

BIOCOMBUSTÍVEIS: UM ENFOQUE NA PRODUÇÃO DE ETANOL DE MILHO E PERSPECTIVAS DE MERCADO

BIOFUELS: A FOCUS ON CORN ETHANOL PRODUCTION AND MARKET PERSPECTIVES

Autores: Lucas de Mora Bezerra¹; Nicole Rennó Castro¹

Filiação: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Esalq)

E-mail: lucasmora@usp.br; nicole.castro@usp.br

Grupo de Trabalho (GT): 03 – Evolução, estrutura, competitividade e dinâmica das cadeias agroindustriais

Resumo

A cadeia produtiva brasileira de etanol vem se consolidando há mais de 50 anos, como alternativa à dependência de combustíveis fósseis e em linha com a busca por sustentabilidade. Na última década, destaca-se a expansão do etanol de milho, embora a cana-de-açúcar ainda predomine. Este estudo analisa o cenário recente do etanol de milho, explorando perspectivas, entraves e oportunidades. A metodologia baseou-se em pesquisa bibliográfica e documental, e análise descritiva de dados. Os resultados apontam crescimento expressivo do etanol de milho, associado à segunda safra do grão no Centro-Oeste, ao uso da infraestrutura sucroenergética e à potencial valorização de coprodutos. Apesar do potencial para diversificação da matriz energética e desenvolvimento regional, persistem desafios como a necessidade de políticas públicas consistentes e a complexidade do mercado, com os preços do etanol de milho influenciados pelos preços do petróleo e do açúcar, pelas condições de oferta de cana-de-açúcar e do próprio milho, além dos fatores macroeconômicos.

Palavras-chave: Biocombustíveis; Dinâmica de Mercado; Etanol; Milho.

Abstract

The Brazilian ethanol production chain has been consolidating for over 50 years as an alternative to fossil fuel dependence and in alignment with the pursuit of sustainability. In the past decade, the expansion of corn-based ethanol has stood out, although sugarcane remains the dominant feedstock. This study analyzes the recent scenario of corn ethanol in Brazil, exploring its prospects, barriers, and opportunities. The methodology was based on bibliographic and documentary research, along with descriptive data analysis. The results indicate significant growth in corn ethanol production, driven by the second corn crop in the Center-West region, the use of sugar-energy infrastructure, and the potential valorization of co-products. Despite its potential to diversify the energy matrix and foster regional development, challenges remain, such as the need for consistent public policies and the complexity of the market, with corn ethanol prices influenced by oil and sugar prices, the supply conditions of sugarcane and corn, and broader macroeconomic factors.

Key words: Biofuels, Market Dynamic, Ethanol, Corn, Production

1. Introdução

A utilização do etanol como combustível no Brasil teve início há quase 50 anos. Um dos principais estímulos responsáveis pela sua implementação no país naquele momento foi o

Programa Nacional do Alcool (Proálcool). O Proálcool foi criado com o objetivo de fomentar a cadeia produtiva de etanol à base de cana-de-açúcar e deste modo diminuir a dependência brasileira pelo petróleo, majoritariamente oriundo de países do Oriente Médio na época, após a primeira crise do petróleo em 1973 causar aumento significativo dos preços desse combustível (DA CRUZ; GUERREIRO; RAIHER, 2016). Além disso, buscava-se com o programa diversificar a matriz energética e desenvolver alternativas mais sustentáveis para a produção de combustíveis. Na mesma década já foi possível notar avanços significativos no cenário brasileiro para o etanol – a exemplo, há o salto da produção alcooleira nacional, chegando a 3,4 bilhões de litros/ano entre 1979/80 (ROCHA; GONÇALVES; RIBEIRO, 2010).

Próximo à década de 1990, a estabilidade do preço dos barris de petróleo e a maior competitividade nas cotações de açúcar fez com que as usinas voltassem sua produção para um *mix* mais açucareiro (MICHELLON; SANTOS; RODRIGUES, 2008). Nesse contexto, segundo Cruz et al. (2016), subsídios governamentais diminuíram consideravelmente, dificultando ainda mais que usineiros se mantivessem competitivos dentro deste mercado e obtivessem rentabilidade positiva com a produção do biocombustível. Assim, no início da década de 1990, o baixo estímulo à produção de etanol gerou a necessidade de importação do produto para que houvesse o abastecimento das frotas domésticas, impactando o setor no país.

No final da década de 1990, houve novo choque de preços do combustível fóssil. Assim, a comunidade internacional se voltou novamente à busca por alternativas que visassem à diversificação e menor dependência de combustíveis fósseis. Em 1997 ocorreu a 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, de onde se obteve o Protocolo de Kyoto. Nesta Conferência, os países signatários (dentre eles o Brasil) do Protocolo se debruçaram de modo mais efetivo na busca por práticas que visassem a diminuição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) (GODOY, 2010).

A partir de 2008, um ciclo de crises passou a afetar o setor. Primeiramente, a fase de acelerado investimento, após a chegada dos veículos *flex* no País, sofreu um forte revés com a crise global de 2008, que causou relevante redução da entrada de capital estrangeiro, uma fonte importante do crescimento do setor sucroenergético; ademais, ações governamentais sobre o preço da gasolina orientadas para o controle da inflação reduziram significativamente a competitividade do etanol para o consumidor entre 2011 e 2015; por fim, em 2020, o etanol sofreu novo choque negativo devido à chegada da pandemia de Covid-19 no Brasil, sendo que as medidas restritivas causaram queda na demanda de combustíveis (DOS SANTOS; SAMPAIO, 2024; ETANOL/CEPEA, 2021; GILIO; CASTRO, 2016; BENETTI, 2009).

Um novo estímulo aos biocombustíveis surge com a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída em 2017. Segundo Neves et al. (2021), o RenovaBio tem como objetivo gerar condições para que o Brasil cumpra as metas de descarbonização estabelecidas em 2015 no Acordo de Paris. Para isso, os autores afirmam que a iniciativa busca promover a expansão e diversificação da produção de biocombustíveis e a regularização do abastecimento, por meio de metas anuais geradas às distribuidoras de combustíveis. Como resultado, foi possível observar o setor sendo impulsionado e atraindo investimentos. Mais recentemente, em 2024, foi sancionada a Lei Combustível do Futuro (Lei 14.993, de 2024), que terá como objetivo promover os biocombustíveis, por meio de variadas medidas.

Mesmo que atualmente o país possua relevância global na produção de etanol, é necessário pensar na diversificação da produção, tal que alternativas que utilizem outros tipos de matérias-primas têm sido aprimoradas – como é o caso da produção a partir do milho, que começou a ganhar destaque no Brasil no final da década de 2010. Nesse contexto, o objetivo geral deste trabalho é traçar um panorama e as perspectivas nacional e internacional para o etanol de milho brasileiro, explicitando potenciais entraves e oportunidades.

2. Material e Métodos

2.1 Material

Tendo em vista o presente trabalho possuir caráter de pesquisas bibliográficas e documentais, utilizou-se grande número de bases de dados, como forma de analisar os cenários descritos e traçar paralelos entre os assuntos tratados. As principais bases de dados utilizadas foram: i) a da NovaCana, plataforma em que é possível acessar informações de produção, consumo, exportação e importação do biocombustível já compiladas e organizadas; ii) a da União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia (UNICA), com ênfase nas informações de produção regionalizada e de importação e exportação do biocombustível; iii) a da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil (ANP); iv) e a da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). No que diz respeito ao cenário internacional, esse foi analisado a partir de informações presentes na plataforma da *Renewable Fuels Association* (RFA) e no site do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA). Por fim, em relação aos dados de preços, debruçou-se sobre informações presentes no site do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA).

2.2 Métodos

Em relação aos métodos, para análise dos dados sobre o etanol de milho e outros dados correlatos, foram utilizados instrumentais de estatística descritiva. Esses instrumentais envolveram a coleta, apresentação, análise e interpretação de dados por meio de quadros, gráficos e indicadores numéricos e estatísticos (GUIMARÃES, 2008).

Paralelamente à análise de dados, foram feitas pesquisas bibliográficas e documentais sobre o tema. A pesquisa bibliográfica refere-se à análise de documentos científicos (artigos científicos e livros), ao passo que a pesquisa documental se refere à análise de documentos que ainda não receberam esse tratamento científico, como relatórios, reportagens, matérias em revistas, entre outros (SÁ-SILVA, 2009; OLIVEIRA, 2007). A diferença entre os dois tipos de pesquisa se refere, portanto, à natureza das fontes consultadas, sendo que a pesquisa documental usa documentos que ainda não foram tratados analiticamente pelos estudiosos (SÁ-SILVA, 2009; OLIVEIRA, 2007).

3. Resultados e Discussões

3.1 Dinâmica recente do etanol de milho no Brasil

Atualmente, quando comparada à produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, a produção por meio do milho ainda é pequena no Brasil. Na safra 2023/24, segundo dados da UNICA, o país produziu pouco mais de 35 bilhões de litros de etanol (hidratado e anidro). Deste montante, menos de 18% foi produzido a partir do milho. Todavia, ao se analisar a evolução da produção nacional do biocombustível a partir do grão, notam-se consideráveis avanços na sua produção, como mostra a Figura 1. Ainda de acordo com dados da UNICA (2023), a safra 2013/14 foi a primeira a ter contingente destinado à produção do biocombustível a ser quantificado, com cerca de 37 milhões de litros produzidos. Nas safras seguintes, houve grande crescimento da produção, chegando a 6,27 bilhões de litros na safra 2023/24, aumento de mais de 16.000% em 10 anos.

Histórico da Produção Brasileira de Etanol de Milho

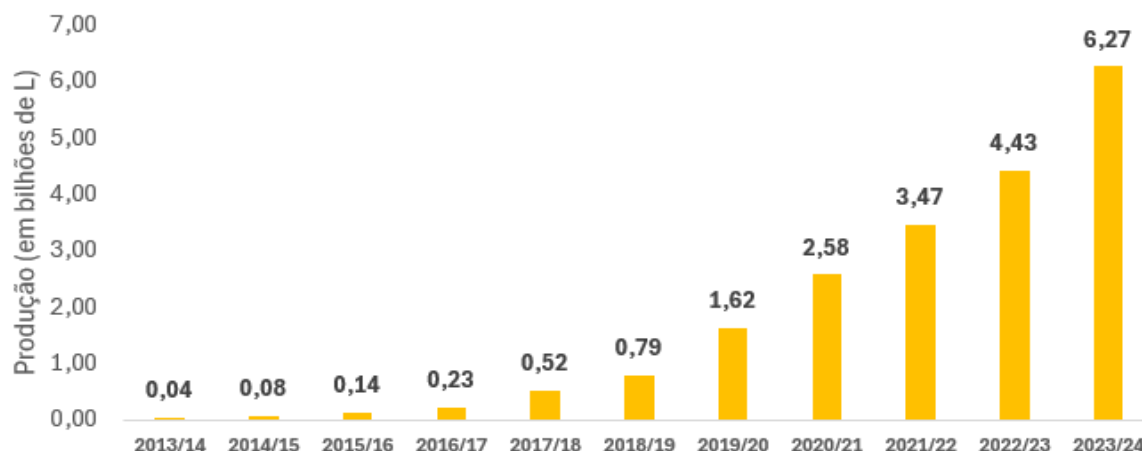


Figura 1. Histórico da Produção Total de Etanol de Milho no Brasil

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de informações da UNICAdata

Este cenário de evolução na produção do etanol de milho pode ser explicado sobretudo pelo crescimento da produção da 2ª safra de milho no Brasil. Segundo Yabe Milanez et al. (2014), o avanço da produção do grão principalmente na região Centro-Oeste contribuiu com o aumento do interesse em estudos envolvendo a adaptação de tecnologias para a produção de etanol à base de milho. Arantes (2023) afirma que a produção do biocombustível a partir da 2ª safra de milho na região tem se provado uma importante alternativa complementar ao etanol à base de cana-de-açúcar, contribuindo com a diversificação da matriz energética. Marques Bortoletto & Alcardes (2015) afirmam que ainda em 2013 produtores mato-grossenses já cogitavam a utilização dos excedentes da safra de milho no período como matéria-prima para a produção do etanol. Em geral, os estudos enfatizam a crescente oportunidade de preços mais competitivos para aquisição da matéria-prima. Além disso, citam a possibilidade de utilização da infraestrutura utilizada na produção de etanol à base de cana-de-açúcar também para a produção do biocombustível a partir do milho, reduzindo as barreiras à entrada no mercado.

Outro fator que vale destaque é o maior tempo de operação das usinas que produzem etanol à base de milho em comparação com as produtoras a base de cana-de-açúcar. De acordo com Donke et al. (2016), as destilarias brasileiras operam de 6 a 7 meses ao longo do ano, havendo necessidade de formação de estoques do etanol de cana-de-açúcar para que haja abastecimento da demanda nos meses de entressafra (ou, mesmo, gerando a necessidade de importação do produto). Ademais, ao longo do período de entressafra da cana, as cotações do biocombustível costumam se elevar, como será abordado em tópicos seguintes. Todavia, ao produzir o biocombustível por meio do milho, as operações nas usinas ocorrem sem que haja períodos de entressafra, havendo paradas pontuais apenas para manutenções preventivas, gerando assim estabilidade na oferta do produto. Desta forma, há maiores rendimentos e diminuição da necessidade de formação de estoques para abastecimento do mercado (NEVES et al., 2021).

Em virtude desta característica, o desenvolvimento do setor, em meados de 2012, se deu principalmente a partir da produção do etanol de milho em usinas “flex”. Neste modelo de produção, o etanol de milho é processado apenas no período de entressafra da cana-de-açúcar (de novembro a março, no Centro-Oeste), havendo aproveitamento da infraestrutura já existente. Mas, além das usinas *flex*, há também produção por meio de sistemas *full* milho e *flex*

full. No primeiro caso, trata-se de infraestrutura destinada exclusivamente para a produção de milho, enquanto na segunda, a produção de etanol de milho e cana-de-açúcar ocorre em paralelo (NEVES et al., 2021). Segundo os mesmos autores, tem crescido a produção a partir de usinas *full* milho, além de migração da produção de usinas *flex* para *flex full*, gerando maior capacidade produtiva. Segundo Justus et al., (2024), em 2017, a primeira usina *full* produtora de etanol à base de milho passou a operar, no estado de Mato Grosso.

Diferentemente do que ocorre com a dinâmica da produção do etanol de cana-de-açúcar, que se concentra no estado de São Paulo, as usinas produtoras de etanol de milho estão majoritariamente localizadas na região Centro-Oeste, como é possível notar na Figura 2. De fato, levando em conta a safra 2024/25, a região Centro-Oeste foi responsável por 99% da produção do biocombustível a partir do milho, com considerável destaque ao estado de Mato Grosso, revelando a importância do Centro-Oeste na produção.

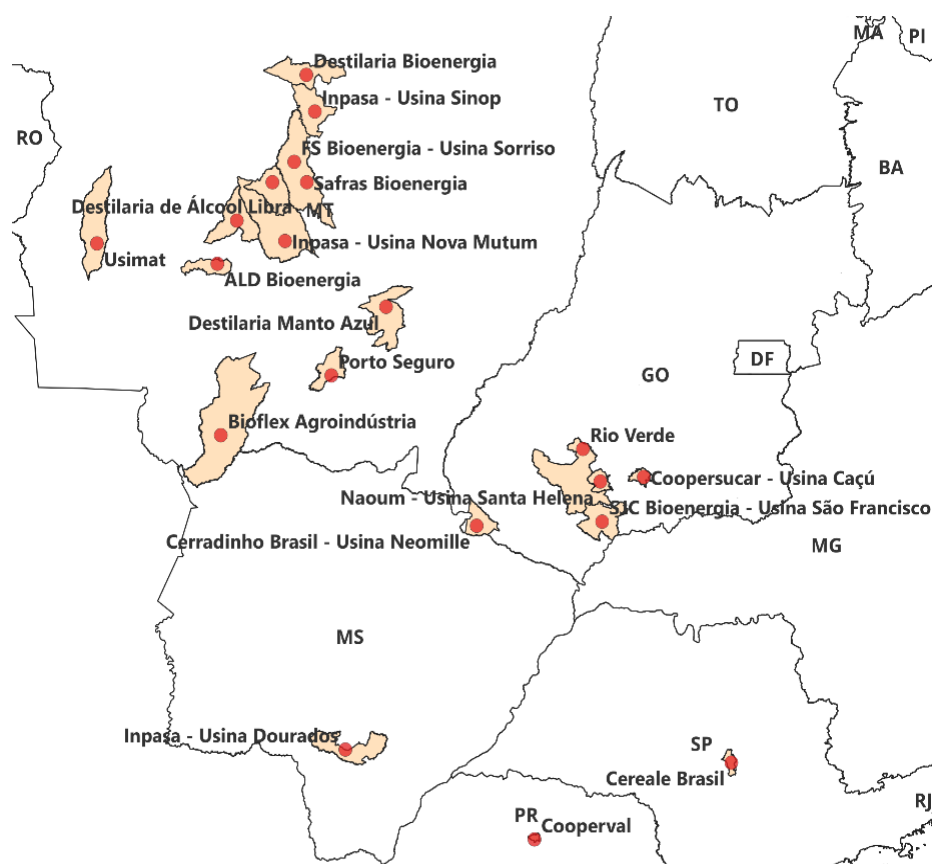


Figura 2. Localização das Usinas Brasileiras Produtoras de Etanol de Milho

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de base de dados da ANP

Para entender essa dinâmica e regionalização da produção é importante analisar o panorama da produção de milho. De acordo com dados da CONAB (2024), na safra 2022/23 o Brasil produziu mais de 122 milhões de toneladas de milho (nas três safras). Deste montante, cerca de 60% (77 milhões de toneladas) foram produzidas na região Centro-Oeste. Segundo Neves et al. (2021), em torno de 70% do custo de produção do etanol de milho provém do valor do próprio grão para processamento. Assim, nota-se que usinas localizadas em regiões mais próximas das principais áreas produtivas de milho garantem arrefecimento de custos e menor complexidade logística de transporte da matéria-prima. Moreira et al (2020) contribui com a análise, indicando que o alto excedente de produção de milho na região Centro-Oeste,

principalmente no estado de Mato Grosso, além dos menores preços aos produtores tem impulsionado os investimentos na indústria de etanol de milho no estado.

Além disso, a proximidade das instalações de regiões onde haja alta demanda de seus coprodutos é essencial, visto que a partir deles as usinas conseguem gerar maior faturamento e aumentar sua rentabilidade. Kurambhatti, Kumar e Singh (2019) afirmam que a produção de etanol a partir do milho pode ser feita por meio de duas vias, a seca e a úmida, sendo a seca a mais utilizada atualmente dados os menores custos para a produção do etanol a partir deste método. No processo de via seca, os grãos são misturados com água e enzimas, como o intuito de gerar a hidrólise do amido; deste processo, além da produção do etanol, também são gerados CO₂, WDGS (*Wet Distillers Grains with Soluble* ou Grãos Úmidos de Destilaria com Solúveis) e DDGS (*Dried Distillers Grains with Solubles* ou Grãos Secos de Destilaria com Solúveis) (MOUSDALE, 2010).

Segundo Silva et al. (2021), atualmente os gastos com alimentação figuram como um dos principais fatores no custo da produção animal. Assim, a busca por dietas alternativas surge como uma solução para a diminuição destes custos e aumento da rentabilidade do setor pecuário, mantendo a eficiência nutricional e produtiva. Min et al. (2012) dá exemplos de implementação de DDGS na dieta de frangos de corte como uma forma de torná-la mais nutritiva e menos onerosa quando comparada com dietas majoritariamente compostas por farelo de soja. Vander Pol et al. (2006), ao analisar a inclusão de WDGS nas dietas de bovinos, chegou a melhores resultados quando complementou em 40% a dieta dos animais a partir do subproduto do etanol à base de milho. Neste sentido, segundo a União Nacional do Etanol de Milho (UNEM), na safra 2023/24 foi produzido pouco mais de 3 milhões de toneladas de DDGS, com perspectivas de que a produção ultrapasse 4 milhões de toneladas para a temporada 2024/25. Por mais que a quantidade seja pequena quando comparada às 80 milhões de toneladas de ração animal produzidas no país, é possível notar perspectivas de crescimento e possibilidade de acomodação deste produto como forma de complementar a ração animal. Outros coprodutos gerados a partir do etanol de milho apresentam importância, como é o caso do óleo de milho, utilizado na implementação de ração animal e produção de biodiesel principalmente.

Vale ressaltar que a dinâmica da localização das usinas apresentada se torna ainda mais importante quando se leva em conta as usinas onde se produz exclusivamente o biocombustível a partir do milho, visto que nesses casos, o grão figura como única matéria-prima possível de alimentar as usinas. Relacionando os dados apresentados, é possível compreender que há tendência de que a produção do biocombustível ocorra majoritariamente em locais onde haja grande disponibilidade de matéria-prima, bem como da demanda de seus coprodutos, – no caso do Brasil, a região Centro-Oeste é destaque.

3.2 O contexto global da produção de etanol

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, na sigla em inglês) e da Organização Internacional do Açúcar (ISSO, na sigla em inglês), a produção internacional de etanol chegou a 118 bilhões de litros em 2024. A partir de relatórios do USDA, foi possível estimar que pouco mais de 60% de todo o etanol produzido no mundo provêm do milho, ou 70 bilhões de litros do biocombustível processados a partir do grão.

Mais da metade da produção mundial de etanol é proveniente de um só *player*. De acordo com dados da Consultoria Agro Itaú BBA (2023), o principal produtor de etanol de milho no mundo são os Estados Unidos, com capacidade produtiva que passa dos 67 bilhões de litros por ano. De acordo com dados da RFA (2024), em 2024, o país produziu mais de 61 bilhões de litros do produto, sendo praticamente a totalidade produzida a partir do milho. A indústria do biocombustível dos EUA representa em torno de 54% da produção mundial total e

cerca de 82% da produção de etanol de milho do mundo. Sua expressiva participação global pode ser justificada pela consolidação da indústria do setor no país. Como políticas estadunidenses, vale destacar o *Renewable Fuel Standard* (RFS), que estabelece metas de produção de combustíveis renováveis, que devem ser misturados aos fósseis pelas empresas que realizam sua comercialização, como também acontece no Brasil.

Além de ser o principal produtor do biocombustível, os EUA também se configuram como grandes exportadores do produto. Estimativas do USDA apontam que o país exportou cerca de 7 bilhões de litros de etanol em 2024 – valor superior à produção brasileira de etanol de milho, no mesmo período. Segundo Howell et al. (2024), os três maiores importadores de etanol de milho estadunidense foram o Canadá, o Reino Unido e a União Europeia.

O Brasil é o segundo maior produtor de etanol total e à base de milho no mundo, com volume total do biocombustível chegando a quase 36 bilhões de litros na safra 2023/24, 27% da produção mundial (UNICA, 2024). Deste total, como já mencionado, cerca de 6 bilhões de litros foram produzidos exclusivamente a partir do milho (18% da produção nacional), indicando participação brasileira neste mercado de pouco mais de 6%. Assim, é possível notar a diferença da constituição da indústria produtora de etanol brasileira, quando comparada com a dos EUA. Ainda segundo a UNICA, por mais que na safra 24/25 o Brasil tenha exportado mais de 1,5 bilhões de litros do biocombustível o etanol destinado ao mercado externo foi produzido exclusivamente a partir da cana-de-açúcar, visto que, atualmente o país não se constitui como exportador do produto à base de milho. Cerca de 44% das exportações brasileiras de etanol tiveram os EUA como destino, com a Coreia do Sul e os Países Baixos se destacando como outros grandes países consumidores do biocombustível brasileiro.

Dados do USDA de 2023 apontam que 5,4 milhões de toneladas do grão foram utilizados na indústria chinesa do biocombustível, gerando 2,9 bilhões de litros, aproximadamente 4% da produção global feita a partir desta matéria-prima. Já no caso da União Europeia, o USDA aponta que o grão foi responsável pela produção de 2,7 bilhões de litros, ou seja, 3,8% da oferta global do produto à base de milho. Além dos países citados, Índia, Canadá e Tailândia também são importantes produtores – segundo Pereira Brainer et al. (2022), os países respondem por quase 10% da produção mundial de etanol total e 5% da oferta de etanol de milho global. Assim como nos demais países, matérias-primas como mandioca, arroz, cevada e trigo também são empregadas na produção do etanol, mas em menor escala quando comparadas ao milho e ao uso da cana-de-açúcar. A Figura 3 resume essas informações.

Principais Países Produtores de Etanol de Milho



Figura 3. Principais Produtores de Etanol do Mundo

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados da USDA

Além de caracterizar os principais produtores do biocombustível, é importante também analisar o histórico de produção nestes países. A pandemia do coronavírus, iniciada em 2020, afetou de maneira bastante semelhante a produção de etanol entre os *players* globais. Segundo informações da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), a demanda global por etanol recuou cerca de 9% em 2020, saindo de 115 bilhões de litros em 2019, para 105 bilhões de litros. De acordo com dados da Consultoria Agro Itaú BBA (2023), as restrições instauradas em praticamente todos os países, a partir de 2020, geraram recuo na demanda pelo produto bem como na sua cotação, levando o setor a diminuir a produção. Este cenário pode ser melhor compreendido ao se analisar os dados de produção estadunidenses. A produção no país recuou 13% entre 2019 e 2020, chegando a 53 bilhões de litros produzidos, menor resultado desde 2013 – com parte do milho utilizado na produção sendo realocado para outros destinos, como ração animal. A partir de 2021, com o início de políticas de flexibilização, foi possível notar aumento da produção dos EUA, com avanço de 11% no comparativo entre 2020 e 2023. No entanto, vale destacar que os melhores resultados do setor ainda são considerados recuperação de produção, visto que a produção dos EUA em 2024 (58,8 bilhões de litros) ainda é inferior a períodos de pré-pandemia.

O cenário brasileiro foi bastante semelhante. Dados da EPE (2021) apontam que em 2020 houve decréscimo de 9,5% na produção brasileira de etanol, no comparativo com 2019, em decorrência do menor consumo frente a pandemia. As usinas buscaram *mixes* mais açucareiros, frente aumento da cotação da commodity no mercado internacional no início de 2020, bem como recuo das cotações do etanol. Em 2021, mesmo com políticas de flexibilização e aumento na demanda pelo biocombustível, cotações altas do açúcar e problemas de geada nas principais regiões produtoras do país geraram queda de cerca de 8% na produção total de etanol frente a 2020. A recuperação na produção total do biocombustível no Brasil só foi notada a partir de 2022, quando chegou a 30,6 bilhões de litros (2,5% acima de 2021). É importante ressaltar que mesmo durante períodos em que a produção total do etanol no Brasil recuou, a produção a partir do milho manteve seu avanço anualmente, triplicando entre 2019 e 2023.

3.3 Dinâmica de Mercado

Essa subseção se dedica a explorar os determinantes da formação dos preços do etanol de milho. Ao se falar da dinâmica de preços do mercado de etanol, é importante que haja a compreensão da cadeia e dos processos industriais nos quais o biocombustível está inserido. Além disso, é necessário compreender quais as relações que existem entre o combustível e demais produtos, como petróleo, gasolina, milho e açúcar, por exemplo. Analisando-se o cenário do mercado de etanol dos dois maiores *players* do produto, EUA e Brasil, é possível traçar paralelos entre as dinâmicas e a constituição dos preços do produto nestes países, permitindo compreender as principais semelhanças e diferenças na formação do preço do biocombustível em cada país.

Carpio (2019), Higgins et al. (2006), Thompson, Meyer & Westhoff (2009) e Tiffany & Eidman (2003) apresentam estudos que indicam forte correlação entre o comportamento das cotações de petróleo e as variações de preço do etanol. De acordo com os autores, o preço da gasolina é fortemente influenciado pelas cotações dos barris de petróleo. Assim, quando há valorização dos barris de petróleo, a tendência é de que a precificação da gasolina também aumente. Neste sentido, consumidores que possuem carros *flex* passam a optar pela utilização do etanol, gerando aumento na demanda pelo biocombustível devido à competitividade maior frente à gasolina no novo cenário de preços. O crescimento na procura por etanol tende a fazer com que seus preços avancem nos mercados. Logo, o aumento nas cotações do petróleo tende a influenciar diretamente o mercado de etanol.

De modo mais específico, Thompson, Meyer & Westhoff (2009) e Tiffany & Eidman (2003) se debruçam no mercado de biocombustíveis norte-americano. Os autores buscaram compreender os impactos do preço do milho na produção de etanol no país, visto que o grão é a principal matéria-prima utilizada pela indústria do biocombustível nos EUA. Thompson, Meyer & Westhoff (2009) correlacionam o aumento dos preços do petróleo com tendência de aumento nas cotações do milho. Segundo os autores, o preço alto do petróleo causa aumento das cotações da matéria-prima utilizada na produção do biocombustível nos EUA, levando à valorização do grão. O inverso também se constata, com recuo nas cotações de petróleo, a gasolina também recua, aumentando a competitividade do etanol. Já Tiffany & Eidman (2003) afirmam que a cotação do milho pode limitar ou favorecer a produção de etanol no país. Segundo autores, quando o preço do grão está mais baixo, custos operacionais e de aquisição da matéria-prima pelas usinas recuam, o que pode favorecer as margens e, então, a produção (e o movimento contrário também é verdadeiro).

Em situações em que o custo da aquisição do grão ocorre em conjunto com desvalorização nas cotações do etanol, o produtor pode optar pela não utilização do grão para o processamento de etanol, escolhendo negociá-lo diretamente. Autores afirmam que em cenário de alta no preço do grão e desvalorização no preço do etanol (considerado um dos piores cenários para o setor), produtores tendem a ficar mais receosos quanto à utilização do grão para a produção de biocombustível, gerando menor oferta do biocombustível.

É importante elucidar que, mesmo havendo maior competitividade do etanol frente à gasolina quando as cotações desta última estão mais elevadas, o aumento do preço da gasolina não implica necessariamente em uma pronunciada elevação na demanda por etanol e consequente aumento das cotações do biocombustível nos EUA. Isso, devido à constituição da frota de veículos domésticos e das misturas presentes na gasolina utilizada no país. De acordo com dados do *U. S. Department of Energy* (DOE), atualmente há em torno de 21 milhões de veículos *flex* no país, representando cerca de 10% da frota total. Segundo estudo realizado pela Consultoria Agro Itaú BBA (2023), o tipo de mistura (E85) utilizada neste tipo de veículo é composta de 51% a 85% de etanol e o restante é complementado a partir da gasolina. Neste sentido, mesmo em cenários onde preço do etanol está mais competitivo frente ao da gasolina, seriam poucos, em termos totais, os veículos que passariam a ser abastecidos em maior grau com o biocombustível. A principal demanda pelo etanol no país continua a ser na sua complementaridade à gasolina. Segundo informações do mesmo estudo, o etanol é utilizado como um aditivo à gasolina nos EUA, processo semelhante ao que ocorre no Brasil. A mistura mais utilizada no país é a chamada E10, que significa a utilização de até 10% de etanol na mistura da gasolina (em alguns estados, principalmente aqueles onde há maior predominância de usinas de etanol de milho, o percentual adicionado de etanol pode chegar a 15%). Em resumo, mesmo com aumento na demanda por gasolina, a utilização do etanol continuará a ocorrer, em virtude de o biocombustível ser utilizado também como aditivo nas misturas. Da mesma forma, aumentos nos preços da gasolina podem até gerar elevação na demanda por etanol, mas o avanço do uso do biocombustível ocorreria em sua maioria nos veículos *flex* (em 10% da frota total dos EUA).

Ao analisar o cenário brasileiro de preço, é possível notar algumas diferenças em relação ao que ocorre nos EUA. Enquanto naquele país existem impactos das cotações do milho na produção e nos preços do etanol, no Brasil, o açúcar ganha maior notoriedade, já que de modo geral, tanto a commodity como o biocombustível utilizam da mesma matéria-prima para serem produzidos. Além disso, no país existe a possibilidade de produção de dois diferentes tipos de etanol (hidratado e anidro), sendo necessário compreender as diferenças entre as dinâmicas de preços de cada um deles.

De acordo com Quintino, David & Vian (2017), a estrutura de produção de ambos os tipos de etanol é bastante semelhante e praticamente todas as usinas de etanol produzem o biocombustível nas duas formas. Do ponto de produção, a única diferença entre anidro e hidratado é que neste primeiro os teores de água presentes na solução são reduzidos, a partir de processos complementares de destilação. O etanol anidro é utilizado como aditivo às misturas de gasolina, sendo que a faixa de adição varia de 18 a 27,5%. Logo, o etanol anidro possui importante relação com a dinâmica de preços da gasolina, que é fortemente influenciada pelos preços dos barris de petróleo. Se tratando do etanol hidratado, o biocombustível é utilizado nas frotas *flex*. Neste caso, dinâmica é um pouco diferente do que é observado no anidro, sendo que o produto pode ser comercializado diretamente aos distribuidores de combustíveis, a depender das condições de mercado e fatores sazonais de oferta, além de ser beneficiado pelo recuo na demanda por gasolina, bem como pelo aumento de produção de veículos *flex* (QUINTINO; DAVID; VIAN, 2017).

Já levando em conta a dinâmica do mercado de açúcar, Carpio (2019) afirma que, em virtude de o Brasil ser o maior produtor de açúcar do mundo (boa parte destinada à exportação) e os preços desta commodity serem regulados em mercados internacionais (diferente do que ocorre com o etanol, onde cada país possui sua metodologia de precificação), a valorização das cotações do açúcar tende a inclinar a produção das usinas brasileiras para um *mix* mais açucareiro. O contrário também ocorre, em momentos de desvalorização do açúcar, há tendência de recuo em sua produção e avanço do processamento de etanol nas usinas. Assim, o autor concluiu existir uma relação causal entre os preços do açúcar e os preços do etanol.

De Gorter, Dabrik & Kliauga (2012) e Quintino, Cantarinha & Ferreira (2021) contribuem com a análise, indicando inclusive que altas de preços no etanol brasileiro observadas entre 2009 e 2012 ocorreram principalmente por conta das cotações recordes de açúcar no mercado internacional, o que fez com que oferta nacional de etanol recuasse. Autores destacam ainda a importância da análise das condições de safra da cana-de-açúcar. Em momentos em que as lavouras são impactadas por intempéries climáticas, por exemplo, têm-se redução da oferta de matéria-prima para processamento, e possivelmente uma menor oferta do biocombustível no mercado (a depender também dos preços relativos entre açúcar e etanol).

Outro fator que também merece atenção no Brasil é o comportamento dos preços da gasolina, já citado anteriormente, e as políticas governamentais adotadas pelo país. Cenário parecido com o que foi apresentado nos EUA ocorre no Brasil, com aumentos ou recuos das cotações de etanol sendo influenciados pelos preços da gasolina. No caso brasileiro, a elevação dos preços da gasolina, além de tornar o etanol hidratado mais competitivo no mercado, gera menor demanda pelo etanol anidro, visto que este último é comercializado de maneira complementar à gasolina.

Segundo El Montasser et al. (2015), o congelamento de preços da gasolina pelo governo brasileiro, por intermédio da Petrobrás, a partir de 2008, gerou consideráveis dificuldades no desenvolvimento do setor de biocombustíveis no país. Ao adotar essa medida, os preços da gasolina ficaram abaixo do esperado, justamente por conta de a alta nos barris de petróleo não ser repassada ao consumidor final no momento de aquisição da gasolina nas bombas. Ao mesmo tempo, as cotações do etanol hidratado seguiram a dinâmica de mercado, sem interferências, gerando uma competitividade desleal ao setor do biocombustível, segundo os autores. A tendência para o consumidor durante período em que a política de congelamento nos preços vigorou (2008-2016) foi de maior demanda por gasolina frente ao etanol hidratado, resultando em menores margens às usinas e desestímulo do setor no período, por mais que houvesse a produção de etanol anidro. Vale destacar que após o período citado, a Petrobrás passou a seguir o Preço de Paridade de Importação (PPI) até meados de 2023, quando voltou a desconsiderar a

política de PPI e definir a precificação do combustível a partir dos custos alternativos do cliente e valor marginal para a empresa.

Quando analisado o tamanho da frota de veículos *flex* no Brasil, é possível notar como as dificuldades geradas pelo congelamento de preços do petróleo podem limitar o setor de biocombustíveis. Segundo dados da Associação Nacional de Veículos Automotores (ANFAVEA), há atualmente no Brasil cerca de 40 milhões de veículos *flex*. Diferente dos EUA, onde a representatividade dos modelos *flex* ainda é pequena, no Brasil, este tipo de veículo representa cerca de 35% da frota nacional (estimada em pouco mais de 115 milhões de veículos em 2022 de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Assim, o desestímulo e a menor competitividade do biocombustível frente à gasolina impactam consideravelmente a produção de etanol no país e o desenvolvimento do setor.

Estudo realizado por David et al. (2018) contribui com as informações apresentadas até o momento e favorecem a sumarização dos fatores indicados como principais responsáveis pela dinâmica de preços do biocombustível no Brasil. De acordo com autores, a volatilidade nos preços do etanol no mercado brasileiro está associada principalmente a: i) quantidade de produção de cana-de-açúcar; ii) mix de produção das usinas sucroalcooleiras, que depende do preço relativos do açúcar frente ao etanol; iii) renda do consumidor, que impacta a demanda por combustíveis de modo geral; iv) número de veículos de frota comercial leve (aqueles que podem ser abastecidos com etanol ou gasolina); e v) preço da gasolina.

3.4 Evolução dos Preços

A partir da análise da seção anterior, nessa atual, o comportamento dos preços é analisado. Historicamente, em períodos de entressafra da cana-de-açúcar—de novembro a março— há tendência de aumento nas cotações do biocombustível. O cenário se deve justamente por ser o período em que oferta da matéria-prima recua, já que áreas canavieiras no Centro-Sul encerram as atividades em novembro, voltando quatro meses depois. Boa parte dos momentos em que se observa aumento nas cotações do biocombustível na série apresentada coincide com os meses em que as principais usinas sucroalcooleiras não estão processando a cana-de-açúcar, como pode ser notado na Figura 4.

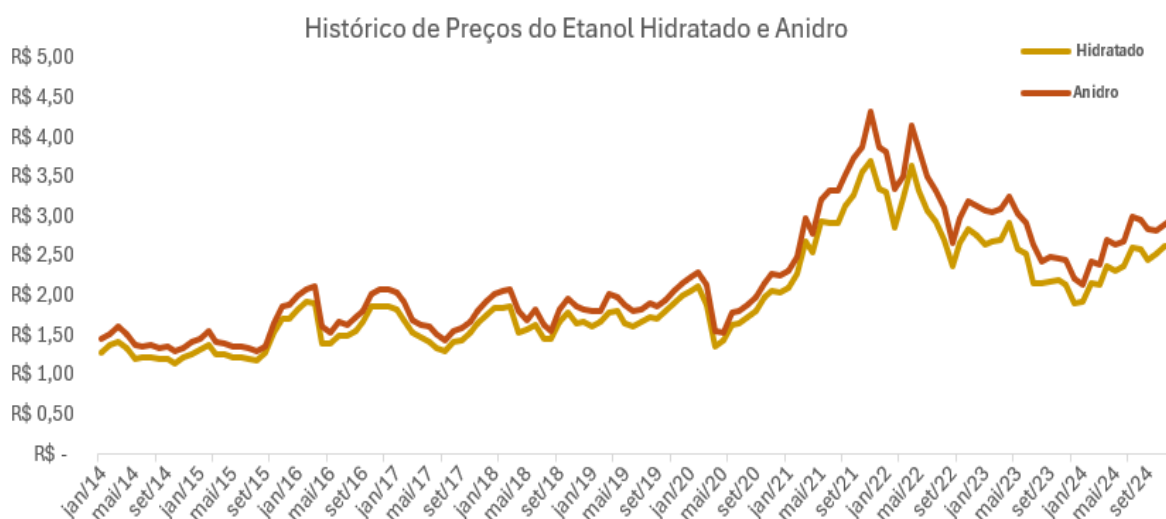


Figura 4. Histórico Nacional de Preços do Etanol Hidratado e Anidro

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Cepea

No entanto, para além de períodos de entressafra, percebe-se que mudanças tributárias, por exemplo, também podem influenciar as cotações do biocombustível. Analisando a série temporal de 10 anos apresentada, nota-se que a partir do meio do 2º semestre de 2015 os preços do etanol passaram a subir consideravelmente, alcançando o que até então seria o ápice das cotações entre fevereiro e março do ano seguinte. Além de preços serem impactados na entressafra do período, as políticas de aumento de tributação na gasolina, iniciadas em fevereiro de 2015 contribuíram com o cenário. O aumento citado foi repassado às refinarias e consequentemente ao consumidor final, chegando às bombas, com cotações próximas a R\$2,90 no ápice dos preços do produto, segundo dados da ANP. Desta forma, a tendência foi de aumento na demanda por etanol, que passou a ser mais competitivo frente à gasolina, com impactos posteriormente sobre os preços do biocombustível.

Ainda em 2016, os preços voltaram a subir, com aumentos observados a partir do 2º semestre daquele ano. Entre julho de 2016 e janeiro de 2017, as cotações médias do etanol hidratado e anidro ficaram cerca de 14% acima do registrado no mesmo período dos anos anteriores. Nesse caso, o cenário descrito se deveu principalmente à quebra de safra de cana que ocorreu entre 2016 e 2017. Segundo a UNICA, nesta safra houve recuo de 35 milhões de toneladas de cana-de-açúcar sendo processadas pelas usinas por conta de adversidades climáticas. Assim, com oferta restrita e demanda estável, as cotações avançaram mais do que o esperado no período. Ao longo dos anos seguintes, o cenário de elevação nos preços foi observado principalmente em períodos de entressafra, com cotações voltando aos patamares anteriores após o término do período e início das atividades de colheita nas lavouras canavieiras.

Um novo movimento atípico, que fugiu aos comportamentos sazonais, foi verificado em 2020. A finalização do período de entressafra em 2019/2020, que gerou aumento na oferta do biocombustível, aliada ao início da pandemia de Covid-19 e das restrições de circulação no país, impactaram negativamente o setor de etanol. De acordo com dados do CEPEA, de abril a setembro de 2020 houve redução de 45% no volume comercializado do biocombustível, em comparação com o mesmo período em 2019. A menor demanda fez com que o preço do etanol recuasse a patamares observados em 2017. No ano seguinte, as cotações voltaram a apresentar avanço, principalmente por conta da diminuição de restrições, o que favoreceu a demanda pelo produto. Além disso, as cotações internacionais do açúcar também se elevaram, fazendo com que usineiros migrassem para um *mix* mais açucareiro do que em anos anteriores. Deste modo, com avanço na demanda e recuo na oferta, os preços do biocombustível alcançaram novo ápice em novembro de 2021, com R\$3,70 para o hidratado e R\$4,33 para o anidro.

Em 2022, as cotações continuaram elevadas, principalmente ao longo do 1º semestre do ano. Além do fator sazonal, os conflitos entre a Rússia e a Ucrânia, que ganharam grandes proporções no início de 2022, favorecem a elevação no preço do petróleo. Desta forma, as cotações da gasolina se elevaram e contribuíram com aumento nos preços do etanol. Durante o 1º semestre daquele ano, as cotações do etanol atingiram os maiores valores observados até então para o período considerando a série histórica analisada. Entretanto, a partir do 2º semestre, por mais que preços ainda estivessem elevados, foi possível notar recuo nas cotações do biocombustível, favorecido pelo arrefecimento dos preços internacionais de petróleo, que começaram a recuar entre junho e julho de 2022 e pelo aumento na produção de cana-de-açúcar, favorecendo oferta de etanol.

A partir de meados de maio de 2023, foi possível notar recuo nas cotações. Neste caso, os menores preços ocorreram em virtude da nova estratégia da Petrobrás na definição dos preços da gasolina, que teve início em maio. Com a nova estratégia, a estatal afirma que foi possível mitigar a alta volatilidade do mercado internacional, contribuindo com a estabilidade nos preços do combustível em 2023. Inclusive, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, houve redução real no preço da gasolina em 2023 – próxima de 9% em comparação

com 2022. Além dos impactos da nova política de preços, a produção recorde na safra 23/24 de cana-de-açúcar do Centro-Sul favoreceu a produção de etanol. Assim, a maior oferta do produto, aliada às novas políticas de preços da gasolina contribuíram com o início de 2024 marcado pela estabilidade das cotações do produto, com valores próximos aos observados em meados de 2019. Todavia, ao longo de 2024 foi possível notar avanço nos preços do combustível, ligados principalmente à maior atratividade do mercado do açúcar, com a desvalorização do Real.

4.4 Considerações Finais

O presente estudo buscou traçar um panorama para o etanol de milho brasileiro, de tal modo que pudesse traçar perspectivas, explicitando potenciais entraves e oportunidades. A análise de dados permitiu verificar que o etanol de milho ainda representa uma parcela relativamente pequena da produção total de etanol no Brasil, que é majoritariamente produzido a partir da cana-de-açúcar. Mas, o etanol de milho tem apresentado crescimento exponencial de produção nos últimos dez anos – e, por consequência, ampliado sua participação no total de etanol produzido.

Esse avanço não se explica apenas pelo aumento expressivo da produção da segunda safra de milho, sobretudo no Centro-Oeste, embora esse seja um determinante importante identificado a partir das análises. Mas, devem ser mencionados também outros fatores estruturais, econômicos e tecnológicos. Entre os principais, pode-se destacar: i) a atratividade da utilização de excedentes de milho em regiões com menores vantagens logísticas para o escoamento para exportação; ii) a possibilidade de melhor aproveitamento da infraestrutura já existente na indústria sucroenergética, por meio dos modelos de usinas *flex* e *flex full*; iii) além da possibilidade de ampliação da rentabilidade por meio da destinação dos coprodutos do processo produtivo, especialmente o DDGS, que encontra mercado promissor na pecuária brasileira. Por fim, o cenário regulatório e político, com a criação do RenovaBio e, mais recentemente, a Lei do Combustível do Futuro, também tem contribuído para melhorar a atratividade do investimento no setor de biocombustíveis como um todo.

Um desafio identificado é a alta sensibilidade da cadeia às variações em um conjunto de fatores, o que impõe alta complexidade ao mercado. Os preços do etanol de milho são influenciados pelos preços do petróleo e da gasolina, pela oferta e condições da safra de cana-de-açúcar, pelos preços relativos do açúcar, pela oferta e condições da safra – e então preços – do milho, pela composição da frota nacional de veículos, além dos fatores macroeconômicos (como renda do consumidor) e das políticas públicas. Nesse ponto, destaca-se um segundo desafio, que é a instabilidade das políticas energéticas, sobretudo as mudanças em relação à precificação da gasolina.

Em termos de oportunidades, conclui-se que o etanol de milho apresenta uma importante alternativa para a diversificação da matriz energética brasileira e para a valorização regional de excedentes de milho, especialmente no Centro-Oeste. No momento atual, em linha com a recentemente sancionada Lei Combustível do Futuro e os incentivos alinhados à descarbonização, no Brasil e no mundo, as perspectivas parecem promissoras para o biocombustível.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, S. M. **Análise socioeconômica e de uso da terra da produção de etanol de milho segunda safra, no Centro-Oeste Brasileiro**. Campinas: [s.n.]. Disponível em: <https://orcid.org/0000-0002-2404-5022>.

BENETTI, M. D. (2009). **A internacionalização recente da indústria de etanol brasileira.** Indicadores Econômicos FEE, 36(4), 149-160

CARPIO, L. G. T. **The effects of oil price volatility on ethanol, gasoline, and sugar price forecasts.** Energy, v. 181, p. 1012–1022, ago. 2019.

CONAB. **Conab - Companhia Nacional de Abastecimento.**

CONSULTORIA AGRO ITAÚ BBA. **Biocombustíveis: Aspectos básicos e a indústria norte-americana.** São Paulo: [s.n.].

DA CRUZ, M. G.; GUERREIRO, E.; RAIHER, A. P. **A evolução da produção de etanol no Brasil, no período de 1975 a 2009.** Revista Econômica do Nordeste, v. 43, n. 4, p. 141–160, 17 nov. 2016.

DAVID, S. A. et al. **Fractional dynamic behavior in ethanol prices series.** Journal of Computational and Applied Mathematics, v. 339, p. 85–93, set. 2018.

DE GORTER, H.; DRABIK, D.; KLIAUGA, E. M. **Policy Update: Why ethanol prices are so high in Brazil.** Biofuels, v. 3, n. , p. 371–373, 9 jul. 2012.

DONKE, A. et al. **Environmental and Energy Performance of Ethanol Production from the Integration of Sugarcane, Corn, and Grain Sorghum in a Multipurpose Plant.** Resources, v. 6, n. 1, p. 1, 27 dez. 2016.

DOS SANTOS, H. F.; SAMPAIO, M. D. A. P. **fatores determinantes da recente crise do setor**

EL MONTASSER, G. et al. **Are there multiple bubbles in the ethanol–gasoline price ratio of Brazil?** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 52, p. 19–23, dez. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **NT-EPE-DPG-SDB-2021-03_Analise_de_Conjuntura_dos_Biocombustiveis_ano_2020.** 2021.

GERALDO BARROS et al. **Agromensal - Etanol.** Piracicaba: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0855999001609938470.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2025.

GILIO, LEANDRO; NICOLE RENNO CASTRO. **AVALIAÇÃO DE ASPECTOS LIMITANTES AO CRESCIMENTO DO ETANOL E O SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL.** Revista Eletrônica de Energia, v. 6, p. 58–74, dez. 2016.

GODOY, M. G. S. **O Protocolo de Kyoto e os países em desenvolvimento: uma avaliação da utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo .** Universidade de São Paulo. 2010

GUIMARÃES, P. R. B. (2008). **Métodos quantitativos estatísticos.** Curitiba: Iesde Brasil SA, 1, 252.

HIGGINS, L. M. et al. **Ethanol Pricing: Explanations and Interrelationships.** AgEcon Search - Research in Agricultural & Applied Economics, 2006.

HOWELL, B. et al. **RFA BOARD OF DIRECTORS**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://d35t1syewk4d42.cloudfront.net/file/2666/RFA_Outlook_2024_full_final_low.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2024.

JUSTUS, M. et al. **Did the entry of the corn ethanol industry in Brazil affect the relationship between domestic and international corn prices?** GCB Bioenergy, v. 16, n. 9, 30 set. 2024.

KURAMBHATTI; KUMAR; SINGH. **Impact of Fractionation Process on the Technical and Economic Viability of Corn Dry Grind Ethanol Process**. Processes, v. 7, n. 9, p. 578, 1 set. 2019.

MARQUES BORTOLETTO E ANDRÉ, A.; ALCARDE, R. **Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente**. [s.l.: s.n.].

MICHELLON, E.; SANTOS, A. A. L.; RODRIGUES, J. R. A. **BREVE DESCRIÇÃO DO PROÁLCOOL E PERSPECTIVAS FUTURAS PARA O ETANOL PRODUZIDO NO BRASIL**. Vrachebnoe delo. Anais...Maringá: <https://ageconsearch.umn.edu/record/109225>, 2008.

MIN, Y. N. et al. **Effects of dietary distillers dried grains with solubles concentrations on meat quality and antioxidant status and capacity of broiler chickens**. Journal of Applied Poultry Research, v. 21, n. 3, p. 603–611, set. 2012.

MOREIRA, M. M. R. et al. **Socio-environmental and land-use impacts of double-cropped maize ethanol in Brazil**. Nature Sustainability, v. 3, n. 3, p. 209–216, 13 jan. 2020.

MOUSDALE, D. M. **Introduction to Biofuels**. [s.l.] CRC Press, 2010.

NEVES, M. et al. **REALIZAÇÃO APOIO FICHA CATALOGRÁFICA 2**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/wp-content/uploads/2021/05/Etanol-de-Milho-no-Brasil-Fava-Neves-et-al-2021_compressed.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Petrópolis, Vozes, 2007

PEREIRA BRAINER, M. et al. **Agroindústria-Etanol**. [s.d.].

QUINTINO, D.; DAVID, S.; VIAN, C. **Analysis of the Relationship between Ethanol Spot and Futures Prices in Brazil**. International Journal of Financial Studies, v. 5, n. 2, p. 11, 1 abr. 2017.

QUINTINO, D. D.; CANTARINHA, A.; FERREIRA, P. J. S. **Relationship between US and Brazilian ethanol prices: new evidence based on fractal regressions**. Biofuels, Bioproducts and Biorefining, v. 15, n. 5, p. 1215–1220, 11 set. 2021.

ROCHA, J.; GONÇALVES, S.; RIBEIRO, T. **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense v Etanol e suas aplicações**. [s.l.: s.n.].

SÁ-SILVA, J. R.; ALMEIDA, C. D. D.; GUINDANI, J. F. **Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas**. Revista brasileira de história & ciências sociais, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2009.

SILVA, B. C. R. et al. **Uso do coproduto de etanol de milho na alimentação de aves: Revisão.** Research, Society and Development, v. 10, n. 4, p. e15510413891, 4 abr. 2021.

THOMPSON, W.; MEYER, S.; WESTHOFF, P. **How does petroleum price and corn yield volatility affect ethanol markets with and without an ethanol use mandate?** Energy Policy, v. 37, n. 2, p. 745–749, fev. 2009.

TIFFANY, G. D.; EIDMAN, R. V. **Factors Associated with Success of Fuel Ethanol Producers.** AgEcon Search - Research in Agricultural & Applied Economics, v. 1, ago. 2003.

UNICA. **UNICAdata - Observatório da cana e bioenergia.**

VANDER POL, K. J. et al. **Effect of Dietary Inclusion of Wet Distillers Grains on Feedlot Performance of Finishing Cattle and Energy Value Relative to Corn.** 2006. Disponível em: <<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1119&context=animalscinbcr>>.

YABE MILANEZ, A. et al. **A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política.** 2014. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>>.