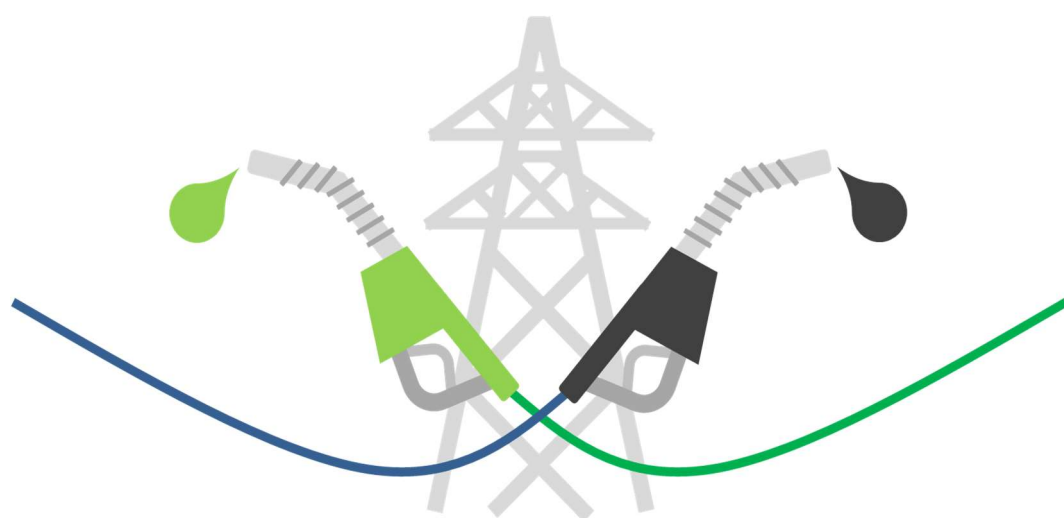




Empresa de Pesquisa Energética

NOTA TÉCNICA



Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2021

AGOSTO DE 2022

Ministério de
Minas e Energia



Coordenação Geral

Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Dan Abensur Gandelman

Euler João Geraldo da Silva

Juliana Rangel do Nascimento

Leônidas Bially Olegario dos Santos

Marina Damião Besteti Ribeiro

Paula Isabel da Costa Barbosa

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Assistente Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

Estagiário

Laura Gomes da Silva

Imagens da Capa

1. Desenvolvido por Racool_studio em Freepik.
2. Divulgação livre. Obtido em Pixabay.
3. Desenvolvido por master1305 em Freepik.
4. Divulgação livre. Obtido em Pixabay.
5. Arquivo JornalCana

Ministério de
Minas e Energia



Ministro de Estado
Adolfo Sachsida

Secretário-Executivo
Hailton Madureira de Almeida

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
José Guilherme de Lara Resende

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
Rafael Bastos da Silva

<http://www.mme.gov.br>



Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Erik Eduardo Rego

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa
Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ Identificação do Documento e Revisões



Área de estudo

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG)

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB)

Estudo

Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	17/08/2022	Publicação original

Agradecimentos

Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP

Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - ANFAVEA

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES

Centro de Tecnologia Canavieira - CTC

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA

Ministério de Minas e Energia – MME

União da Indústria de Cana-de-açúcar – UNICA

Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – Fipe

Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA / ESALQ / USP

Apresentação

A Empresa de Pesquisa Energética apresenta a sua edição número 13 da Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis, com foco no ano de 2021. Com periodicidade anual, a publicação consolida os fatos mais relevantes referentes aos biocombustíveis, que ocorreram no ano anterior à sua divulgação. É lançada após o fechamento da safra sucroenergética e a consolidação das estatísticas dos mais importantes órgãos da área.

Os principais temas abordados são: a oferta e demanda de etanol e sua infraestrutura de produção e transporte, o mercado de ciclo Otto, a participação da bioeletricidade na matriz nacional e nos leilões de energia, o mercado de biodiesel, o mercado internacional de biocombustíveis, as expectativas para os novos biocombustíveis, as emissões de gases de efeito estufa evitadas pela utilização dessas fontes renováveis de energia e o acompanhamento da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio). Percebidos a partir do segundo trimestre de 2020 e com desdobramentos em 2021, os impactos da Covid-19 são mencionados ao longo deste documento.

Nessa edição, além da avaliação dos principais acontecimentos ocorridos em 2021, o documento apresenta um artigo que analisa o papel dos fertilizantes na produção de biocombustíveis no Brasil.

■ Sumário

Agradecimentos.....	iii
Apresentação.....	iv
1. Oferta de etanol.....	1
1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana	1
1.2. Processamento da cana-de-açúcar	6
1.3. Produção de etanol.....	6
1.4. Produção de açúcar	9
1.5. Mix de produção	11
2. Demanda do ciclo Otto.....	12
2.1. Licenciamento e frota de veículos leves	12
2.2. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto	13
3. Análise econômica	15
3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto	15
3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto.....	18
4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol	19
4.1. Capacidade produtiva	19
4.2. Tancagem	21
4.3. Dutos	22
4.4. Portos	22
5. Bioeletricidade	23
5.1. Exportação e comercialização de energia	23
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas	26
6. Biodiesel	27
6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel	27
6.2. Volumes comercializados e preços de biodiesel	29
6.3. Capacidade instalada e produção regional.....	31
6.4. Matéria-prima para o biodiesel	33
6.5. Coprodutos do biodiesel	35
6.6. Metanol.....	35
7. Mercado internacional de biocombustíveis	36
7.1. Estados Unidos.....	37
7.2. União Europeia.....	38
7.3. Ásia.....	39
8. Outros biocombustíveis	40
9. Emissões de gases de efeito estufa.....	44
10. RenovaBio.....	45
10.1. Certificações.....	45
10.2. Metas compulsórias de redução de emissões de GEE.....	47
10.3. Estoque e Aposentadoria do CBIO.....	48
10.4. Preço do CBIO	49
11. O papel dos fertilizantes na produção nacional de biocombustíveis.....	50
11.1. Introdução.....	50
11.2. Panorama do Mercado de Fertilizantes.....	50
11.2.1. Cenário Internacional	51
11.2.2. Produtividade Agrícola Brasileira	52

11.2.3. PIB brasileiro e o agronegócio	52
11.3. Mercado Nacional de Fertilizantes	53
11.3.1. Plano Nacional de Fertilizantes (PNF 2022-2050)	55
11.3.2. Alternativas para o mercado de fertilizantes	56
11.3.3. Relação entre biocombustíveis e fertilizantes sobre a ótica da MIP	58
11.4. Considerações Finais	59
Referências bibliográficas	61

■ **Lista de gráficos**

Gráfico 1 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (Brasil)	1
Gráfico 2 - Participação da cana planta na área total colhida e produtividade (Brasil)	2
Gráfico 3 - Idade média do canavial (Brasil e regiões)	3
Gráfico 4 - Valor captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana	4
Gráfico 5- Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana	5
Gráfico 6 - Histórico anual do processamento de cana	6
Gráfico 7 - Produção brasileira de etanol de milho	7
Gráfico 8 - Produção brasileira de etanol (da cana e do milho)	7
Gráfico 9 - Evolução mensal do estoque físico de etanol	8
Gráfico 10 - Produção e exportação brasileira de açúcar	9
Gráfico 11- Exportação brasileira de açúcar e câmbio	10
Gráfico 12 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado	10
Gráfico 13 - Mix de produção (açúcar x etanol)	11
Gráfico 14 - Licenciamentos de veículos leves	12
Gráfico 15 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis	13
Gráfico 16 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C	14
Gráfico 17 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A	14
Gráfico 18 - Preços de etanol hidratado	15
Gráfico 19 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)	17
Gráfico 20 – PE, PG e relação PE/PG mensal em 2021	18
Gráfico 21 - Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina x etanol) 2021	18
Gráfico 22 - Fluxo de usinas de cana no Brasil	20
Gráfico 23 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil	21
Gráfico 24 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2021	21
Gráfico 25 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica	23
Gráfico 26 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana	24
Gráfico 27 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada	25
Gráfico 28 - Geração térmica a biomassa de cana versus PLD	26
Gráfico 29 - Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar	27
Gráfico 30 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS	29
Gráfico 31 - Volume de biodiesel nos Leilões – Ofertado X Arrematado	30
Gráfico 32 - Capacidade Nominal Autorizada e Consumo de Biodiesel em 2021	31
Gráfico 33 - Produção regional de Biodiesel em 2021	32
Gráfico 34 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel	32
Gráfico 35 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2021	33
Gráfico 36 - Mercado de óleo de soja	34

Gráfico 37 - Exportação de glicerina bruta e glicerol	35
Gráfico 38 - Importação de metanol para biodiesel.....	36
Gráfico 39 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2010 a 2021	36
Gráfico 40 - Exportações e importações mensais de etanol – 2020 a 2021.....	37
Gráfico 41 - Emissões Evitadas com Biocombustíveis em 2021 – Brasil	44
Gráfico 42 – Certificações de produção de biocombustíveis válidas (acumulado).....	45
Gráfico 43 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota	46
Gráfico 44 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas	46
Gráfico 45 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE.....	47
Gráfico 46 - Estoque X Aposentadoria de CBIO	48
Gráfico 47 - Quantidades negociadas e preços médios de CBIO.....	49
Gráfico 48 –Balança Comercial Brasileira, do Agronegócio e da taxa de câmbio (R\$/US\$).....	53
Gráfico 49 - Consumo de fertilizantes por cultura em 2020	54
Gráfico 50 - Mercado de Fertilizantes no Brasil.....	55

■ **Lista de tabelas**

Tabela 1 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG).....	16
Tabela 2 - Complexo soja	34
Tabela 3 - Volumes originais e revisados da RFS (bilhões de litros)	38
Tabela 4 - Rotas tecnológicas aprovadas para a produção de Querosene de Aviação Alternativo....	42
Tabela 5 - Principais países fornecedores de adubos e fertilizantes para o Brasil em 2021.....	51
Tabela 6 - Características das culturas da soja, milho e trigo no Brasil.....	52
Tabela 7 - Multiplicadores de atividade/PIB, renda e emprego para setores selecionados.....	58
Tabela 8 - Índices de ligações para frente (ILF) e para trás (ILT), de Rasmussen-Hirschman, Brasil, 2017.	59

■ **Lista de figuras**

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2021.....	19
Figura 2 - Sistema integrado de logística para o etanol	22
Figura 3 - Evolução do marco legal do biodiesel	28

1. Oferta de etanol

No ano de 2021, a produção sucroenergética foi impactada pelo *déficit* hídrico e geadas, resultando nos menores indicadores dos últimos dez anos. O processamento de cana-de-açúcar foi de 581 milhões de toneladas, uma queda de 12,3% em relação a 2020. A produção de açúcar diminuiu 15,4%, totalizando 35,1 milhões de toneladas. Em relação ao etanol, foram produzidos 29,9 bilhões de litros (8,4% inferior), mesmo com o aumento da participação do biocombustível oriundo do milho, que contribuiu com 3,3 bilhões de litros (crescimento de 35%) (MAPA, 2022).

O consumo dos combustíveis do ciclo Otto apresentou recuperação, contudo, com redução da participação do etanol hidratado, pela sua menor disponibilidade, como indicado anteriormente. A cotação do açúcar no mercado internacional manteve-se em alta, resultando em um *mix* de produção nos mesmos patamares da safra 2020/21. Esses aspectos serão detalhados nas seções a seguir.

Para a safra 2022/23, com a perspectiva de condições climáticas mais favoráveis que o observado no ciclo anterior, há uma expectativa de recuperação na moagem de cana e na produtividade. A produção de açúcar pode ser favorecida pela maior rentabilidade da *commodity* e pelos contratos a serem cumpridos. A produção de etanol a partir do milho mantém a sua tendência de crescimento (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

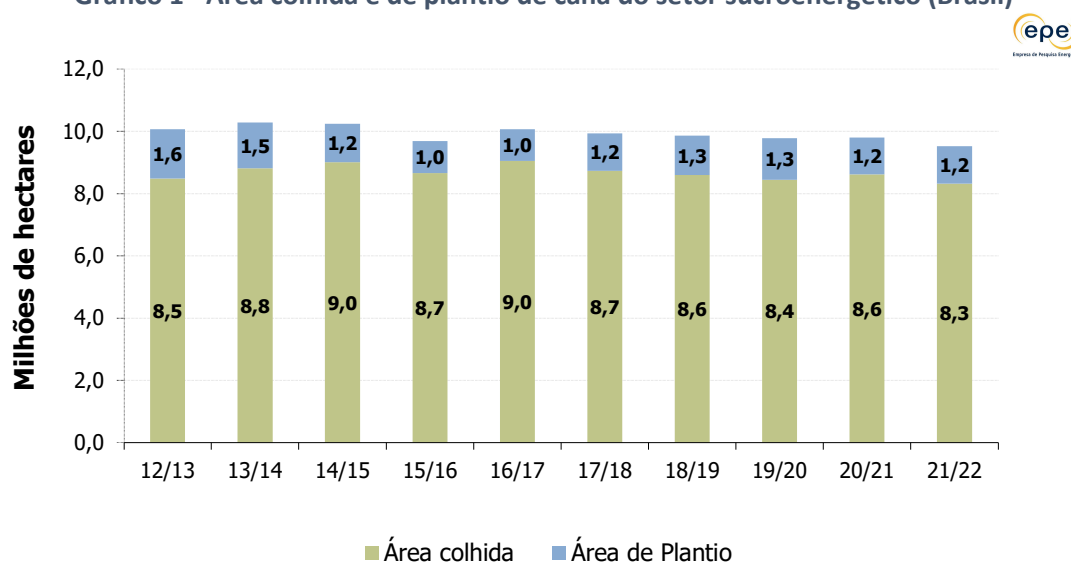
1.1. Área, Produtividade Agrícola e Rendimento da Cana

Área

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a área total colhida pelo setor sucroenergético, na safra 2021/22, foi de 8,3 milhões de hectares, decréscimo de 3,5%, com relação à anterior. A região Sudeste teve uma queda de 3,8% (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b). A área de cana colhida oscilava em torno de 8,7 milhões de hectares, como indicado no Gráfico 1 e a redução observada está relacionada com a concorrência de cultivos que apresentam atualmente boa rentabilidade, como soja e milho, além dos aspectos climáticos que ocorreram nesse período.

A área de plantio foi de 1,2 milhão de hectares, similar ao observado na safra anterior, sendo que as regiões Sudeste e Sul apresentaram queda (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

Gráfico 1 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (Brasil)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b)

Para a safra 2022/23, a CONAB estima que a área deverá apresentar mais uma pequena diminuição, totalizando 8,2 milhões de hectares (-1,3%), em função da destinação ao cultivo de grãos (CONAB, 2022b).

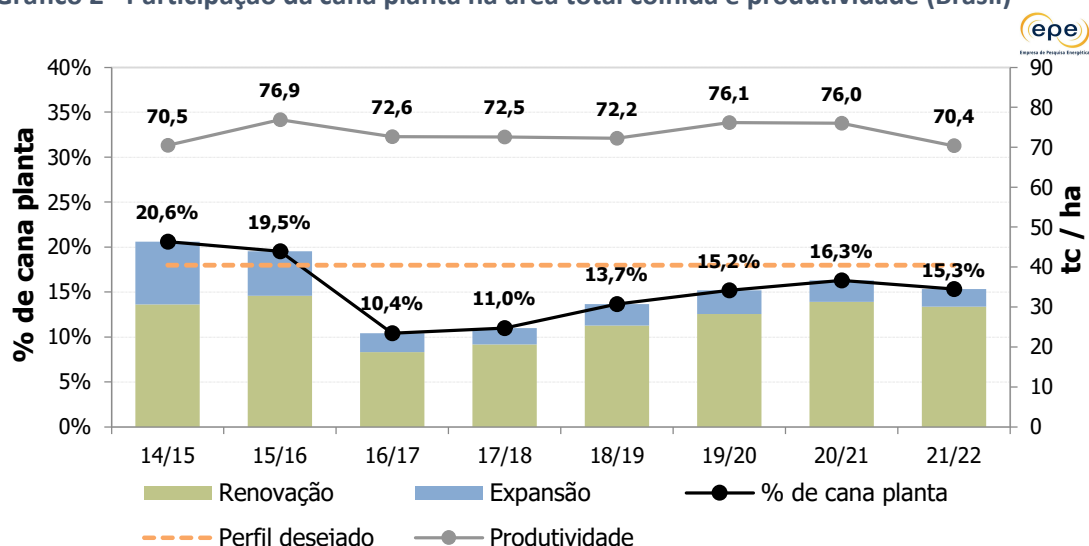
Produtividade Agrícola

A produtividade média do setor sucroenergético brasileiro na safra 2021/22 foi de 70,4 tc/ha, queda de 7,4% com relação à anterior (76,0 tc/ha), e menor valor registrado desde a safra 2014/15. A região Centro-Sul, que representou 91% da produção total, teve uma redução no indicador de 8,5%, devido às condições climáticas desfavoráveis no período, inclusive com incidência de geadas em algumas localidades. Na região Norte-Nordeste, houve um aumento de 6,1% (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

A avaliação do desempenho da produção sucroenergética requer também verificar como está distribuída a área de cultivo da cana, que é diferenciada em: reformada, em reforma, de expansão e de cana soca¹. A participação da cana planta² (cana planta/cana total) considerada ideal é de 18%, percentual relativo a uma renovação do canavial após cinco safras (UNICA, 2017).

O Gráfico 2 apresenta a evolução da participação da cana planta no total de cana colhida no Brasil, excluindo a área de cana em reforma (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

Gráfico 2 - Participação da cana planta na área total colhida e produtividade (Brasil)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b) e (UNICA, 2017)

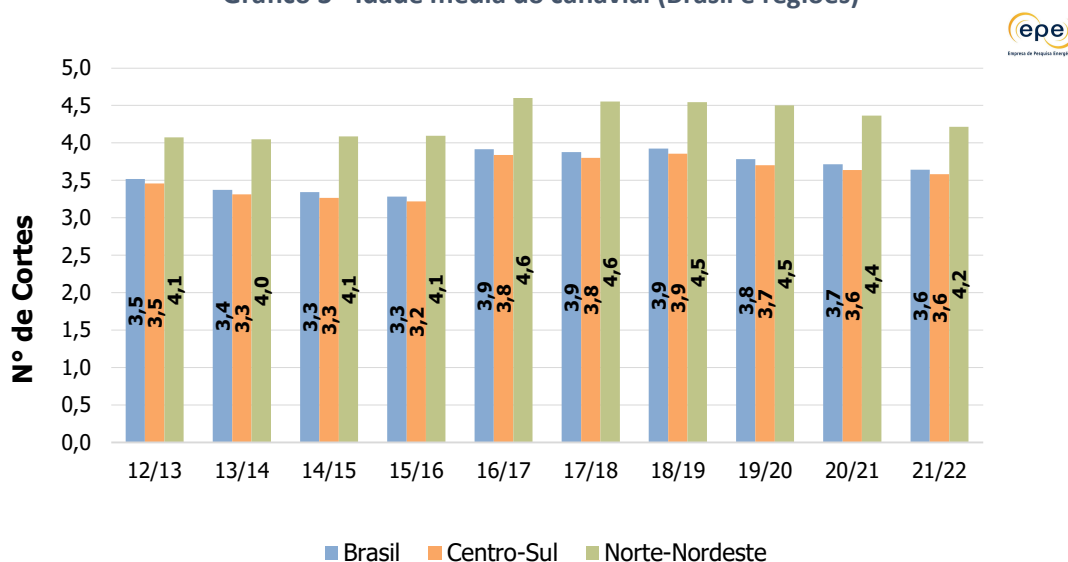
A participação de cana planta na cana total se elevava desde a safra 2017/18, entretanto apresentou uma redução de 5,8% na safra 2021/22, alcançando 15,3%, se distanciando do ideal.

¹ Área reformada é aquela recuperada no ano da safra anterior e que está disponível para colheita. Área em reforma é aquela que não será colhida, pois se encontra em período de recuperação para o replantio da cana ou outros usos. Área de expansão é a classe de lavouras de cana que, pela primeira vez, está disponível para colheita. Área de cana soca é aquela que já passou por mais de um corte.

² Área de cana planta equivale ao somatório das áreas reformada e de expansão.

Apesar da diminuição do valor da produtividade agrícola, ocorreu uma redução de 1,9% na idade média³ do canavial brasileiro, como pode ser observado no Gráfico 3. Note-se que a idade média do canavial no Brasil apresentou uma queda gradual da safra 2011/12 até a 2015/16, quando alcançou 3,3, e saltou para 3,9 cortes no período 2016/2017 a 2018/19. A partir de 2019/20 vem se observando novo comportamento de queda desse valor. Evidencia-se também a acentuada diferença entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul.

Gráfico 3 - Idade média do canavial (Brasil e regiões)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b)

Para a safra 2022/23, a produtividade estimada pela CONAB é de 72,6 tc/ha, aumento de 3,2% em relação à anterior (CONAB, 2022b).

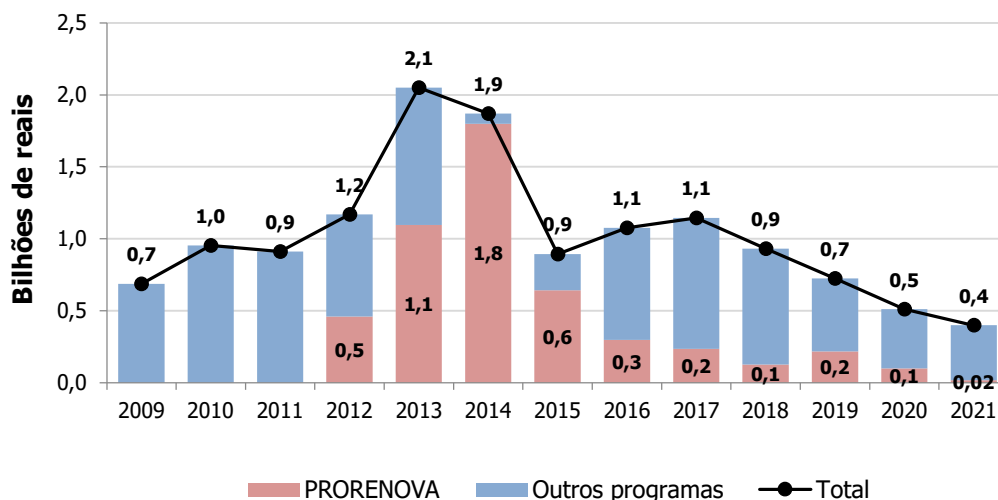
As melhorias na idade média do canavial entre 2012 e 2015 convergem com a introdução do PRORENOVA (Programa de Apoio à Renovação e Implantação de Novos Canaviais) do BNDES⁴, sendo o financiamento limitado a 80% do valor do projeto. Mantém-se a utilização exclusiva para o plantio de variedades protegidas ou de clones potenciais de cana-de-açúcar (cana planta) (BNDES, 2022a).

O Gráfico 4 apresenta o valor total captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana, em bilhões de reais. A partir de 2012, este montante corresponde ao PRORENOVA somado aos valores de outros programas em que haja aquisição de máquinas e implementos agrícolas.

³ Quanto maior for o estágio médio de corte (idade do canavial), menor será a área com cana mais nova e, consequentemente, menor a produtividade média, visto que essa decresce a cada corte.

⁴ Além do PRORENOVA, há no BNDES outros programas que podem ser utilizados pelo setor sucroenergético: o PAISS (Plano Conjunto de Apoio à Inovação Tecnológica Industrial dos Setores Sucroenergético e Sucroquímico); o BNDES Finem; Fundo Clima; e Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono) (BNDES, 2022c).

Gráfico 4 - Valor captado de financiamentos públicos para o cultivo da cana



Fonte: EPE a partir de (BNDES, 2022b)

Conforme mostra o Gráfico 4, em 2021, os desembolsos totais do BNDES na área agrícola para o cultivo da cana foram de 0,4 bilhão de reais, o menor de todo o período apresentado (BNDES, 2022b). Nesse ano, o PRORENOVA registrou uma diminuição de 84%, quando comparado a 2020 (15,9 milhões de reais).

Quanto aos investimentos totais para o segmento sucroenergético, em 2021 alcançaram o valor de R\$1,5 bilhão, 8,8% superior ao do ano anterior. Note-se que este montante equivale a 20% do ápice histórico do investimento no setor, em 2010, com a cifra de R\$ 7,4 bilhões.

Outra linha de financiamento é o BNDES RenovaBio, lançado em 2020 e voltado para melhorias da eficiência energético-ambiental e da certificação da produção de unidades produtoras de biocombustíveis. As empresas que alcançarem as metas de redução de emissão de CO₂ estipuladas pelo programa terão redução na taxa de juros. A dotação orçamentária é de R\$ 2 bilhões e R\$ 800 milhões já foram aprovados para dez usinas de etanol (BNDES, 2022d).

Em ação importante para investimentos no setor de biocombustíveis, o Ministério de Minas e Energia (MME) aprovou a emissão de debêntures incentivadas, através da Portaria nº 252, de 17 de junho de 2019 (MME, 2019b). Com esse instrumento, as empresas podem captar recursos em mercado de capitais para investir em renovação de canaviais e em suas instalações industriais. Até o final de 2021, 20 empresas tiveram as emissões de títulos autorizadas pelo MME (MME, 2022).

Rendimento da Cana (ATR⁵/tc)

O rendimento da cana-de-açúcar na safra 2021/22 foi de 141,6 kg ATR/tc, diminuição de 1,7% em relação à anterior (144,1 kg ATR/tc), após cinco anos de aumentos consecutivos. Com exceção do Norte, as regiões brasileiras apresentaram redução no rendimento, destacando-se o Sudeste, com queda de 1,3% (144,5 kg ATR/tc) e o Nordeste, com decréscimo de 7,7% (122,0 kg ATR/tc). As condições climáticas, idade das lavouras, impurezas minerais e vegetais e a defasagem entre a implantação da mecanização do plantio e da colheita da cana são os principais fatores que influenciam esse indicador (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

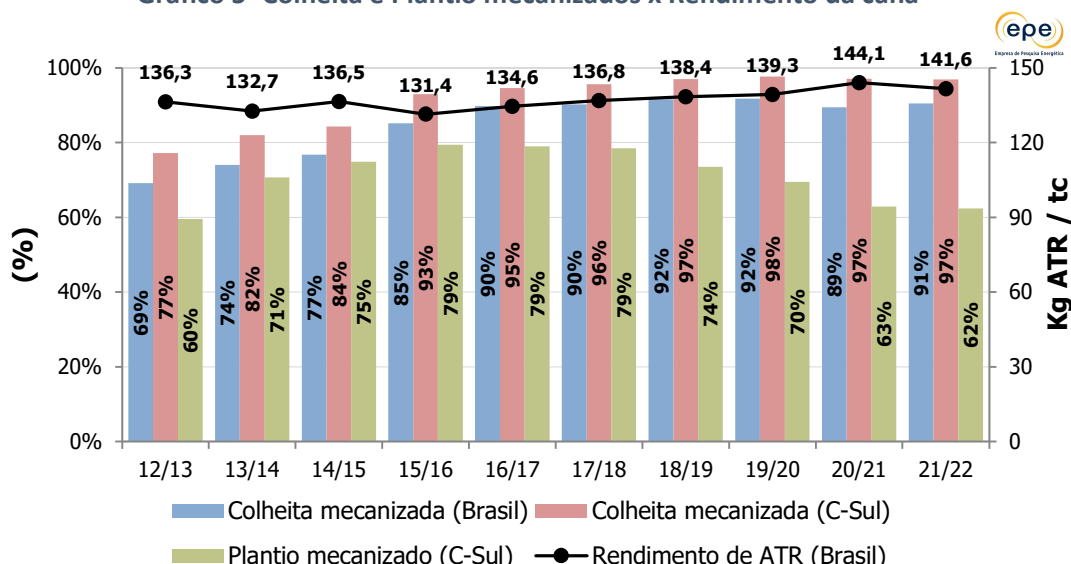
⁵ Açúcares Totais Recuperáveis.

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar foi implantada no país, principalmente, para atingir as metas impostas pelas leis e acordos ambientais de redução das queimadas (ALSP, 2002) (IEA-SP, 2014). Entretanto, observa-se que houve um descompasso entre a mecanização da colheita e a do plantio, além de outras operações ligadas ao seu cultivo. Dessa forma, ocorreu um aumento da quantidade de impurezas minerais e vegetais que é conduzida para dentro da unidade industrial, junto com a cana, degradando a sua qualidade.

Conforme indicado no Gráfico 5, na safra 2021/22, a mecanização da colheita no Brasil teve um aumento de 89% para 91%. No Centro-Sul, a colheita mecanizada manteve-se em 97% (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b), enquanto a mecanização do plantio foi de 63% para 62%, mantendo a tendência que vem sendo observada nos períodos anteriores (CTC, 2022). Assim, a defasagem nessa região produtora foi de 35%. Registra-se, ainda, que a mecanização da colheita na região Nordeste oscilou em torno de 19%, desde a safra 2018/19, e foi de 23,9% nesse último período. Na região Norte este indicador atingiu 100% em 2016/17, e permanece nesse valor (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b).

A redução da participação do plantio mecanizado nas lavouras de cana, observada desde a safra 2018/19, objetiva recuperar a produtividade e diminuir os custos (devido ao alto consumo de mudas e falhas no plantio com a utilização das máquinas), além do aumento do uso da técnica de meiosi⁶ (UDOP, 2019).

Gráfico 5- Colheita e Plantio mecanizados x Rendimento da cana



Nota: Os dados de colheita (Brasil e Centro-Sul) foram extraídos da CONAB (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b), enquanto os de mecanização do plantio foram obtidos de usinas associadas ao CTC (CTC, 2022), que representam apenas uma parcela do setor sucroenergético, não incluindo fornecedores.

Fonte: (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b), (CTC, 2022) e (UNICA, 2013a) (UNICA, 2013b) (UNICA, 2014a) (UNICA, 2017)

O principal componente que interfere no rendimento é a quantidade de impurezas totais (minerais e vegetais) presentes na cana colhida, decorrente principalmente da introdução inadequada da mecanização nos processos agrícolas. Na safra 2021/22, esse teor caiu para 7,9% (queda de 6,0% e o menor dos últimos dez anos), concomitantemente ao de impurezas vegetais, que reduziu para 7,1% (no período anterior foi de 7,5%). Como comparativo, o teor de impurezas totais no ano de 2008 foi de 6,7% (CTC, 2022) (UNICA, 2013a).

⁶ Meiosi – Método Interrotacional Ocorrendo Simultaneamente.

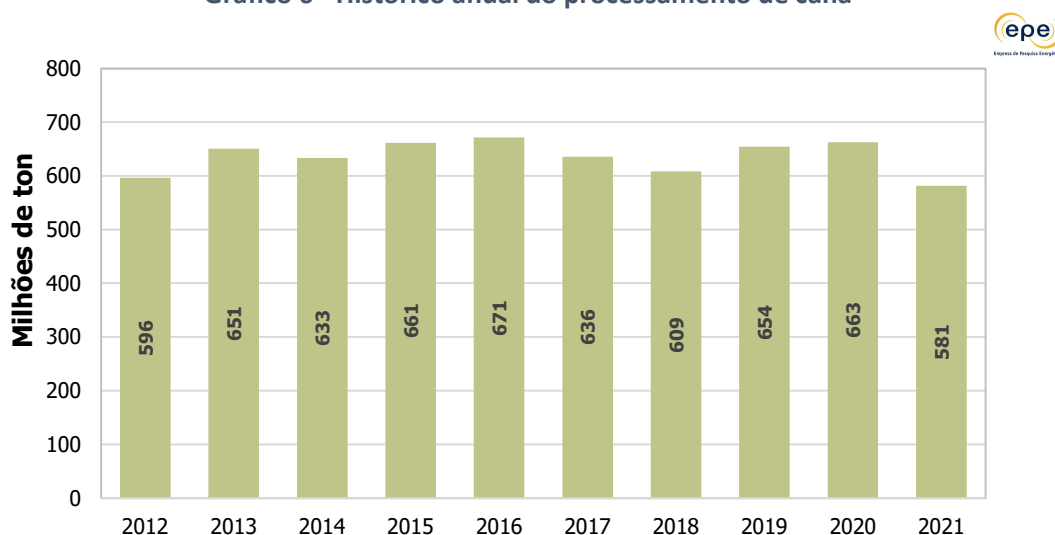
Nesse sentido, o manejo varietal⁷ e o agrônomo mostram-se essenciais ao melhor desempenho da produção em termos de produtividade e rendimento, os quais devem ser conjugados à equalização da mecanização da cultura. Algumas ações importantes nesse sentido são: a adequação do espaçamento entre as linhas do canavial; o dimensionamento do talhão, de forma a evitar o pisoteio durante as manobras das colhedoras; o agrupamento de variedades e altura das leiras, para realizar o corte o mais próximo ao solo⁸; e o plantio de variedades mais adequadas para cada tipo de solo e colheita.

A Conab (CONAB, 2022a) estima que o rendimento da safra 2022/23 será de 142,5 kg ATR/tc, crescimento de 0,62% quando comparado ao período anterior.

1.2. Processamento da cana-de-açúcar

O total de cana processada atingiu 581 milhões de toneladas em 2021, 12,3% inferior a 2020, conforme apresenta o Gráfico 6 (MAPA, 2022), o menor valor dos últimos dez anos. O impacto das condições climáticas, com estiagem e geadas nas principais localidades, contribuiu para esse resultado.

Gráfico 6 - Histórico anual do processamento de cana



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022)

Pela ótica de ano safra, a cana processada em 2021/22 (585 Mtc) foi 13,2% inferior ao observado no período 2020/21 (654 Mtc), segundo a Conab (CONAB, 2022b).

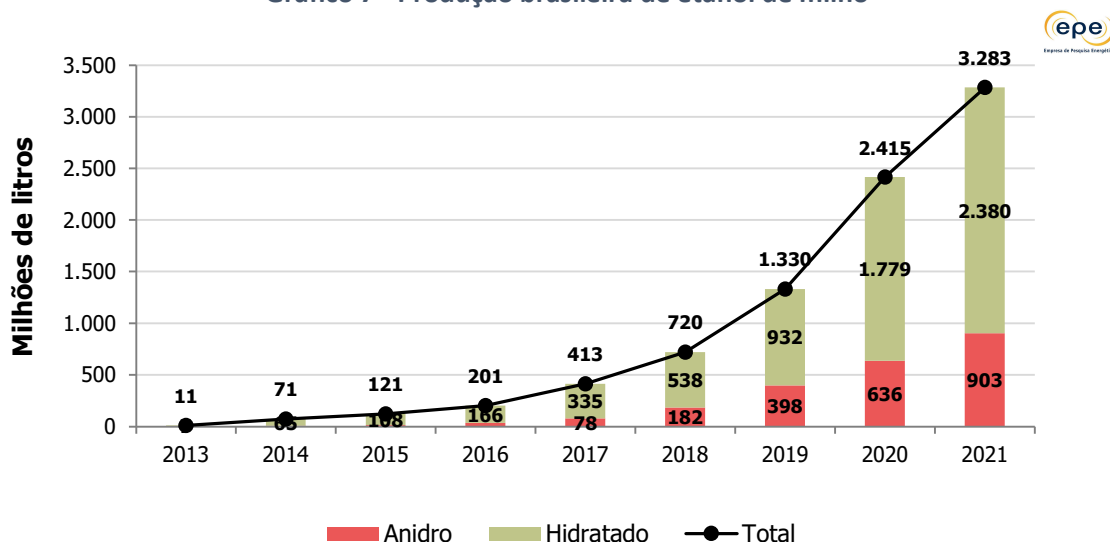
1.3. Produção de etanol

O etanol proveniente do milho continua apresentando um crescimento considerável, com uma produção que atingiu 3,3 bilhões de litros em 2021, 35% superior a 2020, conforme Gráfico 7. A maioria das usinas concentra-se nos estados de Mato Grosso e Goiás.

⁷ Para a colheita mecanizada, quanto mais ereta a cana permanecer, menor a quantidade de impurezas vegetais e minerais que serão levadas para dentro da unidade industrial, dada a regulação da altura de corte das ponteiros na colhedora.

⁸ A cana tem maior teor de sacarose na parte mais próxima ao solo.

Gráfico 7 - Produção brasileira de etanol de milho



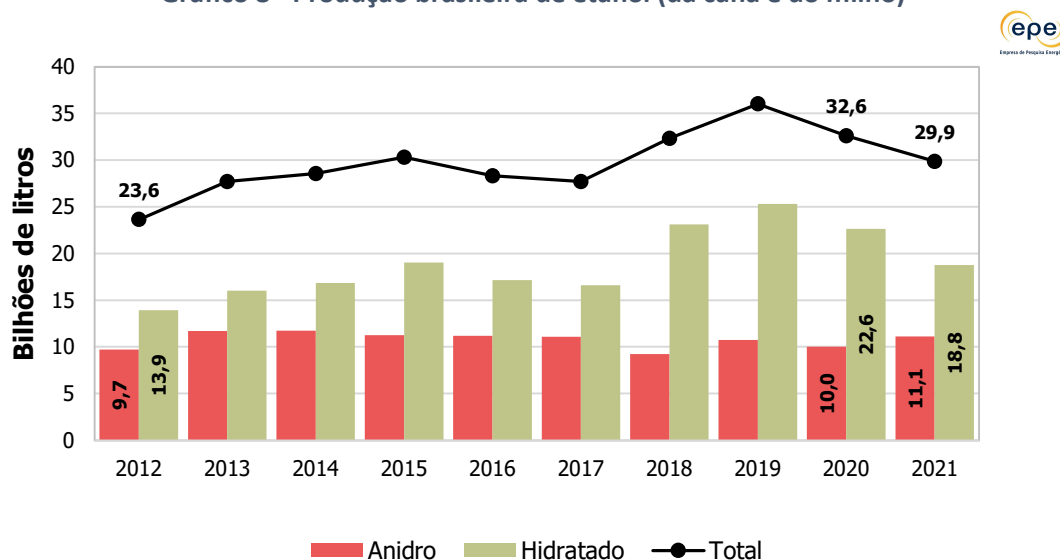
Fonte:

EPE a partir de (UNICA, 2022b)

Sob a ótica de ano safra, o valor registrado em 2021/22 foi de 3,5 bilhões de litros, sendo que as estimativas para a próxima safra indicam que a produção de etanol a partir do cereal será de 3,8 bilhões de litros, um crescimento de 10,7%, reafirmando seu potencial dentro do *portfólio* de opções para o setor de biocombustíveis e para a matriz energética brasileira (CONAB, 2022b).

Em 2021, foram produzidos 29,9 bilhões de litros de etanol, divididos em 18,8 bilhões de hidratado (queda de 17,0%) e 11,1 bilhões de anidro (aumento de 11,2%). Assim, o volume total de etanol produzido foi 8,4% inferior a 2020, conforme ilustra o Gráfico 8 (MAPA, 2022).

Gráfico 8 - Produção brasileira de etanol (da cana e do milho)



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022)

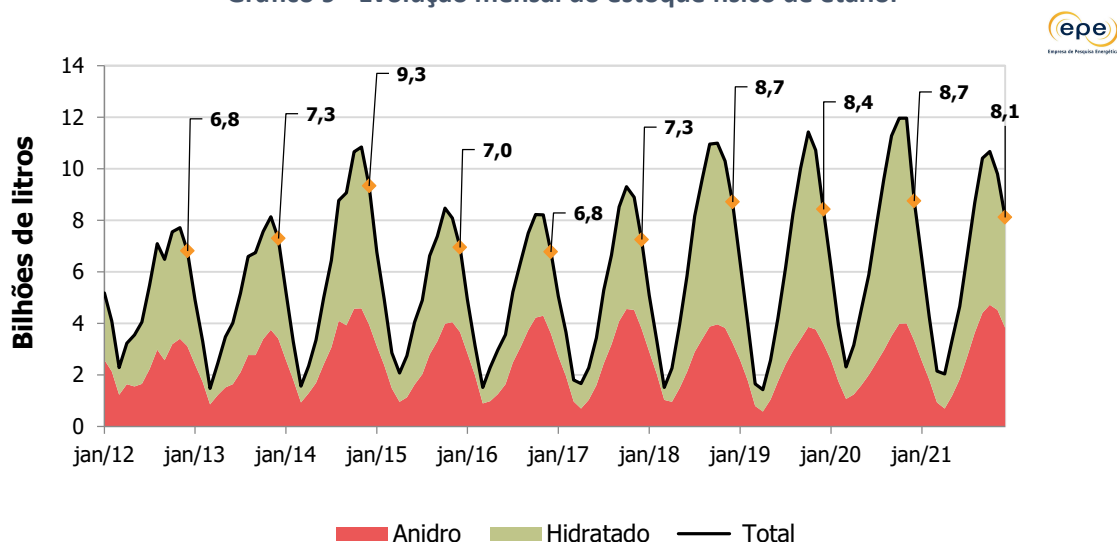
Como colocado anteriormente, a redução na produção de etanol esteve principalmente relacionada com os impactos das condições climáticas na safra 2021/22, além da manutenção de preços atrativos do açúcar no mercado internacional.

A produção de etanol para outros usos totalizou 1,4 bilhão de litros, 4,3% inferior a 2020 (MAPA, 2022). O etanol hidratado corresponde à maior parte produzida e sua principal aplicação é como antisséptico, uma das medidas empregadas na prevenção da Covid-19.

Estoque de etanol

O Gráfico 9 apresenta o histórico da variação de estoque físico⁹ mensal de etanol declarado ao MAPA. Pode-se observar que o estoque de passagem¹⁰, em 31 de dezembro de 2021, foi de 8,1 bilhões de litros de etanol. Destes, 3,8 bilhões foram de etanol anidro, o que correspondeu a um acréscimo de 14,9% em relação a dezembro de 2020. Por outro lado, o etanol hidratado teve uma redução de 20,9% nos estoques. Em 2021, o volume total de etanol carburante (hidratado e anidro) consumido reduziu 5,5%, o que será analisado no Item 2.2 deste estudo (MAPA, 2022).

Gráfico 9 - Evolução mensal do estoque físico de etanol



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022)

As regras vigentes relativas ao estoque obrigatório de etanol anidro são estabelecidas pela Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018 (ANP, 2018b). De acordo com esta, o estoque mínimo obrigatório de anidro para o etanol produzido pelas usinas é de 25% e de 4%, respectivamente em 31 de janeiro e em 31 de março de cada ano, em relação ao total comercializado no ano civil anterior. Para as distribuidoras, é de 10 dias de comercialização, estando a ANP autorizada a determinar a extensão para 15 dias, caso haja necessidade para fins de abastecimento durante a entressafra. O estoque disponível de etanol anidro observado em 31 de março de 2022 foi de 1,2 bilhão de litros (MAPA, 2022), volume que atende ao estipulado pela ANP.

Regulamentação do mercado

Em outubro de 2021, a Resolução ANP nº 855/2021¹¹ regulamentou as novas regras de comercialização do etanol hidratado carburante, autorizando produtores¹², empresas comercializadoras e importadores a venderem diretamente aos postos de combustíveis (revendedores); transportador-revendedor-retalhista (TRR); e mercado externo, desobrigando-os a comercializar somente por intermédio das distribuidoras (ANP, 2021c).

⁹ Estoque Físico corresponde ao volume real armazenado nos tanques da unidade produtora, inclusive o volume já vendido e não retirado.

¹⁰ Estoque de Passagem corresponde ao armazenado nos tanques da unidade produtora no fim do ano civil.

¹¹ Conforme estabelecido nas Medidas Provisórias nº 1.063/2021, nº 1.069/2021 e nº 1.100/2022 (BRASIL, 2021a) (BRASIL, 2021b) e (BRASIL, 2022c).

¹² O texto equipara as cooperativas de produção de etanol aos agentes produtores de combustível.

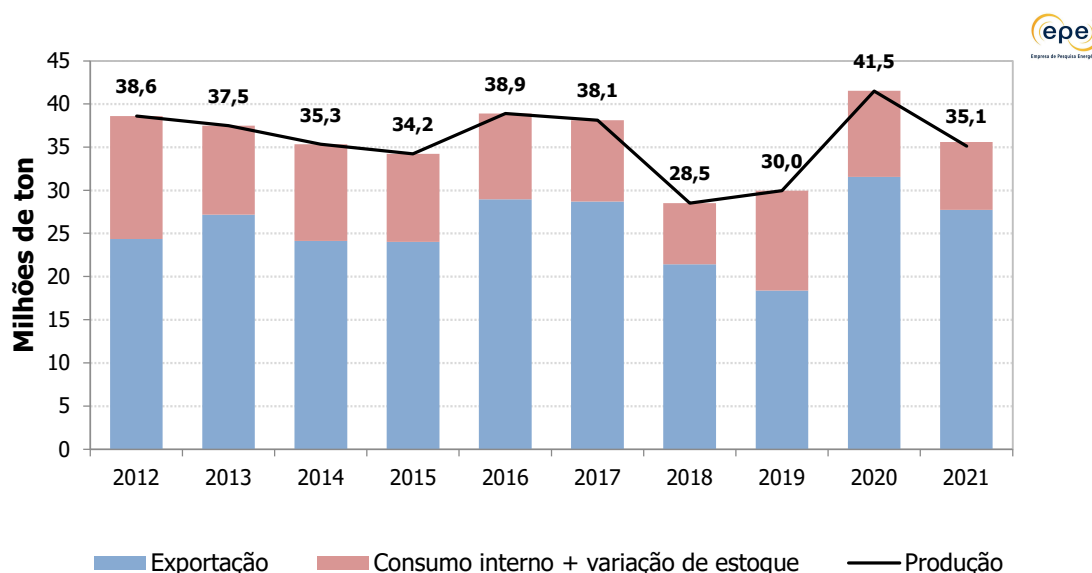
Em novembro do mesmo ano, a Resolução ANP nº 858/2021 alterou as regras de comercialização do revendedor varejista e do TRR, permitindo a venda de etanol hidratado e gasolina C fora dos postos de combustível (*delivery* de combustíveis), estando limitado ao município em que se localiza o revendedor (ANP, 2021e). Também se fez necessário alterar o normativo para geração de lastro na emissão de CBIO, incorporando as operações de venda direta (Resolução ANP nº 863/2021) (ANP, 2021f).

Em 2022, foi promulgada a Lei nº 14.292/2022, que autoriza a venda direta de etanol, nos moldes detalhados anteriormente. Também equaliza as alíquotas do PIS/PASEP e da COFINS, de forma que as contribuições incidentes na cadeia do etanol sejam as mesmas pela venda direta ou pelo intermédio do distribuidor (BRASIL, 2022a).

1.4. Produção de açúcar

Em 2021, em decorrência das condições da safra, a produção brasileira de açúcar foi de 35,1 milhões de toneladas (15,4% inferior a 2020, ano de recorde histórico), em um patamar similar ao observado em 2014 e 2015, como pode ser observado no Gráfico 10. As exportações foram de 27,7 milhões de toneladas (decréscimo de 12,1%), enquanto a componente “consumo interno + variação de estoques” apresentou uma redução de 2,6 milhões (MAPA, 2022).

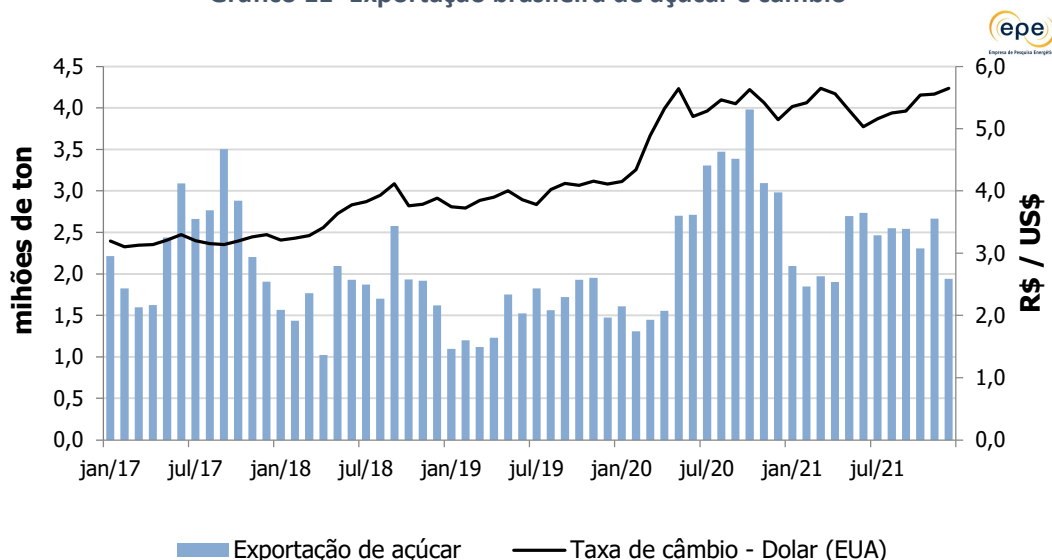
Gráfico 10 - Produção e exportação brasileira de açúcar



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022).

O Gráfico 11 mostra o comportamento das exportações mensais brasileiras de açúcar, ocorrendo o valor máximo em junho de 2021, de 2,7 milhões de toneladas. A manutenção dos preços elevados no mercado internacional e da desvalorização do real frente ao dólar mantiveram o nível das exportações do adoçante, mesmo no cenário de baixa produção da safra 2021/22.

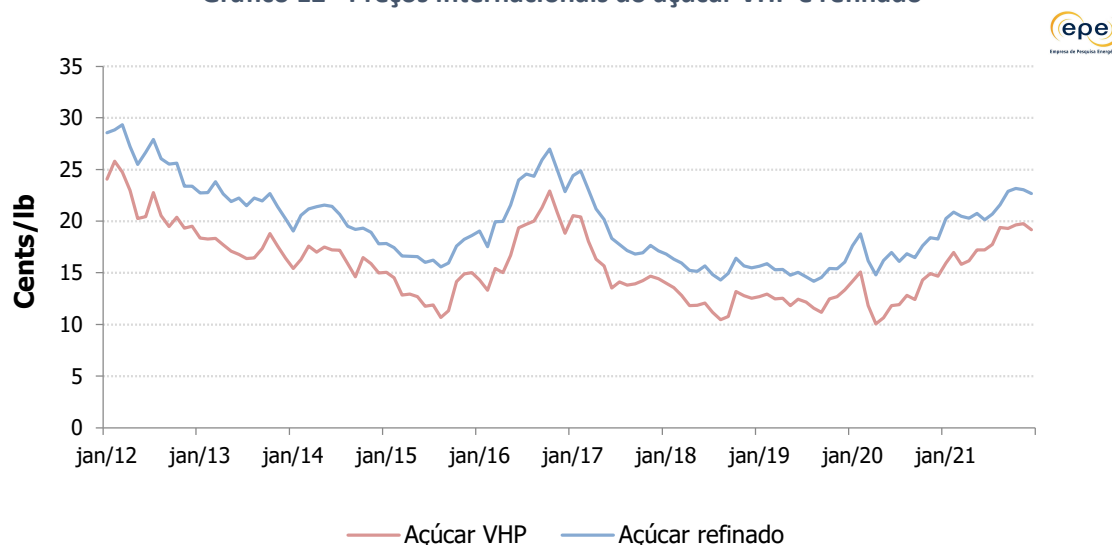
Gráfico 11- Exportação brasileira de açúcar e câmbio



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022), (ME, 2022a) e (BC, 2022)

No que concerne aos preços médios do açúcar VHP (NYCSCE/ICE) e cristal (LIFFE), houve um aumento, respectivamente de 38,5% e 25,8%, em relação ao ano de 2020, como observado no Gráfico 12. Entre janeiro e dezembro de 2021, as cotações do VHP e cristal aumentaram 20,3% e 12,0%, respectivamente. Tal comportamento é consequência da manutenção do *déficit* nos estoques mundiais (USDA, 2022).

Gráfico 12 - Preços internacionais do açúcar VHP e refinado



Nota: Açúcar VHP: Bolsa de Nova Iorque (NYCSCE/ICE) – Contrato 11; Açúcar Refinado: e Bolsa de Londres (LIFFE/ICE) – Contrato 5.

Fonte: EPE a partir de (USDA, 2022)

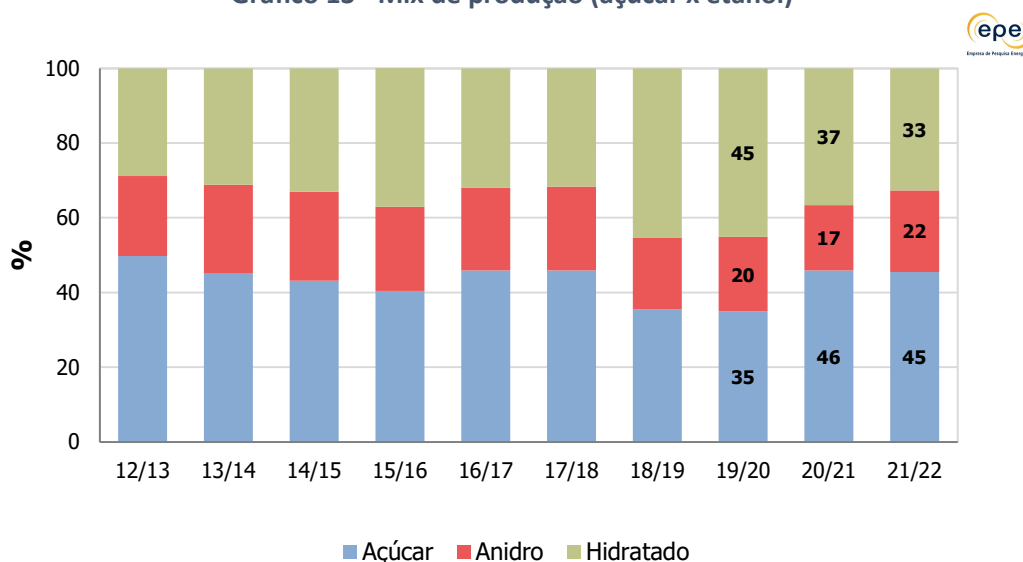
A safra mundial 2020/21 apresentou um balanço (oferta/demanda) negativo, na ordem de 5,4 milhões de toneladas de açúcar, com a relação estoque/consumo em 43%. Para a safra 2021/22, a expectativa é de um *déficit* de 1,2 milhão de toneladas e uma relação de 42%. As perspectivas para a próxima safra (2022/23) são de que ocorra um *superávit*, pelo investimento em plantio nos principais produtores, em função da alta dos preços observada nos últimos anos (DATAGRO, 2022).

Diversos fatores podem influenciar o mercado mundial de açúcar, como os estoques globais, o mercado de petróleo e a taxa de câmbio. Outros fatores também podem contribuir. Por exemplo, a Organização Mundial da Saúde recomendou, em 2015, que o consumo de açúcar livre seja inferior a 10% do consumo diário de energia, de forma a reduzir o sobrepeso e a obesidade (WHO, 2015). Alguns países, como México, Chile, França, Noruega, Irlanda e Reino Unido possuem iniciativas nesse sentido, o que poderá reduzir a demanda por este produto. Desde 2018, o Ministério da Saúde tem um acordo com associações de setor de alimentos para reduzir 144 mil toneladas de açúcar em bolos, misturas para bolos, produtos lácteos, achocolatados, bebidas açucaradas e biscoitos recheados (MS, 2018).

1.5. Mix de produção

Em 2021, o percentual de ATR destinado à produção do etanol foi de 55,6%, 2,8% superior ao observado no período anterior, conforme mostra o Gráfico 13 (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b). Com o *déficit* no balanço mundial de açúcar e manutenção de sua atratividade, mesmo com a menor disponibilidade de matéria-prima, a destinação para a sua produção manteve-se em 45%. Note-se que as usinas brasileiras têm destinado a maior parte do ATR para o etanol em todo o período analisado. Estima-se que na safra 2022/23 a distribuição para a *commodity* deverá apresentar um aumento, alcançando 49,8%.

Gráfico 13 - Mix de produção (açúcar x etanol)



Fonte: EPE a partir de (CONAB, 2022a) (CONAB, 2022b)

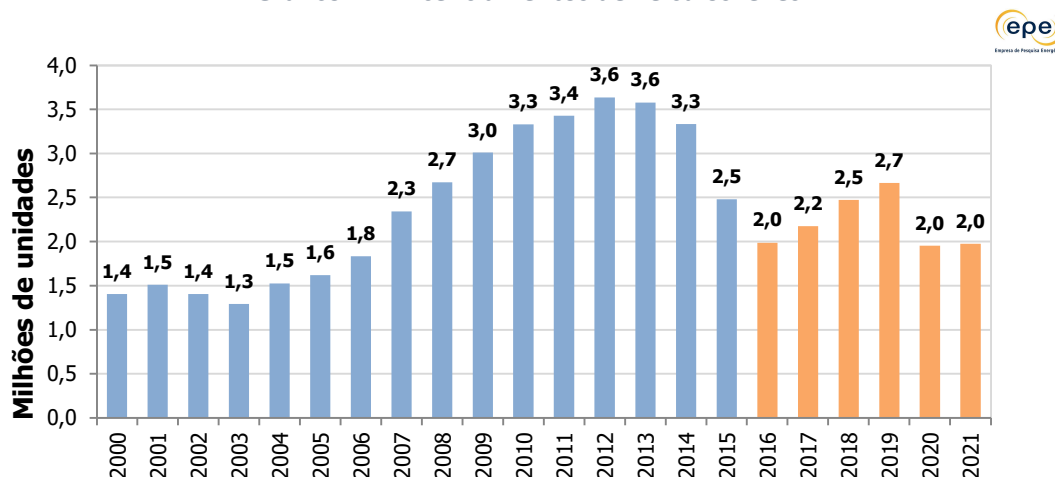
Na safra 2021/22, a remuneração do ATR no estado de São Paulo foi de R\$1,179/kg ATR (CONSECANA, 2022), valor 51,5% superior ao observado na safra 2020/21.

2. Demanda do ciclo Otto

2.1. Licenciamento e frota de veículos leves

Em 2021, foram licenciados cerca de 2 milhões de veículos leves novos no Brasil, 1,1% a mais que em 2020 (ANFAVEA, 2022), manutenção do patamar de vendas, conforme mostra o Gráfico 14.

Gráfico 14 - Licenciamentos de veículos leves



Fonte: EPE a partir de (ANFAVEA, 2022)

Do total de licenciamentos de veículos leves, na segmentação por porte, 78,8% foram automóveis e 21,2% comerciais leves. Na separação por combustível, a categoria *flex fuel* apresentou a maior participação no licenciamento total, com 82,2%, seguida pelos veículos movidos a diesel com 13,4%, a gasolina com 2,7%, e 1,8% de veículos híbridos e elétricos. Note-se que, apesar da reduzida participação, o total de híbridos e elétricos licenciados em 2021 (34.990 unidades) foi 43,6% superior ao registrado no ano de 2020 (19.745 unidades). No que tange à motorização, foram licenciados majoritariamente automóveis com motores entre 1.0 e 2.0, pelo décimo segundo ano consecutivo, respondendo a 54,3% do total (ANFAVEA, 2022).

A comercialização de veículos usados¹³ registrada em 2021 foi 17,8% superior em relação a 2020, alcançando 15,1 milhões de unidades, e representou 87,9% das vendas totais de veículos (novos + usados). Houve aumento de 17,8% nas vendas de usados seminovos (0 a 3 anos), de 2020 para 2021, as quais atingiram 2,3 milhões de unidades. Neste mesmo sentido, ocorreu aumento de 17,8% nas vendas de usados mais antigos¹⁴, chegando a 12,8 milhões de unidades (FENAUTO, 2022).

Quanto às motocicletas, em 2021 foram licenciadas 1,2 milhão de novas unidades, 26% a mais do que no ano anterior, conforme dados da ABRACICLO (ABRACICLO, 2022).

Como resultado do licenciamento observado em 2021, estima-se que a frota brasileira de veículos leves ciclo Otto tenha totalizado 37,5 milhões de unidades, com a tecnologia *flex fuel* representando 81,5% do total.

¹³ Inclui motos e comerciais pesados usados.

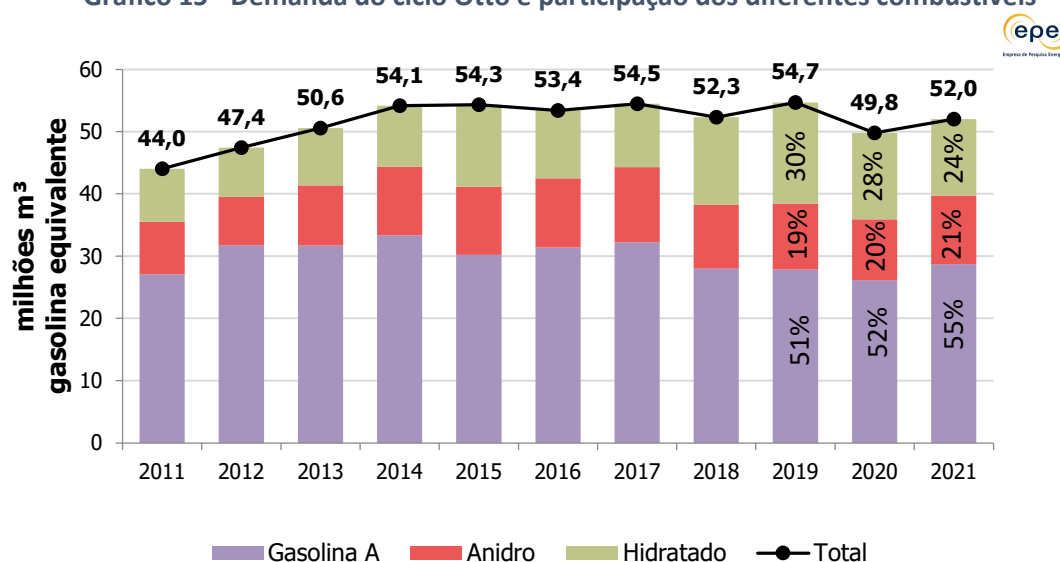
¹⁴ Veículos usados com idades superiores a 3 anos. Inclui motos e comerciais pesados.

2.2. Demanda de combustíveis da frota ciclo Otto

A demanda total de energia dos veículos leves do ciclo Otto, em 2021, foi de 52 bilhões de litros de gasolina equivalente, um aumento de 4,4% sobre o ano anterior. Tal acréscimo reflete o início do Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação contra a Covid-19 – PNO em âmbito nacional para população adulta não prioritária, que permitiu que houvesse retomada parcial das atividades presenciais (MS, 2022). A pandemia de Covid-19 impactou fortemente o mercado brasileiro de gasolina C e etanol hidratado, relacionados diretamente ao transporte individual de passageiros. Dentre os fatores que contribuíram para a redução da demanda desses combustíveis, podem ser citadas as medidas de isolamento social, a disseminação do trabalho remoto e a crescente atividade do comércio digital e das entregas domiciliares.

Na distribuição por combustíveis, a gasolina A subiu de 52,5% para 55,2%, e o etanol hidratado caiu de 27,9% para 23,6% conforme mostra o Gráfico 15. Esse movimento justifica-se, sobretudo, pela maior atratividade do açúcar no mercado internacional e variação do preço *spot* do Brent que, dentre outros fatores, resultaram em um aumento da relação PE/PG. Já a participação do etanol anidro subiu de 19,6% para 21,2%. Este movimento fez com que o etanol total carburante reduzisse novamente sua participação, saindo de 47,5% em 2020 para 44,8% em 2021, impactando na renovabilidade da matriz de ciclo Otto (EPE, 2022a). Os motivos para esse comportamento serão aprofundados na próxima seção deste documento.

Gráfico 15 - Demanda do ciclo Otto e participação dos diferentes combustíveis

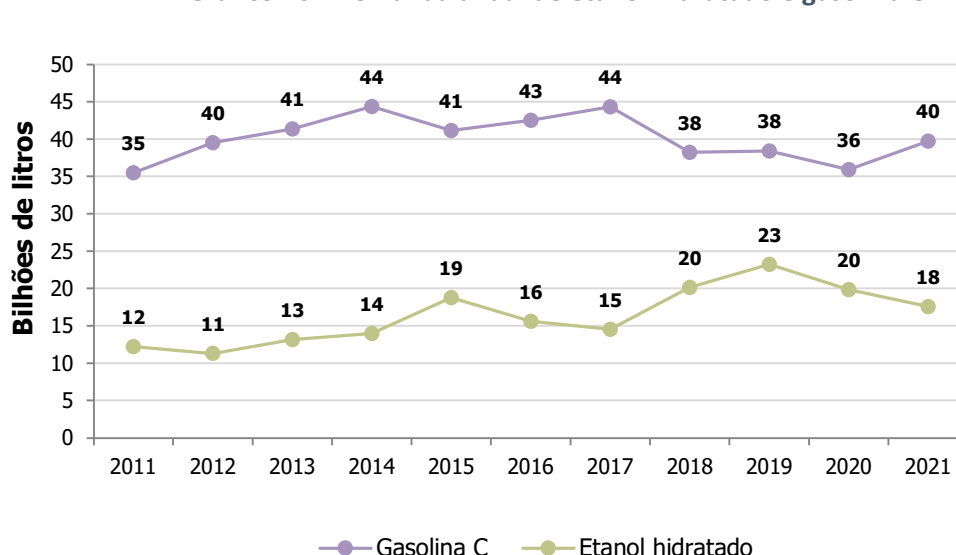


Nota: Os dados de demanda excluem a parcela relativa ao GNV.

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2022a)

A demanda do etanol hidratado em 2021 totalizou 17,6 bilhões de litros, representando uma queda de 11,5% em relação ao ano anterior e o consumo de gasolina C perfaz 39,7 bilhões de litros, 10,6% superior ao observado em 2020 (EPE, 2022a), como ilustra o Gráfico 16.

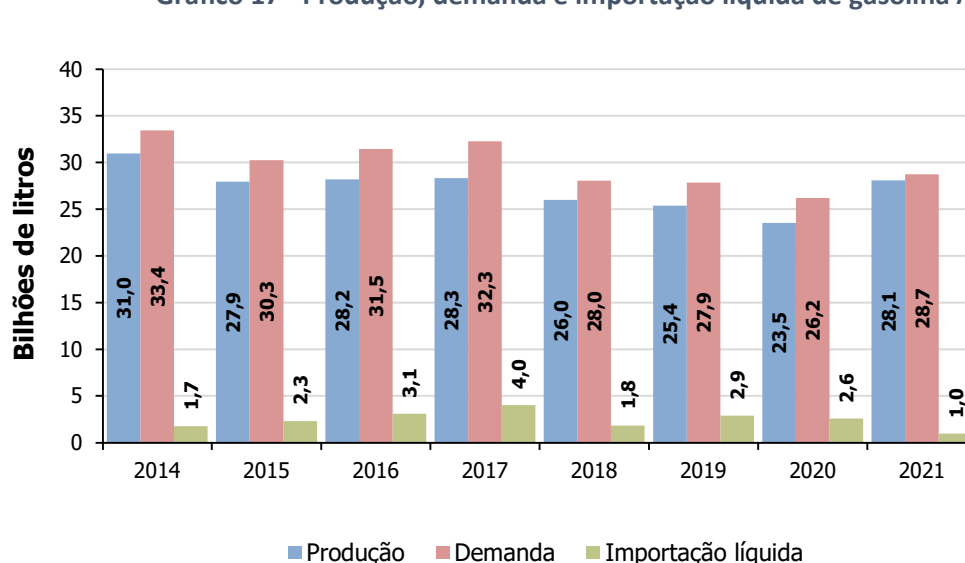
Gráfico 16 - Demanda anual de etanol hidratado e gasolina C



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2022a)

O Gráfico 17 apresenta a evolução da demanda, produção e importação líquida de gasolina A, para o período 2011-2021.

Gráfico 17 - Produção, demanda e importação líquida de gasolina A



Fonte: EPE a partir de (EPE, 2022a)

Em 2021, enquanto os volumes da demanda nacional de gasolina A aumentaram em 9,8% em relação ao ano anterior, registrando 28,7 bilhões de litros, a sua produção apresentou um aumento de 19,3%, atingindo 28,1 bilhões de litros. O saldo comercial de gasolina A foi de 960 milhões de litros de importação líquida, uma redução de 62,7% em relação ao valor do ano anterior (EPE, 2022a). A carga de petróleo processada nas refinarias apresentou ligeiro aumento, 2,5% em relação aos valores de 2020 (ANP, 2021g). Enquanto a demanda do diesel fóssil aumentou 2,1%, sua produção pelo parque de refino nacional subiu 1,5% (mais detalhes no item 6).

3. Análise econômica

3.1. Preços de combustíveis do ciclo Otto

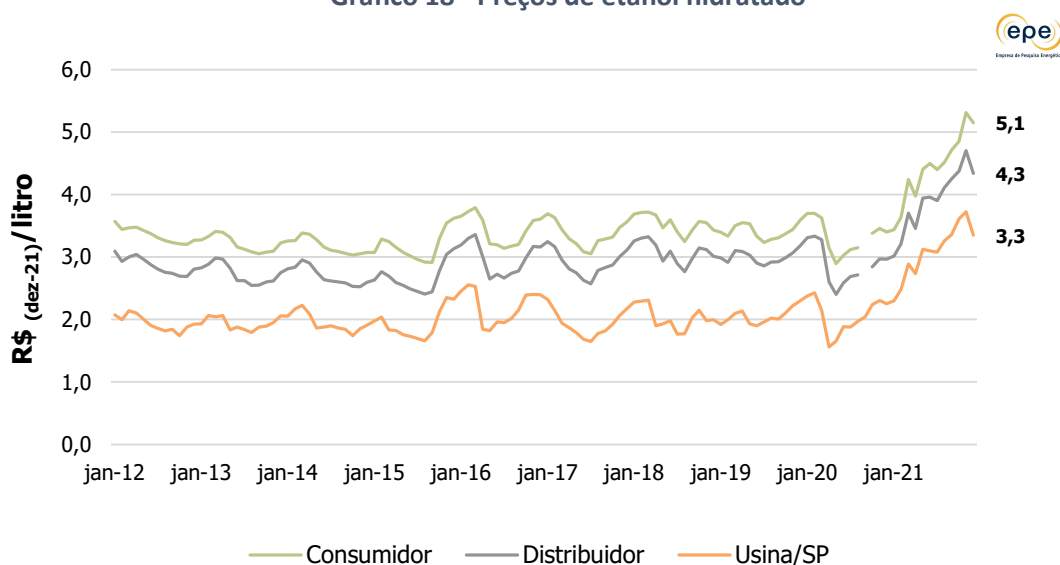
O ano de 2021, assim como 2020, foi marcado pela pandemia da Covid-19, que ocasionou a diminuição dos deslocamentos e atividades econômicas. Porém, a partir do 2º trimestre, com o início da vacinação para a população geral, a demanda do setor de transporte voltou a se aquecer, conforme indicado no item 2.2. No cenário nacional, os preços de derivados sofreram pressões de alta, observando-se um aumento no preço médio da gasolina C de 24,6% (ANP, 2022b). Os preços do etanol hidratado apresentaram uma elevação de 28,6%, em valores constantes de dezembro de 2021, como será detalhado adiante.

Conforme descrito no Item 1, os problemas na safra de cana proporcionaram queda da produção de açúcar e de etanol, com o perfil de produção das usinas tornando-se menos açucareiro, mesmo com o aumento da cotação da *commodity* no mercado internacional. Em relação à gasolina, o preço na refinaria passou por diversos reajustes, em função da política de paridade de preços internacionais da Petrobras, associados à variação dos preços internacionais dos derivados e flutuação cambial.

Dessa forma, para uma demanda de combustíveis¹⁵ do ciclo Otto 4,4% superior à observada no ano anterior, o consumo de etanol hidratado apresentou uma redução de 11,5%, enquanto o consumo da gasolina C aumentou 10,6% (EPE, 2022a).

O Gráfico 18 apresenta um comparativo dos preços médios de etanol hidratado para o consumidor (Brasil), no distribuidor (Brasil) e nas usinas (São Paulo)¹⁶.

Gráfico 18 - Preços de etanol hidratado



Nota: Preços deflacionados pelo IPCA, em valores constantes de dezembro de 2021.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022b) e (CEPEA/ESALQ, 2021).

¹⁵ O PIS/COFINS incidente sobre a importação e a comercialização do etanol é de R\$241,81/m³ e, para a gasolina, de R\$ 792,5/m³ desde julho de 2017 (BRASIL, 2017a) (BRASIL, 2017b).

Conforme é praxe, o Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz) divulga, a cada mês, os Preços de Referência dos Combustíveis, estabelecendo o Preço Médio Ponderado ao Consumidor Final (PMPF), que serve como parâmetro para a cobrança do ICMS (CONFAZ/MF, 2020).

¹⁶ Entre 23 de agosto e 08 de setembro de 2020, a pesquisa semanal de preços da ANP ficou temporariamente sem atualizações, devido ao processo de contratação de nova empresa responsável pela coleta de dados (ANP, 2022b).

A diferença entre os preços mínimo e máximo do etanol hidratado ao consumidor ao longo de 2021 (registros de janeiro e novembro, respectivamente) foi de R\$ 1,88/litro, valor consideravelmente maior do que os observados nos dois últimos anos, R\$ 0,80/litro em 2020 e R\$ 0,36/litro em 2019 (em valores constantes de dezembro de 2021).

O preço do etanol apresentou um comportamento diferente de anos anteriores, apresentando um crescimento contínuo ao longo do ano, sendo suavizado com a entrada da safra de cana. Realizando-se a comparação mês a mês entre 2021 e 2020, a diferença máxima ocorreu em novembro, chegando a R\$ 1,86 por litro (aumento de 54%). Destaca-se que a margem média anual na revenda de etanol hidratado em 2021¹⁷, de R\$ 0,51/litro, ficou 15,4% acima da observada em 2020 (R\$ 0,44/litro). Por outro lado, as margens na distribuição atingiram R\$ 0,83/litro, aumento de 42%.

Os preços médios anuais do etanol hidratado e da gasolina C, para o consumidor, são mostrados na Tabela 1, bem como o preço médio relativo (PE/PG) e suas respectivas variações.

Tabela 1 - Preços médios anuais de etanol hidratado, gasolina C e relativo (PE/PG)

Ano	Hidratado (R\$dez21/l)	Var. (% a.a.)	Gasolina C (R\$dez21/l)	Var. (% a.a.)	PE/PG	Var. (% a.a.)
2012	3,35	-6,3	4,78	-5,1	0,70	-1,1
2013	3,20	-4,3	4,70	-1,7	0,68	-2,6
2014	3,17	-1,1	4,61	-1,9	0,69	0,8
2015	3,17	0,1	4,76	3,2	0,67	-2,8
2016	3,42	8,0	4,82	1,3	0,71	6,3
2017	3,36	-2,0	4,75	-1,4	0,71	-0,4
2018	3,52	5,0	5,27	6,08	0,66	-6,7
2019	3,41	-3,3	5,14	-2,6	0,66	0,6
2020	3,36	-1,4	4,88	-5,0	0,69	4,2
2021	4,32	28,6	6,08	24,6	0,71	1,9

Nota: Os preços foram deflacionados pelo IPCA, em relação a dezembro de 2021.

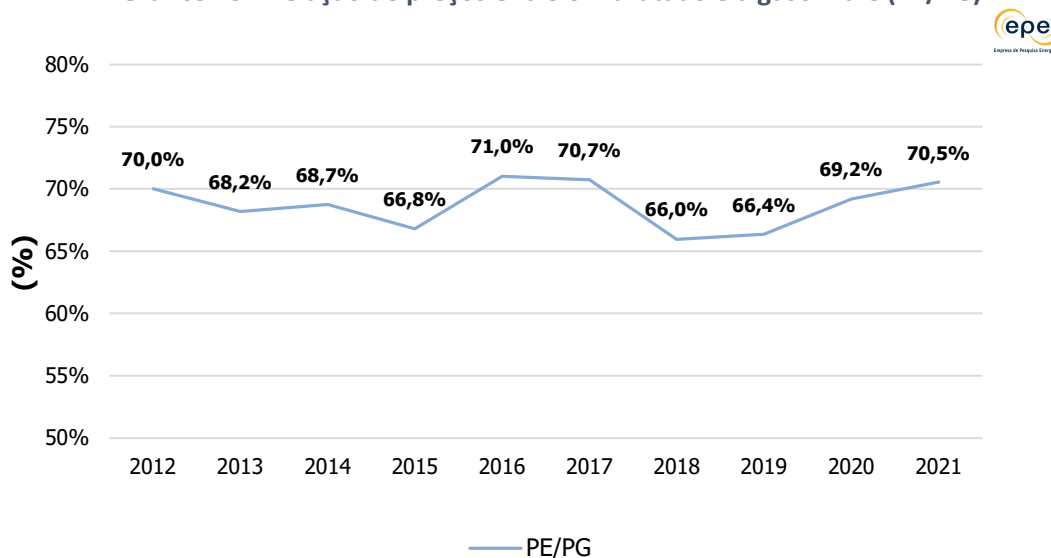
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022b) (BC, 2022).

Em 2021, o comportamento do preço do etanol hidratado, ao longo dos meses, acompanhou o observado para a gasolina C, conforme anos anteriores. O seu valor médio na bomba foi de R\$ 4,32/litro, um aumento de 28,6% comparado com o ano anterior, enquanto a gasolina C subiu 24,6%, correspondendo a R\$ 6,08/litro. O preço do biocombustível aumentou, de modo similar, porém em maior intensidade que o da gasolina C, resultando na elevação de 1,35 p.p. no preço relativo médio (PE/PG) de 2021, que alcançou 70,5%, praticamente o valor apontado como de indiferença para o consumo do etanol hidratado.

O Gráfico 19 ilustra a variação do preço médio anual relativo (PE/PG) desde 2012.

¹⁷ idem.

Gráfico 19 - Relação de preços entre o hidratado e a gasolina C (PE/PG)

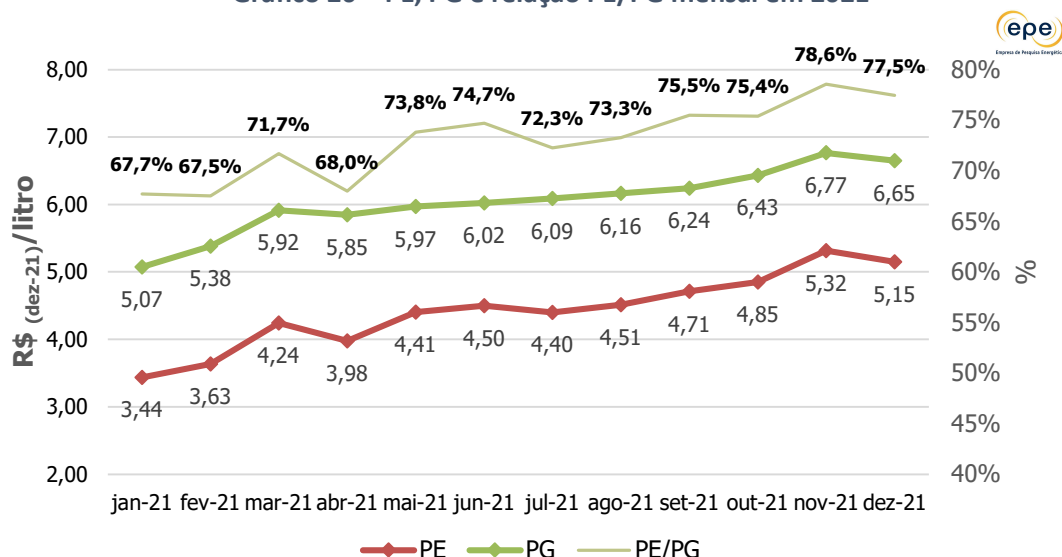


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022b)

Em 2021, o início da safra coincidiu com o período de maior gravidade nos indicadores de contágio e morte decorrentes da pandemia da Covid-19 no Brasil, quando se registrou o reforço das medidas de distanciamento social e restrição à mobilidade pessoal. Nesse período, verificou-se a redução dos preços da gasolina C e do etanol hidratado em abril e maio. A partir da retomada de algumas atividades, os preços se elevaram gradativamente e terminaram o ano acima dos patamares iniciais, com o hidratado em R\$ 5,15/litro e a gasolina C em R\$ 6,65/litro.

Os preços do etanol e da gasolina e a relação PE/PG mensal, ao longo de 2021, estão ilustrados no Gráfico 20. Entre janeiro e abril, a relação PE/PG média foi de 68,7%, como resultado dos elevados estoques de etanol no fim de 2020, da baixa demanda de combustíveis em função da Covid-19, da entressafra de cana e das variações do preço do petróleo. A partir de então, até outubro, migrou para um patamar de 74% e em novembro e dezembro, uma nova alta para 78%. Dessa forma, somente em três meses do ano, o etanol hidratado mostrou-se competitivo, vide Gráfico 20. Especificamente, apenas os estados de Goiás, Mato Grosso e Minas Gerais, representando, respectivamente, 17%, 13% e 10% da produção total de etanol no país, apresentaram apenas em 3 meses de 2021 uma relação PE/PG média favorável ao consumo do biocombustível. No estado de São Paulo, maior produtor nacional de etanol, com 40% do total, isto ocorreu apenas em um mês.

Gráfico 20 – PE, PG e relação PE/PG mensal em 2021

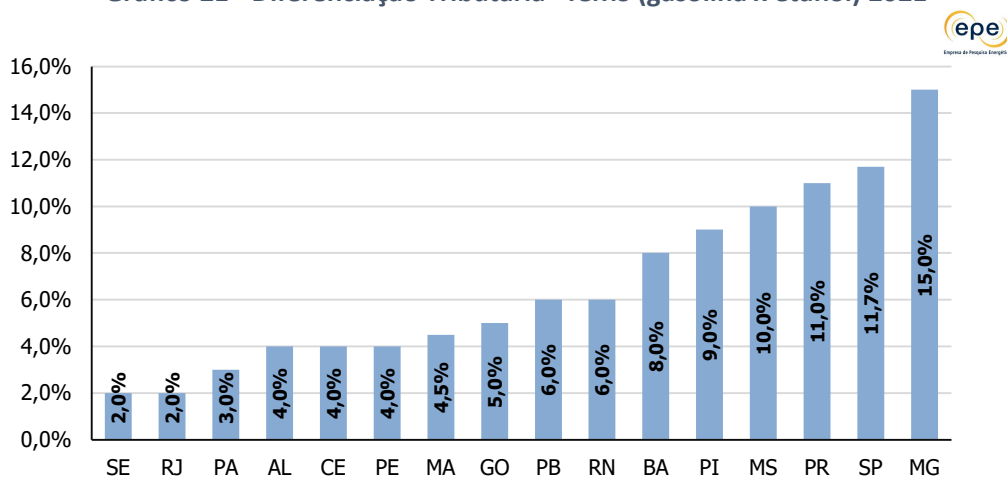


Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022b).

3.2. ICMS nos combustíveis do ciclo Otto

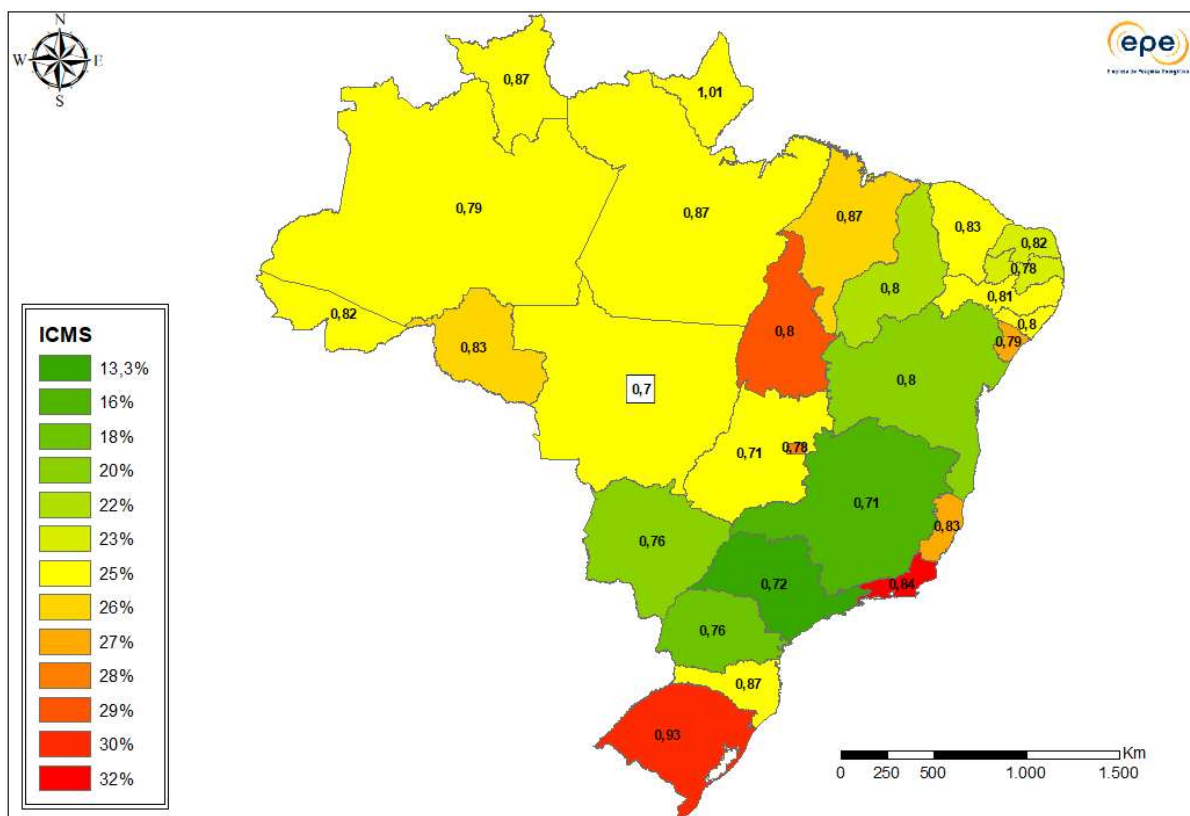
Em 2021, alguns estados alteraram as alíquotas do ICMS sobre o etanol, assim como sobre a gasolina. Os estados de Pernambuco e São Paulo aumentaram as alíquotas de ICMS sobre o etanol para 25% e 13,3%, respectivamente. Além disso, os estados de Mato Grosso do Sul e Maranhão aumentaram as alíquotas sobre a gasolina, respectivamente para 30% (de 25%) e para 30,5% (de 28%). O estado do Pará reduziu a alíquota sobre o etanol de 26% para 25%. Com essas mudanças, 16 estados mantiveram a prática de diferenciação nas alíquotas de ICMS do etanol e da gasolina, como forma de fomento ao mercado do biocombustível, conforme ilustra o Gráfico 21. Minas Gerais e São Paulo mantiveram a maior diferença entre os tributos, 15% e 11,7%, respectivamente.

Gráfico 21 - Diferenciação Tributária - ICMS (gasolina x etanol) 2021



Fonte: (CONFAZ/MF, 2020) e (FECOMBUSTIVEIS, 2022)

A Figura 1 ilustra a relação entre a taxa de ICMS e a competitividade do etanol hidratado nos estados brasileiros em 2021.



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022b), (CONFAZ/MF, 2020) e (FECOMBUSTIVEIS, 2022)

Figura 1 - Alíquota de ICMS do etanol e relação PE/PG por estado em 2021

Em 2021, a relação média PE/PG para o Brasil foi de 70,5%. O estado de Mato Grosso apresentou uma razão média anual de 70%, a menor do país. Em São Paulo, maior produtor e consumidor¹⁸, a relação média foi de 72% (a alíquota de ICMS para o etanol foi a menor em âmbito nacional, 13,3%). Em Minas Gerais, que possui a segunda menor alíquota (16%), o valor de PE/PG anual foi de 71,1%. Os estados menos competitivos foram Amapá e Rio Grande do Sul, onde o preço do etanol atingiu, em média, 101% e 93% do preço da gasolina C, respectivamente. No Amapá, o preço do derivado fóssil se manteve abaixo daquele registrado pelo hidratado em diversos meses do ano.

4. Capacidade de produção e infraestrutura de etanol

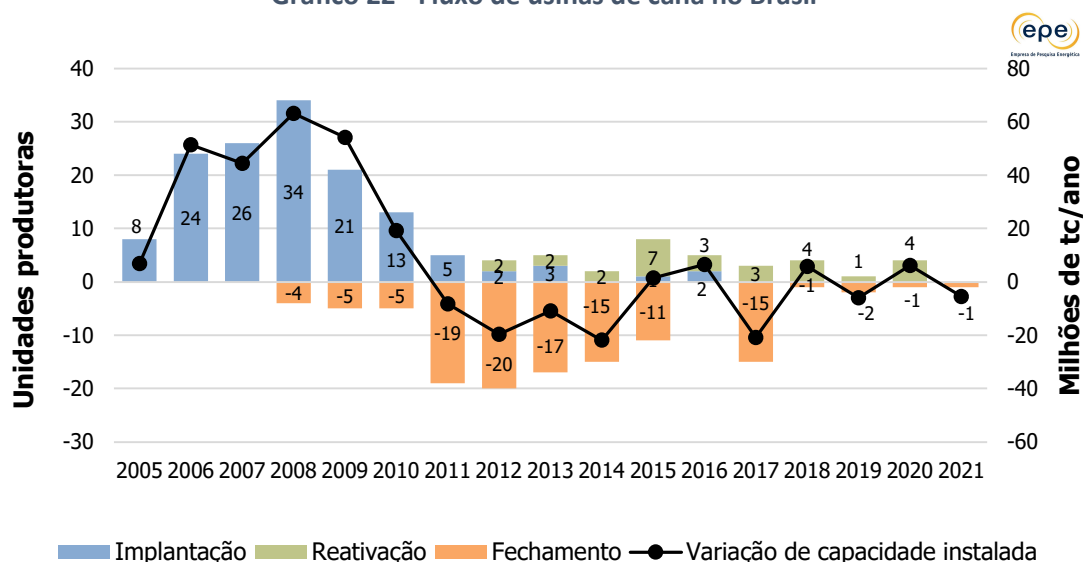
4.1. Capacidade produtiva

Em 2021, houve a paralisação de uma usina produtora a partir da cana-de-açúcar¹⁹ e não ocorreram reativações e implantações. O Gráfico 22 mostra o fluxo de unidades entre 2005 e 2021. Estima-se que a capacidade nominal de moagem de cana tenha aumentado cerca de 165 milhões de toneladas ao longo do período, considerando as unidades implantadas, desativadas e reativadas.

¹⁸ São Paulo representou 46,2% da produção nacional do etanol (anidro e hidratado) e 40,2% do consumo brasileiro de hidratado em 2020 (MAPA, 2022a).

¹⁹ Na contabilidade atual não são consideradas as unidades produtoras de etanol não derivados de cana e aquelas que paralisaram e retornaram no mesmo ano civil.

Gráfico 22 - Fluxo de usinas de cana no Brasil



Fonte: EPE a partir de (MAPA, 2022), (UNICA, 2014a) e (UNICA, 2014b)

O número de unidades sucroenergéticas em operação em dezembro de 2021 era 361, correspondendo a uma capacidade de moagem efetiva de cerca de 735 milhões de toneladas (MAPA, 2022). Portanto, adotando a moagem realizada no ano de 2021, que foi de aproximadamente 581 milhões de toneladas, a taxa de ocupação da indústria sucroenergética foi de 79% da capacidade efetiva.

Em 2021, havia 20 unidades de etanol de milho em operação (sendo 9 *full* e 11 *flex*). A capacidade total de processamento foi de 15,3 milhões de toneladas por ano e a de produção de etanol de 4,2 bilhões de litros/ano. Não ocorreram implantações no período.

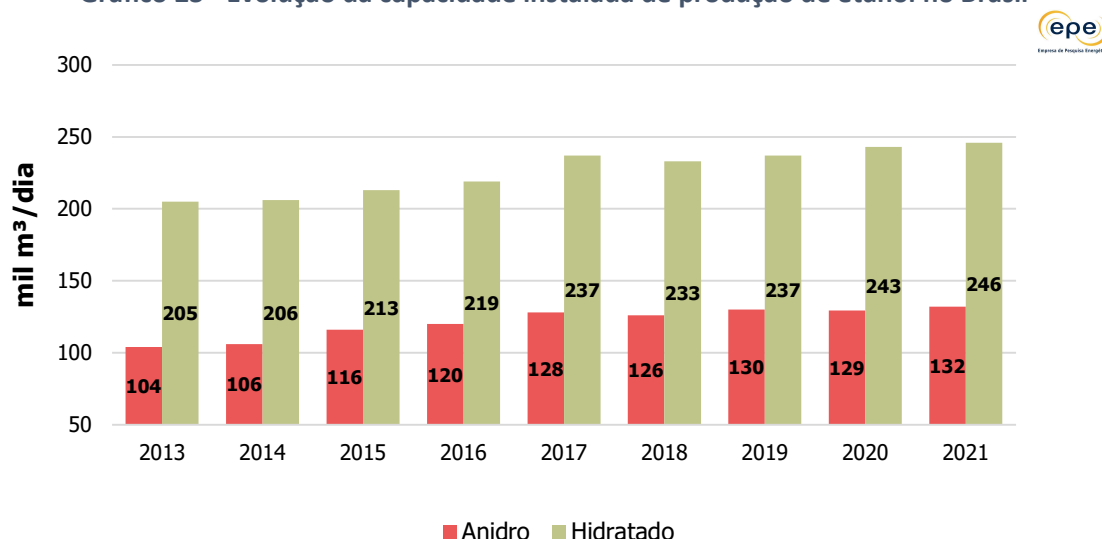
Nesse ano, uma unidade de produção de etanol a partir da soja e duas, de resíduos (pequeno porte) iniciaram suas operações.

Segundo a ANP, em dezembro de 2021, 359 unidades estavam aptas a comercializar etanol anidro e hidratado²⁰, cujas capacidades de produção eram de 132 mil m³/dia e 246 mil m³/dia, respectivamente. Adicionalmente, havia vinte e duas solicitações²¹ para construção de novas usinas, que adicionarão uma capacidade de 4.330 m³/dia de anidro e 6.269 m³/dia de hidratado. Existiam, ainda, 51 unidades com indicação de ampliação da capacidade de produção desses biocombustíveis (ANP, 2022a). O Gráfico 23 apresenta a evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil desde 2013, onde se pode observar um incremento de 41 mil m³/dia para o hidratado e 28 mil m³/dia para o anidro.

²⁰ O relatório não caracteriza se a unidade está operando ou se está parada e não constam as unidades produtoras exclusivamente de açúcar.

²¹ As autorizações contemplam unidades de etanol de cana, milho, soja (uma) e cereais (três). Desse total, duas usinas não informaram a capacidade de produção de etanol.

Gráfico 23 - Evolução da capacidade instalada de produção de etanol no Brasil



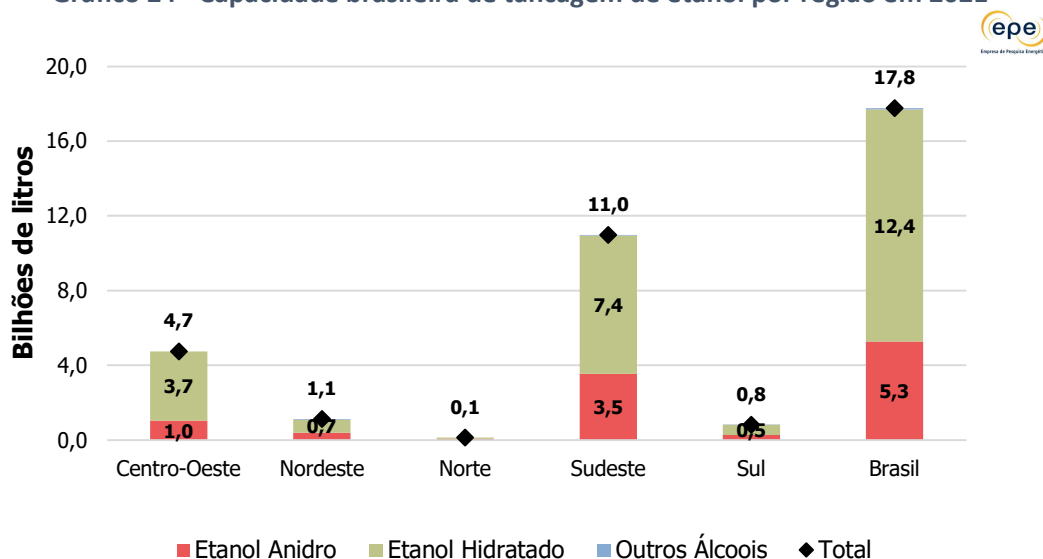
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022a)

O MAPA realiza o controle das unidades do setor sucroenergético que estão em operação, inclusive as usinas dedicadas à produção de açúcar. Já a ANP controla as unidades que estão aptas a comercializarem o etanol anidro e hidratado, mesmo que não estejam em operação em uma determinada data. As divergências entre os relatórios das duas entidades devem-se aos diferentes objetivos almejados.

4.2. Tancagem

Em 2021, o Brasil registrou uma capacidade de tancagem de etanol de 17,8 bilhões de litros, sendo 12,4 bilhões para o hidratado, 5,3 bilhões para o anidro e 65 milhões para outros álcoois. Dentre as regiões, destaca-se a Sudeste com 10,8 bilhões de litros (62%), o que mostra conformidade com os maiores volumes consumidos por ela. O Gráfico 24 apresenta a capacidade brasileira de tancagem por tipo de etanol e por região em 2021.

Gráfico 24 - Capacidade brasileira de tancagem de etanol por região em 2021



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022a)

4.3. Dutos

A maior parte da distribuição de etanol no Brasil é feita pelo modo rodoviário. No entanto, existem alternativas de transporte com menor emissão por volume transportado, como os modos dutoviário e ferroviário. A Figura 2 apresenta o sistema integrado de logística para o etanol da Logum, que consiste em polidutos próprios e a utilização de existentes, cuja extensão é de 1.114 km, com capacidade anual máxima de transporte de até 9 bilhões de litros de etanol (LOGUM, 2022).



Fonte: (LOGUM, 2022)

Figura 2 - Sistema integrado de logística para o etanol

Os trechos dos dutos que se encontram em operação são:

- i. Próprios: Ribeirão Preto (SP) – Paulínia (capacidade operacional de 2,8 bilhões de litros/ano) e Uberaba (MG) – Ribeirão Preto (SP) (capacidade operacional de 1,8 bilhão de litros/ano);
- ii. Subcontratados: Paulínia (SP) – Barueri (SP); Paulínia (SP) – Rio de Janeiro (RJ) e Guararema (SP) – Guarulhos (SP).

A capacidade de armazenamento dos tanques (volume útil) nos terminais operacionais do sistema é de 617 milhões de litros. Em 2021, o volume de etanol movimentado foi de 2,3 milhões de litros, 10% a mais do que no ano anterior (LOGUM, 2022).

Em 2021, a companhia inaugurou uma expansão do sistema de dutos, que chegam a Guarulhos, permitindo o atendimento ao principal polo de consumo do Brasil. Neste ano, também foi realizada a primeira operação de exportação pelo Sistema, de cerca de 40 milhões de litros de etanol, partindo do Terminal de Ribeirão Preto (SP), até serem embarcados no Porto de Ilha D'Água (RJ) com destino à Califórnia (EUA) (UDOP, 2022).

Adicionalmente, está previsto o início da operação de um duto entre Guararema e São José dos Campos no 2º semestre de 2022 (LOGUM, 2022).

4.4. Portos

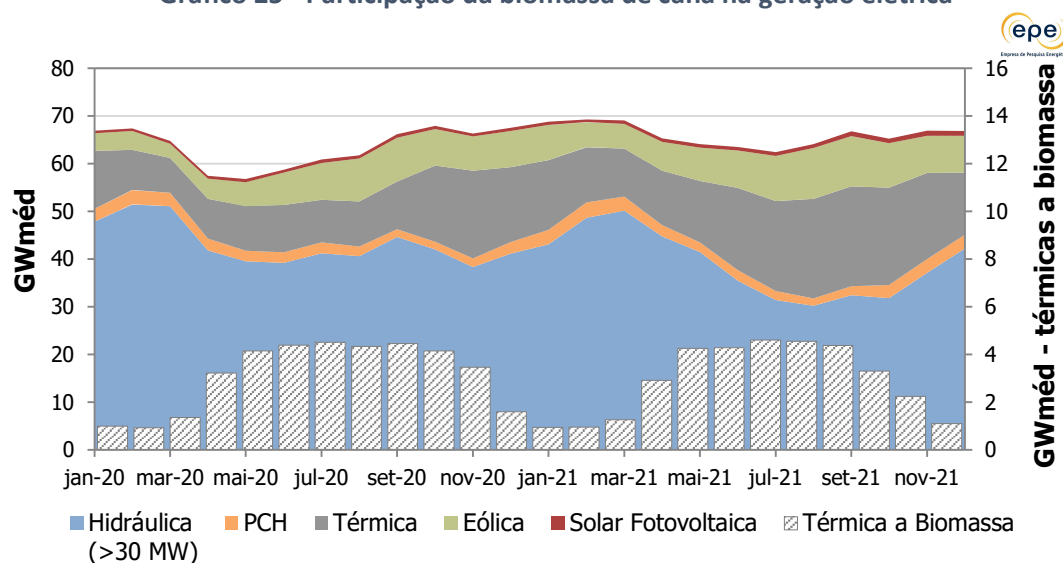
Em 2021, as transações internacionais de etanol brasileiro se deram majoritariamente por via marítima (99,8% do exportado e 100% do importado). O Porto de Santos – SP representou 83,6% dos volumes exportados, seguido pelo de Paranaguá – PR, com 7,6%, e Suape – PE, 4,4% (ME, 2022a). O Porto de São Luís – MA (43,6%) continuou sendo a principal porta de entrada do etanol importado seguido pelos Portos de Suape – PE (29,4%), Santos – SP (11,5%) e Salvador – BA (11,4%) (ME, 2022a).

5. Bioeletricidade

A geração térmica a biomassa ocupa papel importante no panorama energético nacional. Contudo, em 2021 verificou-se um declínio de 7,4% do montante ofertado em comparação a 2020. O bagaço de cana continua sendo o combustível mais utilizado, com 79%, enquanto a parcela de outras biomassas na exportação de energia para o Sistema Interligado Nacional (SIN) tem se mantido estável, conforme será descrito no item 5.2.

Em 2021, a participação da energia exportada da cana-de-açúcar na matriz elétrica nacional foi de 2,9%. As usinas sucroenergéticas injetaram no SIN 2,3 GW_{méd}, 12% inferior ao verificado em 2020. O Gráfico 25 apresenta a participação sazonal da biomassa de cana na geração elétrica em 2020/2021. Nota-se a complementariedade com a fonte hídrica, uma vez que o aumento da geração da bioeletricidade ocorre durante a safra, período concomitante ao da estiagem (CCEE, 2022b).

Gráfico 25 - Participação da biomassa de cana na geração elétrica



Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2022b)

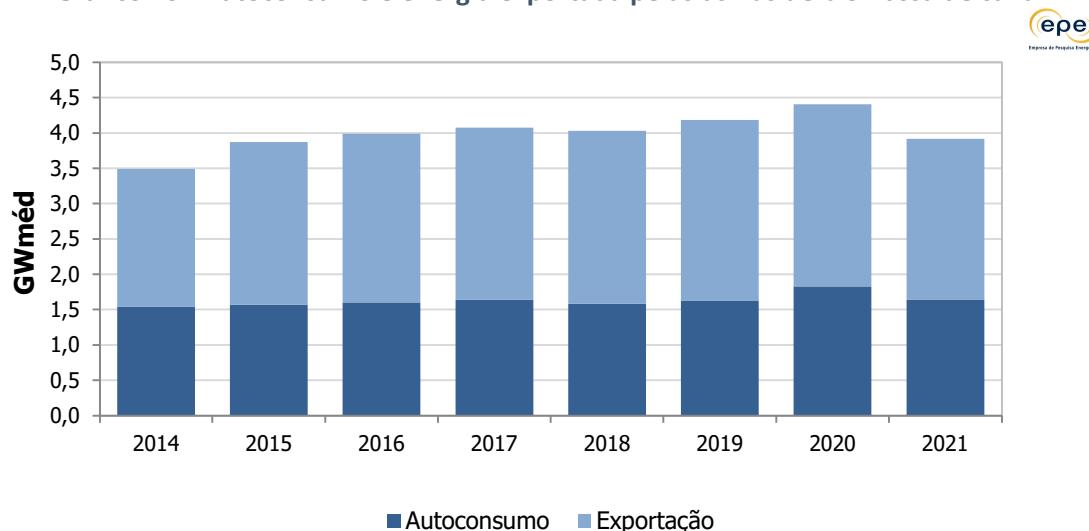
5.1. Exportação e comercialização de energia

Além da autossuficiência energética, as usinas de biomassa de cana se caracterizam pela oferta de energia ao SIN²².

De acordo com o Gráfico 26, foi observado no período 2014-2020 um crescimento na geração de energia elétrica com esta fonte, motivado pelo aumento da exportação de eletricidade, tendo a parcela relativa ao autoconsumo se mantido no mesmo patamar. Note-se que em 2021 houve uma retração na geração em decorrência dos impactos climáticos nas lavouras de cana.

²² As usinas do setor sucroenergético comercializam energia elétrica nos Ambientes de Contratação Regulada (ACR) e Livre (ACL). No ACR, estão concentradas as operações de compra e venda de energia, por meio de licitações em que ocorrem os leilões de energia nova, de reserva (LER) e os de fontes alternativas (LFA). O modelo dos leilões foi estruturado de forma a assegurar maior transparência e competição na comercialização de energia. No ACL, atuam os agentes de geração, de comercialização, de importação, de exportação e os consumidores livres, em contratos bilaterais de compra e venda de energia livremente negociados, não sendo permitida às distribuidoras a aquisição de energia neste mercado. Além disso, há o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado em 2004 (CCEE, 2022b) (ELETROBRÁS, 2018).

Gráfico 26 - Autoconsumo e energia exportada pelas usinas de biomassa de cana



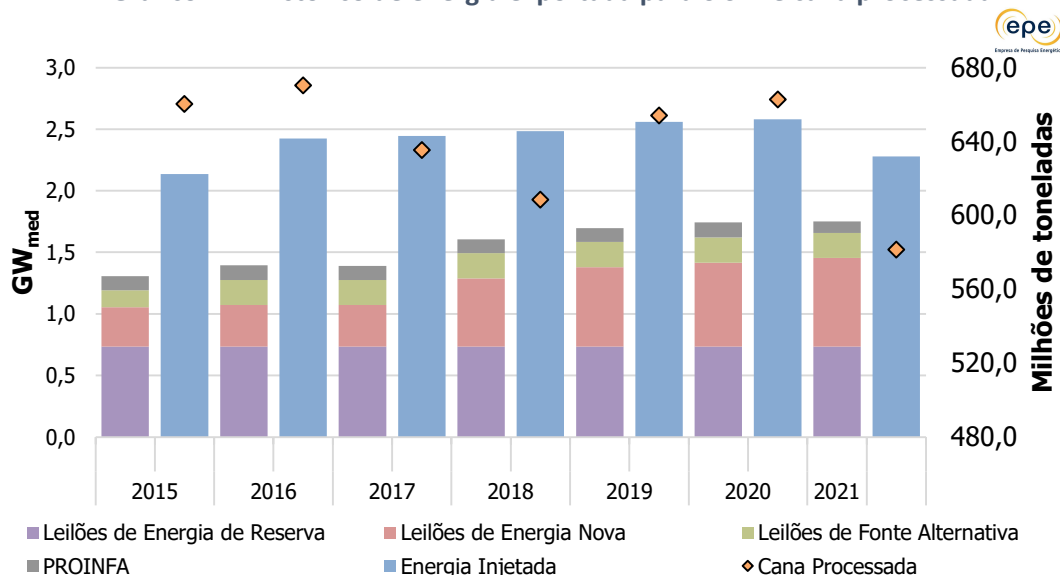
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2022b) e (EPE, 2022a)

Dentre as 361 usinas a biomassa de cana-de-açúcar em operação em 2021, 236 comercializaram eletricidade, seis usinas a mais do que no ano anterior. Das que exportam energia para o SIN, parte atua exclusivamente no ACL (62%) ou no ACR (16%) e o restante (22%) vende em ambos os ambientes de contratação. Cada vez mais tem sido observada a preferência pela comercialização da energia das usinas no ACL. Estima-se que este comportamento se deva ao número crescente de contratos bilaterais, diminuindo o montante disponível para comercialização em outros ambientes. O crescimento pouco significativo da demanda elétrica faz com que os leilões disponibilizem uma quantidade pequena de energia que pode ser atendida por este produto. Assim, a efficientização das unidades propicia uma maior oferta de energia, que busca no ambiente livre melhores condições para sua comercialização.

Com a finalidade de aumentar a competitividade das fontes derivadas da biomassa e estimular o crescimento da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira, o governo federal promoveu a criação de mecanismos regulatórios e políticas de incentivo, como os leilões específicos. Em 2008, foi realizado o primeiro leilão de energia de reserva (LER 2008), voltado exclusivamente à biomassa. Nesta ocasião, foram contratados mais de 590 MWméd, máximo valor registrado, com início de operação programado para os anos de 2009 e 2012.

Até maio de 2022, as usinas sucroenergéticas possuíam contratos da ordem de 1,7 GWméd. Houve pequenos acréscimos de energia da biomassa nos certames ocorridos nos anos de 2021 e 2022 (CCEE, 2022b). O Gráfico 27 destaca o montante exportado para o SIN (ACR e ACL) dessas unidades, o total contratado por modalidade via leilões de energia e a cana processada nos últimos anos. Observa-se que, em 2021, houve redução de 12,3% da quantidade de cana processada e de 11,7% da injeção no SIN, o que refletiu na menor participação da biomassa na matriz elétrica.

Gráfico 27 - Histórico de energia exportada para o SIN e cana processada



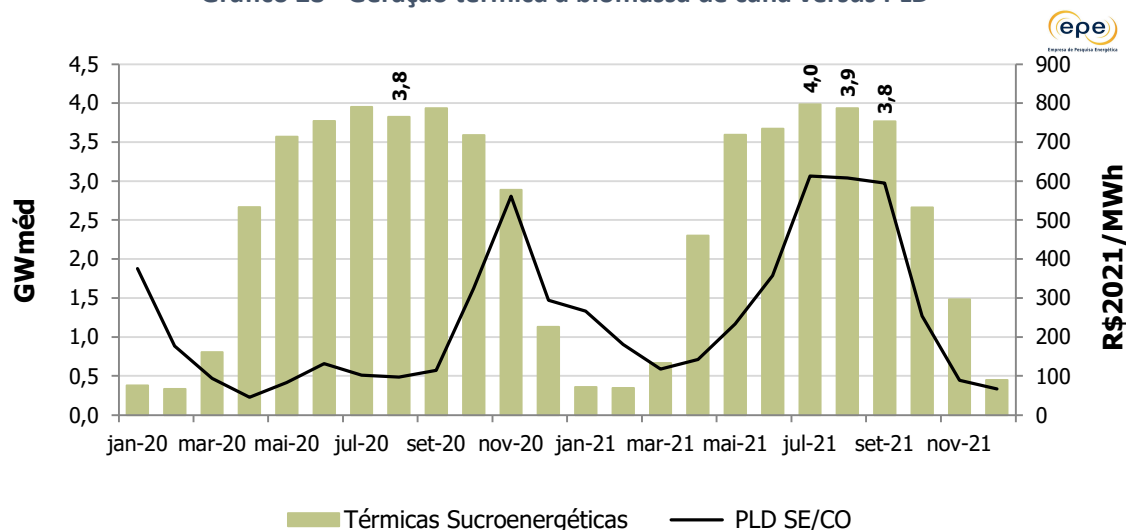
Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2022b) e (MAPA, 2022).

Em 2021, as térmicas continuaram participando de maneira significativa no atendimento da carga (CCEE, 2022b), principalmente pelo baixo índice de energia armazenada nos reservatórios hídricos ao longo do ano, considerado o pior registro hidrológico observado na série histórica, de mais de 90 anos. O Gráfico 28 ilustra a injeção mensal de energia no SIN pelas térmicas a biomassa de cana *versus* o preço do PLD (Preço de Liquidação das Diferenças²³), em valores constantes de 2021. Pode-se observar que, como havia ocorrido em 2019, no ano de 2020 o PLD se descolou do movimento da safra. Já para 2021, este voltou a acompanhar a safra, ano no qual foi observada a menor contribuição das hidrelétricas, o que aumenta a demanda da energia térmica. Assim, foi verificada elevação de valores de PLD, que registraram nos meses de julho e agosto o valor teto (R\$583,9) e em setembro, 99% deste valor. Entretanto, apesar de preços maiores de PLD em 2021, a geração termelétrica a biomassa foi inferior à geração de 2020 (tanto do ACR quando do ACL). Os valores estipulados pela CCEE para o PLD no ano de 2021 foram de R\$583,9/MWh como limite superior (aumento de 8,9%) e R\$49,8/MWh para o valor inferior (redução de 6,3%)²⁴ (CCEE, 2022a).

²³ Atualizado semanalmente, este parâmetro tem por objetivo encontrar a solução ótima de equilíbrio entre o benefício presente do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento, medido em termos da economia esperada pelo uso dos combustíveis nas usinas termelétricas.

²⁴ Os valores limítrofes para o PLD definidos para o ano de 2022 foram de R\$646,58/MWh e R\$55,7/MWh, um aumento de 10,7% e de 11,8%, respectivamente, em relação ao ano anterior. Registra-se o PLD máximo horário de R\$1.326,5/MWh.

Gráfico 28 - Geração térmica a biomassa de cana versus PLD



Nota: O PLD é calculado para os submercados N, NE, S, SE/CO. Neste gráfico, o valor utilizado para comparação do submercado é o referente a SE/CO.

Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2022b)

As unidades apresentavam um movimento de efficientização de exportação de energia elétrica por tonelada de cana processada, embora tenha se notado uma estagnação recente. Reflexos deste comportamento podem estar relacionados à trajetória dos incentivos federais, a exemplo das linhas de financiamento do BNDES. Os montantes financiados por este banco para incentivar a bioeletricidade têm variado bastante nos últimos anos, e apresentou contração expressiva em 2021, quando foi registrado o menor montante histórico, de R\$5,9 milhões. Este valor representa retração de 91% em relação a 2020 e é 72% inferior ao menor montante registrado até então, de R\$21,3 milhões em 2017. Os registros anteriores foram de R\$94 milhões, em 2018, para R\$143 milhões em 2019 e alcançaram R\$66 milhões em 2020, queda de 54% em relação ao ano anterior (BNDES, 2022b).

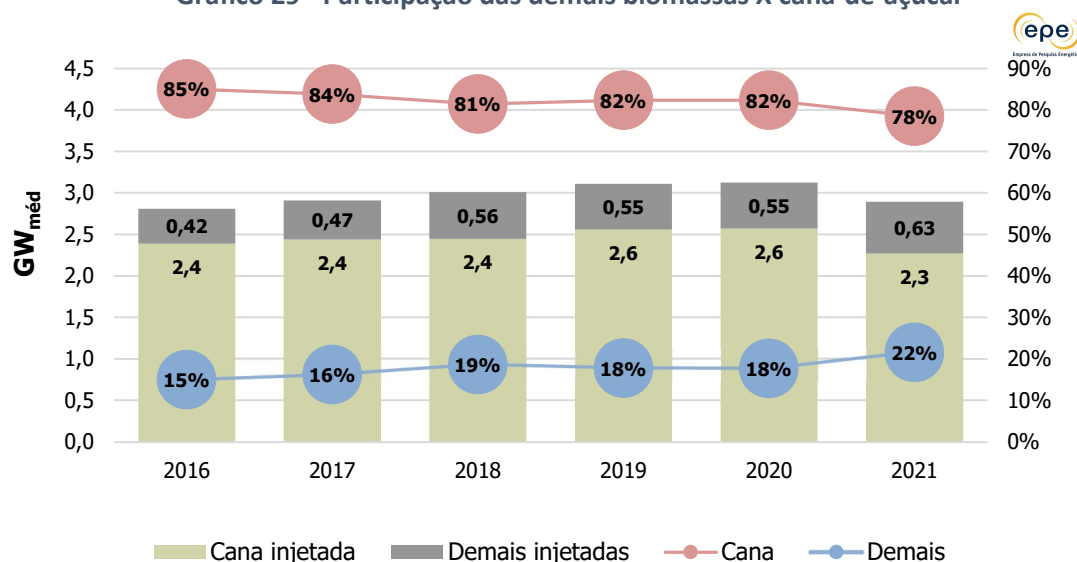
5.2. Bioeletricidade de outras biomassas

No último quinquênio, houve um aumento da exportação de energia elétrica proveniente da biomassa. Em 2021, além dos já mencionados subprodutos da cana-de-açúcar, foram injetados 625 MW méd gerados em empreendimentos que utilizam como combustível insumos provenientes de matéria orgânica animal ou vegetal, o que correspondeu a um aumento de 12,7% comparativamente ao ano anterior.

A geração através destas outras biomassas (exclusive cana) representou 0,8% da matriz elétrica em 2021, o mesmo registrado no ano anterior. Destacam-se o licor negro (55%), em grande parte impulsionado pelo crescimento de produção do setor de celulose nos cinco últimos anos, o biogás (20%) e os resíduos florestais (10,5%). Com menor participação, contribuem o capim elefante, carvão vegetal, casca de arroz, gás de auto forno e lenha.

A participação dessas fontes na composição total da energia exportada pelas biomassas no SIN se manteve em torno de 18% entre 2018 e 2020. Contudo, a retração observada da geração com produtos da cana fez com que este percentual alcançasse 22% em 2021. Embora sua contribuição tenha permanecido no mesmo patamar, foram adicionados cerca de 200 MW méd nos últimos 5 anos, conforme ilustra o Gráfico 29.

Gráfico 29 - Participação das demais biomassas X cana-de-açúcar



Fonte: EPE a partir de (CCEE, 2022b)

Diferentemente da cana-de-açúcar, que tem uma sazonalidade bem definida, e consequentemente uma variação elevada da energia exportada para o *grid*, a geração proveniente das demais biomassas pode-se dizer mais controlável e determinística, devido, principalmente, à possibilidade de estocagem do combustível. Note-se que este é um atributo importante para o setor elétrico, contribuindo para o aumento da segurança energética e confiabilidade sistêmica, em um momento de grandes desafios e mudanças estruturais que vêm ocorrendo no parque gerador.

6. Biodiesel

Em 2021, foram consumidos 6,8 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, o que representa um aumento de 5,1% em relação a 2020. O percentual de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil variou ao longo do ano de 10% em volume (B10) a 13% (B13), em função de diversos fatores que serão explicados a seguir.

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) em 2005, já foram produzidos, até dezembro de 2021, mais de 53,8 bilhões de litros deste biocombustível. Comparativamente, o Brasil continua entre os três maiores produtores e consumidores de biodiesel no ranking internacional, atrás da Indonésia e EUA²⁵ (REN21, 2022). O setor nacional de biodiesel registrou um total de 53 usinas produtoras em dezembro de 2021, mantendo a concentração nas regiões Centro-Oeste e Sul do país (ANP, 2022c).

6.1. Evolução do marco regulatório do biodiesel

Desde que foi instituído o uso obrigatório do biodiesel na mistura com o diesel fóssil, através da Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005), observou-se uma rápida evolução para a adição do biocombustível em maiores teores. O valor inicial foi fixado em 2% em volume, em 2008, alcançando 5% já em 2010, quando o previsto originalmente ocorreria somente em 2013. Nos anos subsequentes, houve a elevação gradual dos percentuais mínimos obrigatórios no diesel B.

²⁵ Em 2021, Indonésia, Brasil e Estados Unidos responderam por 18%, 15% e 14% da produção mundial, respectivamente (REN21, 2022) (EPE, 2022b) (EIA, 2022b).

Em janeiro de 2021, o teor de biodiesel na mistura era de 12%, aumentando para 13% em março, conforme Resolução CNPE nº16/2018, e vigorando até o mês de abril. De maio a agosto o percentual de biodiesel foi fixado em 10%, por meio das Resoluções CNPE nº 4 e nº 10 de 2021 (CNPE, 2021a) (CNPE, 2021d). Nos meses de setembro e outubro o percentual voltou a 12% (CNPE, 2021e), quando então foi fixado em 10% para os dois meses finais do ano (CNPE, 2021f), valor estabelecido para vigorar em 2022 (Resolução CNPE nº 25, de 22 de novembro de 2021) (CNPE, 2021h).

A evolução dos teores de adição obrigatória de biodiesel ao diesel fóssil está detalhada na Figura 3.

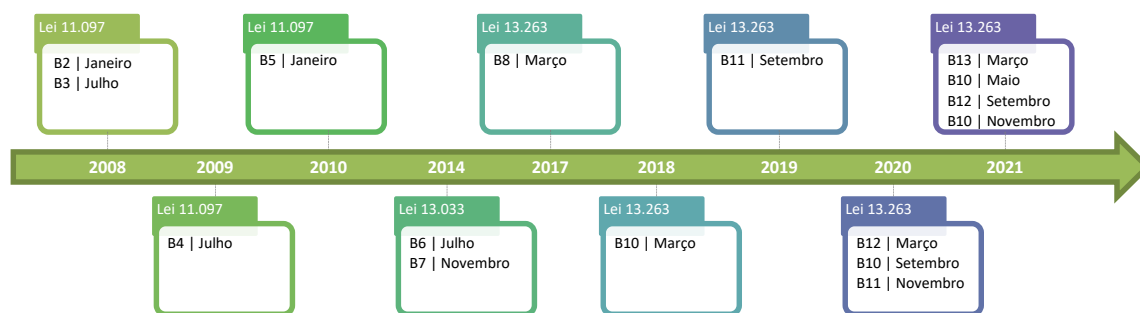


Figura 3 - Evolução do marco legal do biodiesel

Fonte: Elaboração própria a partir de (EPE, 2020a)

A Lei nº 13.263/2016 estabeleceu 10% de adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel, e autorizou o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) a elevar o percentual de biodiesel na mistura até o patamar de 15%, desde que obedecidas as condicionantes de aprovação de testes nos motores para esse teor (BRASIL, 2016). Nesse contexto, a Resolução CNPE nº 16/2018 propôs um cronograma de aumento do percentual de biodiesel na mistura com o diesel de 1% ao ano (CNPE, 2018b). Testes de misturas BX em motores foram realizados pelas montadoras automotivas, de acordo com a Resolução ANP nº 758/2018 (ANP, 2018a). Em relatório que avaliou a utilização de misturas com biodiesel B15, observou-se que um aumento do teor de biocombustível reduz a eficiência do sistema de tratamento de gases dos motores Euro 6, que serão adotados na fase do Proconve P8 (MME, 2019c). Esta será a tecnologia de redução de poluentes no escapamento que poderá ser utilizada no Brasil a partir de 2022/23, quando se prevê a entrada em vigor desta fase para veículos pesados. A Resolução ANP nº 758/2018 busca aumentar a vida útil do óleo diesel B (com biodiesel) em todas as suas etapas de comercialização, e com isso tornar mais segura a implantação das misturas subsequentes (ANP, 2018a).

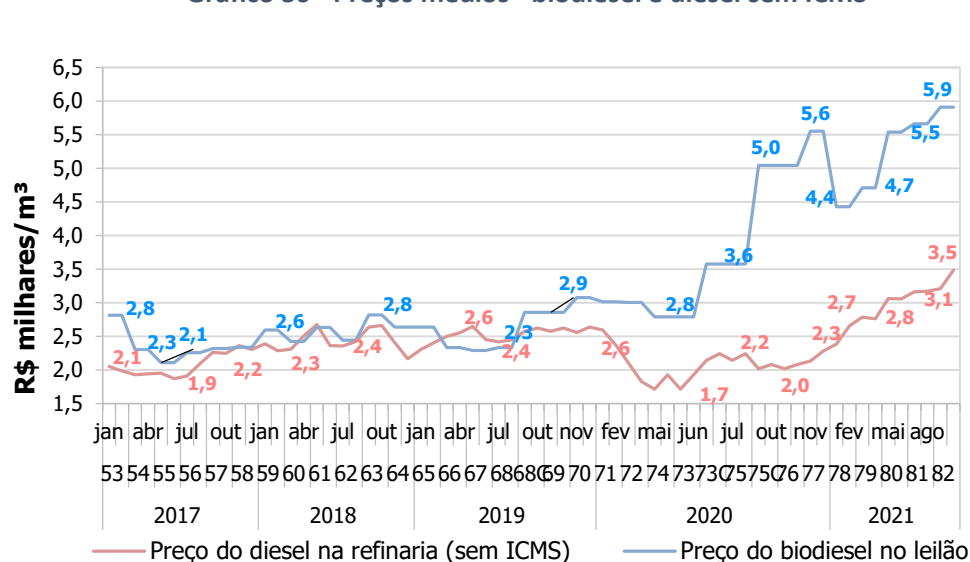
A Lei nº 11.097/2005 (BRASIL, 2005) apresenta uma definição ampla para o biodiesel, como sendo qualquer combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores do ciclo Diesel. Atualmente, encontra-se em vigor a Resolução ANP nº 45/2014 (ANP, 2014), que define o biocombustível como sendo composto por uma mistura de ésteres de ácidos graxos. Com o amadurecimento de novas tecnologias, mostrou-se necessário que a regulamentação permitisse incorporar tais avanços, possibilitando o uso de outros combustíveis renováveis oriundos da biomassa em motores de ciclo Diesel, que podem ser adicionados ao diesel fóssil para compor a mistura do diesel B. Assim, a Resolução ANP nº 842/2021 de 14 de maio de 2021 (ANP, 2021a) (ANP, 2021b) estabelece a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializem em território nacional, o que abre a possibilidade de novos biocombustíveis comporem a mistura com o diesel A.

6.2. Volumes comercializados e preços de biodiesel

Desde 2007 a comercialização do biodiesel era feita por meio de leilões públicos organizados pela ANP, observando as diretrizes gerais estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Os leilões visavam à aquisição de biodiesel pelas refinarias e importadores de óleo diesel para atendimento ao percentual mínimo obrigatório de adição do biocombustível ao óleo diesel e para fins de uso voluntário, cujo volume deve ser entregue pelas unidades produtoras de biodiesel.

A ANP realizou seis leilões de janeiro a dezembro de 2021 para a compra de biodiesel pelas distribuidoras de combustível (totalizando 82 desde o início do programa). O último certame de 2021 (nº 82) teve as entregas previstas para o fim daquele mesmo ano. Tal como demonstra o Gráfico 30, houve um aumento substancial de preços do biodiesel a partir do leilão 73. Dentre os fatores que justificam esse movimento, estão a elevação de preço das *commodities*, como a soja e seus derivados, além da desvalorização do real frente à moeda americana. Destaca-se ainda que o preço do diesel na refinaria, em 2021, também apresentou alta, refletindo os impactos dos preços internacionais do petróleo. No ano de 2021, a diferença entre os preços de diesel e biodiesel se manteve praticamente constante, sendo que no leilão 77 o preço médio de comercialização de biodiesel, superou em mais de duas vezes o preço do diesel na refinaria, sem ICMS (Gráfico 30) (ANP, 2022d).

Gráfico 30 - Preços médios - biodiesel e diesel sem ICMS



Nota 1: Os preços do diesel e biodiesel são apresentados em valores correntes.

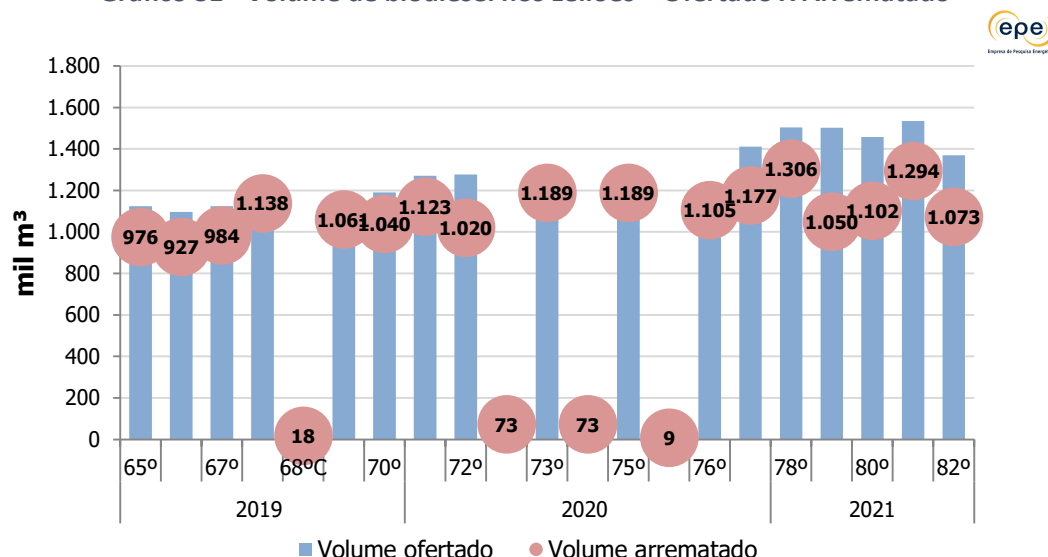
Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022d)

Com os preços da soja e do petróleo em alta, o CNPE, em acordo com o estabelecido na Lei 13.263/2016²⁶, decidiu a partir de maio de 2021 pela redução do percentual mandatório de biodiesel no diesel B, buscando a redução dos preços do diesel B vendido ao consumidor final.

²⁶ O Conselho Nacional de Política Energética - CNPE poderá, a qualquer tempo, por motivo justificado de interesse público, reduzir esse percentual, restabelecendo-o por ocasião da normalização das condições que motivaram a redução do percentual.

De acordo com o Gráfico 31, é possível observar uma queda de 4,6% no volume ofertado de biodiesel nos leilões em relação ao ano de 2020, enquanto o volume arrematado foi 16,3% menor, com a ressalva que não houve o leilão de outubro para entrega em janeiro e fevereiro de 2022, devido às novas regras de comercialização, detalhadas a seguir. No leilão 78, as distribuidoras arremataram um volume da ordem de 1,3 bilhão de litro, o maior já registrado nos leilões e que atendeu ao B13 no segundo bimestre de 2021. A partir de então, os volumes comercializados foram menores, refletindo a alteração dos percentuais ao longo do ano.

Gráfico 31 - Volume de biodiesel nos Leilões – Ofertado X Arrematado



Nota 1: O leilão 77 foi realizado em dez/2020, com a entrega do biocombustível em 2021.

Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022d)

A Resolução CNPE nº3, publicada em outubro de 2015 (CNPE, 2015), definiu as diretrizes para autorizar a comercialização e o uso voluntário de biodiesel, em quantidade superior ao percentual de sua adição obrigatória ao óleo diesel²⁷. A ANP estabeleceu as regras para o biodiesel autorizativo, com o objetivo de aproveitar e estimular as condições que podem torná-lo competitivo frente ao óleo diesel, principalmente em regiões distantes de refinarias de petróleo e com abundância de capacidade produtiva.

O biodiesel autorizativo era comercializado através dos leilões²⁸ regulares, em uma etapa posterior à do volume mandatório. Projetos específicos que usem misturas distintas daquelas previstas na legislação são isentos de submeterem-se aos leilões, podendo haver a compra do biodiesel direto dos produtores, mas necessitam de autorização da ANP. No ano de 2021 não houve negociação nos leilões de biodiesel para uso autorizativo (ANP, 2022d).

²⁷ Os percentuais máximos, em volume, de adição de biodiesel ao óleo diesel são: 20% em frotas cativas ou consumidores rodoviários atendidos por ponto de abastecimento; 30% no transporte ferroviário; 30% no uso agrícola e industrial; e 100% no uso experimental, específico ou em demais aplicações (CNPE, 2015).

²⁸ Os leilões eram realizados em etapas distintas. Na primeira, as usinas produtoras faziam suas ofertas considerando exclusivamente os volumes ofertados e não vendidos durante o leilão regular. Em etapa posterior, as distribuidoras faziam as aquisições para os clientes que tinham interesse em utilizar biodiesel em teores acima dos percentuais indicados. A portaria estabelece que o resultado consolidado do leilão deveria discriminar os volumes de biodiesel e os preços para os dois mercados separadamente, o regular de mistura obrigatória e o de uso voluntário.

A sistemática de comercialização do biodiesel no mercado nacional foi alterada a partir de janeiro de 2022, por meio da Resolução CNPE nº 14, de dezembro de 2020. O normativo define que a partir de janeiro de 2022 não haverá mais leilões de biodiesel, sendo que a comercialização se dará diretamente entre produtores e distribuidores (CNPE, 2020c), cuja relação está regulamentada na Resolução ANP n.º 857/21 (ANP, 2021f), com destaque para:

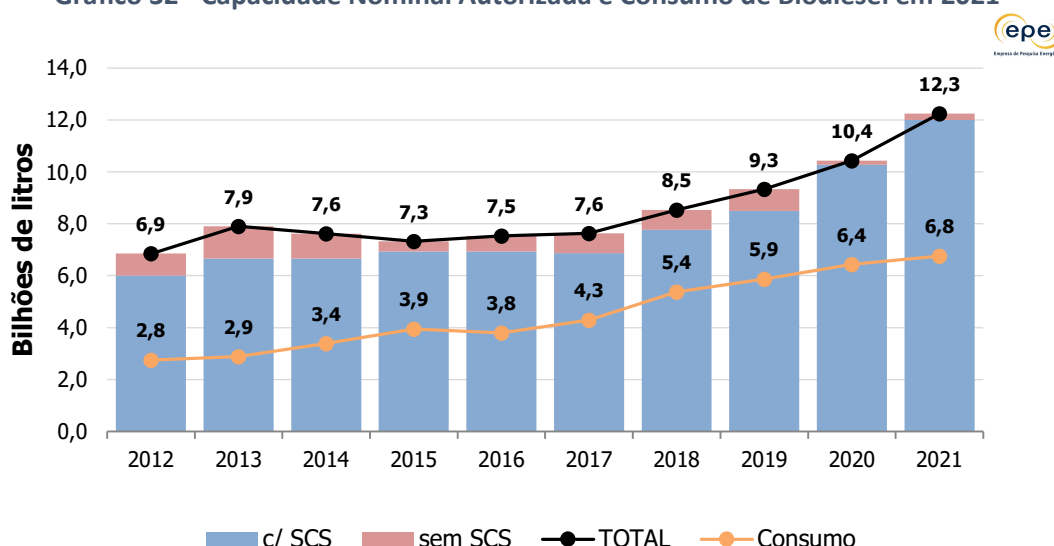
- Art. 7. O distribuidor de combustíveis líquidos deverá ter, antes de cada bimestre civil, volume contratado de biodiesel igual ou superior ao volume equivalente a oitenta por cento da sua comercialização de óleo diesel B no bimestre correspondente do ano civil anterior, considerando o percentual de mistura obrigatória vigente e descontando o volume de óleo diesel B adquirido de outros distribuidores;
- Art. 8. O produtor de biodiesel deverá ter, antes de cada bimestre civil, volume contratado de biodiesel igual ou superior ao volume equivalente a oitenta por cento da sua comercialização de biodiesel com distribuidores de combustíveis líquidos no bimestre correspondente do ano civil anterior, ajustado para o percentual de mistura obrigatória vigente; e
- Art. 10. ANP informará a meta de contratação e o volume contratado através de sistema informatizado disponível no seu sítio eletrônico na Internet.

Com o novo arranjo de comercialização, os produtores de biodiesel ficam obrigados a apresentar à ANP informações de preços praticados na comercialização como prescrito no Art. 17 da Resolução ANP n.º 857/21 (ANP, 2021d).

6.3. Capacidade instalada e produção regional

Segundo dados da ANP, em dezembro de 2021, a capacidade instalada correspondeu a 12,3 bilhões de litros, dividida entre as 53 usinas produtoras autorizadas. O Gráfico 32 apresenta a capacidade autorizada anual, com distinção para as usinas que possuem o Selo Biocombustível Social (SBS), assim como o consumo anual, demonstrando o efeito de sobrecapacidade desde 2008 (ANP, 2022c). Observa-se que a produção deste biocombustível, em 2021, correspondeu a 54% da capacidade instalada no país (ANP, 2022c).

Gráfico 32 - Capacidade Nominal Autorizada e Consumo de Biodiesel em 2021

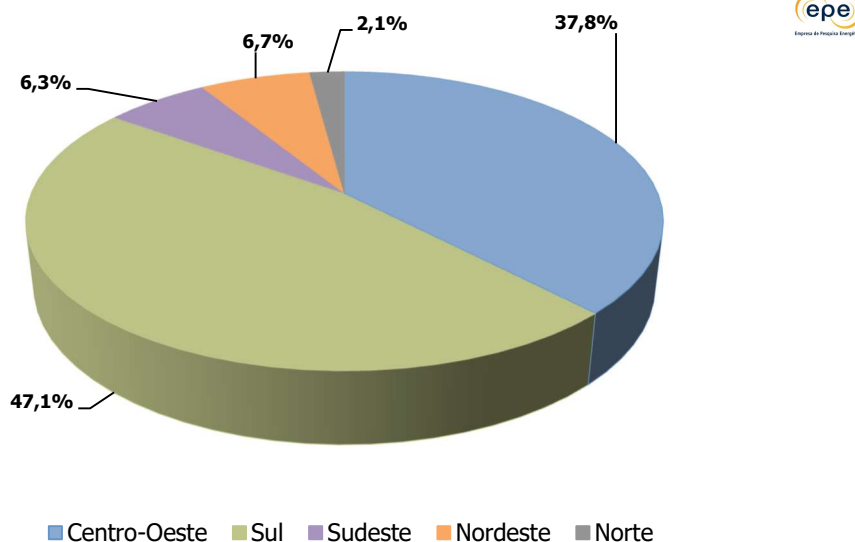


Nota: O Selo Biocombustível Social (SBS) é uma distinção conferida às empresas produtoras de biodiesel que utilizam, em sua cadeia produtiva, produtos oriundos da agricultura familiar. O objetivo é a garantia de renda e estímulo à inclusão social das famílias produtoras. As empresas produtoras de biodiesel e detentoras do SBS são beneficiadas com o acesso a melhores condições de financiamento junto às instituições financeiras.

Fonte: EPE a partir de (EPE, 2022a) e (ANP, 2022c).

No quadro nacional, a produção de biodiesel nas regiões Sul e Centro-Oeste, sempre se destacou em função da abundante disponibilidade das principais matérias-primas (soja e sebo bovino), embora o maior volume de vendas/consumo se concentre na Região Sudeste. O Gráfico 33 apresenta a produção regionalizada de biodiesel em 2021, com maior concentração da produção nas regiões Sul (47,1 %) e Centro-Oeste (37,8%) do país.

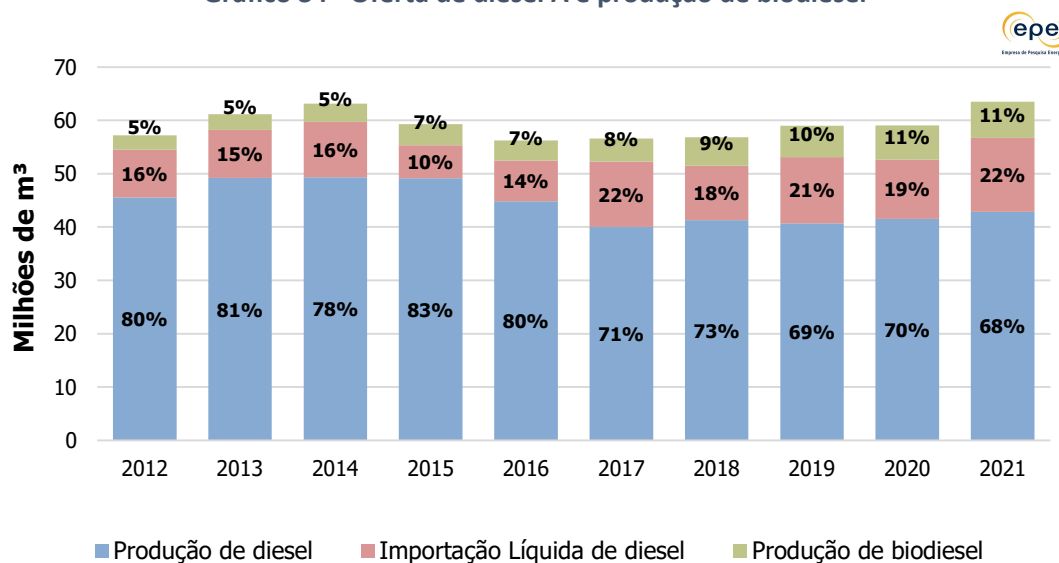
Gráfico 33 - Produção regional de Biodiesel em 2021



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022c)

O Gráfico 34 mostra a evolução da produção e importação de diesel A e a oferta de biodiesel. Em relação a 2020, observa-se que a produção de diesel A pelo parque nacional de refino em 2021 teve um aumento de 1,5%, enquanto a sua importação subiu 20,4%. Verifica-se que a produção do biocombustível superou em 4,9% a do ano anterior, e o consumo de diesel B cresceu 7,5 % no mesmo período, sendo os crescimentos de biodiesel e diesel B descompassados resultantes das variações do teor de mistura BX. O aumento da participação do biodiesel no ciclo Diesel atenuou as necessidades de importação de diesel fóssil desde o início do PNPB.

Gráfico 34 - Oferta de diesel A e produção de biodiesel



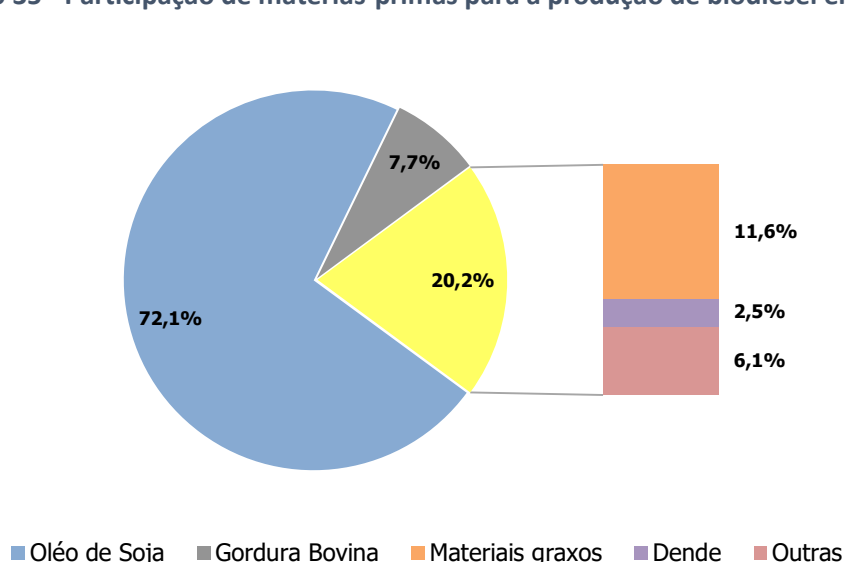
Fonte: EPE, a partir de (EPE, 2022a).

6.4. Matéria-prima para o biodiesel

De todo o biodiesel consumido em 2021, 4,9 bilhões de litros foram produzidos a partir do óleo de soja, o que equivale a um crescimento de 6,3%, comparado a 2020 (ANP, 2022c).

Conforme pode ser visto pelo Gráfico 35, o óleo de soja figurou como o insumo mais importante para a produção de biodiesel no ano 2021 (72,1%), seguido diretamente pelo sebo bovino, como segunda matéria prima isolada, com 7,7% do total, e insumos variados representando 20,2%, dentre esses destacando-se os materiais graxos (11,6%).

Gráfico 35 - Participação de matérias-primas para a produção de biodiesel em 2021



Fonte: EPE a partir de (ANP, 2022c)

Dada a trajetória apresentada ao longo dos últimos anos, a tendência é que a soja permaneça por um longo período em destaque entre os insumos usados na produção do biodiesel, embora já se observe outras matérias-primas emergindo neste mercado. Tal como ocorreu com o sebo bovino, acredita-se que a variedade de materiais graxos, entre outros óleos, como o dendê e os óleos residuais, também possa ter destaque no médio prazo. Em face da necessidade de atendimento aos aumentos previstos de mandatórios, verifica-se a necessidade de diversificação do *mix* de insumos (ANP, 2022c) (EPE, 2020c).

A safra recorde de soja em grãos no Brasil foi de 138,9 milhões de toneladas em 2021 (128,0 milhões em 2020), representando um acréscimo de 8,5% comparado ao ano anterior. Já a produção de óleo de soja foi de 9,56 milhões de toneladas, expressando ligeiro acréscimo de 0,85%. O processamento doméstico cresceu 2,0% em comparação a 2020 (ABIOVE, 2022).

A capacidade de processamento de soja se manteve em 64,0 milhões de toneladas anuais, segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE, 2022). Pelo fato da legislação em vigor privilegiar a exportação do grão, essa indústria opera com ociosidade. A Tabela 2 resume a situação do complexo da soja nos anos 2020 e 2021.

Tabela 2 - Complexo soja²⁹

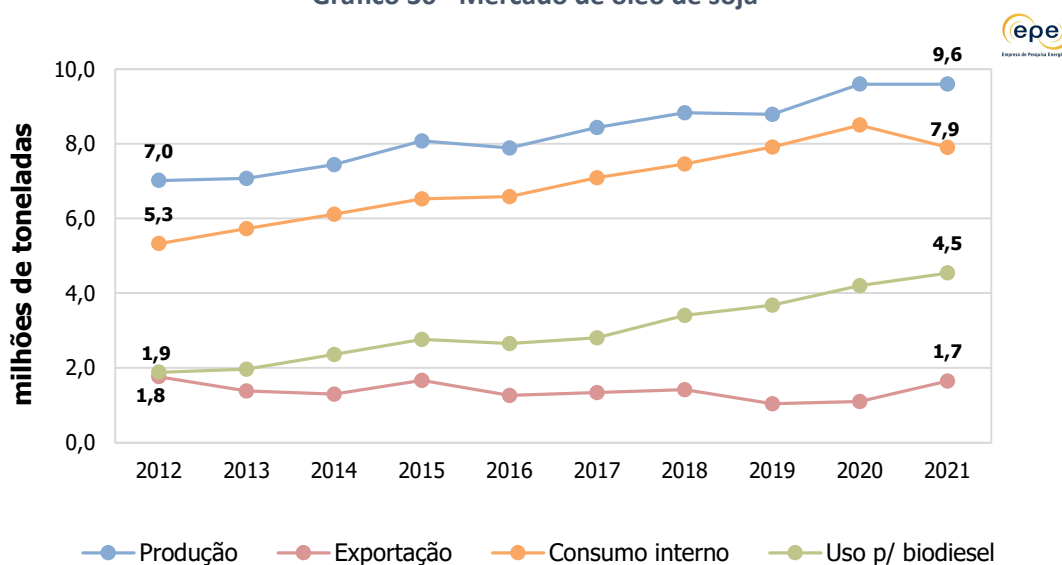
Milhões de toneladas	2020	2021	Δ % (2020- 2021)
Produção de soja	128,0	138,9	8,5%
Capacidade Instalada de processamento de soja	64,0	64,0	0,0%
Exportação de soja em grão	83,0	86,1	3,8%
Soja processada	46,8	47,8	2,0%
Farelo de soja produzido	36,0	36,8	2,1%
Óleo de soja produzido	9,56	9,64	0,85%
Exportação de óleo de soja	1,1	1,7	48,8%
Consumo de óleo alimentício e outros	8,5	7,9	-4,1%
Consumo de óleo de soja para biodiesel	4,2	4,5	7,1%

Nota: A densidade considerada para o óleo de soja foi 0,92 kg/l.

Fonte: (ABIOVE, 2022) (ANP, 2022c)

O Gráfico 36 ilustra o comportamento do mercado de óleo de soja brasileiro desde 2008.

Gráfico 36 - Mercado de óleo de soja



Nota 1: O consumo interno compreende o óleo para biodiesel, alimentício e outros usos.

Fonte: EPE a partir de (ABIOVE, 2022)

Segundo a ABIOVE (2022), a produção de óleo de soja entre 2008 e 2021 aumentou 56%. Esta taxa de crescimento é muito inferior à do volume que é destinado à obtenção do biodiesel, que, em valores absolutos, saiu de 0,8 milhão para 4,5 milhões de toneladas, aumento de 463% neste mesmo período. Observa-se que essa tendência de alta é acompanhada do uso desse óleo para o biodiesel, com a elevação dos percentuais mandatórios. As exportações de óleo de soja apresentaram queda de 14% nesse período (ABIOVE, 2022).

²⁹ Os valores referentes ao consumo interno de soja semente e outros fins não foram considerados.

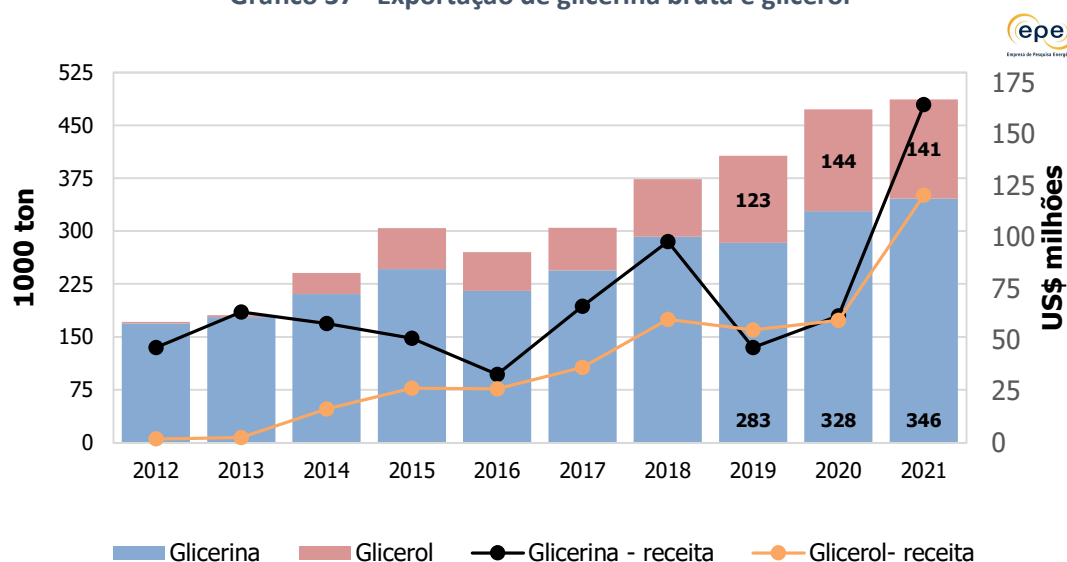
6.5. Coprodutos do biodiesel

A glicerina bruta é um coproduto da cadeia do biodiesel, que corresponde a aproximadamente 10% em massa do biocombustível produzido. Em 2021, estima-se que tenham sido produzidas 680 mil toneladas. Já a sua exportação total foi de 346 mil toneladas, 5% superior ao ano anterior, conforme mostra o Gráfico 37. Já a receita obtida com a exportação de glicerina bruta foi de 164,3 milhões de dólares, 167% maior do que foi obtido em 2020, devido ao crescimento da demanda no mercado, o que provocou aumento no preço internacional deste produto.

O glicerol é uma classificação para a glicerina refinada, que tem melhores preços no mercado internacional que a glicerina bruta. O número de usinas que estão instalando equipamentos para sua purificação, visando melhores receitas, tem aumentado continuamente. A exportação de glicerol vem crescendo desde 2013, sendo que em 2021 totalizou 140,8 mil toneladas, uma queda de 2,2 % em relação ao ano anterior. A receita somou 120,3 milhões de dólares, 102% superior a 2020 (ME, 2022a).

A China continua como o maior destino das exportações, sendo 71,4 % da glicerina bruta e 36% do glicerol (ME, 2022a).

Gráfico 37 - Exportação de glicerina bruta e glicerol



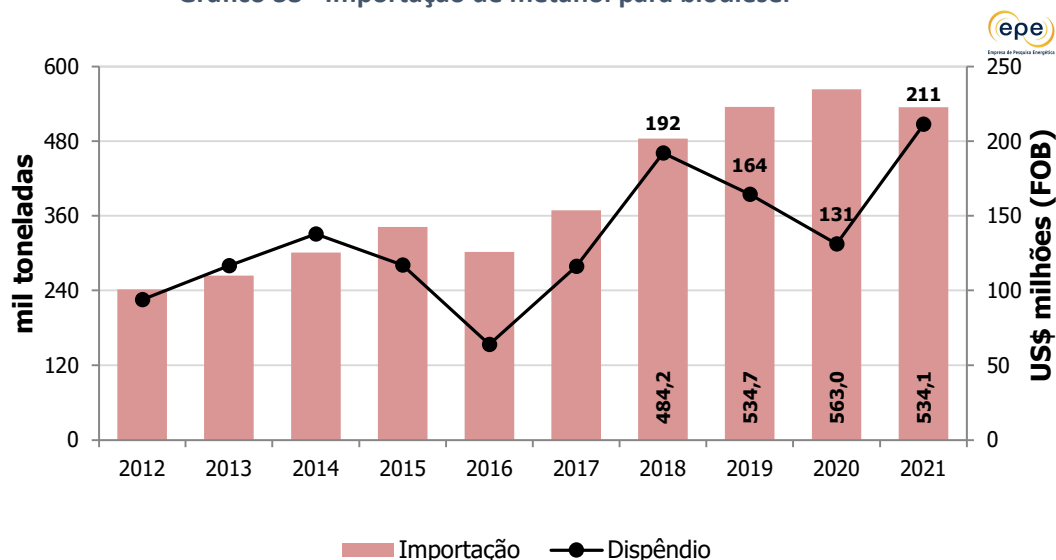
Fonte: (ME, 2022a).

6.6. Metanol

O metanol é um insumo fundamental para a obtenção do biodiesel produzido pelo processo de esterificação/transesterificação. Os EUA concentram a produção mundial devido aos baixos preços do gás natural, que é a matéria-prima básica para a sua produção. O Brasil importou 534 mil toneladas deste insumo em 2021 para a produção de biodiesel, sendo a maior parte oriunda do Chile, Trinidad e Tobago, Venezuela e Argentina. O Gráfico 38 mostra a quantidade de metanol importado exclusivamente para a produção de biodiesel e o dispêndio resultante. O total em 2021 foi 5,1% menor que em 2020 e o desembolso totalizou 211 milhões de dólares (61% maior que 2020) (ANP, 2022c) (ME, 2022a). A queda nas importações deste insumo está diretamente relacionada aos volumes produzidos de biodiesel, diante da evolução do percentual mandatório em 2021.

O metanol é uma *commodity* e, portanto, tem seu preço de venda determinado pela interação entre oferta e demanda no mercado mundial. Este fator se configura como um ponto de atenção para o desenvolvimento de uma futura produção nacional (EPE, 2020c).

Gráfico 38 - Importação de metanol para biodiesel



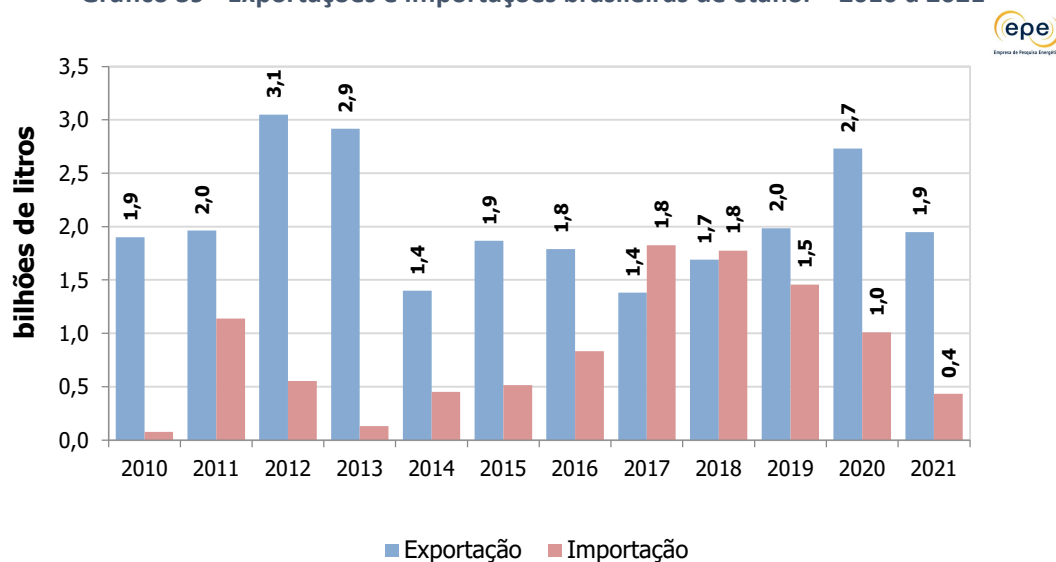
Fonte: EPE a partir do (ANP, 2022c) e (ME, 2022a).

7. Mercado internacional de biocombustíveis

Em 2021, a produção global de etanol combustível permaneceu praticamente inalterada em 105 bilhões de litros. Os dois principais atores do mercado, Brasil e Estados Unidos, continuaram com alta participação, com 83% da produção mundial do biocombustível (REN21, 2022) (EIA, 2022b) (MAPA, 2022).

O Brasil apresentou uma baixa nos volumes exportados, atingindo 1,9 bilhão de litros, 0,8 bilhão inferior a 2020 (Gráfico 39) (ME, 2022a).

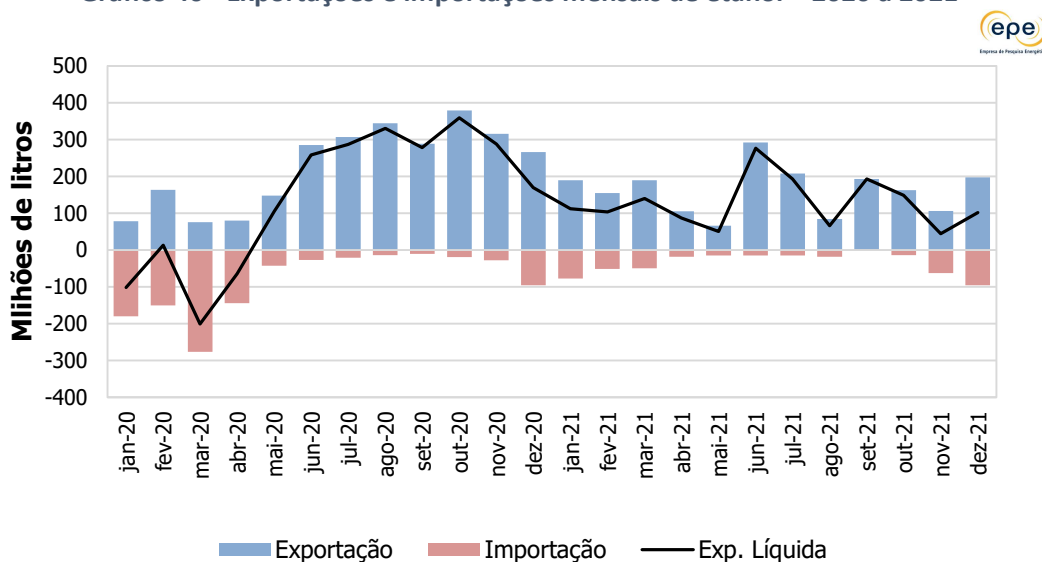
Gráfico 39 - Exportações e importações brasileiras de etanol – 2010 a 2021



Fonte: EPE a partir de (ME, 2022a)

Em 2021, as importações brasileiras de etanol também mostraram retração (Gráfico 40), com os volumes importados chegando a 0,4 bilhão de litros (ME, 2022a). Desde agosto de 2017, por meio da Resolução CAMEX nº 72 (ME, 2017) e da Portaria nº 547 (ME, 2019), os volumes importados de etanol combustível estavam sujeitos a uma isenção na cota de importação, cujo prazo de término, originalmente marcado para agosto de 2020, ainda fora estendido para dezembro (NOVACANA, 2020). Ao final de 2020, os volumes importados voltaram a receber a cota de 20%, permanecendo assim por todo o ano de 2021³⁰.

Gráfico 40 - Exportações e importações mensais de etanol – 2020 a 2021



Fonte: EPE a partir de (ME, 2022a)

Em relação ao biodiesel, o comércio mundial manteve-se concentrado entre a Europa, Argentina e Estados Unidos, sem participação relevante do Brasil nos volumes transacionados³¹. A produção mundial de biodiesel caiu de 46,2 bilhões de litros em 2020 para 45 bilhões de litros em 2021 (queda de 3,2%) (REN21, 2022).

7.1. Estados Unidos

Os Estados Unidos, no que tange ao etanol, começaram a se recuperar do choque da pandemia de Covid-19 e voltou a apresentar níveis de produção e consumo de biocombustíveis pré-pandemia. Em 2021, o país produziu 56,8 bilhões de litros de etanol combustível (aumento de 7,7% em relação a 2020), 52,8 bilhões destinados ao mercado interno (9,9% maior do que no ano anterior) (EIA, 2022b). Sua demanda, vinculada à de gasolina pela mistura E10, tem se mantido estável, em torno dos 50 bilhões de litros, com os excedentes sendo destinados ao mercado externo (EIA, 2022a).

Em 2021, houve queda tanto nos volumes exportados quanto nos importados. As exportações totalizaram 4,7 bilhões de litros, 6,8% inferior aos volumes de 2020 (5,1 bilhões de litros), sendo os principais destinos: Canadá (30% dos volumes exportados), Coreia do Sul e Índia (ambos com 12%) e China (9%) (RFA, 2022). O Brasil importou 0,3 bilhão de litros, 6% do etanol exportado pelos Estados Unidos em 2021. Neste ano, a tarifa de 20% voltou a incidir sobre o biocombustível importado pelo Brasil (RPANEWS, 2020).

³⁰ Em 22 de março de 2022, o governo, por meio da Resolução GECEX Nº 317, voltou a zerar a alíquota do etanol importado, medida vigente até 31 de dezembro do mesmo ano (ME, 2022b).

³¹ Em 2021, o Brasil exportou 7.531 m³ de biodiesel, o dobro do valor exportado em 2020, ainda assim irrelevante comparado ao comércio mundial (ME, 2022a).

Os volumes importados pelos Estados Unidos totalizaram 0,2 bilhões de litros, volume menor em 58% que o valor de 2020. A maior parte foi importada do Brasil (RFA, 2022).

Os Estados Unidos utilizam o biodiesel em qualquer percentual de adição, sendo mais comum a mistura B20 (USDOE, 2022). Em 2021, foram produzidos e consumidos 6,2 bilhões de litros (EIA, 2022b).

A EPA (*Environment Protection Agency* - Agência de Proteção Ambiental) tem diminuído os volumes obrigatórios de biocombustíveis lignocelulósicos em relação aos valores originais das metas da RFS ano a ano. No entanto, em 2020, a Agência não estabeleceu mudanças na meta, passado o prazo final de 30 de novembro daquele ano (AGRINEWS, 2020). As metas anteriormente estabelecidas em 19 de dezembro de 2019 (Tabela 3) permaneceram inalteradas por todo o ano de 2021, sendo que somente em dezembro deste ano foi feita uma proposta de alteração nos volumes, com aprovação em 03 de junho de 2022 (EPA, 2021).

Tabela 3 - Volumes originais e revisados da RFS (bilhões de litros)

Combustíveis	Originais*			Revisados		
	2020	2021	2022	2020	2021	2022
Biocombustíveis celulósicos	39,8	51,1	60,6	1,9	2,1	2,4
Diesel de biomassa	3,8	3,8	3,8	9,2	9,2	10,5
Biocombustíveis avançados	56,8	68,1	79,5	17,5	19,1	21,3
Combustíveis renováveis	113,6	124,9	136,6	64,8	71,3	78,1

* Volumes originais, conforme o Ato de Independência e Segurança Energética de 2007.

Fonte: (EPA, 2021) (EUA, 2007).

7.2. União Europeia

A União Europeia está compromissada com os objetivos de mitigação de gases de efeito estufa (GEE) e segurança energética e tem estabelecido planos de ação com metas anuais para os anos de 2020, 2030 e 2050. Em 2009, o bloco lançou a Diretiva das Energias Renováveis - RED II (CE, 2009) que estabelecia um conjunto de metas para 2020, o chamado Triplo 20, as quais eram: 20% de redução nas emissões de GEE, comparado a 1990, 20% de participação de fontes renováveis no consumo energético, 10% de participação de renováveis no consumo automotivo³² e 20% de aumento na eficiência energética, comparados a 1990. Para 2030, o bloco estabelecia que as metas seriam aumentadas para 40%, 32%, 14% e 32,5%, respectivamente (CE, 2018).

Em 2020 o bloco alcançou uma queda de 34% nos níveis de emissões, comparados a 1990 (AEA, 2022a), enquanto a participação de fontes renováveis no consumo final foi de 22% (EUROSTAT, 2022) e no consumo automotivo de 10,2% (AEA, 2022c). A meta de eficiência energética de 20% em 2020 equivale a valores de consumo primário energético e consumo final energético do bloco em 1.312 MTep e 959 MTep, respectivamente. Segundo o Gabinete de Estatísticas da União Europeia – Eurostat, o bloco alcançou os valores de 1.237 MTep no consumo primário e 907 MTep no final (AEA, 2022b).

³² Em favorecimento aos biocombustíveis de segunda geração, o bloco limitou a participação dos biocombustíveis tradicionais (etanol de cana e milho e biodiesel de oleaginosas) a um máximo de 7% na demanda energética até 2020, eliminando sua participação na demanda final até 2030 (BIOMASS MAGAZINE, 2018).

Alguns fatores que contribuíram para o alcance destas metas foram o crescente uso de energias renováveis, combustíveis fósseis menos intensivos em carbono e melhorias na eficiência energética. A recessão causada pela pandemia de Covid-19 e as medidas de contenção aplicadas também tiveram forte impacto para a diminuição dos níveis de emissões e do consumo energético, de modo que a manutenção destes níveis pode se dar apenas nos curto e médio prazos, à medida que os países se recuperam lentamente dos efeitos da pandemia.

Terminado o prazo da Triplo 20, a União Europeia agora busca novas medidas para a manutenção dos valores alcançados e atingir objetivos mais ambiciosos para os próximos anos. Neste sentido, em 14 de junho de 2021, o bloco apresentou um plano chamado *Green Deal* no qual pretende alcançar uma meta de mitigação de emissões de 55% até 2030, além das metas de 40% de fontes renováveis no consumo energético e eficiência energética de 36% e 39% no consumo final e primário de energia, respectivamente. O novo plano também impõe zero emissões de carros novos a partir de 2035, o que significa o fim da venda de veículos com motores de combustão interna até este marco (CE, 2022).

Para 2050, permanece o plano de se atingir uma sociedade neutra em relação ao clima, ou seja, com zero emissões líquidas de GEE (CE, 2018).

7.3. Ásia

China é o terceiro maior produtor de etanol no mundo, com uma produção de 3,3 bilhões de litros de etanol em 2021 (REN21, 2022), cujo destino é exclusivamente interno. O país tem um programa de mistura E10 facultativa em 10 províncias, com planos para expansão em todo o país, que foram suspensos em virtude das limitações de aumento de capacidade de produção de etanol e baixos estoques, frente ao aumento no consumo de gasolina dos últimos anos (USDA, 2021).

Em 2021, a Indonésia manteve-se como o maior produtor de biodiesel no mundo, com 8,1 bilhões de litros, produzidos a partir de óleo de palma (REN21, 2022). O consumo desse biocombustível no país é impulsionado pelo mandato de mistura B30 e apoiado por fundos do imposto sobre exportações de óleo de palma bruto – CPO. É usado principalmente para o setor de transporte rodoviário, com pequena fração empregada na geração de eletricidade (USDA, 2021).

Em 2021, a Coreia do Sul ultrapassou o Estados Unidos como o principal destino para o etanol exportado do Brasil, recebendo 800 milhões de litros (40%) (ME, 2022a). O país usa o etanol exclusivamente na indústria e no setor alimentício, porém o governo estuda o seu uso como combustível, em virtude dos benefícios ambientais, de qualidade do ar nas grandes cidades e de segurança energética (USDA, 2019).

A Índia é o quarto maior produtor de etanol do mundo, com uma produção de 3,2 bilhões de litros em 2021 (REN21, 2022), oriundo principalmente da conversão de melado. O Programa de Mistura de Etanol, lançado em 2003, permite a aquisição e conversão do subproduto da indústria açucareira em biocombustível, o qual é usado em uma mistura não mandatória de 2% em todo o território. O governo indiano mantém planos de estabelecer mandatos obrigatórios de E20 até 2025 e B5 até 2030, apesar das dificuldades em ultrapassar o nível atual de demanda de biocombustíveis (USDA, 2022).

A Índia assinou um Memorando de Entendimento com o Brasil, em dezembro de 2019, para atualizar suas instalações de produção de etanol e cooperar no desenvolvimento da tecnologia necessária para a mistura de etanol. O acordo permite assistência técnica com o objetivo de criar um sistema duplo sucroalcooleiro, que daria flexibilidade, buscando retornos mais elevados, ao alternar a moagem de cana entre açúcar e etanol (USDA, 2020). Um avanço neste acordo é a parceria entre a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (UNICA) e a Associação dos Fabricantes dos Automóveis

Indianos (SIAM) para a criação de um Centro Virtual de Excelência (CoE). Estabelecido em um memorando assinado em 22 de abril de 2022, objetiva ser um portal de conhecimento que reunirá informações sobre avanços tecnológicos, normas técnicas, regulamentos, políticas públicas e sustentabilidade relacionados à biomassa e bioenergia (UNICA, 2022a).

8. Outros biocombustíveis

A pandemia de Covid-19 e suas consequências sobre a economia mundial impactaram de modo negativo o desenvolvimento do mercado de biocombustíveis avançados, reduzindo investimentos neste setor. Com o controle da pandemia, os governos têm apontado os combustíveis renováveis como importantes vetores para a recuperação econômica.

Em 9 de dezembro de 2020, foi instituído por meio da Resolução CNPE nº 13, um Grupo de Trabalho (GT) integrado por vários órgãos governamentais para avaliar a inserção de biocombustíveis para uso no ciclo Diesel na Política Energética Nacional (EPE, 2020a), incluindo o diesel verde. Este GT elaborou um relatório com propostas visando possibilitar a entrada destes novos biocombustíveis no mercado nacional.

O Programa Combustível do Futuro, instituído pela Resolução CNPE nº 7, de 20 de abril de 2021, objetiva aumentar a participação de combustíveis sustentáveis e de baixa intensidade de carbono, integrando diversas políticas públicas, como o RenovaBio, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel, o Programa Nacional de Etiquetagem Veicular e o Rota 2030. O uso do bioquerosene de aviação e de alternativas sustentáveis no setor marítimo também serão contemplados. Medidas para a captura de carbono na produção de biocombustíveis e hidrogênio azul, assim como o etanol de 2ª geração também são propostas desse programa (CASA CIVIL, 2021) (CNPE, 2021b).

Atualmente, no Brasil existem as plantas comerciais Bioflex-I da GranBio, em São Miguel dos Campos (AL), com capacidade nominal de 60 milhões de litros/ano, e a da Raízen, em Piracicaba (SP), de 42 milhões de litros/ano. Também há o projeto experimental no Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), com capacidade de 3 milhões de litros (GRANBIO, 2022) (RAÍZEN, 2018).

A Bioflex-I encontra-se em operação desde setembro de 2014 e, de acordo com a (GRANBIO, 2022), o etanol 2G já está consolidado. A GranBio anunciou em junho de 2022 planos de alcançar a capacidade nominal da planta até 2024, ao mesmo tempo em que fora anunciada a validação de patente de produção de E2G por países europeus, obtendo assim o direito de licenciamento da tecnologia e o desenvolvimento e projeto de plantas (NOVACANA, 2022c). A companhia já havia obtido em abril de 2021 a certificação *Roundtable of Sustainable Materials* - RSM, da agência certificadora para as diretrizes da diretiva europeia RED II e, com isso, já está autorizada a exportar etanol 2G para a União Europeia (NOVACANA, 2022b).

A Raízen produziu 24 milhões de litros em 2021 (RAÍZEN, 2022). Em junho de 2021, a empresa anunciou a construção de uma nova usina de E2G, com capacidade de produção de 82 milhões de litros por ano. Localizado na cidade de Guariba (SP), o investimento possui contrato de longo prazo para a comercialização de 91% da produção com um *player* global de energia. A previsão é que as atividades comecem em 2023 (COSAN, 2021). Em 11 de maio de 2022, a companhia anunciou que irá construir mais duas novas unidades de E2G, ambas com capacidade de 82 milhões de litros ao ano e a um investimento de R\$ 2 milhões. Elas serão integradas às usinas Univalem, em Valparaíso (SP), e Barra, em Barra Bonita (SP) e o início das operações está previsto para 2024. Com estes dois novos projetos, a Raízen será o único produtor mundial a operar quatro plantas de etanol celulósico em escala industrial com uma capacidade instalada total de 280 milhões de litros por ano (NOVACANA, 2022d).

No exterior, os projetos de E2G não têm conseguido alcançar a produção comercial e muitas plantas pararam suas operações, sem previsão de retomada.

Com relação ao biogás, sua produção tem sido cada dia mais significativa no cenário energético nacional. A capacidade instalada em geração distribuída continuou seu movimento ascendente de 2020 para 2021, quando alcançou 43 MW, tendo como principais insumos os resíduos agroindustriais, animais e urbanos (ANEEL, 2022). A participação do biogás na oferta interna de energia ainda é tímida (0,12%), porém apresentou crescimento acelerado, de 22% a.a. no último quinquênio (EPE, 2022a). Acrescenta-se que grande parte do potencial deste biocombustível encontra-se no setor sucroenergético. Registra-se que entrou em operação comercial em fevereiro de 2021 a usina sucroenergética Bonfim (Raízen), vencedora do leilão A-5/2016, com capacidade instalada de 21 MW (ANEEL, 2021)

Dentre os novos biocombustíveis, cita-se o diesel verde, que inclui o HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*, ou óleo vegetal hidrotratado), o bioquerosene de aviação (BioQAV) e o hidrogênio verde. O diesel verde é um combustível renovável formado por uma mistura de hidrocarbonetos com composição química análoga à do combustível fóssil (*drop in*³³), podendo ser produzido a partir de diferentes rotas, como o hidrotratamento de óleo vegetal e animal, também através da síntese de Fischer-Tropsch proveniente de fontes renováveis, bem como a partir de processos fermentativos, hidrotermólise catalítica de óleo vegetal (in natura ou residual), gordura animal e ácidos graxos de biomassa; e ainda oligomerização de álcoois (ANP, 2021a). A EPE elaborou uma Nota Técnica, em que são apresentadas características, oportunidades e barreiras da inserção do diesel verde na matriz energética brasileira (EPE, 2020a).

O HVO é o combustível originado a partir da hidrogenação de óleos (ex.: residual, de soja, de palma e gordura animal), resultando em uma mistura de hidrocarbonetos livre de enxofre e compostos aromáticos e com número de cetano elevado. Quando comparado a seu análogo fóssil, apresenta maior estabilidade de armazenamento, melhores propriedades de fluxo a frio e pode ser usado em motores a diesel sem os limites ou modificações de mistura exigidos pelo éster de ácidos graxos. Concomitantemente à produção do HVO, podem também ser produzidos: combustível sustentável para aviação, bionafta e biopropano (CE, 2018) *apud* (EPE, 2020a)).

Atualmente, o HVO representa o terceiro maior biocombustível produzido no mundo, embora com volumes ainda modestos. De 2020 a 2021, a produção de HVO cresceu 27%, de 7,5 bilhões de litros para 9,5 bilhões, enquanto a produção de biodiesel de base éster (FAME ou *fatty acids and methyl esters*) diminuiu em 4%, chegando a 45 bilhões de litros em 2021, frente aos 46,2 bilhões de 2020 (REN21, 2022). A capacidade produtiva deste biocombustível no mundo vem aumentando rapidamente em função dos investimentos em novas plantas e, também devido à entrada de empresas petrolíferas no setor, que convertem antigas refinarias em plantas de produção de HVO. Antes concentrada na Finlândia, Holanda e Singapura, a produção aumentou recentemente nos Estados Unidos em função de um mercado interno forte incentivado pelo RFS, pelo LCFS da Califórnia e pela disponibilidade de um crédito fiscal de investimento (REN21, 2022).

A ANP publicou em maio de 2021 a Resolução nº 842³⁴ (ANP, 2021a) (ANP, 2021b) que estabelece a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade

³³ Os biocombustíveis *drop-in* são hidrocarbonetos, funcionalmente equivalentes aos de origem petroquímica e totalmente compatíveis com a infraestrutura de petróleo existente (EPE, 2020a).

³⁴ De acordo com o Art. 2º da RANP842/21, as rotas e matérias-primas regulamentadas são: I) hidrotratamento de óleo vegetal, óleo de algas e microalgas, gordura animal e ácidos graxos de biomassa, bem como de hidrocarbonetos bioderivados pelas microalgas *Botryococcus braunii*; II) gás de síntese de biomassa, via Fischer-Tropsch; III) fermentação

a serem atendidas. Com isso, a regulamentação dos biocombustíveis do ciclo Diesel permite o uso de outros biocombustíveis além do biodiesel FAME. Até o momento, não há previsão da implantação de unidades comerciais no Brasil, devido aos altos custos ligados à implantação. Conforme mencionado, a maior tendência é que, no Brasil, tal como nos demais países, as unidades pioneiras deste produto, sejam oriundas da conversão de refinarias convencionais em biorrefinarias (EPE, 2020a).

Para o BioQAV, a Organização da Aviação Civil Internacional das Nações Unidas (*International Civil Aviation Organization* – ICAO/UN) estabeleceu um acordo de redução de emissão com as empresas aéreas, denominado CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*), no qual define um crescimento neutro de carbono na indústria da aviação, a partir de 2021 (ICAO, 2018).

Além de instrumentos de compensação de emissões e de promoção de eficiência energética, o CORSIA prevê a utilização de combustíveis alternativos de aviação que sejam *drop-in*, em particular aqueles com processos certificados na ASTM Internacional (*American Society for Testing and Materials International*), conforme Tabela 4. As matérias-primas empregadas são definidas conforme as tecnologias passem pelo processo de aprovação do subcomitê “*Aviation Fuels*” da ASTM Internacional (ASTM, 2018).

Tabela 4 - Rotas tecnológicas aprovadas para a produção de Querosene de Aviação Alternativo

Nome da Rota	Matéria –Prima	Principal produto	Mistura máxima	Empresas produtoras
HEFA-SPK	gorduras, óleos e graxas	Iso- e N-parafinas	50%;	UOP, Neste e Syntroleum
FT-SPK	resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	Iso- e N-parafinas	50%;	SASOL, Shell e Syntroleum,
FT-SPK/A	resíduos agrícolas e florestais, madeira, e resíduos sólidos	Iso- , N-parafinas e aromáticos	50%;	SASOL, Shell e Syntroleum,
ATJ-SPK	matérias-primas renováveis (cana-de-açúcar, milho ou resíduos florestais)	Iso- e N-parafinas	50%	GEVO, Cobalt e Lanzatech
SIP	açúcares	Parafinas	10%	Amyris
CHJ	Óleos e gorduras	Iso, N- e cicloparafinas e aromáticos	-	ARA, Chevron

Fonte: (ASTM, 2015) (ASTM, 2018)

Observados os processos tecnológicos certificados pela ASTM Internacional, as seguintes matérias-primas disponíveis no Brasil podem ser utilizadas de forma mais promissora (em ordem alfabética): babaçu, cana-de-açúcar, macaúba, palma, recursos florestais (eucalipto) e soja.

Existem desafios industriais e econômicos para que o BioQAV possa ser competitivo em relação ao querosene de aviação de origem fóssil, no Brasil e no mundo. De forma análoga aos biocombustíveis que irão compor o ciclo Diesel, também foi instituído um subcomitê, dentro do Programa Combustível do Futuro, para avaliar a inclusão deste biocombustível no mercado de aviação brasileiro. Um dos produtos obtidos neste trabalho é a proposta de criação de arcabouço legal para o BioQAV e demais hidrocarbonetos sustentáveis.

de carboidratos presentes em biomassa; IV) oligomerização de álcool etílico (etanol) ou isobutílico (isobutanol); e V) hidrotermólise catalítica de óleo vegetal (in natura ou residual), óleo de algas, óleo de microalgas, gordura animal e ácidos graxos de biomassa.

Embora não haja projeção de produção significativa de BioQAV para o horizonte decenal (EPE, 2021), em face da necessidade de atendimento aos acordos firmados internacionalmente, diversos projetos têm sido anunciados nos últimos anos. Em fevereiro de 2022, foi anunciado um projeto-piloto, em parceria entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e a Agência Alemã de Cooperação Internacional – GIZ, para a produção de BioQAV, a ser instalado no Instituto Senai de Inovação em Energias Renováveis – ISI-ER, em Fortaleza. Este projeto está orçado em R\$ 4,5 milhões com duração de dois anos e utilizará como insumo a glicerina (APROBIO, 2022). Em 13 de abril de 2022, foi anunciado o projeto de uma biorrefinaria para a produção de BioQAV a partir do óleo de palma, localizada em Manaus e com capacidade de produção de 500 mil m³/ano. A estimativa é que esteja em funcionamento em 2025 e custe cerca de R\$ 2 bilhões para ficar pronta (BRASIL BIOFUELS, 2022).

Há um estudo para instalação de uma planta piloto para produção de BioQAV no Ceará, estabelecida a partir de uma parceria entre governos (alemão e brasileiro), academia e iniciativa privada. Esta planta utilizará geração de energia elétrica renovável (eólica ou solar), para produzir hidrogênio e BioQAV. Dentre seus diferenciais, destaca-se que será uma planta móvel, podendo ser transportada para aeroportos com dificuldade de abastecimento. (GOVERNO DO CEARÁ, 2020).

Em abril de 2021, a Resolução CNPE nº 6 determinou a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂). Este estudo contou com a participação de instituições e agentes dos setores público e privado, incluindo a equipe técnica da EPE. A proposta para o programa de hidrogênio se assenta em três pilares: políticas públicas, tecnologia e mercado, visando introduzir o hidrogênio na matriz energética brasileira e disponibiliza-lo para outros usos, tal como para produção de fertilizantes (MME, 2021) (CNPE, 2021b).

Vários projetos para produção de hidrogênio estão sendo desenvolvidos, principalmente no estado do Ceará, em parcerias público-privadas. Visando a produção de hidrogênio para a produção de BioQAV, exportação e outros usos (TRENDSCE, 2021) (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2021) (ENEGIX, 2021). Além destes, outros hubs de produção similares são previstos para os portos em Suape (PE) e no Rio Grande (RS).

Em abril de 2021, a Eletrobras, a Siemens Energy e o CEPEL assinaram um memorando para a realização conjunta de estudos em escala de planta piloto para domínio do ciclo do hidrogênio verde (H₂) no Brasil, desde sua produção até o consumo (ELETROBRAS, 2021).

Em maio de 2022, a empresa Geo Biogas & Tech, em parceria com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, anunciou ter produzido hidrogênio a partir do biometano obtido da vinhaça. Segundo a Associação Brasileira do Biogás - ABIOGÁS, o Brasil tem potencial para produção de 20 mil toneladas por dia de hidrogênio verde a partir de biometano (NOVACANA, 2022a).

O Projeto de Lei PL725/2022 prevê que, até 2032, seja adicionado o percentual mínimo de 5% de hidrogênio na rede de gasodutos, e 10% até 2050. Dentro desses percentuais, 60% deve ser hidrogênio sustentável — de fontes energéticas como solar, eólica, biomassas, biogás e hidráulica — no primeiro período. A partir de 2050, a participação do hidrogênio limpo deve ser de 80%. Este mesmo documento insere o hidrogênio na lei 9.478, de 1997, a Lei do Petróleo, e o que permite que este novo combustível passe a ser regulado pela ANP (BRASIL, 2022).

9. Emissões de gases de efeito estufa

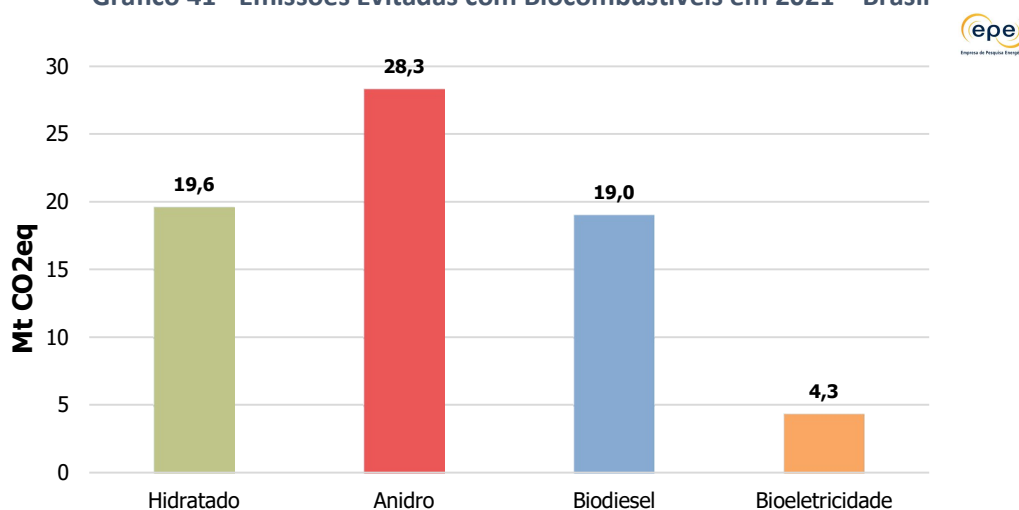
O Brasil desempenha papel de destaque internacional no que se refere a discussões e negociações acerca das mudanças climáticas. Foi construído no país todo um arcabouço legal cujo objetivo é fomentar a utilização de fontes renováveis, com destaque aos biocombustíveis. Mais um passo importante para este fim foi dado em dezembro de 2017, com o estabelecimento da Política Nacional de Biocombustíveis, tema que será abordado no item 10 desse documento (BRASIL, 2017c).

A elevada participação de renováveis na matriz energética nacional proporciona uma significativa redução nas emissões de GEE. Quanto aos biocombustíveis líquidos, as emissões evitadas pelo uso de etanol (anidro e hidratado de cana de 1ª geração) e biodiesel, em comparação aos equivalentes fósseis (gasolina e diesel), somaram 66,9 MtCO₂ em 2021.

Além dos biocombustíveis líquidos, a bioeletricidade da cana também contribui para a redução das emissões de CO₂. Para estimar as emissões evitadas, foi utilizado o fator de emissão de tCO₂ por MWh gerado, calculado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI, 2022). Este indicador tem oscilado nos últimos anos, tanto em virtude da maior participação de térmicas de diversas fontes de combustíveis fósseis na geração de eletricidade nos momentos de escassez hídrica, como na maior contribuição das outras fontes renováveis, como a eólica que apresenta injeção crescente. Em virtude do estresse hídrico registrado em 2021, houve aumento significativo da geração térmica fóssil (41%), com retração da participação das hídricas e PCHs (8,5%) e das térmicas a biomassa (7,4%) e crescimento das térmicas que utilizam gás natural (68,2%), carvão mineral (52,7%), solar fotovoltaica (28,8%) e eólica (25,5%). Essas alterações somadas impactaram neste fator, passando de 0,062 tCO₂/MWh para 0,1264 tCO₂/MWh em 2021, 105% maior.

Em relação à energia exportada e ao autoconsumo das unidades sucroenergéticas, os valores de CO₂ evitados são expressivos. Mesmo com a redução da quantidade de energia gerada pelas usinas de biomassa de cana em 2021, com a elevação do fator de emissão da matriz em virtude da maior geração com térmicas fósseis o total de GEE evitada ficou em patamar mais elevado. Assim, a quantidade das emissões evitadas em 2021 foi 82% superior que a de 2020 (2,4 MtCO₂), somando 4,3 MtCO₂, sendo 1,8 MtCO₂ advindas do autoconsumo e 2,5 MtCO₂ da energia exportada. O Gráfico 41 ilustra as emissões evitadas decorrentes do uso de biocombustíveis (etanol anidro e hidratado e biodiesel) e da bioeletricidade da cana.

Gráfico 41 - Emissões Evitadas com Biocombustíveis em 2021 – Brasil



Fonte: EPE a partir de (EPE; FBDS, 2009), (EPE, 2022a) (IPCC, 2006), (ROSA, OLIVEIRA, COSTA, PIMENTEIRA, & MATTOS, 2003) e (MCTI, 2022)

10. RenovaBio

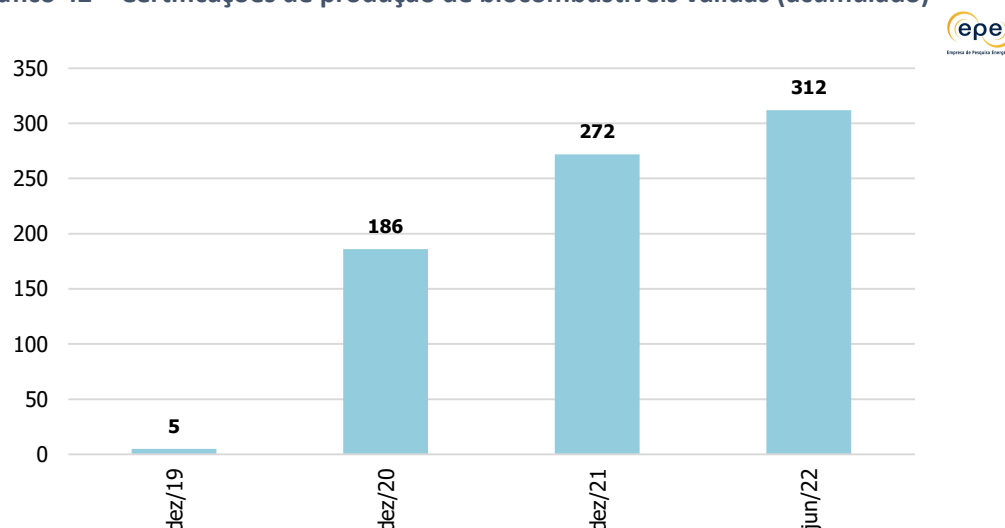
A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) iniciou sua operacionalização em abril de 2020 com a inserção do CBIO em mercado organizado, tendo enfrentado inúmeros desafios, que trouxeram maior conhecimento para os agentes da cadeia de combustíveis. O ano de 2021 foi o seu primeiro ciclo completo, ainda com a realização de alguns ajustes e internalização do aprendizado contínuo.

Em sua plena operação, essa política pública é vista como um instrumento adequado para garantir a sustentabilidade e a previsibilidade da matriz de transportes no Brasil.

10.1. Certificações

Desde 2019, 61 certificações de produtores de biocombustíveis foram canceladas ou suspensas, tendo a renovação como principal motivo, e outras duas foram anuladas. Em junho de 2022, 312 certificados de produtores de biocombustíveis estavam válidos³⁵ e 11 Firms Inspetoras estavam credenciadas para realizar o processo de certificação no RenovaBio (ANP, 2022e).

Gráfico 42 – Certificações de produção de biocombustíveis válidas (acumulado)



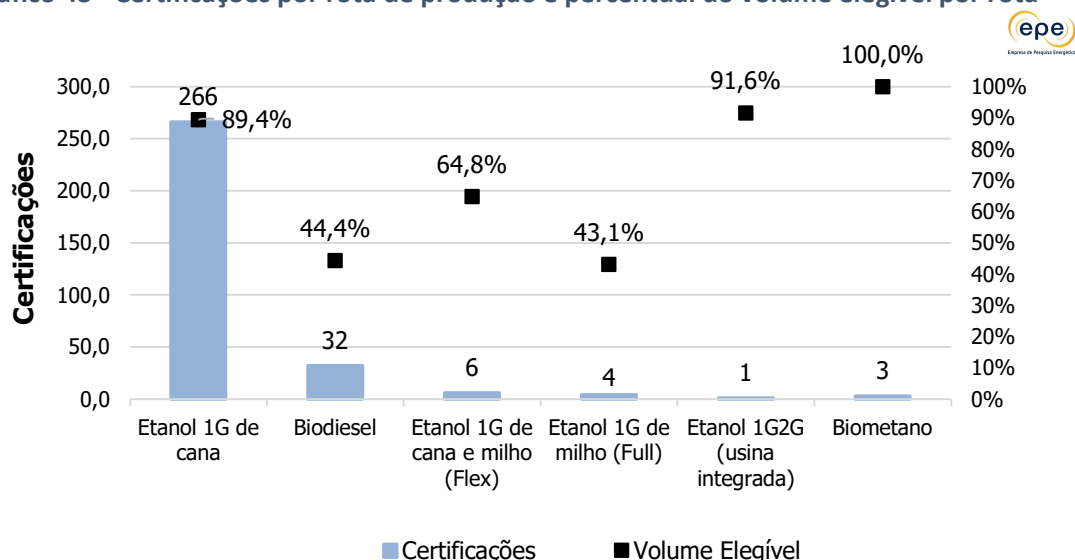
Fonte: (ANP, 2022e)

O perfil das unidades certificadas por rota de produção e volume elegível, até junho de 2022, é apresentado no Gráfico 43, no qual se verifica que usinas de etanol de cana de primeira geração representam 85% do total e as de biodiesel, 10%. O volume elegível apresenta grande variação, principalmente pela dificuldade de rastreamento das culturas de soja e milho, devido à grande diversidade de produtores e forma de aquisição destas matérias-primas³⁶. As rotas de produção que possuem maiores volumes elegíveis são o etanol de cana de 1ª geração (89,4%), etanol de cana de 1ª e 2ª geração em usina integrada, (91,6%) e o biometano (100%). O etanol oriundo de unidades flex (milho e cana) e de unidades full de milho apresentou aumento do volume elegível, entre junho de 2021 e junho de 2022, variando de 59,2% para 64,8% e de 32,1% para 43,1%, respectivamente. Por fim, os produtores de biodiesel conseguiram certificar 44,4% de sua produção.

³⁵ Em junho de 2022 existiam 22 processos administrativos de renovação de certificação.

³⁶ A ANP, em conjunto com a Embrapa e o MME, possui iniciativas para melhorar o desempenho das biomassas de grãos (soja e milho) no RenovaBio, através de projeto desenvolvido no âmbito do Brazil Energy Programme - BEP. Visando apresentar resultados de estudo e receber contribuições públicas, a ANP realizou o webinar "Procedimento para Cadeia de Custódia de Grãos no âmbito do RenovaBio" em março de 2022 (ANP, 2022f).

Gráfico 43 - Certificações por rota de produção e percentual do volume elegível por rota

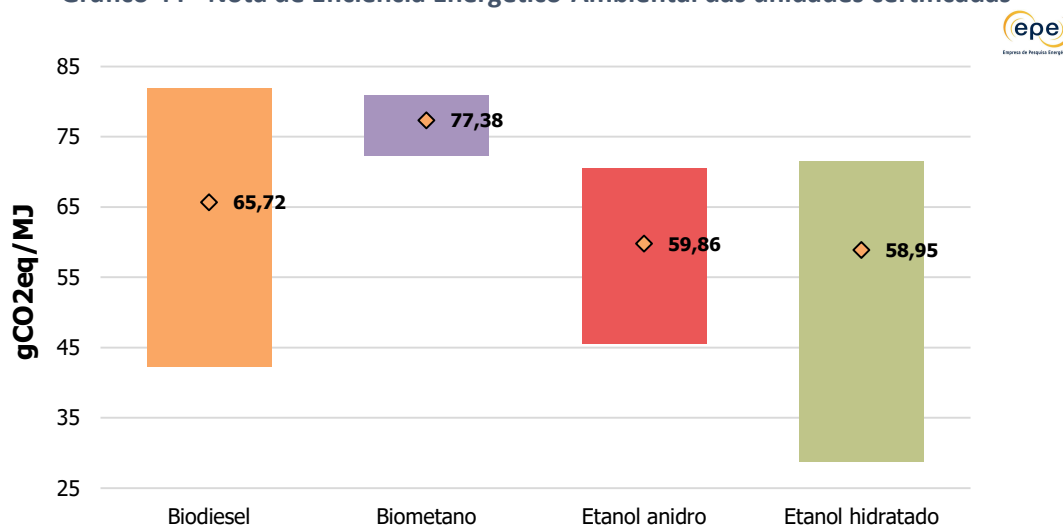


Fonte: (ANP, 2022e)

Considerando o número de unidades autorizadas a comercializar biocombustíveis pela ANP até junho de 2022, já foram certificadas 266 usinas de etanol de um total de 357 (75%), 32 de 56 plantas de biodiesel (57%) e três das quatro plantas de biometano.

O Gráfico 44 apresenta a média da Nota de Eficiência Energético-Ambiental (NEEA) das unidades certificadas para cada biocombustível, assim como o range entre os valores mínimos e máximos, até junho de 2021. O biodiesel e o biometano se mantêm com as notas mais elevadas, ressaltando-se o percentual do volume elegível do primeiro.

Gráfico 44 - Nota de Eficiência Energético-Ambiental das unidades certificadas

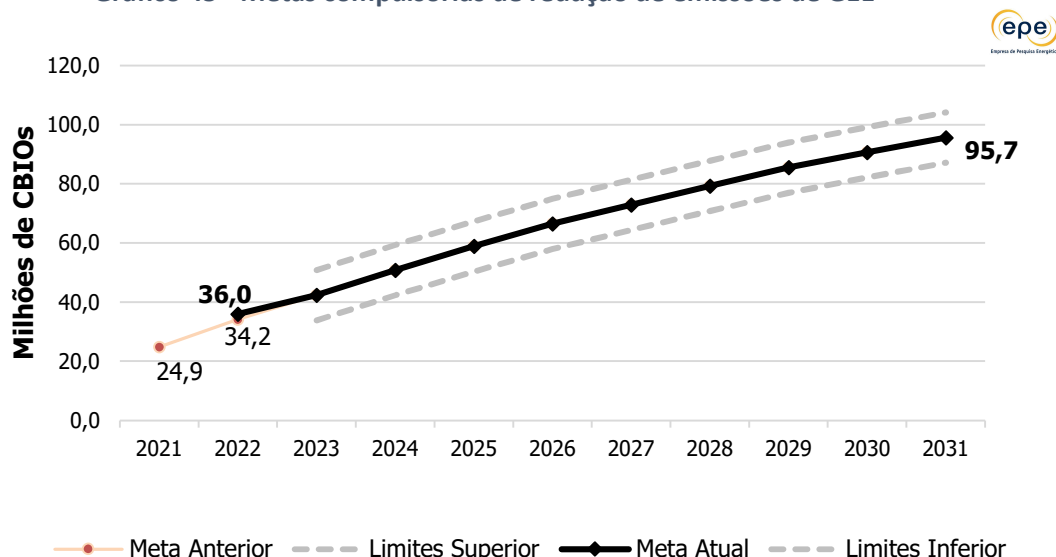


Fonte: EPE a partir de ANP (ANP, 2022e)

10.2. Metas compulsórias de redução de emissões de GEE

Após o primeiro ano efetivo de comercialização dos créditos de descarbonização em mercado organizado (2020) e ainda sobre os reflexos da pandemia de Covid-19 na demanda de combustíveis, o CNPE definiu as metas compulsórias anuais de redução de emissões de GEE para a comercialização de combustíveis, por intermédio da Resolução CNPE nº 17, de outubro de 2021, ajustando o ano de 2021 e incluindo o ano de 2031. As metas anuais de descarbonização podem ser observadas no Gráfico 45.

Gráfico 45 - Metas compulsórias de redução de emissões de GEE



Fonte: (CNPE, 2021g) (CNPE, 2020a).

Em 29 de março de 2021, a ANP publicou as metas individuais compulsórias de redução de emissões de GEE³⁷ para o ano de 2021³⁸ (ANP, 2022e), aplicáveis aos distribuidores que comercializaram combustíveis fósseis no ano de 2020, as quais foram revisadas em 21 de setembro em função da aposentadoria de CBIO por parte não obrigada em 2020, vide Resolução ANP nº 843/21³⁹ (ANP, 2021b). Para 2022, a Agência definiu as metas individuais para este novo ciclo, tendo as três principais empresas do setor de distribuição, Vibra, Raízen e Ipiranga uma participação de 64% do total.

Ressalta-se que ao final do ano houve uma solicitação de associações representantes de distribuidoras de combustíveis para prorrogação do prazo para cumprimento das metas do RenovaBio, com vencimento em 31 de dezembro de 2021. O pleito foi negado e o prazo ratificado, tendo sido fundamentado em diversos fatores, dentre eles a Lei de Liberdade Econômica (Lei nº 13.874, de 20 de setembro de 2019), a qual veda interferência estatal nos preços, que devem ser formados como consequência de alterações de oferta e demanda.

³⁷ Até 31 de março de cada ano a ANP deve definir as metas individuais das partes obrigadas.

³⁸ De acordo com a Resolução ANP nº 791/2019, as distribuidoras que não comprovaram o cumprimento integral de suas metas, referentes ao exercício de 2019 e 2020, tiveram acréscimo proporcional nas respectivas metas de 2021 (ANP, 2019a).

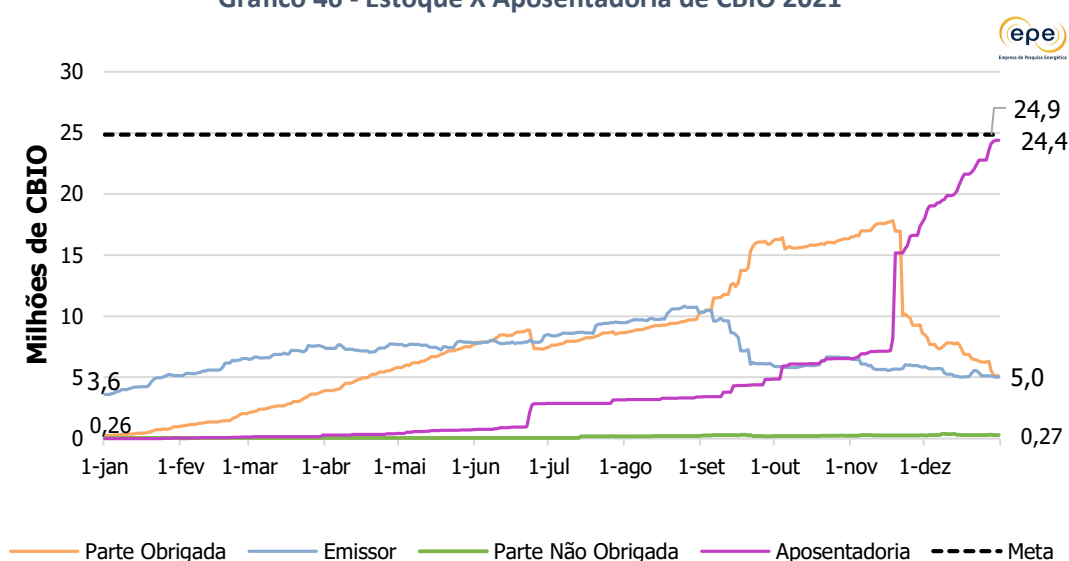
³⁹ Cabe à ANP estabelecer o procedimento para redução das metas dos distribuidores de combustíveis, quando ocorrer a aposentadoria de CBIO por agentes não obrigados (Resolução ANP nº 843, de 21 de maio de 2021).

10.3. Estoque e Aposentadoria do CBIO

O primeiro ano de operacionalização do mercado do RenovaBio, 2020, terminou com uma quantidade emitida de CBIO superior à meta. No entanto, as distribuidoras de combustíveis aposentaram uma quantidade que representou um atendimento de 97,6% às metas individuais estabelecidas. O saldo remanescente destes créditos (3,9 milhões) é considerado como estoque inicial de 2021, com o seguinte posicionamento: 3,6 milhões na posse dos emissores primários, 261 mil com a parte obrigada (distribuidoras) e 26 mil com partes não obrigadas.

O Gráfico 46 apresenta o estoque de CBIO ao longo do ano em posse de cada agente deste mercado, assim como a evolução das aposentadorias, destacando-se o rápido crescimento na segunda quinzena de novembro.

Gráfico 46 - Estoque X Aposentadoria de CBIO 2021



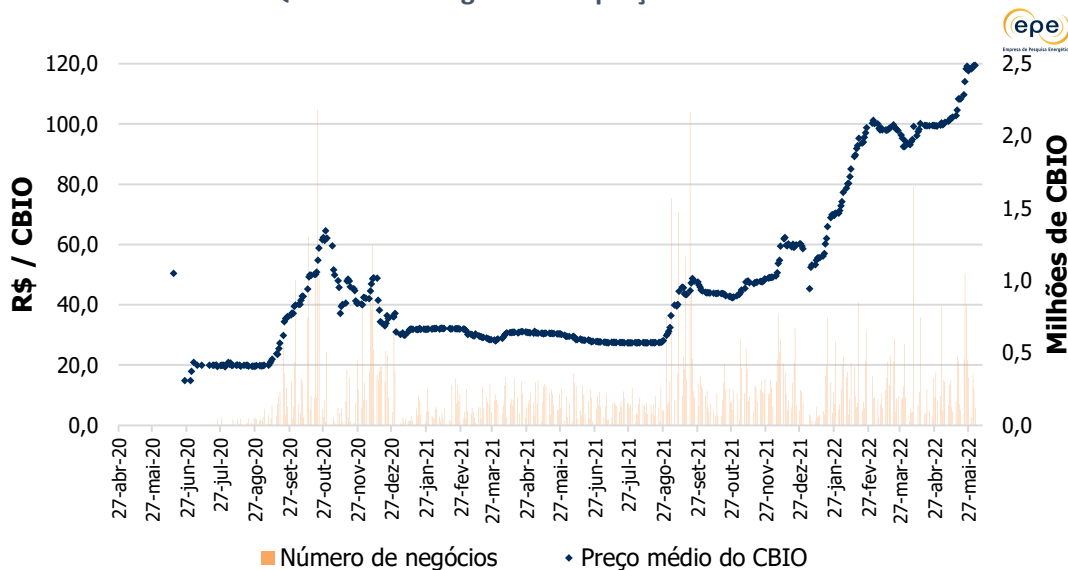
Em 2021 foram emitidos 30,9 milhões de CBIO, que adicionados ao estoque de 2020, totalizam 34,8 milhões de créditos disponibilizados para comercialização na B3. Ao longo do ano, os distribuidores de combustíveis aposentaram 24,4 milhões de CBIO, valor que corresponde a 98,2% da meta global estabelecida pelo CNPE (96,8% das metas individuais atribuídas pela ANP). Ao todo, foram negociados 29,5 milhões de CBIO, considerando-se o saldo entre estoque final e inicial das partes obrigadas e não obrigadas e a quantidade aposentada.

Dentre as 142 distribuidoras, 102 cumpriram integralmente as metas individuais, 16 atenderam a um percentual maior ou igual a 85%, visto que a legislação permite a comprovação dos 15% restantes no ano seguinte. Sete aposentaram em quantidade inferior a 85% e 17 não aposentaram CBIO. Por fim, as partes não obrigadas aposentaram 1.392 CBIO, quantidade que será reduzida da meta estabelecida pelo CNPE para 2022 (ANP, 2022e).

10.4. Preço do CBIO

Tendo fechado o ano de 2020 com um preço médio de R\$ 43, o CBIO permaneceu estável em um patamar de R\$ 30 entre janeiro e agosto de 2021, passando ao nível de R\$ 44 / CBIO entre setembro e novembro. Com a aproximação do vencimento do prazo de comprovação das metas individuais por parte das distribuidoras, o preço médio do crédito registrou uma máxima de R\$ 62,46 em dezembro, sendo a média deste mês de R\$ 57 / CBIO. Com isso a média anual de 2021 foi de R\$ 39,3 / CBIO. O Gráfico 47 apresenta a evolução das quantidades de créditos de descarbonização negociadas e os respectivos preços médios desde o início do funcionamento do mercado, até junho de 2022.

Gráfico 47 - Quantidades negociadas e preços médios de CBIO



Fonte: (B3, 2022)

Estima-se que os produtores de biocombustíveis⁴⁰ tenham recebido uma receita de R\$ 1,16 bilhão proveniente dos 29,5 milhões de CBIO comercializados (aposentados e saldo entre o estoque final e inicial em posse das partes obrigadas e não obrigadas).

Diferentemente de 2020 e 2021, os preços de comercialização do crédito na B3 apresentaram uma tendência altista desde janeiro de 2022, superando o patamar de R\$ 100, chegando a R\$ 120 em junho.

⁴⁰ O valor cobrado ao produtor de biocombustível por nota fiscal para a emissão de 1 CBIO caiu de R\$ 15,57 no período 2019/2020 para R\$ 5,06 em 2022. A Plataforma CBIO é a ferramenta disponibilizada pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO) para prestação de serviços de informática relativos à geração das informações necessárias para emissão de CBIO.

11. O papel dos fertilizantes na produção nacional de biocombustíveis

11.1. Introdução

A produção de biocombustíveis no Brasil é assentada nos sistemas agrônômicos, principalmente nas culturas da cana, da soja e do milho. Estes combustíveis renováveis têm relevante participação na matriz energética nacional, tendo papel de destaque para o país nas discussões internacionais sobre mudanças climáticas.

No Acordo de Paris, que representou uma importante articulação mundial para enfrentar as causas antrópicas do fenômeno da mudança do clima em escala global, o Brasil se comprometeu a reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 37% em 2025 e fez a indicação de reduzir em 43% em 2030, tendo o ano de 2005 como referência. É fundamental destacar que a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do Brasil se aplica ao conjunto da economia e, portanto, baseia-se em caminhos flexíveis para atingir os objetivos. Esta NDC não estabelece metas setoriais, no entanto, uma das informações fornecidas para seu atingimento é a participação de 18% de bioenergia sustentável na matriz energética até 2030.

Dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, encontra-se o **ODS2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável**, que visa erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável. Algumas das metas e compromissos firmados pelo Brasil incluem, até 2030, a erradicação da fome e garantia do acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças e idosos a alimentos seguros, culturalmente adequados, saudáveis e suficientes durante todo o ano (IPEA, 2022).

O Brasil possui dimensões continentais e características edafoclimáticas que favorecem a produção agrícola, sendo atualmente o maior exportador mundial de grãos e proteínas. As projeções apontam que, no ano de 2050, o Brasil responderá por cerca de 40% da produção mundial de alimentos, indicando a importância do uso de fertilizantes, agregado à implementação de novas tecnologias agrícolas, para permitir maiores padrões de produtividade (SAE-PR, 2020). Além disso, estima-se um aumento da produção de biocombustíveis no país no horizonte decenal, o que também demandará o uso desses insumos.

Entende-se por fertilizante, “*substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes vegetais*”, conforme descrito na Lei nº 6.894/1980 (na alínea a, art. 3º). Os fertilizantes são classificados quanto à natureza da sua composição, à quantidade de nutrientes que os compõem e ao tipo de macronutriente primário⁴¹ que os caracteriza, sendo a sua produção diretamente ligada à atividade agrícola e à disponibilidade de matérias-primas básicas produzidas a custos economicamente viáveis (SAE-PR, 2020).

Este artigo aborda o mercado de fertilizantes no Brasil e no mundo, com foco no agronegócio nacional, especialmente no setor de biocombustíveis, apresentando algumas alternativas para suprimento destes insumos.

11.2. Panorama do Mercado de Fertilizantes

Neste tópico será apresentado o mercado de fertilizantes, com informações sobre o cenário internacional, além da produtividade agrícola das principais culturas brasileiras, a influência do agronegócio sobre o PIB nacional e dados sobre o mercado de fertilizantes no Brasil.

⁴¹ Os macronutrientes primários são N (nitrogênio), P (fósforo) e K (potássio), que compõem a fórmula NPK (SAE, 2020).

11.2.1. Cenário Internacional

Quanto à origem dos produtos importados pelo Brasil, os principais países fornecedores de fertilizantes potássicos, para o ano de 2018 (SAE-PR, 2020), foram Rússia, Canadá, Bielorrússia e China. Para os fosfatados, Rússia, Canadá, Bielorrússia e China. Já em relação aos fertilizantes nitrogenados, os principais locais de origem foram Rússia, China, Argélia, Catar, Nigéria e Emirados Árabes Unidos. Os países fornecedores de ureia foram Argélia, Rússia, Catar, Nigéria, Emirados Árabes Unidos e Egito.

Em 2021, a Rússia se manteve como principal fornecedora, seguida da China. A Tabela 5 apresenta os principais países fornecedores de adubos e fertilizantes para o Brasil em 2021.

Tabela 5 - Principais países fornecedores de adubos e fertilizantes para o Brasil em 2021

Posição	País de Origem	%	Valor US\$(FOB)
1º	Rússia	23	3,5 bilhões
2º	China	14	2,1 bilhões
3º	Marrocos	11	1,6 bilhão
4º	Canadá	10	1,5 bilhão
5º	EUA	6	0,9 bilhão

Fonte: EPE a partir de (ME, 2022a)

De acordo com os dados da Tabela 5, verifica-se que a Rússia foi o principal fornecedor de adubos e fertilizantes para o Brasil em 2021, com participação em 23% do total importado em compostos nitrogenados, fosfatados e potássicos. O segundo maior fornecedor foi a China, cujo valor foi de US\$2,1 bilhões (ME, 2022a).

Em 2021, o Brasil registrou uma importação total de produtos da Rússia no valor de US\$ 5,7 bilhões, que superou em mais de 100% os US\$ 2,7 bilhões gastos em 2020. Essas importações foram concentradas em adubos e fertilizantes químicos que atingiram um valor de US\$ 3,5 bilhões (62% do total). Este fato colocou a Rússia como um dos principais parceiros econômicos brasileiro, passando da 13ª colocação para a 6ª no *ranking* das importações. Há um *déficit* comercial entre Brasil e Rússia, que vem se acentuando nos últimos anos. De outro lado, as exportações rumo à Rússia somaram US\$ 1,6 bilhão em 2021, expressadas principalmente em soja, carne bovina, frango e açúcar.

O recente conflito na Ucrânia aprofundou uma crise socioeconômica mundial ocasionada pela Covid-19. A inflação no mundo que ameaçava disparar, devido ao rompimento das cadeias de suprimento global, que já estavam debilitadas devido à pandemia, passaram por uma ruptura abrupta após o conflito pela adoção de sanções dos governos europeus e estadunidense contra a Rússia.

A Federação da Rússia é o maior país em extensão territorial do mundo e possui importantes recursos naturais, tais como a maior reserva de gás natural conhecida e uma das maiores em petróleo e carvão. Além das *commodities* valorizadas, a Rússia tem um forte setor industrial, científico e militar, sendo a 11ª economia mundial, em 2021 (BANCO MUNDIAL, 2022).

Rússia e Ucrânia fornecem juntos para o resto do mundo 19% da cevada, 14% do trigo, e mais de 50% de óleo e farelo de girassol. Com sua economia de base agrícola, a Ucrânia é uma grande exportadora de cereais como milho, trigo e óleo de girassol, também produzindo outros alimentos. Entretanto, em função do conflito em andamento, a Ucrânia não está sendo capaz de plantar milho e trigo, afetando diretamente 400 milhões de pessoas em todo o mundo (FAO, 2022) (USGS, 2022). Além da desarticulação do comércio global, os efeitos dos extremos climáticos, como seca e

inundações, ameaçaram as zonas produtoras de *commodities* alimentares, dentre outras. O conflito entre os dois países, além de afetar suas economias, estendeu suas consequências para o resto do mundo por motivos diversos. Com o fechamento do porto de Odessa, principal ponto de comércio ucraniano, as exportações de grãos por este país praticamente cessaram. Por outro lado, as sanções impostas à Rússia pelos países europeus, EUA e Canadá afetaram também a exportação de grãos, petróleo e fertilizante para o resto do mundo, sendo que este último impacta especialmente o Brasil.

Observe-se que a Bielorrússia, um dos importantes produtores de fertilizantes, também é alvo de sanções econômicas pela comunidade internacional.

11.2.2. Produtividade Agrícola Brasileira

A disponibilidade de novas variedades das principais culturas, tais como a soja, milho e cana-de-açúcar, e a sua adaptabilidade às novas áreas ocupadas, além de melhoria nas práticas agrícolas fizeram com que as produtividades alcançassem padrões cada vez mais elevados. A ocupação de novas fronteiras agrícolas, como a região conhecida como MATOPIBA⁴² e parte do Centro- Oeste, foram também essenciais para os sucessivos recordes de produção dessas culturas. Além das novas técnicas de cultivo e variedades apropriadas às diversas características regionais do clima, a aplicação de fertilizantes foi um fator fundamental para a obtenção de maiores produtividades, colocando o Brasil nos níveis dos grandes produtores mundiais. A Tabela 6 indica a variação da produtividade para três culturas importantes na produção de biocombustíveis desde 2005.

Tabela 6 - Características das culturas da soja, milho e trigo no Brasil

Produto	Característica	2005/06	Média das três últimas safras*	%
SOJA	Área (1000 ha)	22.749	37.340	64%
	Produtividade (kg/ha)	2.419	3.414	41%
	Produção (100 ton)	55.027	127.572	132%
MILHO	Área (1000 ha)	12.964	18.655	44%
	Produtividade (kg/ha)	3.279	5.208	59%
	Produção (100 ton)	42.515	92.609	118%
CANA	Área (1000 ha)	5.840	8.549	46%
	Produtividade (kg/ha)	74.318	74.152	0%
	Produção (100 ton)	431.413	625.715	45%

Nota: *Corresponde às safras de 2018/19, 2019/20, 2020/21.

Fonte: (CONAB, 2022c).

Em função do crescente mercado agrícola, o país desponta também como um dos maiores consumidores de fertilizantes no mundo. Observa-se que o crescimento do agronegócio foi acompanhado pelo aumento do uso de adubos químicos que, segundo a AMA Brasil (Associação dos Misturadores de Adubo do Brasil), cresceu 450% nas últimas três décadas, enquanto a média mundial ficou em 50% (AMA BRASIL, 2019).

11.2.3. PIB brasileiro e o agronegócio

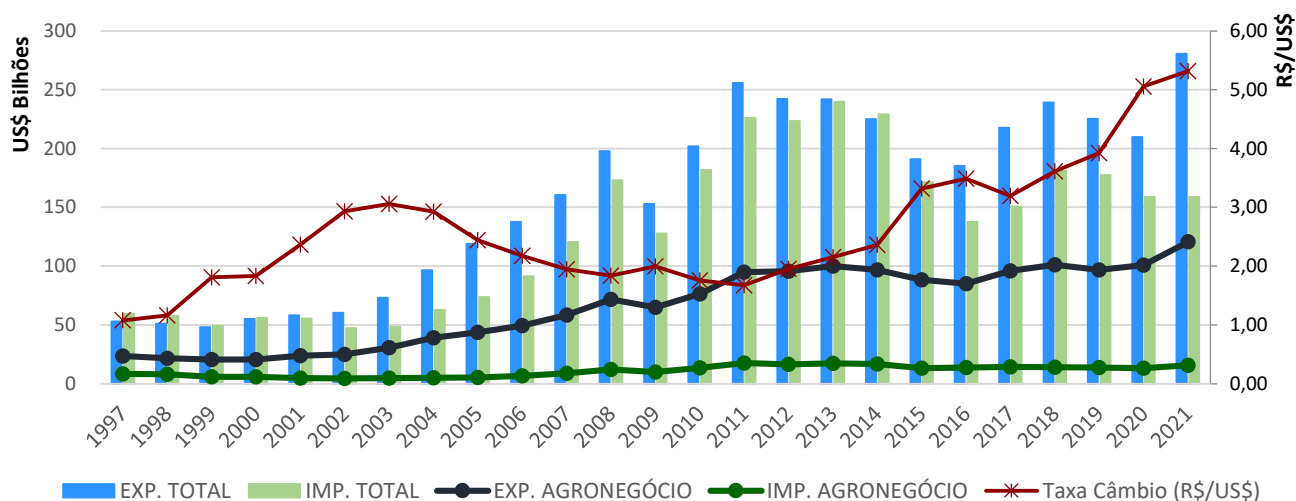
Em 2021, o PIB brasileiro apresentou uma elevação de 4,6% em relação ao ano anterior, representando R\$ 8,7 trilhões de reais (CEPEA-ESALQ/USP, 2022). Destes, 27,4% são oriundos do agronegócio brasileiro, maior participação desde 2004 (27,53%). Além disso, o setor representa 43% do total das receitas de exportação.

⁴² MATOPIBA é o acrônimo dos quatro estados da região: Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

Desde o início dos anos 2000, houve um avanço da participação do agronegócio brasileiro nas exportações, como pode ser observado no Gráfico 1. Em 2021, as exportações atingiram US\$ 120,6 bilhões, alta de 19,7% em relação a 2020. Considerando que o setor importou US\$ 15,5 bilhões, o saldo positivo foi de US\$ 105,1 bilhões (MAPA, 2022). Segundo o (IPEA, 2022), essa alta refletiu mais no aumento dos preços médios das *commodities* exportadas, que registrou crescimento de cerca de 20%. A curva da taxa de câmbio (R\$ por US\$) revela que nos períodos em que a moeda doméstica se desvalorizou frente ao dólar, as exportações tenderam a crescer e as importações a reduzir, como exemplificam os períodos de 1998 a 2004, de 2012 a 2016 e de 2017 a 2021. Por sua vez, no período de 2005 a 2011, com o real valorizado, as importações cresceram a um ritmo mais acentuado do que nos outros períodos, embora a estabilidade seja mais preponderante nas importações do agronegócio.

A China segue como o principal destino comercial do agronegócio brasileiro e os embarques somaram US\$ 41,02 bilhões em 2021, com alta de 20,6% em relação a 2020. Entre os principais produtos importados do Brasil, destaca-se a soja em grãos (70,2%), carne bovina (39,2%), celulose (43,4%), açúcar (15,6%), carne suína (47,7%), carne de frango (14,3%) e algodão (28,9%) (ME, 2022a).

Gráfico 48 – Balança Comercial Brasileira, do Agronegócio e da taxa de câmbio (R\$/US\$)



Nota: Dados extraídos em fev/2021. Sujeitos a alteração. Para taxa de câmbio, dólar de venda, Banco Central (2022).

Fonte: (MAPA, 2022).

11.3. Mercado Nacional de Fertilizantes

A indústria de fertilizantes brasileira teve suas primeiras fábricas implantadas nos anos 1940, com importações até o início da década de 1960. Entre 1967 e 1973, foram feitos investimentos para aumentar a produção interna, sendo o I Programa Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola lançado no ano seguinte (vigente entre 1974 e 1980), com objetivo de ampliar e modernizar a indústria nacional de fertilizantes.

A redução da dependência externa teve seu ápice na década de 1980, estimulada pela implantação do II Plano Nacional de Desenvolvimento (1987 a 1995) (PNF, 2021) e pelos investimentos realizados nos anos anteriores. Neste período a produção nacional de fertilizantes se aproximou da autossuficiência, mesmo com os aumentos da demanda experimentados pela modernização agropecuária concretizada na década de 1970.

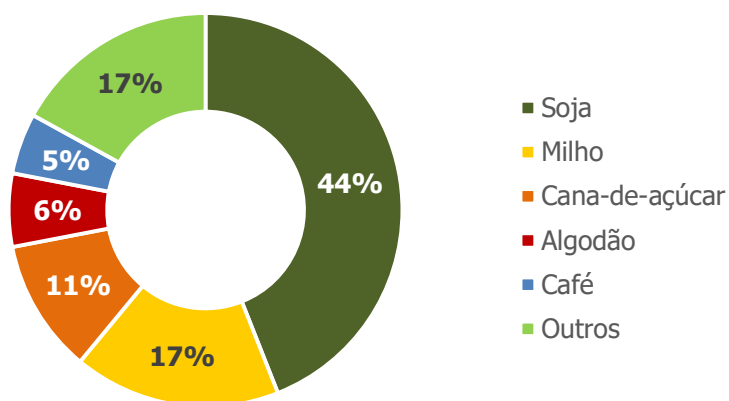
Entre o final de 1980 e 1995, ocorreram mudanças nas políticas governamentais em relação aos fertilizantes, com a saída do capital estatal dessa indústria (PNF, 2021). De 1987 a 2005, a produção nacional de fertilizantes teve um incremento de mais de 40%, o que possibilitou uma redução das importações. No entanto, o país deixou de ser exportador de fertilizantes para ser grande importador desde 1992, sendo que, atualmente, mais de 80% (oitenta por cento) do que é consumido no Brasil é de origem estrangeira.

A produção nacional na agricultura, sobretudo grãos como milho e soja, colocam o país como um dos líderes mundiais na produção e exportação de alimentos, fibras e bioenergia, e a produtividade desses diversos cultivos se amplia notadamente, sendo os fertilizantes um dos grandes responsáveis por esse avanço expressivo ao longo dos anos (EPE, 2019) (EMBRAPA, 2021). Assim, dada sua representatividade na economia nacional, qualquer mudança que haja neste setor produtivo poderá impactar diretamente a economia.

Destaca-se que o mercado nacional de biocombustíveis é majoritariamente abastecido das seguintes matérias-primas de origem vegetal: cana-de-açúcar e milho, para a produção de etanol; e soja, dendê e algodão, para a produção de biodiesel⁴³. Em 2021, a produção de etanol foi 29,9 bilhões de litros, sendo 26,6 bilhões oriundos da cana e 3,3 bilhões do milho. A produção do biodiesel alcançou 6,8 bilhões de litros, sendo que cerca de 70% são provenientes da soja (MAPA, 2022) (ANP, 2022c). Para 2031, conforme EPE (2022), estes volumes serão de 45,4 bilhões de litros para o etanol (82% da cana e 18% do milho) e 11,6 para o biodiesel (óleo de soja se mantém como a principal matéria-prima). Ainda existem iniciativas para a introdução de novos biocombustíveis, tais como o biogás, bioquerosene de aviação e para aplicações marítimas, na matriz energética nacional.

Em 2020, as culturas de soja (44%), cana-de-açúcar (11%) e milho (17%), específicas do setor de biocombustíveis no Brasil, somaram 72% de todos os fertilizantes consumidos no país (GLOBALFERT, 2021).

Gráfico 49 - Consumo de fertilizantes por cultura em 2020

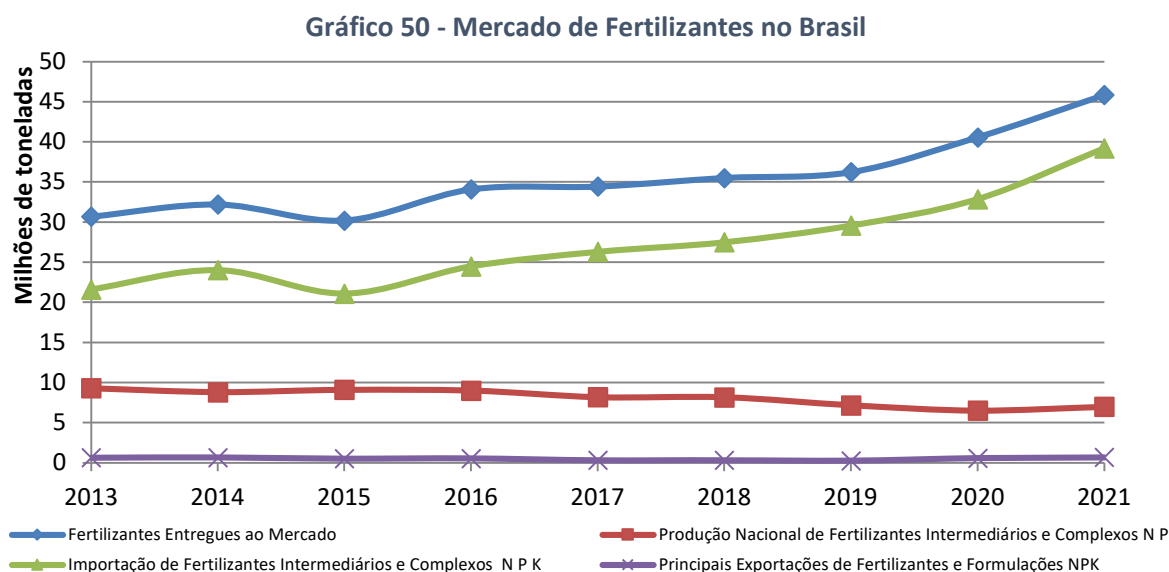


Fonte: GlobalFert (2021)

⁴³ Em 2021, cerca de 7,7% do biodiesel foi obtido a partir do sebo bovino, o que faz com que este material figure como a segunda matéria-prima mais usada na produção deste biocombustível.

Atualmente, o Brasil ocupa a 4ª posição mundial no consumo global de fertilizantes (8%), sendo o potássio o principal nutriente utilizado pelos produtores nacionais (38%). Na sequência, aparecem o fósforo com 33%, e o nitrogênio com 29% (BRASIL, 2022c). Apesar de possuir reservas de matérias-primas necessárias à sua produção, assim como gás natural, rochas fosfáticas e potássicas e micronutrientes de padrão mundial, o país se tornou um dos maiores importadores de fertilizantes do mundo.

De acordo com os dados da (ANDA, 2019), o consumo de fertilizantes do Brasil é crescente, embora não disponha de uma produção interna suficiente para suprir suas necessidades, tendo, portanto, de complementar sua demanda com suprimento externo. O Gráfico 3 apresenta a evolução do mercado de fertilizantes no país.



Fonte: ANDA (2022)

Conforme observado no Gráfico 50 a produção nacional de fertilizantes intermediários e complexos NP registrou um decréscimo de 12% (2018-2019), seguido de nova redução de 9% (2019-2020). No entanto, com a perspectiva de crescimento na importação de matérias-primas, há um indicativo que o mercado brasileiro de fertilizantes deve crescer, o que já pôde ser observado em 2020, com aumento de 7% na produção dos fertilizantes intermediários e complexos NP, de aproximadamente 7 milhões de toneladas de produção interna. A valorização do dólar frente ao real sustentou os preços dos fertilizantes no mercado interno no primeiro trimestre de 2020, mesmo diante da menor movimentação típica deste período, que foi agravada pela Covid-19.

Assim, no que tange à segurança da produção agrícola no país, mostra-se imperativo definir estratégias para reduzir a dependência externa de fertilizantes para o mercado nacional.

11.3.1. Plano Nacional de Fertilizantes (PNF 2022-2050)

Diante da importância do agronegócio para o Brasil e do papel crucial desempenhado pelos fertilizantes, observou-se a necessidade e a urgência em ações para reduzir a dependência externa e sanar problemas de infraestrutura, logística e armazenamento, bem como solucionar questões tecnológicas, regulatórias, tributárias e ambientais no que tange esse mercado.

A pandemia de Covid-19 afetou os fluxos globais de comércio, dificultando a logística, entrega, exportação e importação de fertilizantes e demonstrou o risco da forte dependência da importação de produtos essenciais para a sustentação de um dos setores mais profícuos da economia nacional.

Diante de uma possível vulnerabilidade brasileira no mercado de fertilizantes, o governo federal instituiu, através do Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021, o Grupo de Trabalho

Interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes (GTI-PNF). Tal plano visa fortalecer políticas de incremento da competitividade da produção e da distribuição de fertilizantes no Brasil de forma sustentável. O PNF deve servir como instrumento de planejamento do mercado de fertilizantes nas próximas décadas, promovendo o desenvolvimento do agronegócio nacional (PNF, 2021).

É imprescindível estabelecer uma estratégia de redução da dependência brasileira de importações de fertilizantes. Desse modo, torna-se crucial estimular não somente o aumento da sua produção nacional, mas também fomentar, desenvolver e disseminar tecnologias para o setor, com o intuito de aproveitar melhor esses insumos, evitando desperdícios e riscos ao meio ambiente, bem como elaborar soluções mais adequadas para o solo brasileiro (PNF, 2021).

11.3.2. Alternativas para o mercado de fertilizantes

A seguir são descritas algumas iniciativas nacionais para desenvolvimento tecnológico do setor.

Uso de resíduos agropecuários, urbana ou industrial como fertilizantes

A utilização de resíduos como fertilizantes, sejam de origem agropecuária, urbana ou industrial, tem papel relevante a ser cumprido no cenário agrícola brasileiro. Estima-se que resíduos gerados pela produção animal contenham aproximadamente 30% do total de nitrogênio, 20% do fósforo e 10 % do potássio utilizados anualmente na agricultura nacional (EMBRAPA, 2021). Há grande potencial para que os resíduos promovam melhorias em atributos químicos, físicos e biológicos do solo, destacando-se que seu uso como fertilizante atende aos critérios de sustentabilidade e requisitos de economia circular, economia verde, resíduo zero, entre outras.

A Embrapa tem desenvolvido estudos com foco na viabilização do uso desses subprodutos, contribuindo para a consolidação da cadeia produtiva de fertilizantes produzidos a partir de resíduos. Tais estudos visam avaliar a viabilidade dos resíduos como fonte de nutrientes, de forma a subsidiar recomendações de uso, após cuidadosa análise visando garantir benefícios agrícolas e averiguar se existem riscos ambientais ao aplicar estes subprodutos em solos agrícolas. Uma das práticas já estabelecidas na cultura da cana-de-açúcar é a utilização da vinhaça, rica em potássio e nitrato, para reforço ou recuperação de propriedades minerais no solo, disponibilizando nutrientes para as plantas. A cada litro de etanol produzido são gerados entre 10 e 12 litros de vinhaça, que, utilizada na fertirrigação de canaviais, promove uma economia no uso de fertilizantes industrializados, melhora as propriedades dos solos e permite a solução de importante passivo ambiental, já que pode vir a ser altamente poluente em caso de descarte inapropriado na natureza. E ainda, a produção de biogás/biometano, tendo como insumo a vinhaça, reduz o teor de sólidos em suspensão e a viscosidade do fluido, dando origem a um efluente de processo com menos sais minerais e mantendo as características de recomposição nutricional do solo na irrigação.

Novas linhas de aproveitamento de resíduos estão se destacando nos últimos anos, nas quais cama de frango, resíduos de frigoríficos, entre outros materiais orgânicos, podem ser utilizados na composição de fertilizantes organominerais. Essas são alternativas interessantes, pois diminuem os custos de transporte e de aplicação no campo. Uma vez confirmada a viabilidade de uso, são realizados estudos no campo para determinação da disponibilidade de nutrientes para as plantas e determinação do melhor manejo. As vantagens sob o ponto de vista agrônomo e ambiental do aproveitamento de resíduos como fertilizantes são inquestionáveis.

Biofertilizantes

Os biofertilizantes são definidos como produtos que contêm princípio ativo ou agente orgânico, capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade, sem ter em conta o seu valor hormonal ou estimulante (BRASIL, 2004) (BRASIL, 2008).

Seu uso vem crescendo a cada dia mais nas lavouras brasileiras, como muito observado nas lavouras de café e arroz, onde o Brasil é líder em produção orgânica. Para a soja, milho e algodão, este tipo de produto ainda possui uso muito modesto, porque, com a tecnologia atual, os fertilizantes biológicos sozinhos dificilmente conseguiriam ampliar na mesma escala de produção que os demais fertilizantes (PINHEIRO, L., 2022).

Na Embrapa, pesquisadores em busca da solução para corrigir a carência de fósforo no solo brasileiro encontraram duas bactérias do gênero *Bacillus* que atuam liberando o fósforo presente no solo para absorção pelas plantas. Na safra 2019/20, o micro-organismo foi utilizado em 300 mil hectares de milho e soja. Na safra 2020/21, em 1,5 milhão de hectares e na 2021/22 a perspectiva é que chegue a 4 milhões de hectares. Recentemente, o Brasil registrou o primeiro biofertilizante, produto com ação bioestimulante, produzido a partir de um processo de fermentação biológica. Este biofertilizante possui um aminoácido que promove o crescimento e produtividade da planta de diferentes culturas através da ativação de três dos seus metabolismos: nitrogênio, carbono e oxidativo. A seu favor, estes insumos biológicos tendem a ser menos agressivos ao meio ambiente que os produtos minerais e ainda ajudam no sequestro de carbono, incentivando a agricultura brasileira a tornar-se cada vez mais sustentável.

Hidrogênio de baixo carbono: insumo para produção de amônia

Numa das vertentes do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH₂), estabelecido pela Resolução CNPE nº 6/2021, está o aumento da participação do hidrogênio na matriz energética brasileira, considerando seu papel importante numa trajetória de redução das emissões de carbono. Empresas privadas já estão estudando a utilização de tecnologia de hidrogênio na produção de fertilizantes. O principal objetivo é produzir amônia (NH₃) com baixa emissão de CO₂, a partir de um projeto de usina de hidrogênio de baixo carbono integrada com a planta de amônia.

No que tange aos insumos para a produção de fertilizantes nitrogenados, o hidrogênio necessário para sua produção vem sendo produzido, tradicionalmente a partir de fontes fósseis diversas tais como gás natural, nafta, carvão, resíduos asfálticos. No Brasil, assim como na maioria dos países, a principal fonte de hidrogênio é o gás natural, cujo preço ainda é considerado elevado em comparação ao restante do mundo (PNF, 2021). Visando encontrar outras fontes para a produção de hidrogênio, vem sendo proposto no PNH₂, a produção deste insumo – a partir de gás natural, biometano, hidrólise de água, com ou sem captura e armazenamento de carbono – o que poderia, portanto, prover matéria-prima para as fábricas de fertilizantes, tais como as FAFENs. Tal ação reduziria sensivelmente o custo com o hidrogênio devido à remoção do módulo de reforma a vapor, podendo também reduzir o preço e a pegada de carbono dos fertilizantes produzidos.

Assim, a produção de amônia com baixa intensidade de carbono aparece como uma alternativa muito promissora no horizonte de longo prazo, uma vez que são utilizadas fontes de energia renovável para produzir o hidrogênio necessário à cadeia de fertilizantes nitrogenados. A rota da amônia verde traz como benefício uma drástica redução das emissões fósseis de CO₂, pois o hidrogênio usado pelo processo Haber-Bosch⁴⁴, vem da eletrólise da água utilizando energia renovável. Também se destaca o papel da amônia que conta com a adição de tecnologias de captura e armazenamento de carbono a sua cadeia.

Como um dos objetivos estratégicos do Plano Nacional de Fertilizantes é promover a integração da Política Nacional do Gás Natural com a Política Nacional do Hidrogênio no Brasil, a partir da cadeia de fertilizantes, vislumbra-se que a diversificação da produção de fertilizantes básicos no Brasil,

⁴⁴ O principal processo de produção de amônia (NH₃) é o processo Haber-Bosch, utilizando nitrogênio tradicionalmente obtido a partir de ar e hidrogênio, que pode ser oriundo de unidades de reforma a vapor do metano.

conectada com a cadeia do hidrogênio de baixo carbono, através da implantação de planta de nitrogenados baseada neste insumo, pode ser fundamental para o alcance desta meta (PNF, 2021).

Adicionalmente, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) é uma oportunidade para o setor de biocombustíveis mudar definitivamente a forma de manejar os resíduos, podendo integrar a produção energética com a de biofertilizantes, visto que sua aplicação, em substituição aos adubos minerais, tem potencial de ganhos ambientais e econômicos, reduzindo as emissões de GEE e aumentando a geração de CBIO por litro de biocombustível.

O cenário mundial atual abre uma oportunidade para que produtores rurais, com o apoio de ciência e da biotecnologia, possam evoluir no sentido que encontrar soluções tecnológicas que os atendam e possam suprir lacunas do mercado, como a já identificada para os fertilizantes.

11.3.3. Relação entre biocombustíveis e fertilizantes sobre a ótica da MIP

Toda atividade produtiva gera efeitos, diretos e indiretos, no emprego, na renda e no PIB e uma ferramenta analítica que permite essa mensuração é a Matriz Insumo Produto⁴⁵ (MIP), desenvolvida por (MILLER, R. BLAIR, P., 2009). Nesse contexto, a questão dos fertilizantes e suas interrelações com o setor do agronegócio e dos biocombustíveis pode ser avaliada, como será apresentado a seguir. A Tabela 7 apresenta os multiplicadores de atividade/PIB, emprego e renda, quando é dado um estímulo na demanda final do setor de R\$ 1 milhão.

Tabela 7 - Multiplicadores de atividade/PIB, renda e emprego para setores selecionados.

Setor	Atividade/PIB	Impacto* (mil R\$)	Emprego	Renda	Impacto* (mil R\$)
Agricultura	1,724	R\$ 1.724,00	25,51	3,464	R\$ 3.464,00
Fabricação de Biocombustíveis	2,379	R\$ 2.379,00	20,73	3,890	R\$ 3.890,40
Adubos e fertilizantes (**)	2,117	R\$ 2.117,00	13,58	2,910	R\$ 2.910,00

(*) A partir de um estímulo hipotético de R\$ 1 milhão, dado na demanda final do setor.

(**) Para o setor de adubos e fertilizantes, adotaram-se as estimativas de CASTRO *et al.* (2020)

Fonte: Elaboração própria, a partir de (IBGE, 2018).

Observa-se que, dentre os selecionados, o setor com maior capacidade de impactar o PIB é o de biocombustíveis (multiplicador de 2,379). Assim, para um estímulo de R\$ 1 milhão de reais na demanda final neste setor, o resultado sobre a atividade/PIB é de R\$ 2,379 milhões. Para os multiplicadores de emprego, a agricultura é o que apresenta o maior impacto, 25,51. Um choque na demanda final do valor mencionado, irá gerar 25,5 novos empregos na agricultura, direta e indiretamente. Por fim, observa-se que o setor de adubos e fertilizantes apresenta um menor efeito sobre a renda. O estímulo de R\$ 1 milhão acarreta o adicional de renda de R\$ 2,910 milhões.

Em resumo, dos três setores considerados (agricultura, biocombustíveis, fertilizantes), agricultura e biocombustíveis têm preponderância em um ou dois dos multiplicadores de impactos socioeconômicos (atividade econômica, renda e emprego). A produção de biocombustíveis, na sua posição estratégica na cadeia produtiva, gera um maior efeito sobre o PIB e sobre a renda. O mais relevante nesta análise é reconhecer a importância setorial e a capacidade de impacto de cada setor.

Fertilizantes e MIP – Índices de Rasmussen-Hirschman

Os índices de Rasmussen-Hirschman (RH) evidenciam o grau de encadeamento dos setores econômicos, considerando que há ligação tanto para trás quanto para frente. A análise do índice mostra em que medida um setor específico demanda ou oferta insumos, em relação aos demais setores da economia. Conforme GUILHOTO *et al.* (1995), TAKASAGO *et al.* (2017), os índices RH para trás (ILT) mostram quanto o setor demanda de insumos que são necessários para sua produção. Já

⁴⁵ Maiores detalhes sobre essa metodologia, com aplicação no setor de biocombustíveis, podem ser encontrados em (EPE, 2022a).

os índices para a frente (ILF), descrevem quanto se oferece de insumos aos demais setores da economia⁴⁶. Sabe-se que os valores superiores à unidade são conhecidos como chave para a economia, pois são eles que apresentam a capacidade de dinamizar a atividade econômica.

A Tabela 8 apresenta os índices de ligação para frente (ILF) ou para trás (ILT), de Rasmussen-Hirschman. Dentre os três setores avaliados, o que mais se destaca é o setor de biocombustíveis, nas suas compras dos demais setores (ILT=1,31), e o setor de agricultura, nas suas vendas para as demais atividades (ILF=1,89).

Tabela 8 - Índices de ligações para frente (ILF) e para trás (ILT), de Rasmussen-Hirschman, Brasil, 2017.

Setores	ILT	ILF
Agricultura	0,9513	1,8948
Fabricação de Biocombustíveis	1,3132	0,7210
Adubos e fertilizantes (*)	0,8100	1,1100

(*) Para o setor de adubos e fertilizantes, adotaram-se as estimativas de CASTRO *et al.* (2020).

Fonte: Elaboração própria, a partir de (IBGE, 2018).

O setor de fertilizantes tem uma participação moderada na aquisição de outros setores, com ILT de 0,81, fornecendo insumos para muitas outras atividades, ILF de 1,11. Em resumo, por esta análise, observa-se que os três setores têm um encadeamento muito relevante no sistema produtivo, com a agricultura sendo o que mais vende para os demais, e o de biocombustíveis o que mais compra.

11.4. Considerações Finais

De acordo com projeções da Organização das Nações Unidas (ONU, 2021), a população mundial deve alcançar cerca de 9,6 bilhões de indivíduos em 2050, tornando necessária a obtenção da maior produtividade possível das terras cultiváveis no mundo. Deste fato resulta a relevância da adoção de novas fontes e tecnologias agrícolas, além do uso maciço de fertilizantes. Isto se alinha ao ODS2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável, da ONU.

A produção agrícola nacional aumentou significativamente nos últimos anos, em grande parte pela expansão para novas fronteiras agrícolas, o que demandou o desenvolvimento de novas variedades, fertilizantes para correção e enriquecimento do solo, além de defensivos agrícolas. Associadas a isto, a pesquisa aplicada e novas técnicas agrícolas resultou em maiores produtividades.

O setor do agronegócio é relevante na economia nacional respondendo, em 2021, por 27,4% do PIB e, conforme análise da matriz insumo produto, foi possível observar elevada capacidade multiplicadora a partir de investimentos para dinamização da atividade econômica em um processo virtuoso de geração de empregos, renda, arrecadação e desenvolvimento regional.

A produção de biocombustíveis nacional tem como insumos principais a cana-de-açúcar e o milho para produção de todo o etanol, e tem a soja como responsável por um montante superior a 70% da produção de biodiesel. Estas culturas somam mais de 70% de todo fertilizante consumido nacionalmente e conforme o Balanço Energético Nacional 2022, os produtos do agronegócio (produtos da cana e biodiesel) totalizam 19% da oferta interna de energia.

A produção brasileira de fertilizantes não atende a atual demanda, e o país importa cerca de 80% das suas necessidades. A aquisição de fertilizantes no mercado internacional tem como principais fornecedores Rússia, China e Marrocos, sendo este primeiro partícipe de conflito mundial desde fevereiro de 2022. O forte impacto observado no preço dos fertilizantes corrobora a necessidade do Brasil se tornar menos dependente do mercado externo.

⁴⁶ Para uma breve explicação sobre a metodologia e as equações, ver o Anexo I.

Considerando a importância estratégica dos fertilizantes para o país, foi criado o GT interministerial com a finalidade de desenvolver o Plano Nacional de Fertilizantes, tendo como um de seus objetivos a diminuição da dependência externa. O Brasil tem como desafio operacionalizar o PNF, que deverá orientar o planejamento do setor de fertilizantes nas próximas décadas. Além disso, algumas iniciativas para o desenvolvimento do setor de fertilizantes têm sido realizadas, como o uso de resíduos agropecuário, urbano e industrial para sua produção, complemento com biofertilizantes e a utilização da tecnologia de hidrogênio de baixo carbono, insumo para produção de amônia.

A segurança do suprimento de fertilizantes no Brasil é estratégica, tanto para a produção de alimentos e redução da fome (programa ODS2 da ONU), quanto para a fabricação de biocombustíveis, essencial para o atingimento das NDC e demandas nacionais e internacionais.

Referências bibliográficas

- ABIOVE. (2022). *Estatísticas*. Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais. Acesso em 17 de abril de 2022, disponível em www.abiove.org.br/estatisticas
- ABRACICLO. (2022). *Dados do Setor: vendas atacado 2021*. Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetas, Bicicletas e Similares. Acesso em 10 de Abril de 2022, disponível em <http://www.abraciclo.com.br/motocicletas>
- AEA. (2022a). *Continued drop in EU's greenhouse gas emissions confirms achievement of 2020 target*. Agência Europeia do Ambiente, Copenhagen. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <https://www.eea.europa.eu/highlights/continued-drop-in-eus-greenhouse>
- AEA. (2022b). *Primary and final energy consumption in Europe*. Agência Europeia do Ambiente, Copenhagen. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.eea.europa.eu/ims/primary-and-final-energy-consumption>
- AEA. (2022c). *Share of energy from renewable sources used in transport in Europe*. Agência Europeia do Ambiente, Copenhagen. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/share-of-renewable-energy-9#tab-chart_9
- AGRINEWS. (2020). *EPA misses renewable fuel volume deadline*. AgriNews. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em <https://www.agrinenews-pubs.com/2020/12/10/epa-misses-renewable-fuel-volume-deadline/al9j7ga/#:~:text=30%20deadline%20to%20set%20renewable,obligations%20for%20the%20following%20year>
- AGU. (2020). *AGU mantém no STJ meta do governo para redução de gases do efeito estufa*. Advocacia-Geral da União, Brasília. Acesso em 08 de dezembro de 2020, disponível em <https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/agu-mantem-no-stj-meta-do-governo-para-reducao-de-gases-do-efeito-estufa>
- ALSP. (2002). *LEI Nº 11.241, DE 19 DE SETEMBRO DE 2002*. Assembleia Legislativa de São Paulo, São Paulo. Acesso em 2020 de 10 de 16, disponível em <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>
- AMA BRASIL. (2019). *Aumento do Uso de Adubos Químicos*. Associação dos Misturadores de Adubo do Brasil, São Paulo.
- ANATER. (2020). *Relatório de Execução do Contrato de Gestão – Exercício 2019*. Agência Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural, Brasília. Acesso em 24 de JUNHO de 2021, disponível em <http://www.anater.org/>
- ANATER. (2020). *Relatório de Execução do Contrato de Gestão – Exercício 2019*.
- ANDA. (2019). *Pesquisa Setorial*. Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <http://anda.org.br/>
- ANEEL. (2021). *Acompanhamento da Implantação das Centrais Geradoras de Energia Elétrica*. Acesso em 24 de março de 2021, disponível em www.aneel.gov.br
- ANEEL. (2022). *Geração Distribuída*. Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em 29 de Junho de 2022, disponível em http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_fonte_detalhe.asp?Tipo=2
- ANFAVEA. (2022). *Anuário da indústria automobilística brasileira 2021*. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. Acesso em 10 de Abril de 2022, disponível em <http://www.anfavea.com.br/anuario.html>
- ANP. (2014). *Resolução ANP nº 45, de 25 de agosto de 2014*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, Rio de Janeiro. Acesso em 25 de Junho de 2020, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2014/agosto&item=ranp-45-2014>
- ANP. (2018a). *Resolução ANP nº 758/2018. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 23 de Novembro de 2018, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2018/novembro&item=ranp-758-2018>
- ANP. (2018b). *Resolução ANP nº 719, de 22 de fevereiro de 2018*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 11 de maio de 2021

- ANP. (2019a). *Resolução ANP nº 791/2019. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 10 de Junho de 2019, disponível em <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resolucao-anp/2019/junho&item=ranp-791-2019>
- ANP. (2021a). *Resolução Nº 842, de 14 de maio de 2021. Estabelece a especificação do diesel verde, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que o comercializem em território nacional*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 27 de abril de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-842-de-14-de-maio-de-2021-320059616>
- ANP. (2021b). *Resolução nº 843. Dispõe sobre a individualização das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases geradores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis, no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 21 de maio de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-anp-n-843-de-21-de-maio-de-2021-321532326>
- ANP. (2021c). *Resolução ANP nº 855, de 08 de outubro de 2021. Altera resoluções para modificar as regras de comercialização do etanol hidratado combustível*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-855-de-8-de-outubro-de-2021-351938618>
- ANP. (2021d). *Resolução ANP nº 857. Dispõe sobre as regras de comercialização de biodiesel para atendimento da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel comercializado com o consumidor final, estabelecido na Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 14 de 06 de 2022, disponível em <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-857-2021-dispoe-sobre-as-regras-de-comercializacao-de-biodiesel-para-atendimento-da-adicao-obrigatoria-de-biodiesel-ao-oleo-diesel-comercializado-com-o-consumidor-final-estabelecido-na-lei-no-13-033-de-24-de-set>
- ANP. (2021e). *Resolução ANP nº 858, de 05 de novembro de 2021. Altera resoluções, permitindo a venda direta de gasolina C e etanol fora dos postos de combustível e dá outras providências*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-858-de-5-de-novembro-de-2021-357364148>
- ANP. (2021f). *Resolução ANP nº 863, de 20 de dezembro de 2021. Altera a Resolução ANP nº 802, de 5 de dezembro de 2019, para incluir operações de comercialização de etanol hidratado*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-anp-n-863-de-20-de-dezembro-de-2021-368984445>
- ANP. (2021g). *Dados Estatísticos*. Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 26 de Junho de 2021, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos>
- ANP. (2022a). *Autorização para produção de biocombustíveis*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 20 de Janeiro de 2022, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/autorizacao-para-producao-de-biocombustiveis>
- ANP. (2022b). *Levantamento de preços*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 23 de Janeiro de 2022, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br>
- ANP. (2022c). *Informações de Mercado - Biodiesel*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 18 de Fevereiro de 2022, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/biodiesel/informacoes-de-mercado>
- ANP. (2022d). *Leilões de Biodiesel*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 18 de Abril de 2022, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/distribuicao-e-revenda/leiloes-biodiesel>
- ANP. (2022e). *RenovaBio*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 06 de Junho de 2022, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>
- ANP. (2022f). *Webinar “Procedimento para Cadeia de Custódia de Grãos no âmbito do RenovaBio”*. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 24 de maio de 2021, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/apresentacoes-palestras/2022-periodo-eleitoral/webinar-renovabio>

- APROBIO. (2022). *Projeto piloto prevê produção de combustível sustentável de aviação no RN*. Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil, São Paulo. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://aprobio.com.br/noticia/pprojeto-piloto-prevecirc-produccedilatildeo-de-combustiacutevel-sustentaacutevel-de-aviaccedilatildeo-no-rnp>
- ASTM. (2015). *Standard Specification for Jet B Wide-Cut Aviation Turbine Fuel*. ASTM D6615 - 15a . American Standard Testing Materials.
- ASTM. (2018). *Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons*. ASTM D7566 – 18. American Standard Testing Materials.
- B3. (2022). *Renda Fixa, Série Histórica, Dados por Ativos*. Brasil, Bolsa Balcão. Acesso em 09 de Junho de 2022, disponível em http://www.b3.com.br/pt_br/market-data-e-indices/servicos-de-dados/market-data/historico/renda-fixa/
- BANCO MUNDIAL. (2022). *GDP (current US\$) - Russian Federation*. Banco Mundial. Acesso em 02 de junho de 2022, disponível em <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=RU>
- BBC. (2021). *Hidrogênio verde: os 6 países que lideram a produção do combustível do futuro*. BBC Brasil, São Paulo/SP. Acesso em 12 de junho de 2021, disponível em <https://www.bbc.com/portuguese/geral-56604972>
- BC. (2022). *Sistema Gerenciador de Séries Temporais (SGS)*. Banco Central do Brasil, Brasília. Acesso em 11 de Fevereiro de 2022, disponível em <https://www3.bcb.gov.br/sgspub/localizarseries/localizarSeries.do?method=prepararTelaLocalizarSeries>
- BIODIESELBR. (2019). *Brasil exportou mais e ganhou menos com glicerina em 2019*. Revista Biodiesel BR. Acesso em 11 de 2 de 2020, disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/brasil-exportou-mais-e-ganhou-menos-com-glicerina-em-2019-100120>
- BIODIESELBR. (2020). *Brasil exportou 35,5 mil toneladas de glicerina em janeiro*. Revista Biodiesel BR, Curitiba. Acesso em 11 de Fevereiro de 2020, disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/usinas/glicerina/brasil-exportou-35-5-mil-toneladas-de-glicerina-em-janeiro-110220>
- BIODIESELBR. (2021). *MME pretende definir tributação e derivativos dos CBios ainda este ano*. Revista Biodiesel BR, Curitiba. Acesso em 12 de março de 2021, disponível em <https://www.biodieselbr.com/noticias/regulacao/rbio/mme-pretende-definir-tributacao-e-derivativos-dos-cbios-ainda-este-ano>
- BIOMASS MAGAZINE. (2018). *EU reaches deal on REDII, sets new goals for renewables*. Biomass Magazine, Grand Forks. Acesso em 11 de 01 de 2019, disponível em <http://biomassmagazine.com/articles/15371/eu-reaches-deal-on-redii-sets-new-goals-for-renewables>
- BNDES. (2017). *Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro*. BNDES Setorial 45, p. 137-187. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 10 de junho de 2022, disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11814/1/BS%2045%20Fertilizantes%20organominerais%20de%20res%C3%ADduos%20%5B...%5D_P_BD.pdf
- BNDES. (2022a). *BNDES Prorenova*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 07 de abril de 2022, disponível em www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-prorenova
- BNDES. (2022b). *Comunicação Pessoal*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro.
- BNDES. (2022c). *Navegador de Financiamentos*. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 07 de abril de 2022, disponível em www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/navegador#!/
- BNDES. (2022d). *BNDES RenovaBio*. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro. Acesso em 07 de abril de 2022, disponível em <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-renovabio>
- BRASIL. (1979). *Lei nº 6.746, de 10 de dezembro de 1979. Altera o Estatuto da Terra e dá outras providências*. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: <http://www.planalto.gov.br>
- BRASIL. (2004). *Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004*. Brasília. Acesso em 24 de jun de 2022, disponível em <https://sisemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1265013>

- BRASIL. (2005). *Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005*. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.planalto.gov.br
- BRASIL. (2006). *Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais*. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.in.gov.br
- BRASIL. (2008). *Instrução Normativa 64 de 18 de dezembro de 2008*. MAPA. Brasília. Acesso em 24 de jun de 2022, disponível em <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=19/12/2008&jornal=1&pagina=21&totalArquivos=160> e https://sistemasweb.agricultura.gov.br/conjurnormas/index.php/INSTRU%C3%87%C3%83O_NORMATIVA_N%C2%BA_64,_DE_18_DE_DEZEMBRO_DE_2008
- BRASIL. (2016). *Lei nº 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional*. Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br
- BRASIL. (2017a). *Decreto nº 9.101, de 20 de julho de 2017. Altera o Decreto nº 5.059, de 30 de abril de 2004, e o Decreto nº 6.573, de 19 de setembro de 2008, que reduzem as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.planalto.gov.br
- BRASIL. (2017b). *Decreto nº 9.112, de 28 de julho de 2017. Reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de álcool, inclusive para fins carburantes*. Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br
- BRASIL. (2017c). *Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências*. Diário Oficial da União, Brasília. Fonte: www.planalto.gov.br
- BRASIL. (2019). *Medida Provisória nº 897, de 2019. Institui o Fundo de Aval Fraternal, dispõe sobre o patrimônio de afetação de propriedades rurais, a Cédula Imobiliária Rural, a escrituração de títulos de crédito e dá outras providências*. Câmara dos Deputados, Brasília. Acesso em 20 de Fevereiro de 2020, disponível em <https://www.congressonacional.leg.br/materias/medidas-provisorias/-/mpv/139071>
- BRASIL. (2020a). *Decreto nº 10.527/2020, de 22 de outubro de 2020. Institui o Selo Biocombustível Social e faz outras disposições*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.in.gov.br
- BRASIL. (2020b). *Dentre outros, altera a Lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017*. Diário Oficial da União, Brasília. Acesso em 12 de maio de 2021, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L13986.htm
- BRASIL. (2021a). *Medida Provisória nº 1.063, de 11 de agosto de 2021. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998, para dispor sobre as operações de compra e venda de álcool e outras providências*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.063-de-11-de-agosto-de-2021-337790293>
- BRASIL. (2021b). *Medida Provisória nº 1.069, de 13 de setembro de 2021. Altera a Medida Provisória nº 1.063, de 11 de agosto de 2021 e outras, para dispor sobre a comercialização de combustíveis por revendedor varejista*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.069-de-13-de-setembro-de-2021-344462682>
- BRASIL. (2021d). *Programa Nacional de Alimentação Escolar*. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Acesso em 25 de junho de 2021, disponível em <http://www.fnnde.gov.br/programas/pnae>
- BRASIL. (2022a). *Lei nº 14.292, de 3 de janeiro de 2022. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998, para dispor sobre as operações de compra e venda de álcool, a comercialização de combustíveis por revendedor varejista e a*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 22 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.292-de-3-de-janeiro-de-2022-371717581>
- BRASIL. (2022c). *Medida Provisória nº 1.100, de 14 de fevereiro de 2022. Altera a Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, e a Lei nº 9.718, de 27 de novembro de 1998*. Governo Federal. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/medida-provisoria-n-1.100-de-14-de-fevereiro-de-2022-380129177>
- BRASIL BIOFUELS. (2022). *BBf e Vibra, Ex-BR, vão produzir combustível para aviação com óleo de palma do Amazonas*. Brasil Biofuels, São Paulo. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.brasilbiofuels.com.br/bbf-e-vibra-ex-br-vaio-produzir-combustivel-para-aviacao-com-oleo-de-palma-no-amazonas/>

- BRASILCOM apud EPBR. (2020). *Mandado de Segurança Coletivo*. Associação das Distribuidoras de Combustíveis. Acesso em 09 de novembro de 2020, disponível em <https://epbr.com.br/wp-content/uploads/2020/11/Brasilcom-Demareste-Inicial-CBIO-2020.pdf>
- CASA CIVIL. (2021). *Aprovada a criação do Programa Combustível do Futuro*. Casa Civil. Acesso em 01 de junho de 2021, disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2021/abril/aprovada-a-criacao-do-programa-combustivel-do-futuro#:~:text=O%20Programa%20Combust%C3%ADvel%20do%20Futuro%2C%20que%20tem%20como,um%20passo%20na%20lideran%C3%A7a%20da%20transi%C3%A7%C3%A3o%20>
- CASA CIVIL. (2022). *Sancionada lei que permite compra e venda direta de álcool*. Casa Civil, Brasília. Acesso em 20 de 06 de 2022, disponível em <https://www.gov.br/casacivil/pt-br/assuntos/noticias/2022/janeiro/sancionada-lei-que-permite-compra-e-venda-direta-de-alcool>
- CASTRO, N., SILVA, A., & GILLIO, L. (2020). Desempenho e Inter-Relações do Setor de Fertilizantes: Uma Análise Segundo a Ótica de Insumo-Produto. *Planejamento e Políticas Públicas*, n° 56, out/dez 2020. doi:https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/ppp/210218_ppp56_art_6.pdf
- CAVALCANTE FILHO, P. G. (2021). *Avaliação dos impactos socioeconômicos da cadeia produtiva do biodiesel na agricultura familiar brasileira*. Revista de Estudos Econômicos da USP, v. 51. No prelo.
- CCEE. (2022a). *Metodologia de Preços – PLD*. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Fonte: www.ccee.org.br
- CCEE. (2022b). *InfoMercado: Dados Individuais*. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica, São Paulo. Fonte: www.ccee.org.br
- CE. (2009). *Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009, relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE*. Comissão Europeia. Bruxelas: Jornal Oficial da União Europeia. Acesso em 04 de Julho de 2009, disponível em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=SK>
- CE. (2018). *Clean Energy for All Europeans*. Comissão Europeia, Bruxelas. Acesso em 13 de abril de 2019, disponível em ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans
- CE. (2022). *Concretizar o Pacto Ecológico Europeu*. Comissão Europeia, Bruxelas. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_pt
- CEPEA/ESALQ. (2021). *Preços Agropecuários: Etanol (indicador mensal)*. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Acesso em 22 de Abril de 2021, disponível em www.cepea.esalq.usp.br/br
- CEPEA-ESALQ/USP. (2022). *Série histórica do PIB do agronegócio brasileiro*. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Esalq/USP, Piracicaba. Acesso em 24 de 06 de 2022, disponível em <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>
- CNPE. (2015). *Resolução CNPE nº 3, de 21 de setembro de 2015. Autoriza e define diretrizes para comercialização e uso voluntário de biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 14 de 10 de 2015, disponível em www.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/cnpe-2015
- CNPE. (2018a). *Resolução CNPE nº 05, de 15 de março de 2018. Estabelece as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 06 de Junho de 2018, disponível em http://www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolu%C3%A7%C3%A3o+n%C2%BA+5_2018_CNPE.PDF/a46326ab-df5d-4d3f-ad52-b9f1ffc7ab1d
- CNPE. (2018b). *Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf
- CNPE. (2020a). *Resolução CNPE nº 08, de 18 de agosto de 2020. Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 20 de agosto de 2020, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt->

br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-
cnpe/arquivos/2020/resolucao_8_cnpe_metas_compulsorias.pdf

- CNPE. (2020b). *Resolução CNPE nº 9, de 10 de novembro de 2020. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a utilização de matéria-prima importada para a produção de biodiesel*. Conselho Nacional Política Energética, Brasília. Acesso em 03 de maio de 2020, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-288976231>
- CNPE. (2020c). *Resolução CNPE nº 13, de 09 de dezembro de 2020. Institui Grupo de Trabalho para avaliar a inserção de biocombustíveis para uso no ciclo diesel na Política Energética Nacional*. Conselho Nacional Política Energética, Brasília. Acesso em 06 de maio de 2020, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/arquivos/conselhos-e-comites/res-13-cnpe.pdf>
- CNPE. (2020d). *Resolução nº 14, de 9 de dezembro de 2020. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional*. Conselho Nacional Política Energética, Brasília. Acesso em 10 de dezembro de 2020, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-296859038>
- CNPE. (2021a). *Resolução nº 4, 09/04/2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), no 79º Leilão de Biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 02 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CNPE. (2021b). *Resolução nº 6, 20/04/2021. Determina a realização de estudo para proposição de diretrizes para o Programa Nacional do Hidrogênio*. Conselho Nacional Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 24 de maio de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-320051164>
- CNPE. (2021c). *Resolução nº 7, 20/04/2021. Institui o Programa Combustível do Futuro e dá outras providências*. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 14 de maio de 2021, disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2021/ResoluesCNPE7_2021.pdf
- CNPE. (2021d). *Resolução nº 10, 11/05/2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), no 80º Leilão de Biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 02 de 05 de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CNPE. (2021e). *Resolução nº 11, 02/06/2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 12% (doze por cento), no 81º Leilão de Biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 02 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CNPE. (2021f). *Resolução nº 16, 06/09/2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a redução do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil de 13% (treze por cento) para 10% (dez por cento), no 82º Leilão de Biodiesel*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 02 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CNPE. (2021g). *Define as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 05 de outubro de 2021, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CNPE. (2021h). *Resolução nº 25, 22/11/2021. Estabelece como de interesse da Política Energética Nacional a fixação do teor de mistura obrigatória do biodiesel no óleo diesel fóssil em 10% (dez por cento), para o ano de 2022*. Conselho Nacional de Política Energética, Brasília. Acesso em 02 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/resolucoes-2021>
- CONAB. (2021). *Safra Brasileira de Grãos*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 15 de junho de 2021, disponível em www.conab.gov.br
- CONAB. (2022a). *Comunicação Pessoal*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília.
- CONAB. (2022b). *Levantamentos de Safra: cana-de-açúcar. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 19 de maio de 2022, disponível em www.conab.gov.br

- CONAB. (2022c). *Produção Agrícola. Safra. Série Histórica dos Grãos*. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília. Acesso em 19 de maio de 2022, disponível em <https://www.conab.gov.br/>
- CONFAZ/MF. (2020). *Alíquotas e reduções de base de cálculo nas operações internas dos Estados e do Distrito Federal, 2018*. Conselho Nacional de Política Fazendária/Ministério da Fazenda. Fonte: www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/aliquotas-icms-estaduais
- CONSECANA. (2022). *Circulares CONSECANA*. Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo. Acesso em 11 de Maio de 2022, disponível em www.orplana.com.br
- CONSULTOR JURIDICO. (2020). *Tributação das emissões e negociações dos títulos de CBio: a vida continua*. Consultor Jurídico. Acesso em 29 de abril de 2020, disponível em <https://www.conjur.com.br/2020-abr-29/consultor-tributario-tributacao-emissoes-negociacoes-titulos-cbio>
- COSAN. (2021). *Comunicado ao Mercado - Nova planta e contrato para a comercialização de Etanol Celulósico - Raizen*. COSAN. Acesso em 30 de junho de 2021, disponível em <https://www.cosan.com.br/>
- CTC. (2022). *Comunicação Pessoal*. Centro de Tecnologia Canavieira.
- DATAGRO. (2022). *Balanço mundial de açúcar. Edição 02-21*. DATAGRO Consultoria LTDA, Barueri. Acesso em 17 de fevereiro de 2022, disponível em www.datagro.com
- EC. (2019). *Report of the Work of the Task Force on Mobilising Efforts to Reach the EU Energy Efficiency Targets for 2020*. European Commission, Directorate-General for Energy, Bruxelas. Acesso em 03 de 04 de 2020, disponível em https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/report_of_the_work_of_task_force_mobilising_efforts_to_reach_eu_ee_targets_for_2020.pdf
- EEA. (2020). *EU on track to meet greenhouse gas emissions and renewable energy 2020 targets, progress in 2019 shows more ambitious long-term objectives are reachable*. European Environment Agency, Copenhagen. Acesso em 12 de junho de 2021, disponível em <https://www.eea.europa.eu/highlights/eu-on-track-to-meet>
- EIA. (2022a). *Petroleum and Other Liquids. Imports, Exports and Movements*. Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, Agência de Informações de Energia, Washington DC. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em www.eia.gov/petroleum/data.php
- EIA. (2022b). *Renewables & Alternative Fuels*. Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, Agência de Informações de Energia, Washington DC. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <https://www.eia.gov/renewable/>
- ELETRORÁS. (2018). *Dados de geração e consumo das CGEE participantes do PROINFA*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro. Fonte: <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>
- ELETRORÁS. (2021). *Eletrobras, Cepel e Siemens Energy assinam memorando sobre hidrogênio verde*. Centrais Elétricas Brasileiras S.A., Rio de Janeiro. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://eletrobras.com/pt/Lists/noticias/ExibeNoticias.aspx?ID=1174>
- EMBRAPA. (2021). *Uso de resíduos como fertilizantes contribuem com a sustentabilidade*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Brasília. Acesso em 16 de junho de 2022, disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/66138327/artigo-uso-de-residuos-como-fertilizantes-contribuem-com-a-sustentabilidade>
- ENEGIX. (2021). *Enegix Energy construirá instalação de hidrogênio verde de US\$ 5,4 bilhões no Brasil*. Enegix Energy. Acesso em 24 de abril de 2021, disponível em <https://pressroom.enegix.energy/129628-enegix-energy-construira-instalacao-de-hidrogenio-verde-de-us-54-bilhoes-no-brasil>
- EPA. (2021). *Final Volume Standards for 2020, 2021, and 2022*. Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, Washington DC. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/final-volume-standards-2020-2021-and-2022>
- EPE. (2016b). *Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2015*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE. (2019a). *Competitividade do Gás Natural: Estudo de Caso na Indústria de Fertilizantes Nitrogenados*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 15 de junho de 2022, disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/EPE-DEA-IT-01-19%20-%20GN_Fertilizantes.pdf

- EPE. (2019b). *Considerações sobre a proposta de flexibilização do modelo de comercialização de etanol hidratado no Brasil*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 11 de maio de 2021, disponível em https://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Paginas/Consideracoes_sobre_a_flexibilizacao_da_comercializacao_de_hidratado.pdf
- EPE. (2020a). *Combustíveis Alternativos para motores do ciclo Diesel*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 24 de Maio de 2020, disponível em https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-467/NT_Combustiveis_renovaveis_em_%20motores_ciclo_Diesel.pdf
- EPE. (2020b). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2030*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Acesso em 12 de 2 de 2021, disponível em <http://www.epe.gov.br>
- EPE. (2021b). *Nota Técnica Impacto na saúde humana pelo uso de biocombustíveis na Região Metropolitana de São Paulo*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Fonte: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-570/NT-EPE-DPG-SDB-2020-01_NT_Impacto_saude_uso_bios.pdf
- EPE. (2021c). *Impactos socioeconômicos dos cenários de oferta e demanda do ciclo Otto via Matriz Insumo-Produto*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-impactos-socioeconomicos-dos-cenarios-de-demanda-de-etanol-via-matriz-insumo-produto>
- EPE. (2022a). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2031*. Empresa de Pesquisa Energética, Departamento de Petróleo, Gás e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>
- EPE. (2022b). *Balanço Energético Nacional 2022: Ano-base 2021*. Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro. Fonte: www.epe.gov.br
- EPE; FBDS. (2009). *Guia de referência para encaminhamento de projetos de produção e uso de biodiesel e etanol ao mecanismo de desenvolvimento limpo - MDL. Relatório interno*. Empresa de Pesquisa Energética, Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis.
- EUA. (2007). *Ato de Independência e Segurança Energética de 2007*. Congresso dos Estados Unidos da América. Washington DC: United States Government Publishing Office. Acesso em 21 de dezembro de 2007, disponível em <https://www.govinfo.gov/content/pkg/PLAW-110publ140/pdf/PLAW-110publ140.pdf>
- EUROSTAT. (2022). *EU overachieves 2020 renewable energy target*. Comissão Europeia, Gabinete de Estatísticas da União Europeia, Luxemburgo. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220119-1>
- FAO. (2022). *Homepage*. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Roma. Acesso em 12 de junho de 2022, disponível em <https://www.fao.org/home/en>
- FAPESP. (Dezembro de 2019). O Desafio de Gerar Bioenergia. (N. Marcolin, Ed.) *Pesquisa FAPESP*(286). Acesso em 13 de Abril de 2020, disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/2019/12/03/o-desafio-de-gerar-bioenergia/>
- FECOMBUSTIVEIS. (2022). Fundação Nacional do Comércio de Combustíveis e de Lubrificantes. Acesso em 4 de Maio de 2022, disponível em <http://www.fecombustiveis.org.br/relatorios/>
- FENAUTO. (2022). *Mercado de Veículos Seminovos e Usados*. Federação Nacional das Associações dos Revendedores de Veículos Automotores. Acesso em 20 de Abril de 2022, disponível em Comunicação Pessoal
- FNDE. (2021). *Programa Nacional de Alimentação Escolar*. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Acesso em 25 de junho de 2021, disponível em <http://www.fnde.gov.br/programas/pnae>
- GLOBALFERT. (2021). *Outlook GlobalFert 2021. Parte 2. Cap. 8*. GlobalFert. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://globalfert.com.br/ogf-dinamico/parte2/cap08>
- GOVERNO DO CEARÁ. (2020). *Ceará deve produzir combustível sustentável para aviação*. Governo do Ceará, Fortaleza. Acesso em 22 de março de 2021, disponível em <https://www.ceara.gov.br/2020/02/07/seminario-discute-producao-de-combustiveis-alternativos-para-aviacao-no-ceara/>
- GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. (2021). *Governo do Ceará e instituições parceiras lançam HUB de Hidrogênio Verde*. Governo do estado Ceará. Acesso em 03 de fevereiro de 2021, disponível em

<https://www.ceara.gov.br/2021/02/19/governo-do-ceara-e-instituicoes-parceiras-lancam-hub-de-hidrogenio-verde/>

- GOVERNO DO MS. (2020). *Com aumento de 31 no consumo, MS foi um dos poucos estados com saldo positivo na venda de etanol em 2020*. Governo do Estado do Mato Grosso do Sul. Acesso em 30 de abril de 2021, disponível em <http://www.ms.gov.br/com-aumento-de-31-no-consumo-ms-foi-um-dos-poucos-estados-com-saldo-positivo-na-venda-de-etanol-em-2020/#:~:text=Mato%20Grosso%20do%20Sul%20foi,de%2025%25%20para%2020%25>
- GRANBIO. (2022). *BioFlex I: Produção de Biocombustível*. Granbio, São Paulo. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <http://www.granbio.com.br/conteudos/bioflex-biocombustiveis/>
- GUILHOTO, J. J. (1995). Índices De Ligações e Setores Chave na Economia Brasileira: 1959-1980. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 24, n. 2, p. 287-314, 1994.
- GUILHOTO, J., & FILHO, U. (2005). Estimacão da Matriz Insumo Produto a partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. *Economia Aplicada*. Vol. 9, No 2, 2005. Fonte: <http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/Metodologia-guilhoto-sesso-EA-2005.pdf>
- Howlett, M., & del Rio, P. (2015). *The parameters of policy portfolios: Verticality and horizontality in design spaces and their consequences for policy mix formulation*. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 33(5), 1233–1245. Fonte: <https://doi.org/10.1177/0263774X15610059>; DOI : 10.1177/0263774X15610059
- IBGE. (2017). *Censo Agropecuário 2017*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília. Acesso em 23 de junho de 2021, disponível em <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>
- IBGE. (2018). *Matriz Insumo-Produto 2015*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. Acesso em 13 de junho de 2022, disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9085-matriz-de-insumo-produto.html?edicao=22000&t=destaques>
- IBGE. (2020). *Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2017-2018*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília. Acesso em 22 de JUNHO de 2021, disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/rendimento-despesa-e-consumo/24786-pesquisa-de-orcamentos-familiares-2.html?=&t=o-que-e>
- IBGE. (2021). *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Acesso em 24 de junho de 2021, disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/17270-pnad-continua.html?=&t=downloads>
- ICAO. (2018). *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)*. International Civil Organization, Quebec. Fonte: <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/market-based-measures.aspx>
- IEA. (2021). *Hydrogen .More efforts needed*. International Energy Agency. Acesso em 29 de abril de 2021, disponível em <https://www.iea.org/reports/hydrogen>
- IEA-SP. (2014). *Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista: Dados consolidados das safras 2007/08 a 2013/14*. Instituto de Economia Agrícola - SP, São Paulo. Acesso em 20 de 03 de 2016, disponível em <http://www.iea.sp.gov.br/RelatórioConsolidado1512.pdf>
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: volume 2, Energy*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Genebra. Fonte: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>
- IPEA. (2022). *Balança comercial do agronegócio brasileiro apresenta superávit de US\$ 105,1 bilhões em 2021*. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, Rio de Janeiro. Acesso em 22 de junho de 2022, disponível em https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=38868#:~:text=O%20resultado%20do%20setor%20foi,%2C%20alguns%20acima%20de%2020%25
- IPEA. (2022). *Carta de Conjuntura nº 54. Nota de Conjuntura 2 — 1º Trimestre de 2022*. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Rio de Janeiro. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/conjuntura/220116_nota_2_comercio_exterior_agro_2021.pdf
- IPEA. (2022). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Fome Zero e Agricultura Sustentável*. Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, Rio de Janeiro. Acesso em 22 de junho de 2022, disponível em <https://www.ipea.gov.br/ods/ods2.html>
- LOGUM. (2022). *Comunicação pessoal*. Logum Logística S.A., Rio de Janeiro. Acesso em 29 de Maio de 2022, disponível em www.logum.com.br/php/index.php

- MAPA. (2019). *Portaria MAPA nº144, de 22 de julho de 2019. Dispõe sobre os critérios e procedimentos relativos à concessão, manutenção e uso do Selo Combustível Social*. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: www.in.gov.br
- MAPA. (2020). *Módulo fiscal*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso em 22 de junho de 2021, disponível em <https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/governanca-fundiaria/modulo-fiscal>
- MAPA. (2021). *Comunicação pessoal*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
- MAPA. (2022a). *Sustentabilidade/Agroenergia*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília. Acesso em 11 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/agroenergia>
- MAPA. (2022b). *Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro - Indicadores Gerais AGROSTAT*. Ministério da Agricultura, Brasília. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>
- MCTI. (2022). *Fatores de emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos*. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília. Fonte: www.mct.gov.br
- MDPI. (2019). *What is Still Limiting the Deployment of Cellulosic Ethanol? Analysis of the Current Status of the Sector*. Molecular Diversity Preservation International, Basel, Suíça. Acesso em 13 de Abril de 2020, disponível em <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/21/4523>
- ME. (2017). *Resolução nº 72, de 29 de agosto de 2017. Altera a Lista Brasileira de Exceções à Tarifa Externa Comum do Mercosul referente aos produtos Com um teor de água igual ou inferior a 1% vol (Álcool Etílico)*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 1 de 09 de 2017, disponível em <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/58-resolucoes-da-camex/1916-resolucao-no-72-de-29-de-agosto-de-2017>
- ME. (2019). *Portaria nº 547, de 31 de agosto de 2019. Altera o Anexo II da Resolução nº 125, de 15 de dezembro de 2016*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 24 de 3 de 2020, disponível em <http://www.camex.gov.br/resolucoes-camex-e-outros-normativos/124-portarias-secint/2316-portaria-secint-n-547-de-31-de-agosto-de-2019>
- ME. (2021). *Resolução GECEX Nº 101. Redução da alíquota do imposto cobrança de impostos de importação de soja, farelo e óleo proveniente do grão*. Ministério da Economia. Acesso em 17 de março de 2021, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-gecex-n-101-de-20-de-outubro-de-2020-283993384>
- ME. (2022a). *Estatísticas de Comércio Exterior*. Ministério da Economia, Secretaria Especial de Comércio Exterior e Assuntos Internacionais, Brasília. Acesso em 18 de junho de 2022, disponível em <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>
- ME. (2022b). *Resolução GECEX Nº 317, de 22 de março DE 2022. Altera o Anexo II da Resolução nº 125, de 15 de dezembro de 2016, da Câmara de Comércio Exterior*. Ministério da Economia, Câmara de Comércio Exterior. Brasília: Diário Oficial da União. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-gecex-n-317-de-22-de-marco-de-2022-387969852>
- MILLER, R. BLAIR, P. (2009). *Input-Output Analysis – Foundations and Extensions* (2nd Edition ed.). Inglaterra: Cambridge University Press.
- MME. (2019a). *MME viabiliza investimentos em dutovias para a movimentação de combustíveis na ordem de R\$ 645 milhões*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 12 de 3 de 2020, disponível em http://www.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lCdBICN/content/mme-viabiliza-investimentos-em-dutovias-para-a-movimentacao-de-combustiveis-na-ordem-de-r-645-milho-2?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb
- MME. (2019b). *Ministro assina portaria que autoriza utilização de debêntures incentivadas pelo setor de petróleo, gás e biocombustível*. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Acesso em 14 de 5 de 2020, disponível em http://www.mme.gov.br/web/guest/todas-as-noticias/-/asset_publisher/pdAS9lCdBICN/content/ministro-assina-portaria-que-autoriza-utilizacao-de-debentures-incentivadas-pelo-setor-de-petroleo-gas-e-biocombustiv-1?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww
- MME. (2019c). *Relatório de consolidação dos testes para validação da utilização de misturas com biodiesel B15 em motores e veículos. Grupo de trabalho para testes com o biodiesel*. Ministério de Minas e Energia. Acesso em 15 de Maio de 2019, disponível em <http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/Relatorio+B15+-+B20.pdf/>

- MME. (2019d). *Subcomitês do CT-CB*. Acesso em 22 de novembro de 2019, disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/abastece-brasil/subcomites>
- MME. (2020). *Proposta de definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis e dos seus intervalos de tolerância da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)*. Ministério de Minas e Energia, Brasília. Acesso em 24 de Junho de 2020, disponível em http://www.mme.gov.br/web/guest/servicos/consultas-publicas?p_p_id=consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicammeportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=nor-mal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_consultapublicammeportlet_WAR_consultapublicamme
- MME. (2021). *Programa Nacional do Hidrogênio. Proposta de Diretrizes*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 17 de maio de 2022, disponível em <https://www.epe.gov.br/sites-pt/sala-de-imprensa/noticias/PublishingImages/Paginas/MME-apresenta-ao-CNPE-proposta-de-diretrizes-para-o-Programa-Nacional-do-Hidrogenio-PNH2/HidrogenioRelatriodiretrizes.pdf>
- MME. (2022). *Projetos Prioritários*. Ministério das Minas e Energia, Brasília. Acesso em 4 de maio de 2022, disponível em <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/secretaria-executiva/projetos-prioritarios-1>
- MS. (2018). *Brasil assume meta para reduzir 144 mil toneladas de açúcar até 2022*. Ministério da Saúde. Acesso em 27 de 2 de 2019, disponível em <http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/44777-brasil-assume-meta-para-reduzir-144-mil-toneladas-de-acucar-ate-2022>
- MS. (2022). *Plano Nacional de Operacionalização da Vacinação Contra a Covid-19*. Ministério da Saúde, Secretaria Extraordinária de Enfrentamento à COVID-19, Brasília. Acesso em 20 de 06 de 2022, disponível em <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus/publicacoes-tecnicas/guias-e-planos/13a-edicao-pno-23-05-2022-1.pdf/>
- NOVACANA. (2020). *Governo renova cota de importação do etanol livre de tarifas por três meses*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 23 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/mercado/importacao/governo-renova-cota-importacao-etanol-livre-tarifas-tres-meses-140920>
- NOVACANA. (2022a). *Brasil produz hidrogênio verde a partir da cana-de-açúcar em feito inédito*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 27 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/industria/pesquisa/brasil-hidrogenio-verde-cana-de-acucar-feito-inedito-240522>
- NOVACANA. (2022b). *GranBio certifica etanol celulósico para exportação à Europa*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-certifica-etanol-celulosico-exportacao-europa-260421>
- NOVACANA. (2022c). *GranBio prevê dobrar capacidade de etanol 2G em Alagoas; avalia combustível de aviação*. NovaCana. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/granbio-preve-dobrar-capacidade-etanol-2g-alagoas-avalia-combustivel-aviacao-030622>
- NOVACANA. (2022d). *Raízen investirá R\$ 2 bilhões em duas novas plantas de etanol 2G*. NovaCana, Curitiba. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://www.novacana.com/n/industria/investimento/raizen-investira-r-2-bilhoes-duas-novas-plantas-etanol-2g-120522>
- ONU. (2021). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Organização da Nações Unidas. Acesso em 27 de maio de 2021, disponível em <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- PINHEIRO, L. (25 de mar de 2022). Artigo: A alternativa para os fertilizantes é natural e está no Brasil. *Isto é Dinheiro*. Edição: 1226. Acesso em 24 de jun de 2022, disponível em <https://www.istoedinheiro.com.br/a-alternativa-para-os-fertilizantes-e-natural-e-esta-no-brasil/#:~:text=O%20uso%20de%20biofertilizantes%20j%C3%A1,l%C3%ADder%20mundial%20em%20produ%C3%A7%C3%A3o%20org%C3%A2nica>
- PNF. (2021). *Plano Nacional de Fertilizantes 2050 - Uma Estratégia para os Fertilizantes no Brasil*. Brasília. Acesso em 10 de junho de 2022, disponível em <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>

- RAÍZEN. (2018). *Tecnologia em Energia Renovável. Etanol de Segunda Geração*. Raízen, São Paulo. Fonte: https://www.google.com/search?q=sede+da+raizen&rlz=1C1GCEA_en&oq=sede+da+raizen&aqs=chrome..69i57.2976j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8&safe=active&ssui=on
- RAÍZEN. (2021). *Contribuição à consulta pública do PDE2030*. Raízen Energia S.A. Acesso em 25 de janeiro de 2021
- RAÍZEN. (2022). *Comunicação pessoal*. Raízen Energia S.A., São Paulo. Acesso em 22 de junho de 2022, disponível em <https://www.raizen.com.br/>
- RECHARGE. (2020). *Global green-hydrogen pipeline exceeds 200 GW - here's the 24 largest gigawatts-scale projects*. Recharge, Oslo, Noruega. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em Ref.25. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/growing-ambition-the-worlds-20-largest-green-hydrogen-projects/2-1-933755>
- REN21. (2022). *Renewable 2022 Global Status Report*. Rede de Políticas de Energias Renováveis para o século 21, Paris. Acesso em 10 de Abril de 2022, disponível em <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- RFA. (2022). *Market and Statistics*. Renewable Fuels Association, Ellisville, MO. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://ethanolrfa.org/statistics/annual-ethanol-production/>
- ROSA, L. P., OLIVEIRA, L. B., COSTA, A. O., PIMENTEIRA, C. A., & MATTOS, L. B. (2003). Geração de Energia a partir de resíduos sólidos. *Proceedings of TOLMASQUIM, M.T (Coord) Fontes Alternativas*, 515.
- RPANEWS. (2020). *Brasil aplica tarifa de 20% às importações de etanol dos EUA*. Ricardo Pinto e Associados Consultoria Agro Industrial LTDA. Ribeirão Preto/SP: Revista RPA News. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://revistarpanews.com.br/brasil-aplica-tarifa-de-20-as-importacoes-de-etanol-dos-eua/>
- SAE-PR. (2020). *Produção Nacional de Fertilizantes. Estudos Estratégicos*. Secretaria Especial de Estudos Estratégicos. ET - DPE 01/2020. Acesso em 20 de julho de 2020
- SERPRO. (2020). *Plataforma de créditos de descarbonização registra quase 200 mil pré-CBios em 40 dias*. Serviço Federal de Processamento de Dados (Serpro). Acesso em 18 de Abril de 2020, disponível em <https://serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/cbio-registra-200-mil-creditos-descarbonizacao>
- SF. (2018). *Projeto de Decreto Legislativo nº 61. Susta o artigo 6º da Resolução nº43, de 22 de dezembro de 2009, da Agência Nacional do Petróleo*. Agência Nacional do Petróleo.
- SF. (2022). *Projeto de Lei nº 725, de 2022. Disciplina a inserção do hidrogênio como fonte de energia no Brasil, e estabelece parâmetros de incentivo ao uso do hidrogênio sustentável*. Senado Federal, Brasília. Acesso em 17 de maio de 2022, disponível em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/152413>
- SILVA, A. (2021). *Biofertilizantes: Estudo de Opinião, Tendência das Pesquisas e Legislação Brasileira*. Universidade de Brasília.
- TAKASAGO, M., CUNHA, C., & OLIVIER, A. (2017). Relevância da Agropecuária Brasileira: Uma Análise Insumo-Produto/ Relevance of Brazilian Agriculture: an Input-Output Analysis. *REVISTA SPACIOS, Vol. 38 (nº 36). Año 2017. Pág. 31*. Acesso em 06 de junho de 2022, disponível em <https://www.revistaespacios.com/a17v38n36/a17v38n36p31.pdf>
- TRENDSCE. (2021). *Hub de Hidrogênio Verde no Ceará promete fortalecer economia e meio ambiente*. TrendsCE, Fortaleza/CE. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em <https://www.trendsce.com.br/2021/02/19/hub-de-hidrogenio-verde-no-ceara-promete-fortalecer-economia-e-meio-ambiente/>
- UDOP. (2019). *Cana de açúcar: plantio mecanizado de cana recua*. União Nacional da Bioenergia, Araçatuba. Acesso em 26 de fevereiro de 2019, disponível em <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1176338>
- UDOP. (2022). *Dutos da Logum chegam à Grande São Paulo*. União Nacional da Bioenergia, Araçatuba. Acesso em 20 de junho de 2022, disponível em <https://www.udop.com.br/noticia/2021/08/05/dutos-da-logum-chegam-a-grande-sao-paulo.html>
- UNEM. (2019). *Etanol de Milho no Brasil. Painel 10 da conferência Abertura de Safra 2019/20*. União Nacional do Etanol de Milho, Ribeirão Preto. Fonte: <https://conferences.datagro.com/eventos/aberturadesafra/?idioma=pt-br>
- UNICA. (2013a). *União da Indústria de Cana-de-açúcar: Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo. Acesso em 17 de dezembro de 2013, disponível em <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=6288236>
- UNICA. (2013b). *Coletiva de Imprensa: análise da safra 2013/14*. União da Indústria de Cana-de-açúcar. Fonte: <http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=12655382>

- UNICA. (2014a). *Comunicação Pessoal*. União da Indústria de Cana-de-açúcar.
- UNICA. (2014b). *Comunicação Pessoal*. União da Indústria de Cana-de-açúcar.
- UNICA. (2017). *Comunicação Pessoal*. União da Indústria de Cana-de-açúcar.
- UNICA. (2022a). *Brasil e Índia vão criar Centro de Excelência em bioenergia*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em <https://unica.com.br/noticias/brasil-e-india-voao-criar-centro-de-excelencia-em-bioenergia/>
- UNICA. (2022b). *UNICADATA*. União da Indústria de Cana-de-Açúcar e Bioenergia, São Paulo. Acesso em 25 de Março de 2022, disponível em www.unicadata.com.br
- USDA. (2019). *Wrap-Up Report for 2019 Seoul Fuel Ethanol Conference*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Wrap-Up%20Report%20for%202019%20Seoul%20Fuel%20Ethanol%20Conference_Seoul_Korea%20-%20Republic%20of_6-28-2019
- USDA. (2020). *Biofuels Annual: India*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 12 de junho de 2021, disponível em <https://www.fas.usda.gov/data/india-biofuels-annual-5>
- USDA. (2021). *Biofuels Annual: China*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 18 de junho de 2021, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_08-16-2021
- USDA. (2021). *Biofuels Annual: Indonesia*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 24 de junho de 2022, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Jakarta_Indonesia_06-21-2021
- USDA. (2022). *Biofuels Annual: India*. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, Serviço de Agricultura Estrangeira, Washington DC. Acesso em 25 de junho de 2022, disponível em https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_New%20Delhi_India_IN2022-0056
- USDA. (2022). *Sugar and Sweeteners Yearbook Tables*. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Services, Washington D.C. Acesso em 13 de maio de 2022, disponível em <https://www.ers.usda.gov/data-products/sugar-and-sweeteners-yearbook-tables.aspx>
- USDOE. (2022). *Alternative Fuels Data Center: Biodiesel Blends*. Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, Escritório de Eficiência Energética e Energia Renovável, Washington DC. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em https://afdc.energy.gov/fuels/biodiesel_blends.html
- USGS. (2022). *Homepage*. Serviço Geológico dos Estados Unidos, Washington DC. Acesso em 12 de junho de 2022, disponível em <https://www.usgs.gov/>
- USGS. (2022). *Homepage*. United States Geological Survey, Washington DC. Acesso em 21 de junho de 2022, disponível em <https://www.usgs.gov/>
- WHO. (2015). *Guideline: Sugars intake for adults and children*. World Health Organization. Acesso em 23 de fevereiro de 2017, disponível em http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/