa fosse deixado de lado destinando a cana apenas para a fabricação do açúcar, com isso houve a interrupção na produção de etanol, como fonte de combustível para o mercado de veículos automotores.

Em relação ao biodiesel as primeiras menções para sua utilização, aconteceram em meados de 1920, posteriormente a Primeira Grande Guerra Mundial. Em 1975, o governo brasileiro criou o Plano de Programa de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-Óleo), abandonado assim como o PROÁLCOOL, em virtude da queda do preço do petróleo, sendo retomado em 2002 como uma alternativa interessante a matriz energética brasileira.

Neste diapasão foi instituído Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico de Biodiesel (Probiobiodiesel), pela portaria MCT nº 702 do mesmo ano oficializado em 6 de dezembro de 2002. Um ano depois foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), sendo incorporado na matriz energética brasileira pela Lei Federal nº 11.097 de 2005 (BRASIL, 2005) regulamentada pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), definindo o biodiesel como originário da biomassa vegetal, usado para motores de combustão substituindo o biodiesel derivado do petróleo.

Considerando o etanol e o biodiesel, ambos apresentaram uma produção bastante significativa no Brasil. O etanol no ano de 2019, apresentou um montante produtivo de 36 bilhões de litros, o que equivale a 11% a mais que no ano de 2018, em relação ao biodiesel foi de 9,3 bilhões de litros dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2020). Outro ponto a destacar é que a participação do biocombustível na área de transportes equivale a um percentual de 25,1%, denotando seu importante na participação na matriz energética como fonte de energia renovável (EPE, 2020).

Em 2019, o Brasil institui pela Lei n.º 13.576/2017 a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), uma ação do Governo Federal que objetiva o aumento e participação dos biocombustíveis na matriz energética, para o setor de transportes, com vistas a estabelecer planos ao longo do ano para descarbonização dos combustíveis, além disso incorporar novos biocombustíveis. Metas estas em consonância para um desenvolvimento sustentável, antes a utilização de veículos com emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que contribui para o efeito estufa. Com a intenção de substituir os combustíveis fósseis que liberam gases do efeito estufa (GEE) amplamente poluidores por biocombustíveis que possuem características energéticas mais limpas. Comparando, a gasolina forma 2.382 gramas de CO<sub>2</sub> enquanto o álcool 1.520 gramas por litro hidratado (DUVAL; SANTOS, 2013).

De acordo com Milanez e Mancuso (2018) o RenovaBio consiste em:

O RenovaBio consiste é uma política de estado que, pela primeira vez, objetiva traçar uma estratégia [...], biometano, bioquerosene, E2G, entre outros) na matriz energética brasileira, tanto no que se refere a sua contribuição para a segurança energética, com previsibilidade, quanto para a mitigação de redução de emissões de gases causadores de efeito estufa (MARTINEZ; MANCUSO, 2018).

O RenovaBio condiz com uma nova era pautada na sustentabilidade, tendo como pressupostos a introdução de dispositivos de mercado que possam reconhecer a potencialidade de cada biocombustível, em prol da redução de emissões por unidade produtora, por meio de instrumentos tais como: estabelecer metas nacionais quanto a emissões, em um período de 10 anos, certificados para a produção de biocombustíveis, atribuição de notas distintas a cada produtor de acordo com a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Assim como, a disponibilidade de pôr produtores e importadores, os quais possuem o Certificado da Produção Eficiente de Biocombustíveis e Crédito de Descarbonização (CBIO), valorizando os recursos energéticos, a evolução da demanda nacional e internacional, manutenção de seu comprometimento internacional para reduzir GEE assumidos pelo Brasil, em consonância com os preços dos mesmos ante a inflação (BRASIL, 2023).

O CBIO de acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (Única) é:

um crédito de descarbonização que equivale a uma tonelada de carbono que deixa de ser emitida na atmosfera. O CBIO é emitido pelo produtor de biocombustível credenciado junto à ANP, a partir da comercialização da sua produção, de acordo com as regras estabelecidas na Resolução nº 802/2019. O CBIO está disponível para compra e venda na bolsa de valores (B3) e pode ser adquirido por qualquer pessoa física ou jurídica que queira neutralizar suas emissões de CO<sub>2</sub> (UNICA, 2022).

O Brasil possui uma gama diversificada de biocombustíveis como: biomassa, biometanol, biogás, etanol, biodiesel, entre outros, contudo os principais biocombustíveis produzidas no Brasil, são os dois últimos respectivamente, onde no primeiro caso tem-se como matéria-prima a cana-de-açúcar como uma das mais utilizado e o segundo é produzido mediante óleos vegetais ou gorduras animais. Entretanto o artigo se pautará no etanol tendo como matéria-prima o milho, assunto este do próximo capítulo.

### **3 CULTURA DO MILHO NA PRODUÇÃO DO ETANOL**

O milho pertence à classe Liliopsida, família gramínea Poaceae, gênero *Zea*, sua classificação científica condiz com o *Zea mays* L, subespécie mexicana *Zea mays* ssp. Mexicana (SILVEIRA et al., 2015). Os primeiros dados sobre o cultivo do milho, há de mais de 8.000 anos, e forma descobertos no México em ilhas pequenas, sua nomenclatura é originária do Caribr dos povos indígena o qual significa “sustento da vida”. Sendo uma fonte de alimentação para muitas civilizações antigas como Maias, Asteca e Incas ao longo dos séculos. Com o passar do tempo e em decorrência da dominação de colonizadores nas Américas se expandiu para as distintas regiões geográficas do mundo, como Estados Unidos da América, China, França, Brasil entre outros.

O milho tem um alto nível de adaptação representada pela sua variedade genótipo, o que possibilita o seu cultivo em diferentes regiões podendo ir do Equador até o limite das terras temperadas, assim como do nível do mar até altitudes acima de 3.600 metros. Desta forma a cultura é encontrada em climas tropicais, subtropicais e temperados. Sua finalidade a princípio se destinava a alimentação desde a espécie humana a animais, em virtude de sua qualidade nutricional, onde a mesma apresenta quase todos os aminoácidos exceto a lisina e do triptofano.

A cultura do milho apresenta um grande potencial produtivo, respondendo bem a tecnologia, sendo usado de forma significativa em pesquisas genéticas e na produção de biocombustíveis (etanol), filmes e embalagens biodegradáveis (PAES, 2006). Com amplo consumo no mundo só perdendo para o arroz e trigo. Outra característica é que o mesmo constitui uma planta C<sub>4</sub>, ou seja, de grande eficiência na conversão do CO<sub>2</sub>, denotando índices altos de fotossíntese líquida, mesmo na presença de alta quantidade de luz. Possui um ciclo produtivo de 90 a 120 dias, ao longo do processo vegetativo a mesma armazena moléculas de glicose, na forma de amido. Seus grãos são compostos 72,7 % de massa seca de amido, 10,1%

de proteína, 3,4% de lipídeos, 5,2% de fibras e 1,9% de cinzas (PAES, 2006).

Contudo a importância do milho vai além do quesito alimentação humana e animal no mundo, abrindo o leque de possibilidades e utilidades, como insumo para a produção de biocombustível neste caso o etanol. O mesmo corresponde a uma das matérias-primas mais usados no mundo para a produção de etanol, tendo como principal país produtor os Estados Unidos, no ano de 2018 obteve na ordem de 60,5 bilhões de m<sup>3</sup> (RFA, 2018), no caso do Brasil ele é o segundo maior produtor, mas por meio da cana diferentemente dos EUA.

O etanol é um dos bicomcombustíveis mais utilizados na atualidade, como substituto de combustíveis fósseis em veículos na queima de motores ou incorporados na gasolina, e consequentemente diminuindo o consumo da mesma, outra vantagem é seu baixo impacto ambiental, uma vez que é biodegradável desta forma na iminência de vazamentos ele apresenta uma quantidade insignificante de enxofre e outros poluentes, em contrapartida a gasolina e o diesel possui muitos poluentes. Países como China, Angola entre outros misturam um percentual de 10% a gasolina, em território brasileiro o índice é por volta de 25% o dobro dos países mencionados (LAINE, 2018).

Neste íterim as usinas brasileiras com vistas a reduzir os custos das operações, estão se adaptando para utilizar outras matéria-prima como um meio para sanar o período entressafra da cana-de-açúcar que são bem definidos, ocasionando etapas de ociosidade de quatro meses sem insumos que gerem divisas, uma vez que não a possibilidade de armazenar e estocar a mesma (BRESSAN FILHO, 2009). O que fez com que o setor usineiro buscasse novas alternativas, como as amiláceas consolidada no mercado externo e em franca expansão no Brasil, principalmente na figura do milho.

Em virtude do volume gerado pelas safras de milho ao longo do tempo, principalmente no estado do Mato Grosso, surgem as indústrias com fins a produzir etanol de milho. A primeira a emergir neste cenário foi a Usimat em 1912, a princípio operava com sistema *flex* (cana e milho) e hoje consiste em processos *full flex* (cana-de-açúcar e milho de forma simultânea) AZEVEDO, 2018). Sendo que pioneira e primeira usina a fabricar exclusivamente etanol de milho (full) é a organização FS Bioenergia produzindo cerca de 530 milhões de litros (FS BIOENERGIA, 2018). Em 2017, o Brasil possui 4 usinas de etanol em milho, localizada no Mato Grosso, hoje são cerca de 18 unidades e algumas em franca expansão conforme dados da União Nacional de Etanol de Milho (UNEM, 2019).

Sendo que o mato Grosso pelas crises oriundas antes a baixa de preços da gasolina que influenciou o preço do etanol, procurou inovar o setor, nesta celeuma buscou alternativa viáveis para sanar a problemática, estudando o método americano da produção de etanol de milho, passando a ter um papel de destaque no segmento. Contribuindo amenizar os impactos negativos no quesito econômico, provenientes do período da entre entressafra da cana-de-açúcar (CONAB, 2018). O milho possibilita ser estocado e maior facilidade de escoamento, possibilidade de incorporar regiões mais distantes no processo produtivo, comercialização de coprodutos, fazendo com que muitas indústrias optassem pela consolidação do sistema full ou seja, produtor somente desta cultura. Devido a estes benefícios e muitos outros, emergiu o interesse de outras em adotar seja o sistema de produção *flex*, ou *full* como a região centro sul do país (SILVA, 2020).

O milho é considerado um dos *commodities* mais significativos no mundo, principalmente na produção de ração animal e combustível renovável no caso o etanol, dados estes expressos nos anos de 2000 a 2020 (CONAB, 2019), registam um aumento considerável quando se refere ao etanol sendo, dados estes disponibilizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Milho como ração animal X produção de etanol de 2010 a 2020

Ano	Ração animal %	Etano de milho %
-----	----------------	------------------

2000	70,2 %	29,8 %
2020	61,5 %	38,5 %

Fonte: adaptação Conab - Companhia Nacional para o Abastecimento (2019)

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol, tendo como insumo o milho, apresentando uma expansão e consolidação significativa nacional ao longo do tempo como apresentado na Tabela 2, (EPE, 2019). Nas safras de 2021/2022 foram 3,43 bilhões de litros, e para o ano de 2022/2023 a estimativa é de 4,5 bilhões de litros com um aumento percentual de 31% quando comparados a safra anterior (UDOP, 2022).

Tabela 2 – Produção de etanol por meio do milho

Ano	Milhões de litros
2013	11
2014	71
2015	121
2016	201
2017	413
2018	720

Fonte: Adaptação da Empresa de Pesquisa Energética (2019)

A colheita do milho é realizada por colheitadeiras, onde há a extração da palha, e a espiga fica alocada na terra com vistas a deixar o solo mais fértil. A produção do etanol pode ser realizada por moagem via úmida ou seca, contudo a segunda forma é a mais usada pois minimiza os custos finais para produzir o biocombustível, mas, gera uma quantidade inferior de coprodutos quando comparados no processo por via úmida (MANOCHIO, 2014). Ao longo da etapa por via seca o grão após ser limpo, passa pela moagem para expor o amido na sequência acrescenta-se água e enzimas, onde ocorre a hidrólise e conversão em açúcar fermentável, em seguida a glico amilase interfere nas cadeias onde as mesmas são transformadas em produtos industriais, o produto resultante são fermentados e vão para as colunas de destilação, onde sobra a vinhaça fina que em muitos casos retorna para o processo com vistas a aproveitar os açúcares de maneira mais eficaz.

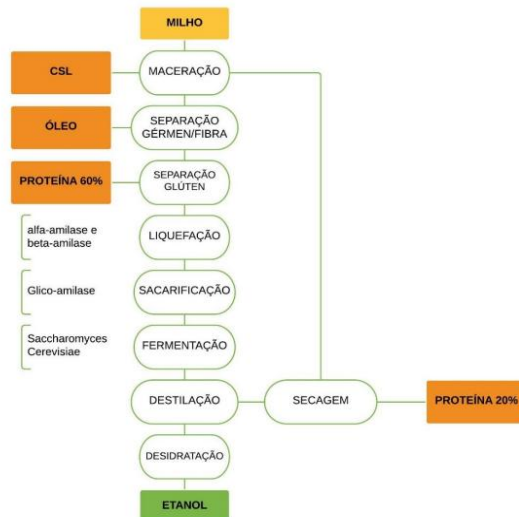
O processo para obtenção do etanol tanto do processo via seca Dry Distiller Grains (DDG grão de destilaria seco) Figura 1, quanto úmida Wet Distillers Grains (WDG grão de destilaria úmido) Figura 2, resultam em coprodutos que beneficiam as indústrias, podendo ser comercializados pelo diferentes segmento industriais tais como: ramo alimentício de bovinos, suínos e de aves, farmácias entre outros como produtos tais como farinha e farelo de milho, óleo (REGITANO-D'ARCE; SPOTO; CASTELLUCCI, 2015) elementos estes importantíssimos pois agregam receitas financeiras as usinas.

Figura 1 – Produção de etanol de milho via seca



Fonte: Adaptação do Banco nacional do Desenvolvimento (2008)

Figura 2 – Produção de etanol via úmida



Fonte: Adaptação do banco Nacional do Desenvolvimento (2008)

O etanol pode ser de duas vertentes, o do tipo hidratado que é aquele comum vendido nos postos de gasolina, e tem se o anidro constituindo aquele que é misturado à gasolina. O que difere de um para o outro é a quantidade de água presente em cada um deles, enquanto o hidratado em sua composição apresenta uma taxa de 95,1 a 96% de água o anidro também denominado puro tem em média 99,6 %, de substância alcoólica, ou seja, é basicamente etano puro (NOVACANA, 2023).

A produção do milho também é uma grande aliada de baixo custo para as indústrias na contenção dos impactos ambientais, uma vez que permite que as usinas tenham um aproveitamento em 100% da matéria-prima, como a FS Bioenergia única no Brasil que trabalha somente com a produção de etanol de milho. Onde gera os coprodutos já mencionados ao longo do texto DDG e WDG usado em alimentação de animais, óleo de milho, que serve tanto para ser consumido por seres humanos quando refinado, e servir de insumo para o biodiesel energia elétrica para as caldeiras, através da biomassa (UNEM, 2019).

A produção de etanol de milho se mostra uma alternativa importantíssima como um biocombustível mais limpo, pois emite 85% a menos de gases de efeito estufa (GEE). Sendo de grande utilidade para as usinas nas entressafras, pois trabalha em torno de 350 dias por ano em contrapartida a cana-de-açúcar fica quatro meses sem matéria prima para produção, já no caso

do milho as paradas ocorrem apenas para manutenções preventivas, também consiste em um importante via para geração de rendas, abatendo os custos operacionais.

De acordo com Unem (2023), a pegada de carbono do etanol de milho consiste em uma das mais baixas em virtude:

Utilização de milho de segunda safra; uso da biomassa de florestas plantadas para suprir a demanda energética; geração de empregos e renda no campo e nas cidades; Estímulo a outras cadeias produtivas; insumos para produção de alimentos; cogeração de energia elétrica; integração ao RenovaBio (UNEM, 2023).

O milho para a produção de etanol se apresenta como uma alternativa viável antes a utilização como um biocombustível limpo, pois gera menos GEE do que a gasolina podendo se um forte aliado a cana-de-açúcar. Onde os mesmos apresentam suas particularidades e especificidades. Desta forma alternativas que sejam fontes renováveis são importantíssimas para serem inseridas a matriz energética brasileira. Sendo que o mesmo pode ser uma solução para mitigar e diminuir os impactos negativos ante a sazonalidade das safras nas usinas de etanol oriundos da cana, onde requer altos estoques para o armazenamento. Outro ponto a destacar são os DDGs e os WDGs que possibilitam coprodutos para serem comercializados pelas indústrias possibilitando alavancar a cadeia produtiva, gerar rendas, empregos direto e indiretos.

#### **4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A metodologia utilizada ao longo do trabalho, consiste em uma pesquisa bibliográfica através de uma revisão de literatura. Para alcançar os objetivos foi realizado um trabalho com vistas a um caráter descritivo, qualitativo e quantitativo ratificado por artigos científicos indexados em bases de dados Scielo, Google Acadêmico, lidos e relidos na íntegra, desconsiderando resumos e os repetitivos. Foi dado ênfase e prioridade a autores renomados e atemporais como: Hotta, Vidal entre outros, não menos importantes, livros, teses, dissertações, portais da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia – Única, CONAB – Companhia Nacional para o Abastecimento, ESALQ, EPE, UNEM, RenovaBio entre outros sempre prezando pela credibilidade e confiabilidade quanto as fontes estudadas para a consolidação do artigo.

#### **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As pesquisas despendidas ao longo do artigo ratificaram a importância em adotar novas possibilidades a matriz energética brasileira, enfatizando o biocombustível incorporando novas possibilidades e ampliando o leque de opções e benefícios, neste contexto temos o etanol a partir do milho. Cultura esta difundida em diferentes regiões geográficas do mundo, que vai além da alimentação humana e animal consolidando-se uma via renovável de energia, principalmente no Brasil, por ser um grande produtor de milho, em virtude dos aspectos climáticos e de sua extensão territorial, e dos grandes produtores principalmente da região centro-oeste, sendo o principal estado o Mato Grosso como maior produtor brasileiro, responsável por 78% da produção de etanol a partir do milho (HENRIQUE; CHERUBIN, 2020), e em escala menor os estados de Goiás e Paraná.

Outro ponto a considerar é que quando comparado as matérias-primas para a produção de etanol como: cana-de-açúcar, safra do milho e sorgo, a cultura do milho apresenta o maior rendimento no que concerne ao etanol produzido, podendo chegar a 425 litros por tonelada como apresentado no Figura 3. Outra especificidade do mesmo e a rotação com a soja que lhe é característica ao longo do ano, e menor pegada de carbono variando de 25, 9g CO<sub>2</sub>e/MJ. a 4,5g CO<sub>2</sub>e/MJ em relação a gasolina, isto significa que o etanol tem uma pegada de carbono bem inferior do que a de um combustível fóssil.

Figura 3 - Fontes de Etanol



Fonte: Neves (2022, p. 45) e DONKE et al. (2017)

A produção de etanol tende cada vez mais consolidando-se como uma alternativa viável, no Gráfico 1, podemos observar as projeções analisadas pela UNEM, que um período de 15 anos iniciando em 2013, projetado até 2028. Neste intervalo de tempo tivemos um crescimento exponencial de 471%. Sendo que no ano de 2019, tem-se uma produção de 1,4 bilhões e a estimativa para 2028 consiste aproximadamente em 8 bilhões o que representa sua consolidação e expansão deste biocombustível em território brasileiro.

Tal expansão se deve a um ágama diversificada de fatores que vão desde a expansão de novas usinas, a tecnologia empregada, disponibilidade de matérias-primas, mercado consumidor ou seja no caso o setor de transporte com veículo automotores são um grande setor que demanda o etanol, outro fator se deve a formação de coprodutos como por via seca(DDG) e via úmida (WDG) o que confere grande rentabilidade nas usinas, pois os mesmos são utilizados na pecuária em ração de bovinos, suínos e aves, óleo entre outros.

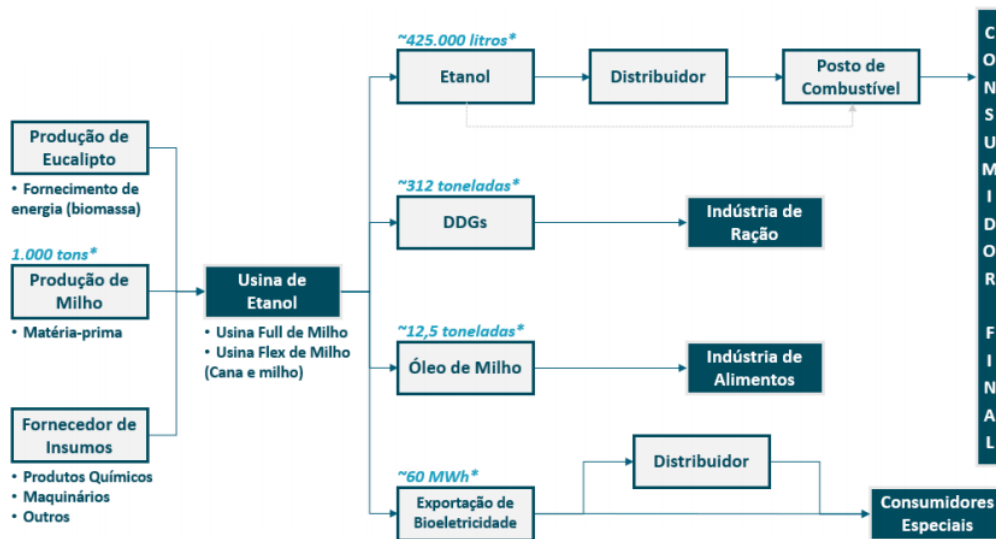
Gráfico 1: Produção e estimativas de etanol de milho 2013 a 2028



Fonte: Adaptação EPE (2020), UNEM (2020) e FAVAS (2021)

Outro aspecto importante que faz da cultura do milho uma alternativa viável, em franco e pleno desenvolvimento, assim como expansão consiste na cadeia produtiva apresentado na Figura 4, consolidando-se no setor de biocombustíveis mais sustentáveis não, como um substituto a cana-de-açúcar, mas como uma segunda opção a matriz energética, pois cada um tem suas particularidades e benefícios.

Figura 4 – Cadeia produtiva do etanol de milho no Brasil



Fonte: Neves (2021, p. 66).

A produção de milho envolve uma gama diversificada de elementos, as usinas ao longo do processo necessitam de grãos de milho, biomassa para geração de energia para alimentar a moagem, equipamentos, todos interligados ao longo da cadeia. O mesmo dispense vários ramos industriais desde o eucalipto para gerar energia, as matérias primas de produtores da cultura, para produzir o etanol. Sendo que em toda a consolidação do processo necessita de aproximadamente 1.000 toneladas de milhos para a obtenção de 425 mil litros de etanol, 312 toneladas de DDGs, que fomenta o comércio de ração animal e 12,5 toneladas de óleo para consumo humano e 150 MWh, deste montante 90 MWh é usado na usina e os outros 60 MWh pode ser exportado como fonte de bioeletricidade.

De posse destas informações podemos entender um pouquinho da importância do etanol de milho como uma opção sustentável, pois gera menos GEE, tanto que estudos de brasileiros e norte-americanos chegaram a conclusão nas comparações da produção dos EUA, concluindo que é um dos mais verdes do mundo onde o carbono chega a quase zero (NEVES, 2021), sem contar como uma nova opção a matriz energética brasileira, assim como uma possibilidade ante s entressafras e até mesmo usado no sistema *full* impactando de maneira positiva para geração de empregos diretos e indiretos e ganhos da usina na produção de etanol e em seu coprodutos para indústria animal, humana e produção de biodiesel, alimentação da própria caldeiras.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos deste trabalho, é importante incorporar novas fontes de energia à matriz energética brasileira, por diversos motivos, como a grande dependência de combustíveis fósseis, como a gasolina, que se consolidou com o tempo, a crescente demanda nos diferentes setores da sociedade, como a indústria, o transporte, e a poluição que isso acarreta com a emissão de GEE.

Os biocombustíveis, principalmente o milho, emergem como uma alternativa viável para a matriz energética brasileira, que vai além da alimentação, suprimindo um gargalo com combustíveis no Brasil. O etanol da cana-de-açúcar é um elemento a mais em conformidades, com as necessidades energéticas, sustentável e rentável.

O etanol de milho oferece diversos benefícios às usinas, sobretudo nas épocas de seca, o que impacta negativamente no aspecto econômico, uma vez que para a produção de etanol

de cana-de-açúcar não é possível armazenar. Assim, os proprietários de usinas procuraram novas opções, permitindo a produção de etanol neste período, o que ajuda a diminuir os custos operacionais do setor usineiro, permitindo que seja armazenada, assim como a facilidade de escoamento, geração de coprodutos como DDG e WDG, óleo de milho. Destacamos também a cadeia produtiva das usinas e dos setores direto e indiretos como: produtores de milho, eucalipto, geração de renda pelos subprodutos gerados, sustentabilidade e outros.

Nessa discussão, a produção de etanol através da cultura do milho. No entanto, é importante salientar que o etanol, até o presente momento, é um aliado da matriz energética brasileira e não um substituto do etanol de cana. Por conta da crescente demanda de fontes de energia, é crucial que se tenha outras alternativas para suprir, sobretudo a gasolina, combustível que gera GEE, o que faz com que o etanol de milho seja associado ao etanol de álcool.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anidro ou hidratado: diferenças. **NOVACANA**, 2023. Disponível em:

<https://www.novacana.com/noticias/anidro-hidratado-diferencas>. Acesso em: 22 mar.2023.

ANP - Agência nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis. **Biocombustíveis**. 2020.

Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>. Acesso em: 20 mar. 2023.

AZEVEDO, A. N. G.; LIMA, B. G. A. Biocombustíveis: desenvolvimento e inserção internacional. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 6, n. 1. 2016. Disponível em:

<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/23661/000386709900004.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 26 mar. 2023.

Balanco energético nacional 2020. **Empresa de Pesquisa Energética(EPE)**, 2020.

Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>. Acesso em:21 mar. 2023.

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Centro de gestão e estudos estratégicos. Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável. 1 ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2008.

BARROS, R. O.; PESSOA, V. M. N. Biodiesel: alternativa ou solução? **União Nacional da Bioenergia – Udop**. Disponível em:

<http://www.udop.com.br/index.php?cod=48343&tipo=clipping/>. Acesso em: 17 mar. 2023.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Dominante nos EUA, etanol de milho é

opção, no Brasil, para safra excedente. **Rev. Visão Agrícola**, n. 13, 2015. Disponível em;

[https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Industrializacao-artigo1.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Industrializacao-artigo1.pdf). Acesso em 28 mar. 2023.

Brasil deverá produzir 31% a mais de etanol de milho na safra 2022/23. **UDOP**, 2022.

Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/05/04/brasil-devera-produzir-31-a-mais-de-etanol-de-milho-na-safra-2022-23.html>. Acesso em: 18 mar. 2023.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005**. Dispõe sobre a

introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nº 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. Brasília: 2005. Disponível em:  
[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm).  
 Acesso em: 22 mar. 2023.

BRASIL. Senado Federal. **Decreto nº 76.593 de 14 de novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras providências. Brasília: 1975. Disponível em:  
<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=123069>. Acesso em: 25 mar. 2023.

BRESSAN FILHO, A. **Os fundamentos da Crise do Setor Sucroalcooleiro no Brasil**. Conab – Companhia Nacional de Abastecimento, 2010. Disponível em:  
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia/arquivos-fundamentos-da-crise-do-setor-sucroalcooleiro-no-brasil-conab/fundamentos-da-crise-do-setor-sucroalcooleiro-no-brasil-conab.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

Cadernos NAE - **Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República**, Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica, n. 2, 2005. Disponível em:  
<https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/NAEBiocombustiveis.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CONAB – Companhia Nacional para o Abastecimento. **Perspetivas para a Agropecuária safra de 2019/2020**, Brasília, v. 7, 2019. Disponível em:  
<https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 25 mar. 2023.

CONAB – Companhia Nacional para o Abastecimento. **Diagnóstico da Produção de Etanol em Mato Grosso: Binômio Cana-de-açúcar/Milho**, v. 17, 2018. Disponível em:  
 22 mar. 2023.

Desenvolvimento econômico – brasil conta com nove usinas de etanol de milho em processo de construção. **Diário da Serra – Canal Rural**, 2023. Disponível em:  
<http://www.diariodaserra.com.br/Noticia/Detalhes/MTk5NDg2>. Acesso em: 22 mar. 2023.

DONKE, A. C. G.; NOGUEIRA, A. R.; MATAI, P.; KULAY, L. Environmental and energy performance of ethanol production from the integration of sugarcane, corn, and grain sorghum in a multipurpose plant. *Resources*, v.6, 2017.

DUVAL, L. D.; SANTOS, A. C. Biocombustíveis. **Revista Bolsista de Valor**, v. 3, 2013. Disponível em: <https://editoraessentia.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/6734>. Acesso em: 20 mar. 2013.

ESALQ. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Pólo Nacional de Biocombustíveis. Biocombustíveis. Disponível em:  
<http://www.polobio.esalq.usp.br/biocombustiveis.html/>.  
 Acesso em: 20 mar. 2023.

FRANCESCHINI, G. M.; CAVICHIOLI, F. A viabilidade do etanol de milho em relação ao etanol de cana-de-açúcar. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 6,

n. 1, p. 112-122, 22 dez. 2019. Disponível em:  
<https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/474/298>. Acesso em: 24 mar. 2023.

FS BIOENERGIA. **Relatório Anual de Sustentabilidade Safra 2018/2019**. Disponível em: <http://fsbioenergia.com.br/wp-content/uploads/2019/10/fspt.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2023.

HENRIQUE, A.; CHERUBIN, N. Etanol de milho avança no Brasil. **RPA news**, 2020.

História e biodiesel. **Biodieselbr**, 2023. Disponível em:  
<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia>. Acesso em: 22 mar. 2023.

HOTTA, C. **Biocombustíveis Molecular de Plantas**. 2008.

LANE, J. Biofuels Mandates Around the World, 2018. Biofuels Digest: The world's most widely read biofuels daily. Disponível em:  
<http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2018/01/01/biofuels-mandates-around-the-world-2018/18/>. Acesso em: 19 mar. de 2023.

MANOCHIO, C. **Produção de Bioetanol de cana-de-açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos**. Poços de Caldas: 2014. 33 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas– Campus de Poços de Caldas, MG.

MILANEZ, A. Y.; MANCUSO, R. V. Biocombustíveis = Biofuels. In: PUGA, Fernando Pimentel; CASTRO, Lavínia Barros de (Org.). **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido: agendas setoriais para alcance da meta**. 1. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, p. 89-104, 2018. Disponível em:  
[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16210/1/PRCapLiv214159\\_biocombustiveis\\_compl\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16210/1/PRCapLiv214159_biocombustiveis_compl_P.pdf). Acesso em; 23 mar. 2023.

NEVES, M. F. **Etanol de milho: cenário atual e perspectivas para a cadeia do Brasil**. 2021.

OLIVEIRA, T. et al. Um estudo de matérias-primas para fabricação de biodiesel. Educação, Gestão e Sociedade. **Revista da Faculdade Eça de Queirós**, n. 27, 2017. Disponível em:  
[http://uniesp.edu.br/sites/\\_biblioteca/revistas/20170919090714.pdf](http://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170919090714.pdf). Acesso em: 22 mar. 2023.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**. 2006

RAMOS, L. P. et al. Biodiesel: matérias-primas, tecnologias de produção e propriedades combustíveis. **Revista virtual de química**, v. 9, n. 1, p. 317-369, 2017.

REGINATO-D'ACRE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELUCCI, A. C. L. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão agrícola**, n. 13, p. 138-140, 2015. Disponível em:  
[https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Industrializacao-artigo2.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Industrializacao-artigo2.pdf). Acesso em: 22 mar. 2023.

RenovaBio. **União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia – Unica**. 2022.  
Disponível em: <https://unica.com.br/iniciativas/renovabio/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

SILVA, H. J. T. et al. Aspectos técnicos e econômicos da produção de etanol de milho no Brasil, v. 29, n. 4, 2020. **Revista de Política Agrícola**, v. 29, n. 4, 2020. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1567/pdf>. Acesso em: 27 mar. 2023.

Vantagens do biocombustíveis. **União Nacional do Etanol de Milho – Unem**, 2023.  
Disponível em:  
<https://etanoldemilho.com.br/home/sustentabilidade/#:~:text=O%20etanol%20de%20milho%20%C3%A9,empregos%2C%20renda%20e%20arrecada%C3%A7%C3%A3o%20de>. Acesso em: 25 mar. 2023.

VIDAL, M. F. Produção e mercado de etanol. **Caderno Setorial ETENE**, n. 159, 2021.  
Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/906/1/2021\\_CDS\\_159.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/906/1/2021_CDS_159.pdf). Acesso em: 20 mar. 2023.