

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE ECONOMIA E RELAÇÕES INTERNACIONAIS
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

MÁRCIO VINÍCIUS ASSIS TOMAZINI

**O USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NA TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE
BAIXO CARBONO**

UBERLÂNDIA - MG

2023

MÁRCIO VINÍCIUS ASSIS TOMAZINI

O USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NA TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE
BAIXO CARBONO

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e
Relações Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas

Orientador: Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade

UBERLÂNDIA - MG

2023

MÁRCIO VINÍCIUS ASSIS TOMAZINI

O USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NA TRANSIÇÃO PARA UMA ECONOMIA DE
BAIXO CARBONO

Monografia apresentada ao Instituto de Economia e
Relações Internacionais da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas

Orientador: Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade

BANCA EXAMINADORA:
Uberlândia, de janeiro de 2023

Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade (Orientador)

Prof. Dr. Bruno Benzaquen Perosa

Profa. Dra. Thaís Guimarães Alves

RESUMO

No cenário atual, em que a sustentabilidade e o uso consciente dos recursos naturais estão em ascensão, a substituição dos combustíveis fósseis é de grande interesse da sociedade. Esta monografia aborda uma das mais controversas e utilizadas fontes de alternativas de energia não fóssil, qual seja, os biocombustíveis. Estes são considerados uma fonte de energia renovável por se basear em matéria orgânica, sendo, portanto, uma bioenergia ou, ainda, agroenergia. O problema adotado é: “a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis contribui para a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE)?” Já o objetivo aqui proposto é apresentar uma discussão ampliada sobre as controvérsias em torno do uso de biocombustíveis, incorporando não apenas aspectos ambientais, mas também aspectos econômicos e sociais. O propósito da análise é investigar sobre os impactos sociais e econômicos do uso do biocombustível, principalmente em países como o Brasil em que a maioria das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provém da mudança do uso do solo.

A metodologia utilizada foi o método histórico-dedutivo, que não parte de simples pressupostos, mas da observação de uma realidade complexa e em mudança. Assim, será observado o comportamento histórico dos fenômenos de emissão de modo a concluir seus efeitos. Conclui-se que o uso racional e bem planejado dos biocombustíveis, aproveitando-se do aprendizado tecnológico e institucional, juntamente com o combate sério ao desmatamento, pode ser um importante trunfo brasileiro para o combate das mudanças climáticas globais.

Palavras-chave: Energias Renováveis; Biocombustíveis; Mudanças Climáticas; Sustentabilidade.

Lista de Figuras

Figura 1 - Crescimento da Produção de Biocombustível, 2016-2019 (Milhões de galões por dia).....	28
Figura 2 - Market Share Biocombustíveis 2019 e projeção 2024, 2019.....	29
Figura 3 - Consumo de Biocombustível por Região e previsão de 2026. (Bilhões de litros).....	30
Figura 4 - Produção de biodiesel (B100) no Brasil por região (Mil/m ³ /ano).....	32
Figura 5 - Participação percentual das regiões brasileiras na produção nacional de biodiesel em 2021.	33
Figura 6 - Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel em 2020 (%) .	34
Figura 7 - Produção de Biodiesel, 2005 - 2021. (Mil m ³)	35
Figura 8 - Hectares Plantados e Produção de Soja – Série Histórica.....	34
Figura 9 - Produtividade da Soja – Série Histórica (kg/ha).....	36
Figura 10 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (milhões de hectares).....	39
Figura 11 - Venda de etanol hidratado e gasolina C no Brasil pelas distribuidoras (milhões m ³).....	40

Lista de Quadros

Quadro 1 - Tipos de Energia.....	14
Quadro 2 - Diretrizes Adotadas.....	16

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Produção e exportação de biocombustíveis nos Estados Unidos, 2021 (Milhões de litros).	30
Tabela 2 – Produção e exportação brasileira de etanol, 2020 (Milhões de Litros).	38

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	9
CAPÍTULO 1: O DEBATE SOBRE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS	10
1.1. O Desafio das Mudanças Climáticas	13
1.2. Considerações Sobre Energia Eólica e Energia Solar	17
1.3. Origem dos Biocombustíveis	20
1.3.1 Etanol	23
1.3.2 Biodiesel	21
CAPÍTULO 2: O MERCADO DE BIOCOMBUSTÍVEIS	28
2.1. O Mercado Mundial	28
2.2. O Mercado Nacional	31
2.2.1 Biodiesel	31
2.2.2 Etanol	36
CAPÍTULO 3: CONTROVÉRSIAS SOBRE OS BIOCOMBUSTÍVEIS	41
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
REFERÊNCIAS	51

INTRODUÇÃO

Atualmente, existem diversas matrizes energéticas, mas desde a época do carvão e do petróleo houve pouca mudança em relação ao tipo de fonte de energia mais utilizada. Isto significa que a sociedade ainda é profundamente dependente de combustíveis fósseis, seja carvão, petróleo ou derivados. Esta constatação se dá a despeito dos crescentes alarmes em relação às mudanças climáticas, cujo combate passa necessariamente pela redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Tal redução, por sua vez, é obtida principalmente pelo abandono do uso de combustíveis fósseis em favor de fontes de energia não fósseis.

Esta monografia aborda uma das mais controversas e utilizadas fontes alternativas de energia não fóssil, qual seja, os biocombustíveis. Estes, são considerados uma fonte de energia renovável por se basear em matéria orgânica, sendo, portanto, uma bioenergia ou ainda, agroenergia. O objetivo aqui proposto é apresentar uma discussão ampliada sobre as controvérsias em torno do uso de biocombustíveis, incorporando não apenas aspectos ambientais, mas também aspectos econômicos e sociais. A proposição adotada é que caracterizar uma fonte de energia como sustentável demanda, para além dos impactos ambientais favoráveis, uma investigação sobre os impactos sociais e econômicos, principalmente em países como o Brasil em que a maioria das emissões de GEE provém da mudança do uso do solo.

A monografia está dividida em 3 capítulos. O primeiro traz o debate sobre as alternativas energéticas, fazendo uma introdução sobre o uso de biocombustíveis. O segundo capítulo trata sobre o mercado de biocombustíveis em âmbito mundial e nacional. Por fim, será abordado as controvérsias apresentadas sobre o uso de biocombustíveis.

CAPÍTULO 1: O DEBATE SOBRE ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS

Nos primórdios da humanidade as noites eram mais frias e, sem a lua, mais escuras. O frio era intenso e havia muitos predadores, os antepassados humanos eram presas fáceis, os processos para sobrevivência dos ancestrais eram difíceis, e talvez não a humanidade não estivesse aqui hoje se não fosse a primeira matriz energética descoberta: o fogo.

Ao observar uma árvore atingida por um raio, os australopitecos descobriram o que era o fogo, e a partir disso conseguiram reproduzi-lo com o uso de fricção entre pedras, tornando possível algo que beirava ao inimaginável: dominar o calor e a luz. Graças a isso foi possível se aquecer, proteger-se dos predadores e cozinhar alimentos. Neste primeiro passo, nos destacamos do restante do reino animal e passamos a utilizar fenômenos naturais a nosso favor (PIRES, 201).

O fogo inaugurou o desenvolvimento das fontes energéticas, que se modificaram conforme o avanço da demanda. Segundo Pierre (2011), a diversificação do trabalho e o aumento do nível de conforto demandaram novas formas de energia, que foram descobertas e aprimoradas com o avanço da matemática e engenharia, propiciando a criação de máquinas mais sofisticadas, capazes de captar energia oriundas do vento e do vapor.

No século XVII, Denis Papin iniciou testes com mecanismos de bombas a vapor, mas suas primeiras invenções eram quentes e instáveis. Thomas Severy deu continuidade ao projeto de Papin e conseguiu construir a primeira máquina a vapor utilizável, em 1698 (AMARAL, 2010). No século seguinte, Thomas Newcomen, um pastor batista, teve a ideia de separar o cilindro da caldeira. Nesta máquina, o êmbolo subia pela pressão do vapor e descia devido à pressão atmosférica. Este modelo ficou em operação por 75 anos, quando tornou-se insuficiente para a profundidade das minas (AMARAL, 2010; SELLITTO e FARIAS, 2011).

Em razão desta questão perante o setor de mineração, James Watt buscou aprimorar a eficiência deste modelo. Para isso, Watt fez com que a temperatura do cilindro fosse tão elevada quanto a do êmbolo. Tal tecnologia permitiu a implantação desses motores em navios, locomotivas, serrarias,

drenagens e outros tipos de atividades, sendo o pontapé inicial para a Primeira Revolução Industrial (AMARAL, 2010; SELLITTO e FARIAS, 2011).

Durante a segunda metade do século XVIII, até a primeira metade do século seguinte, ocorreu a Primeira Revolução Industrial, dando início à transição para combustíveis fósseis, que passaram a substituir a lenha nas máquinas de Watt. O principal combustível fóssil utilizado foi o carvão mineral.

Não há dúvida de que a Primeira Revolução Industrial provocou transformações no processo produtivo, alavancando a indústria graças às máquinas a carvão. Estas, por sua vez, possibilitaram o aumento da produção e dos lucros, estabelecendo a Inglaterra como a grande potência mundial do período.

“Neste primeiro período, a automação baseou-se principalmente na hidráulica e foi restrito principalmente às indústrias têxteis. Foi somente na segunda onda de Kondratieff que a energia a vapor se difundiu, possibilitando a automação de outras indústrias e o desenvolvimento de novas infraestruturas ferroviárias.” (Freeman e Soete.1997, v. 3, p. 20, tradução nossa).

Após o carvão mineral revolucionar o processo produtivo, facilitando o aumento da produção e dos lucros, outro combustível fóssil ganhou destaque: o petróleo (THOMAS, 2001). Segundo Souza (2006), o primeiro poço de petróleo foi descoberto em 1859, considerado o ano inicial da industrialização petrolífera, por Edwin Drake em Tutsville, nos Estados Unidos da América (EUA). Antes dessa data, o petróleo aproveitável era somente o que aparecia na superfície.

Com o avanço da indústria petrolífera e do aço, inicia-se a Segunda Revolução Industrial a partir da segunda metade do século XIX, com a construção e expansão de grandes ferrovias e a popularização de automóveis. De acordo com Sellitto e Farias (2011), o lançamento do modelo Ford-T em 1908 fez com que em 1911 a venda de gasolina ultrapassasse a de querosene. Graças à revolução energética, que possibilitou processos mais eficazes e produtivos, foi possível propiciar mudanças nos modos de produção e novas formas de organização do trabalho, conhecidas como fordismo e taylorismo, meios estes que possibilitavam produzir em menor tempo possível.

Simultaneamente a esta fase revolucionária, houve o avanço da eletricidade. Em 1882, Thomas Edison construiu as primeiras usinas geradoras de corrente contínua, com uso focado em iluminação. Em 1886, George

Westhninghouse realizou a primeira transmissão de corrente alternada. O uso associado da corrente alternada e dos sistemas polifásicos, criados por Nikola Tesla, com o transformador de Willian Stanley, proporcionou o envio de eletricidade a grandes distâncias (SELLITTO e FARIAS, 2011).

Neste contexto, a eletricidade passa a fazer parte do dia a dia da população, facilitando a relocação e reorganização das indústrias, substituindo, então, a energia do vapor e carvão nas fábricas. Os setores de aço e eletricidade que estavam em alta entre 1890-1940 propiciaram a construção de iluminações públicas e grandes ferrovias, ligando cidades e países (FREEMAN e SOETE, 1997).

A facilidade de transporte e de conversão garantem à eletricidade o posto de principal matriz energética do período contemporâneo. Conforme Walter¹ (2010 *apud* Sellito e Farias, 2011), os países altamente industrializados duplicam seu consumo de energia elétrica a cada dez anos e, além disso, a eletricidade corresponde a um terço do consumo da energia primária mundial.

Na década de 1940 começa a ser difundido outra fonte de energia – a nuclear –, que aparece como uma das fontes primárias da matriz energética mundial desde 1960. As usinas nucleares receberam altos investimentos para sua construção, alastrando-se pelo mundo. Porém, na década de 1970, após acidentes nos reatores de Three Mile Island e Chernobyl, esses investimentos acabaram sendo freados e as usinas nucleares tornaram-se alvos de protestos contra sua existência (SELLITTO e FARIAS, 2011).²

Nos últimos anos, o uso de combustíveis fósseis causou grande efeito sobre a atmosfera do planeta. Os desafios das mudanças climáticas ganharam espaço no cenário internacional, trazendo avanço na discussão sobre ações para impedir que o aquecimento global se torne irreversível. Com isso, é introduzido também a preocupação com o uso de combustíveis ditos sustentáveis, sendo os mais populares, a energia solar e eólica, cujas vantagens e desvantagens serão expostas aqui. Por fim, o capítulo se encerra tratando a

¹ WALTER, Oswaldo Luiz. História de eletricidade. Mogi Mirim, 2010.

² Atualmente, a energia nuclear tem voltado a aparecer, devido a pequenos reatores nucleares (SRM), que além de menores possuem menos riscos de acidentes (CASTRO e BIATO, 2022).

história dos biocombustíveis, uma nova forma de energia considerada mais limpa.

1.1. O Desafio das Mudanças Climáticas

Depois de longos anos de transformações energéticas, os combustíveis fósseis se estabeleceram como a fonte de energia principal da humanidade. O consumo de carvão, de petróleo e de gás natural aumentou, e com eles, a emissão de gases de efeito estufa (GEE).

Os GEE tornaram-se uma preocupação para os especialistas, já que estes gases não só aumentam a temperatura do globo, mas também ampliam a precipitação, a circulação atmosférica, os eventos climáticos extremos e o aumento do nível do mar (ARTAXO, 2020).

A Organização das Nações Unidas (ONU), preocupada com os problemas ambientais causados pelo uso desenfreado de fontes poluentes de energia, em 1997, firmou um acordo, com o objetivo de reduzir as emissões de gases causadores do efeito estufa e o impacto da produção energética no meio ambiente, firmando-se então, o Protocolo de Kyoto.

Para atender ao Protocolo de Kyoto, diversas nações se comprometeram a reduzir as emissões de gases causadores de efeito estufa em média de 5% em relação aos níveis de 1990. Foram propostos mecanismos para o cumprimento das metas ambientais, sendo eles: parcerias entre países para criação de projetos renováveis; utilizam o carbono como moeda de troca, na qual os países podem comprar créditos de carbono de nações pouco poluentes (ONU, 1998).

Ademais, os países desenvolvidos deveriam tomar medidas para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, como: aumento da eficiência energética em setores poluentes; proteção e aumento de florestas, que contribuem com a redução do efeito estufa, absorvendo carbono da atmosfera; promoção e incentivo de formas renováveis de agricultura, assim como de florestamento e reflorestamento de áreas devastadas; pesquisa e desenvolvimento de formas renováveis de energia; entre outros (ONU, 1998).

Diante do Protocolo de Kyoto, os países buscaram fontes energéticas alternativas, sem deixar de lado as matrizes energéticas mais utilizadas. Dentre

as novas fontes energéticas encontradas estão a energia eólica e solar e, a mais recorrente, os biocombustíveis. O funcionamento de cada energia renovável, assim como, os problemas causados por elas serão expostos ao longo do texto.

Os tipos de energia se dividem da seguinte forma:

Quadro 1- Tipos de Energia

Energia	Especificação
Limpa	Uma fonte que possui baixo impacto ambiental (pouca emissão de gases de efeito estufa e baixa alteração da biodiversidade e do ecossistema).
Renovável	A energia renovável é produzida com o uso de recursos naturais renováveis.
Sustentável	A energia é sustentável quando é utilizada em quantidade e velocidade proporcionais à capacidade de reposição da matéria-prima pela natureza.

Fonte: Alba Energia Solar, 2021

Apesar do Protocolo de Kyoto, matrizes fósseis, como carvão, gás natural e petróleo continuaram crescendo e, apesar de fontes renováveis também serem crescentes, isto não foi suficiente para frear os possíveis problemas climáticos derivados do uso excessivo de combustíveis fósseis (IEA, 2021).

Tendo em vista que o Protocolo de Kyoto não foi capaz de frear a emissão de GEE, em 12 de dezembro de 2015 é assinado o Acordo de Paris, acordo este discutido entre 195 países durante a 21ª Conferência do Clima, em Paris. Seu objetivo é reduzir as emissões de GEE e limitar o aumento médio da temperatura global em 1,5°C (comparado a níveis pré-industriais). Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Renovável (CEBDS, 2019), o acordo também possui outras metas, como:

- a) estimular o suporte financeiro e tecnológico por parte dos países desenvolvidos, de modo a auxiliarem o cumprimento das metas dos países menos desenvolvidos;

- b) promover o desenvolvimento tecnológico para adaptação às mudanças climáticas;
- c) proporcionar cooperação entre setores públicos e privados para ampliar e fortalecer ações de redução do aquecimento global.

Sob esta ótica, evitar que o aumento da temperatura média global ultrapasse 1,5° C (em relação ao período pré-industrial), como preconizado pelo Acordo de Paris, é uma das mais vitais metas a serem alcançadas no século XXI. Razão disso é que aumentos superiores podem resultar em impactos catastróficos e irreversíveis, com redução das condições de sociabilidade ou mesmo de vida humana no planeta Terra. A intensificação das emissões de GEE, ocorrida principalmente após a Segunda Guerra Mundial, consiste em uma das principais causas do aumento da temperatura (ACORDO DE PARIS, 2015).

No dia 22 de abril houve a Cúpula do Clima de 2021, uma reunião organizada pelo presidente dos Estados Unidos da América, Joe Biden, que convocou 40 líderes mundiais para discutir o combate à crise climática. Neste encontro, foram apresentadas metas ambiciosas para reduzir as emissões de GEE. Os EUA firmaram o compromisso de cortar até o ano de 2030, as emissões de carbono em 50% abaixo dos níveis de 2005. Com esse intuito, o presidente Joe Biden espera que seu plano incentive países bastante poluentes, como China e Índia a aumentarem suas metas (GLOBO, 2021; CNN BRASIL, 2021).

O presidente do Brasil, Jair Bolsonaro prometeu zerar o desmatamento ilegal até 2030, reduzir emissões de GEE, buscar neutralidade climática até 2050, e fortalecer órgãos ambientais, duplicando recursos de modo a aumentar a fiscalização. Segundo o presidente Jair Bolsonaro, “O Brasil participou com menos de 1% das emissões históricas de gases de efeito estufa, mesmo sendo uma das maiores economias do mundo. No presente, respondemos por menos de 3% das emissões globais anuais” (GLOBO, 2021).

Além dessas medidas, segundo o *World Resources Institute* Brasil (WRI Brasil, 2021) o Ministério do Meio Ambiente apresentou novas diretrizes para a agenda estratégica, sendo elas:

Zerar o desmatamento ilegal até 2028: 15% por ano até 2024, 40% em 2025 e 2026, e 50% em 2027, comparando com o ano de 2022;
Restaurar e reflorestar 18 milhões de hectares de florestas até 2030;
Alcançar, em 2030, a participação de 45% a 50% das energias renováveis na composição da matriz energética;
Recuperar 30 milhões de hectares de pastagens degradadas;

Fonte: WRI Brasil, 2021

Ainda em 2021, foi divulgado um relatório pela *International Energy Agency* (IEA) com o objetivo de auxiliar os países a obterem um total líquido de zero emissões de CO₂ até o ano de 2050, para atingir as metas pré-estabelecidas pelo Acordo de Paris. Para tanto, nenhuma nova mina de carvão seria aberta e a demanda petrolífera cairia para 24 milhões de barris de petróleo por dia, em 2050, sendo que atualmente essa produção é de 97 milhões de barris por dia.

Para que possa ser atingida essa meta, os carros passariam a funcionar via eletricidade, enquanto veículos pesados, como caminhões, navios e aeronaves utilizariam combustíveis renováveis, como biocombustíveis, nos quais suas matérias-primas seriam modificadas para capturar o gás carbônico no ar durante o plantio. Por fim, deve ocorrer investimentos em tecnologias para capturar o carbono já existente na atmosfera (IEA, 2021; FOLHA DE SÃO PAULO, 2021).

A IEA reconhece os desafios de tal feito e que haverá diversas dificuldades. Contudo, juntamente aos desafios, virão oportunidades de crescimento e de trabalho, assim como adaptação de empregos já existentes no mercado, apesar de ser um cenário longínquo, que provavelmente não deverá ocorrer até 2050.

O relatório da IEA visa estimular os países para darem o primeiro passo para a transformação energética, onde os países com grandes potenciais energéticos como o Brasil, com uma política ambiental e energética eficiente, possam se desenvolver, assim como incentivar e auxiliar os demais países a

seguirem seus passos em vista de um futuro mais limpo, renovável e com nível de temperatura global controlado.

Para cumprir as metas estabelecidas no Acordo de Paris, como na Cúpula do Clima de 2021, prometidas pelos EUA e quanto ao objetivo proposto pela International Energy Agency, diversas medidas devem ser adotadas, entre elas o uso de fontes limpas e renováveis de combustíveis. Para além do potencial benefício ambiental das energias limpas e renováveis, é preciso investigar também os aspectos econômicos e sociais envolvidos no uso mais intensivo desse tipo de combustível.

1.2. Considerações Sobre Energia Eólica e Energia Solar

A energia eólica convertida em energia mecânica é utilizada há 3.000 anos, desde a época dos moinhos, em que moíam grãos e bombeavam água para a agricultura assim como a descoberta de novos continentes, que foi possível somente pelo vento. Entretanto, a energia eólica, como conhecida atualmente, surgiu na Dinamarca em 1980, com a criação de pequenas turbinas capazes de gerar de 30 a 55kW. Com o tempo e com novas tecnologias, as turbinas foram ganhando melhorias, apresentando crescimento acelerado ao redor do mundo e alcançando 286.377ktoe (quilo toneladas de equivalência em petróleo) em 2018, cerca de 11% a mais que em 2017 (F.R. MARTINS *et al*, 2008; IEA, (2021).

A energia eólica tornou-se uma das principais opções dos países para redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE). Todavia, como apontado por Pinto *et al*, (2017), os impactos ambientais causados pela instalação de parques eólicos são:

- a) impacto visual e sobre a paisagem: os aerogeradores modernos são estruturas grandes, podendo chegar a 150 metros de altura desde a base até a ponta da torre, que podem ser instalados em locais de grande interesse turístico;
- b) impacto do ruído: o ruído gerado pela rotação das pás pode causar malefícios à saúde humana próxima, como enxaquecas, distúrbio do sono e estresse;
- c) interferências eletromagnéticas: a operação de parques eólicos pode causar perturbações nas comunicações e transmissões de dados, como de rádio,

televisão entre outros aparelhos tecnológicos, variando de acordo com as especificações do local implantado e do material utilizado no gerador;

- d) impacto em aves: é uma questão controversa, pois no início da implantação de parques eólicos não existiam estudos sobre as rotas migratórias das aves. Havia, portanto, mais acidentes, mas estudos atuais em países como Espanha, mostram que a mortalidade das aves gira em torno de 0,1 e 0,6 por turbina ao ano;
- e) impactos sociais: os parques eólicos não devem se localizar em áreas de preservação ambiental nem em áreas destinadas ao atendimento de comunidades indígenas, de forma a evitar impactos como os vistos na instalação de hidrelétricas;
- f) ocupação e uso da terra: os responsáveis pelas decisões locais devem decidir se o projeto é compatível com o solo existente no local e nas áreas adjacentes ao parque. Outrossim, torna-se necessária uma investigação para definir se o parque eólico irá modificar as características da área implantada e, conseqüentemente, prejudicar as atividades socioeconômicas e culturais das comunidades preexistentes.

Já a energia solar fotovoltaica é obtida por meio da conversão da radiação solar em eletricidade. Esse resultado ocorre devido à utilização de materiais semicondutores nas placas de captação solar. Este efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839, pelo físico francês Edmund Becquerel, que notou uma tensão entre os eletrodos condutores quando iluminados pela luz solar (KEMERICH *et al*, 2016).

De acordo com o Centro de Referência para energia solar e eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB, 2006), “atualmente as células fotovoltaicas são fabricadas de silício, podendo ser constituídas de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo”.

Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, ela produz corrente elétrica, essa corrente é recolhida por fios ligados à célula, sendo transferida para o sistema, portanto quanto mais células ligadas em paralelo maior a corrente e a tensão produzida. Após a coleta da radiação solar, ela é transferida para um controlador de carga, com o excedente sendo armazenado em baterias (KERMICH *et al*, 2016).

Para a construção de células de silício, ocorre a degradação da paisagem; a poluição da água pela mineração e o desmonte de maciços rochosos que geram ruídos e vibrações intensas decorrentes da ação (BRASIL, 2020; BARBOSA FILHO *et al*, 2015).

Durante a metalurgia do silício, há a emissão do pó de sílica, material que pode causar doenças pulmonares. Na purificação do silício ocorre a emissão de hexafluoreto de enxofre, um material utilizado para limpeza de reatores, sendo um potente emissor de GEE, além de causador de chuvas ácidas. Ainda, tem-se o tetracloreto de silício, uma substância tóxica que reage com a água e pode causar queimaduras na pele e problemas no sistema respiratório (BARBOSA FILHO *et al*, 2015).

Além dos problemas gerados pela extração e refino do silício, há adversidades no meio físico local, biótico e socioeconômico, que foram apontados por Barbosa Filho *et al*. (2015) como:

- a) modificação da paisagem: na implantação de uma usina fotovoltaica, há alterações que podem variar conforme o local do empreendimento, podendo gerar degradação ou deterioração da paisagem preexistente;
- b) geração de resíduos sólidos e risco de contaminação do solo: durante as obras de instalação, há produção de resíduos e manuseio de produtos químicos, como óleos e graxas, podendo haver risco de contaminação do solo por vazamento ou má alocação dos materiais;
- c) geração ou aceleração de processos corrosivos e alterações do comportamento hídrico e do fluxo hidrológico superficial: com o desmate do terreno, pode ocorrer perda da camada superficial do solo, deixando a superfície mais suscetível a agentes erosivos. Além disso, os sedimentos arenosos com a ação do vento podem se deslocar para áreas mais baixas, como cursos d'água, podendo gerar assoreamento de drenagens naturais, afetando o comportamento hídrico local;
- d) alterações morfológicas e instabilidade temporária da superfície: as modificações no solo podem causar instabilidade na superfície gerando instabilidade no solo e nas bacias de contribuição hídrica no entorno da obra, podendo culminar em assoreamentos de drenagens naturais e desencadeamento de processos erosivos.
- e) perda de cobertura vegetal;

- f) afugentamento da fauna local: com a retirada da vegetação, pode ocorrer fuga da fauna para áreas mais seguras;
- g) riscos de acidentes com animais ou causados por estes: a fuga da fauna local pode resultar em incidentes nas rodovias;
- h) aumento do fluxo de veículos: capaz de causar transtornos em áreas próximas das usinas solares;
- i) aumento do consumo de materiais: que pode gerar escassez de materiais específicos.

Desse modo, nenhum combustível renovável é totalmente limpo, ou sujo, todos possuem características únicas que afetam o meio de onde são retirados (etanol, biodiesel), ou inseridos (usinas hidrelétricas, eólicas, etc) assim os estudos em fontes renováveis e sustentáveis de combustíveis não param, e atualmente, uma das fontes mais discutidas é o biocombustível.

1.3. Origem dos Biocombustíveis

Outra fonte de energia renovável, talvez a mais popular entre elas, é o biocombustível, que são combustíveis líquidos, sólidos ou gasosos que derivam de biomassa (fontes orgânicas usadas para produzir energia, como plantas) (SELLITTO e FARIAS, 2011).

Segundo Hémerly, Debier e Deléage³ (1993, *apud* Ruiz, 2007) o uso da biomassa remonta há mais de meio milhão de anos, uma vez que a lenha é uma forma de biomassa, que se queima para obter o fogo (energia).

Existem atualmente 4 gerações de biocombustíveis, sendo elas:

- a) 1ª geração: os biocombustíveis que recebem essa classificação podem ser produzidos a partir de açúcares, amidos ou óleos vegetais, que são encontrados em matérias-primas como milho, cevada, cana-de-açúcar, canola, entre outros (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2016);
- b) 2ª Geração: os biocombustíveis desta classe podem ser feitos por meio de resquícios de matérias-primas de processos produtivos, como agropecuária, sendo considerada mais barata que a anterior, por ser derivada de resíduos. O etanol-celulósico, por exemplo, pode utilizar como insumo qualquer matéria-

³ HÉMERY, D.; DEBIER, J. e DELÉAGE, J.. Uma história da energia. 1ª edição. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1993.

prima que contenha celulose ou hemicelulose, como cana-de-açúcar, palha da soja, casca de arroz, entre outros. O que torna a produção mais barata e abundante, já que pode ser produzida em diferentes condições climáticas e de solo, porém o processo de produção, chamado de hidrólise celulósica é caro, impedindo o projeto de deslanchar comercialmente (BRANCO, 2013);

- c) 3ª Geração: este grupo de biocombustíveis atua com modificações genéticas nas plantas produtoras de matérias-primas, alterando o genoma da planta para criar opções com mais fibras (gerando maior produção de biocombustível) e que podem ser plantadas em regiões áridas, como no caso da cana-energia I e cana-energia II, dois exemplos de cana-de-açúcar com genoma alterado para tornar-se própria para produção de biocombustível, e plantas com mais açúcar, como o caso do sorgo doce (BIODIESELBR, 2008; BRANCO, 2013; NOVACANA, 2015);
- d) 4ª Geração: o funcionamento da quarta geração dá-se por meio de árvores, como o eucalipto, modificadas para captar mais CO₂ da atmosfera, armazenando-o em seus galhos, troncos e FOLHA DE SÃO PAULOs, gerando uma árvore rica em carbono que passa a ser convertida em biocombustível a partir de técnicas da segunda geração. Antes, durante ou depois do processo de conversão o dióxido de carbono é retirado e armazenado em campos de óleo, ou de gás, aquíferos salinos onde ficará bloqueado por centenas de anos, portanto, o combustível gerado será não só renovável, como carbono-negativo. Esta tecnologia, porém, ainda está em fase inicial, podendo levar anos até chegar à utilização em massa (BIODIESELBR, 2008; BRANCO, 2015);

1.3.1 Biodiesel

O biodiesel é datado de 1895, quando Rudolf Diesel e Henry Ford descobriram que era possível a utilização de óleos vegetais para gerar combustão de motores. Segundo Knothe (2001), o motor a diesel foi testado com base no óleo de amendoim durante a Exposição Mundial de Paris de 1900. Todavia, a utilização do biodiesel era inviável, já que o petróleo era mais barato e fácil de se adquirir (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006; KNOTHE, 2001).

George Chavanne, da Universidade de Bruxelas, em 1937, descobriu o processo de transesterificação (processo de obtenção de um éster a partir de

outro éster com álcool), que facilitou o método de obtenção de biodiesel, além de permitir que países menos desenvolvidos pudessem produzir seu próprio combustível, reduzindo a dependência do petróleo, que começava a encarecer.

Na indústria automobilística, Henry Ford persistiu com seus esforços para criação de um carro movido a óleo de soja, e por volta de 1941, projetou um veículo de plástico que pesava 900 kg, o que correspondia a menos da metade do peso dos veículos da época. Esta redução tornaria o carro mais eficiente e com menor consumo de combustível. Ford, contudo, somente conseguiu produzir uma unidade, já que durante os testes teve início a Segunda Guerra Mundial, forçando-o a parar suas pesquisas momentaneamente (THE HENRY FORD, SOYBEANCAR).

Durante a Segunda Guerra Mundial, o uso de óleos vegetais como fonte de combustível aumentou drasticamente, já que o petróleo estava se tornando escasso devido às restrições. O Brasil, por exemplo, proibiu a exportação de óleo de algodão, substituto para o diesel. Na China, o óleo de tungue, extraído da pequena árvore chamada de tungue “produtora de látex”, era utilizado como substituto do querosene. A Índia conduziu diversas pesquisas com o intuito de converter óleos de origem vegetal em diesel (SONGSTAD *et al*, 2009; KNOTHE, 2001).

Desde a década de 1950, a posição e o tamanho geográfico dos países têm atraído mais pesquisas e investimentos para a produção de desenvolvimento de biodiesel. Países com grandes quantidades de terras plantáveis, por exemplo, tendem a desenvolver mais o biodiesel, já que há excesso de matérias-primas necessárias para sua produção, como óleo de soja, dentre outros (SONGSTAD *et al*, 2009; KNOTHE, 2001).

Países que não possuem proximidade com reservas petrolíferas também têm se aventurado no ramo de biodiesel, como a Índia, que apesar de ter escassez de terras cultiváveis, investiu em técnicas mais avançadas para produção de biodiesel com o uso de áreas não tão convencionais, como o mar e o deserto, e atualmente é capaz de produzir a partir de algas marinhas, que possuem taxa de crescimento de cinco a nove por cento ao dia, podendo ser colhidas a cada 45 dias. A produção também ocorre com o pinhão-mansão, que apesar de possuir valor calórico menor que do petróleo, apresenta potência e

eficiência semelhantes, podendo ser plantado em regiões desérticas, evitando o uso das terras escassas do país (EXAME, 2010).

1.3.2 Etanol

É importante destacar que o etanol é o principal biocombustível mundial, sendo o Brasil e os Estados Unidos, os líderes no fornecimento de mais da metade da produção mundial. Apesar de o biocombustível ser a fonte de energia renovável mais difundida, este também pode causar efeitos nos ecossistemas, posto que a cultura de matéria-prima para biocombustível demanda grandes quantidades de água, desmatamento de áreas florestais para plantio e degradação do solo, caso não haja rotação de culturas, além de gerar concentração de terras e o uso de agrotóxicos, que podem contaminar o solo, rios, aquíferos e nascentes (BARBOSA, 2015).

No que se refere ao etanol, consiste em um combustível que antecede a descoberta do petróleo. A invenção daquele se deu devido à necessidade de encontrar um substituto para os óleos de lamparinas, como o óleo de baleia, que estavam escassos no período. Desse modo, em meados de 1830, o etanol foi misturado com terebentina (líquido obtido a partir da destinação da resina de árvores, como pinheiro), com a finalidade de substituir o óleo de baleia (SONGSTAD *et al.*, 2009).

Em 1826, Samuel Moray inventou um motor de combustão interna que funcionava com a mistura de etanol e terebentina, motor este que foi usado em barcos, chegando a alcançar marcas de até 13 km/h. Cerca de 34 anos mais tarde, Nicholas Otto redescobriu o motor de Moray, e com a ajuda de Eugen Langen, dono de refinarias de açúcar e indústrias ligadas ao etanol conseguiu aperfeiçoar o desenvolvimento do motor a base deste biocombustível (SONGSTAD *et al.* 2009).

Com o surgimento dos automóveis, Henry Ford já antecipava a escassez da gasolina, por isso planejou que seus veículos rodassem com etanol, indicando a competitividade e substituibilidade entre os dois produtos. Ademais, a facilidade de se obter álcool de qualquer vegetal fermentável barateava o produto final. Porém, em 1861 foi criado um imposto de \$2,08 por galão de etanol, de

modo a financiar a guerra civil. Tal imposto encareceu o biocombustível fazendo com que seu preço ultrapassasse ao da gasolina (SONGSTAD *et al*, 2009).

Durante as décadas de 1920 e 1930, surgiu uma nova área da química, apoiada por Henry Ford, a quimurgia, área dedicada à utilização industrial de matérias-primas advindas da agricultura, como soja, amendoim, milho e cana-de-açúcar. Esta área possibilitou grande destaque ao etanol, por ser um dos materiais necessários para produção de borracha sintética, material que estava em falta devido à Segunda Guerra Mundial. Em 1943, aproximadamente 77% da borracha sintética era derivada do etanol (SONGSTAD *et al*, 2009).

Além disso, ambas as Guerras Mundiais aumentaram a demanda do etanol devido ao racionamento de matérias-primas e materiais. Durante a Primeira Guerra Mundial, a produção mundial de etanol atingiu 227 milhões de litros, chegando a 2,271 bilhões de litros durante a Segunda Guerra Mundial, um aumento equivalente a 1000% (SONGSTAD *et al*, 2009).

A crise do petróleo na década de 1970 ressuscitou o interesse dos países pela produção de etanol que passaram a buscar fontes energéticas mais baratas para substituir o petróleo, como biocombustíveis, energia nuclear e gás natural. Países como Estados Unidos e Brasil, preocupados com a qualidade do ar nas grandes cidades, renovaram seus interesses pelo biocombustível. Em 1978, o *College of Agriculture and Biological Sciences at South Dakota State University* angariou fundos para a construção de um *campus* para criação de uma planta industrial capaz de produzir etanol em massa (SONGSTAD *et al*, 2009).

1.3.3 Políticas de desenvolvimento de biocombustíveis

É notável que durante as décadas passadas vários países se empenharam em desenvolver e aprimorar tanto os combustíveis renováveis, quanto os veículos que os utilizam. E com o Brasil não foi diferente: a crise do petróleo que se iniciou em 1970 motivou a criação do Programa Nacional do Álcool (ProÁlcool) (BIODIESELBR).

Esta implementação, que ocorreu por volta de 1975, visou desenvolver técnicas e aperfeiçoar os insumos para a produção de álcool etílico e possibilitou aprofundar a análise do biocombustível no país, com aumento de investimento

do setor privado, e, conseqüentemente, da produção. Com estas ações, a produção anual saltou de 600 milhões de litros para 10,6 bilhões de litros, entre 1975-1986 (LEITE e LEAL, 2007; BIODIESELBR).

O programa ainda possibilitou a criação de substitutos para o diesel, mas como seu valor era baixo na época, o projeto acabou sendo engavetado. Com o aumento da produção interna de petróleo houve queda nos preços da gasolina, que somado ao fracasso na produção de um biodiesel eficiente, fez com que o governo perdesse interesse no desenvolvimento de biodiesel pelo ProÁlcool (LEITE e LEAL, 2007).

O Brasil, que já tinha grande produção de etanol, passou a adotar leis para reduzir as emissões de monóxido de carbono gerado pela gasolina, sendo necessária a implementação de uma porcentagem de componentes oxigenados na gasolina, o etanol, gerando mercado consumidor para o biocombustível (LEITE e LEAL, 2007).

Durante a década de 1980 inicia-se o alarde da comunidade científica em relação ao aquecimento global, com evidências cada vez mais robustas do aumento da temperatura do globo, sendo a queima de combustíveis fósseis uma das principais causas deste fenômeno, devido ao aumento do dióxido de carbono na atmosfera, principal causa da intensificação do efeito estufa. Desse modo, o biocombustível, aproveitando-se do viés ambiental, expandiu-se em nível mundial com a responsabilidade de contribuir na redução de emissão de GEE e substituir parcialmente o uso do petróleo (LEITE e LEAL, 2007).

A partir de 1982, o governo buscou ampliar a venda de veículos a álcool, com aumento do prazo dos financiamentos e melhorias nas peças para suportarem a erosão provocada pelo etanol, assim como a criação de um sistema de partida a frio, no qual a gasolina era injetada no carburador para facilitar a ignição em dias frios. A medida, porém, não foi tão efetiva como esperado. Somente em 2002, com o crescimento do preço do petróleo, o interesse da população pelo etanol foi renovado, e, então, as montadoras de veículos passaram a desenvolver um motor que pudesse funcionar tanto com etanol, quanto com gasolina, dando origem ao motor *flex (Flex Fuel Vehicle)* (ANDRADE *et al* 2009; LEITE e LEAL, 2007).

Com a consolidação do etanol no mercado nacional, o governo brasileiro lança em 2006 o Programa Nacional de Produção de Biodiesel que estabeleceu

a obrigatoriedade do uso de 2% de biodiesel misturado ao petrodiesel a partir de 2008, e atingindo cinco por cento após 2013. Como o programa visava fortalecer a agricultura familiar, foram definidos impostos diferentes, com base na matéria-prima, os maiores descontos foram para produtores localizados no Norte-Nordeste, que isentava de benefícios fiscais, o grande produtor (LEITE e LEAL, 2007).

Pesquisadores de diversos departamentos, como agricultura, economia, engenharia, microbiologia, dentre outros, passaram copiosos anos estudando e desenvolvendo melhorias técnicas capazes de aumentar a eficiência da produção do etanol, dentre as quais algumas são utilizadas até os dias atuais. No ano de 1995 foi fundada a ICM *Biofuels*, empresa que desenvolve e constrói plantas de usinas de biocombustíveis. Em 2001, foi fundada a *VeraSun Energy* nos Estados Unidos da América, que se tornou a maior produtora de etanol do país, com produção potencial de 6,2 bilhões de litros por ano. Todavia, sete anos mais tarde, a empresa decretou falência, pois já vinha sofrendo várias perdas, mas o último prego em seu caixão foram as péssimas margens de lucro com a compra e venda de milho (SONGSTAD *et al*, 2009).

Atualmente, o Brasil conta com o RenovaBio, política lançada em 2016, que segundo o Ministério de Minas e Energia (2020) é um programa de estado com o objetivo de estimular a produção de biocombustíveis, agregando todos eles (etanol, biodiesel, biometano, bioquerosene, entre outros). A política é composta por três eixos estratégicos:

- Metas de descarbonização: são metas nacionais para dez anos (2019-2029), sendo compulsórias para as produtoras e distribuidoras de combustíveis conforme seu *market share* de combustíveis fósseis;
- Certificação da Produção de Biocombustíveis: o programa gera certificação da produção de biocombustíveis em que cada produtor recebe uma nota de Eficiência Energético-Ambiental, inversamente proporcional à intensidade de carbono de biocombustível produzido. As notas são de acordo com o volume de biocombustível comercializado, resultando na quantidade de créditos de descarbonização (CBIOs) que determinado produtor poderá emitir e vender no mercado;
- Crédito de Descarbonização (CBIO): o terceiro eixo trata justamente dos créditos gerados pelo segundo eixo: um CBIO é equivalente a uma tonelada de emissões

de GEE evitadas. Esse ativo pode ser negociado nas bolsas de valores, ampliando a renda das aderentes ao RenovaBio.

Os distribuidores de combustíveis são obrigados a adquirirem CBIOs para cumprirem suas metas de descarbonização, de acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), em 2020 foram emitidos 18,5 milhões de CBIOs, já em 2021 foram emitidos um total de 28,33 milhões de CBIOs, superando em 13,7% a meta estabelecida para o ano e gerando um aumento de 53% em relação ao ano anterior (VIDAL, 2021; UDOP, 2021).

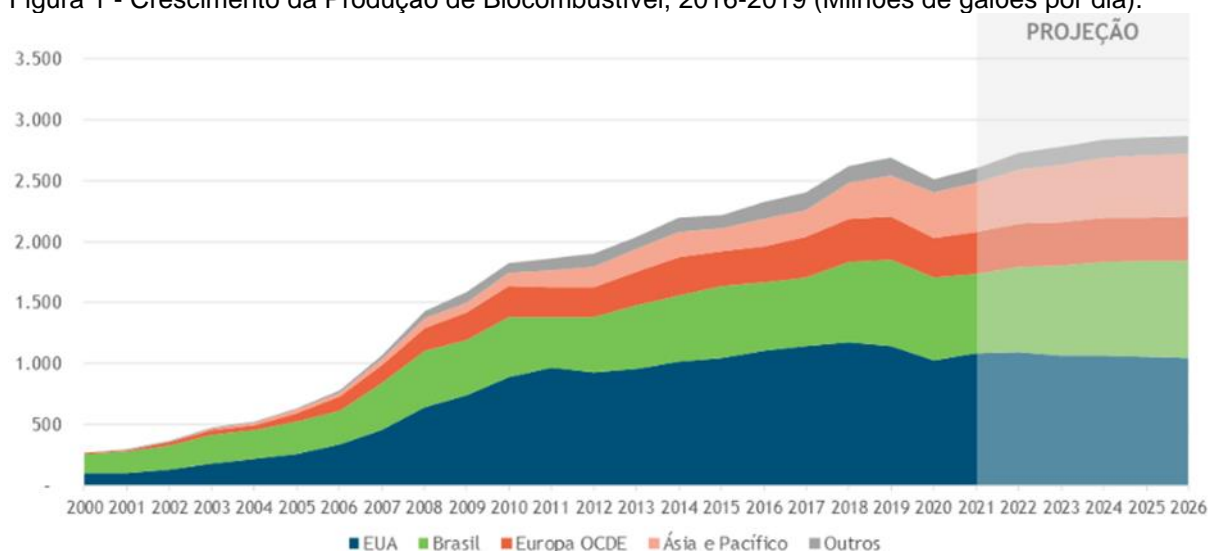
CAPÍTULO 2: O MERCADO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

O avanço na discussão sobre energias limpas, renováveis e sustentáveis aumentou o interesse e o espaço para o uso dos biocombustíveis. O mercado global se modificou baseado nesse produto, com novos produtores e consumidores. Esse capítulo visa entender as tendências que ocorreram em âmbito global, tratando de temas como *market share* mundial, consumo de biocombustíveis, exportação e importação, e ainda trazer a discussão para a esfera nacional, tentando entender como o Brasil se posiciona nesse campo.

2.1. O Mercado Mundial

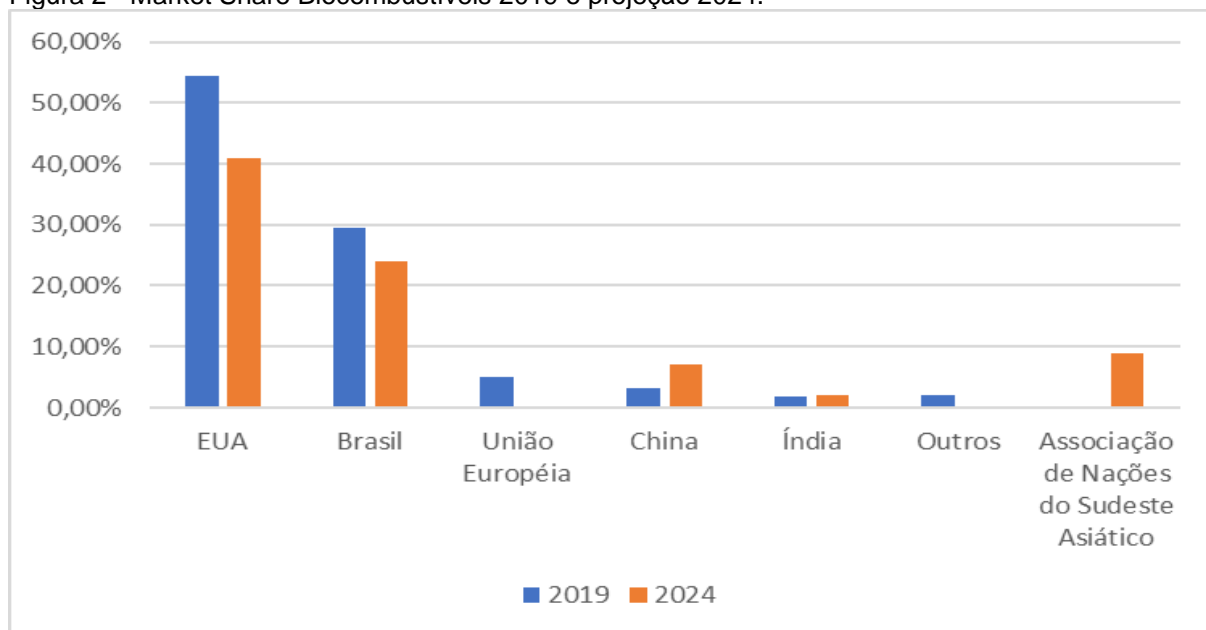
No cenário mundial, diversos países manifestaram o interesse em biocombustíveis, de modo que alguns se tornaram grandes potências produtoras de combustíveis renováveis, conforme os dados demonstrados nas Figuras 1 e 2.

Figura 1 - Crescimento da Produção de Biocombustível, 2016-2019 (Milhões de galões por dia).



Fonte: IEA, Elaboração: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás (IBP) (2022)

Figura 2 - Market Share Biocombustíveis 2019 e projeção 2024.



Fonte: RFA - *Renewable Fuels Association*, 2020; Elaboração Própria

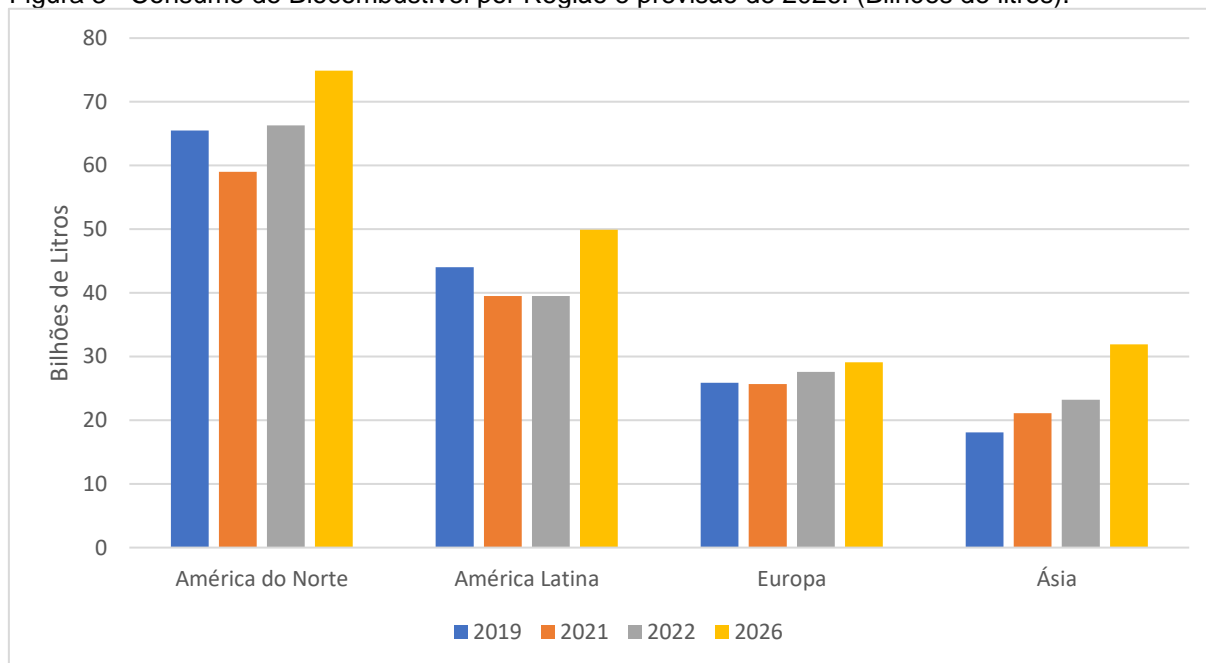
Os Estados Unidos da América são atualmente os maiores produtores de biocombustíveis do mundo, seguidos pelo Brasil e a União Europeia, que juntos correspondem a um *market share* de 88,83% considerando os dados de 2019 (Renewable Fuel Association, 2020). O mercado mundial de biocombustíveis possuía em 2021 cerca de U\$ 116 bilhões de valor de mercado, com produção centrada nos Estados Unidos da América, França, Alemanha, China, Índia, Indonésia e Brasil, contando com uma previsão de alta da taxa de crescimento anual composta (CAGR) de cerca de 7% entre 2020-2027 (GRAND VIEW RESEARCH, 2018; STATISTA, 2022).

Segundo dados publicados pela Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), em 2021 existiam cerca de 3,5 milhões de trabalhadores empregados em empresas voltadas à produção de bioenergia em âmbito mundial.

Em relação ao *market share*, a estimativa é que os EUA percam um pouco de fatia do mercado, ficando com 41% da produção global (como mostrado na Figura 2), enquanto que os demais países tendem a crescer. Espera-se que a China consiga angariar 7% da produção global, mas o destaque fica com a Associação dos Países do Sudeste Asiático, atingindo 11%, um crescimento de cinco pontos percentuais.

A Figura 3 ilustra o consumo de biocombustível por região, demonstrando que em 2022 a previsão é de que a América do Norte sozinha consuma 42% do total produzido pelas regiões citadas, seguida pela América Latina, com 25%, Europa com 18% e Ásia com 15%.

Figura 3 - Consumo de Biocombustível por Região e previsão de 2026. (Bilhões de litros).



Fonte: IEA, 2021; Elaboração Própria.

A Tabela 1 mostra a produção e exportação de biocombustíveis nos Estados Unidos da América, sendo possível perceber que o país exporta uma média de 6% do total de biocombustível produzido. Atualmente, os Estados Unidos da América são os maiores produtores mundiais de etanol, e, segundo Vidal (2021), durante os próximos anos a produção de etanol deve crescer de forma lenta, principalmente devido ao aumento da eficiência dos veículos, reduzindo o volume de etanol usado para abastecer e também o volume utilizado na mistura com a gasolina.

Tabela 2 – Produção e exportação de biocombustíveis nos Estados Unidos, 2021. (Milhões de litros)

Ano	Produção	Exportação	Importação	Coefficiente de Exportação (produção/exportação)
2010	50.338	1.508	89	3%
2011	52.727	4.802	727	9,1%
2012	50.035	3.292	137	6,6%
2013	55.463	3.086	2.723	5,6%
2014	59.022	3.517	1.010	6%
2015	60.831	3.482	1.681	5,7%
2016	64.280	4.763	2.820	7,4%
2017	66.365	5.615	1.780	8,5%
2018	67.940	6.471	836	9,5%
2019	66.256	989	1.386	1,5%
2020	59.642	5.535	745	9,3%
2021	63.042	5.428	1.002	8,6%

Fonte: EIA (*U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION*), 2021; Elaboração Própria.

Intencionando reduzir as emissões de GEE, aumentar o uso de biocombustíveis e melhorar a performance da gasolina, alguns países preveem a obrigatoriedade da mistura de etanol na gasolina, para gerar combustível mais eficaz e menos poluente. Nos EUA, por exemplo, a mistura de etanol na gasolina é de 10%, enquanto que na China fica em 2%. Na Índia esse percentual cai para 1,4%, porém, as expectativas são de que até 2023 esse percentual salte para 23% de etanol na gasolina (VIDAL, 2021).

O Canadá está implementando uma política para redução das emissões de GEE, e está prevendo liberação de uma mistura de 7% de etanol na gasolina até 2029. O governo brasileiro, por sua vez, aceita entre 18,5 e 27,5% (VIDAL, 2021).

2.2. O Mercado Nacional

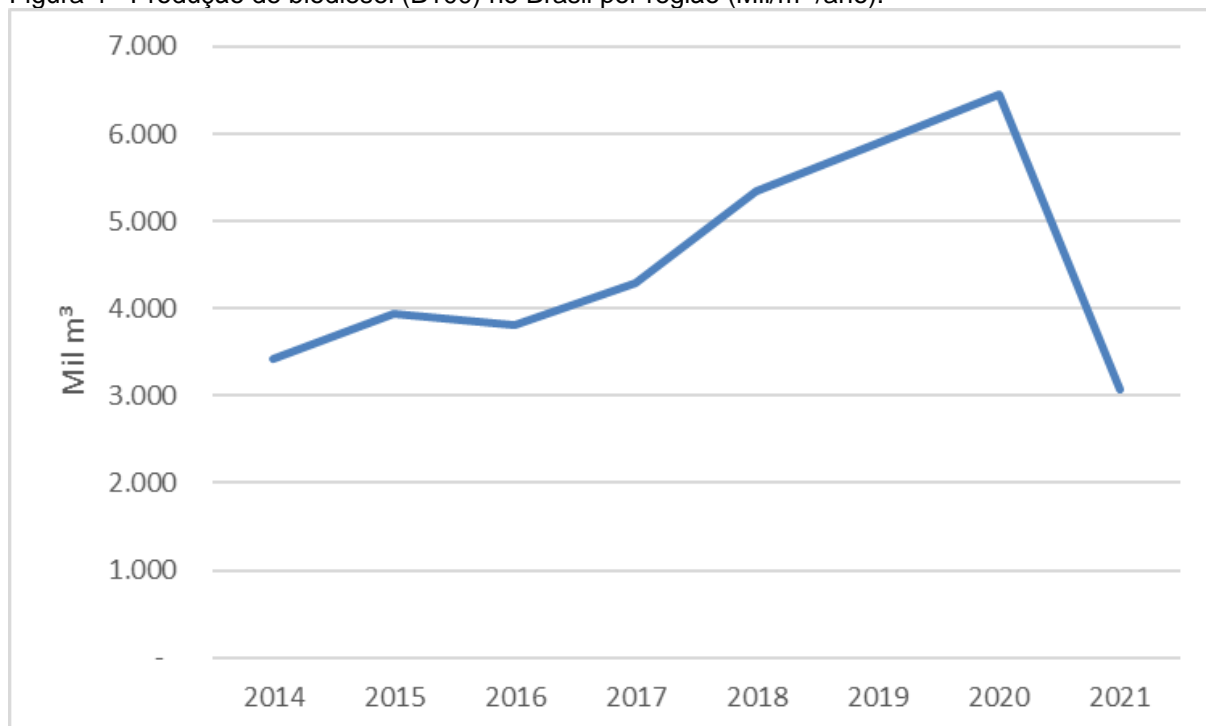
2.2.1 Biodiesel

O Brasil é o segundo maior produtor e consumidor mundial de biodiesel conforme apresentando na Figura 4. O país produziu 3,07 milhões de m³ em 2021, uma queda de 52% em relação a 2020, sendo essa redução explicada

principalmente pelo corte obrigatório da mistura do biodiesel no diesel, que caiu de 15% para 10% (ANP, 2022; UDOP, 2022).

A ampliação do percentual de biodiesel adicionado ao diesel, de 7 para 11% entre 2015 e 2019, resultou no aumento de quase 50% da produção de biodiesel no país, como é possível notar na figura abaixo (VIDAL, 2021).

Figura 4 - Produção de biodiesel (B100) no Brasil por região (Mil/m³ /ano).

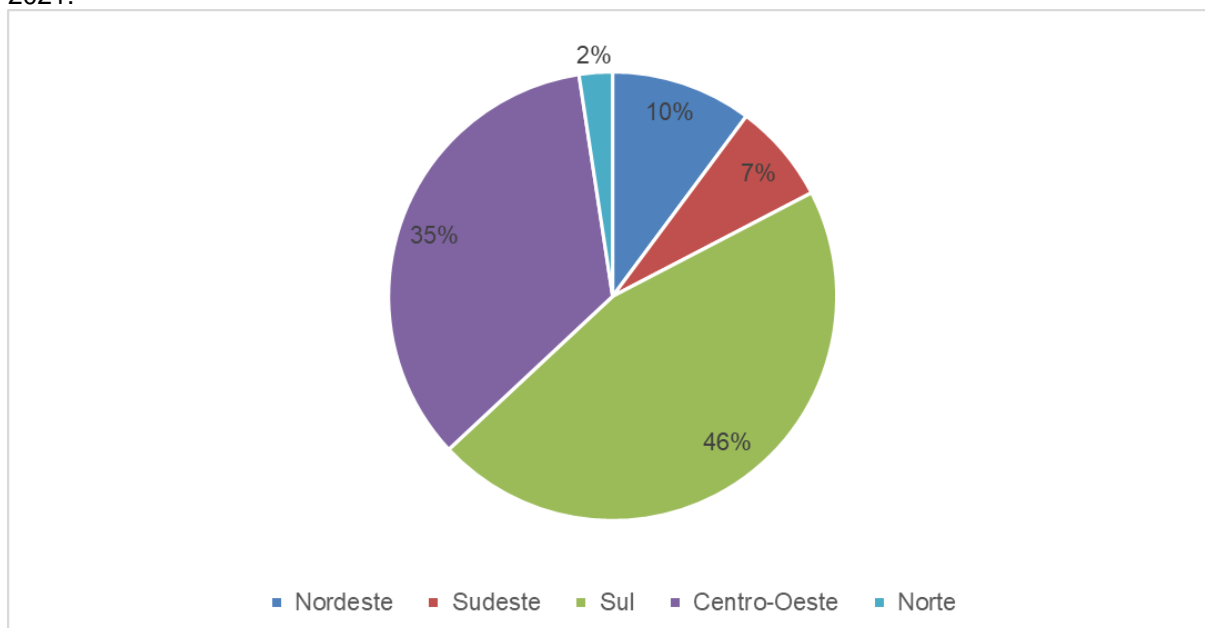


Fonte: ANP, 2022; Elaboração Própria.

O Brasil possui 49 unidades produtivas de biodiesel, com base nos dados da ANP (Figura 5). A maior parte da produção brasileira de biodiesel está localizada no Sul e Centro-Oeste, que juntos somam 81% da produção nacional. Isso ocorre devido à grande produção de soja, principal matéria-prima, nessas regiões (VIDAL, 2021; ANP, 2022).

Os maiores estados produtores de biodiesel são o Mato Grosso e o Rio Grande do Sul, que correspondem a quase 50% da produção. A região Nordeste, antes tinha uma produção relativamente alta devido à política de agricultura familiar e a usinas de biodiesel na região. Estados como Ceará, Bahia, Piauí e Maranhão produziam uma quantia considerável de biodiesel. Atualmente, porém, a Bahia é o único estado da região que continua sua produção e, sozinho, o estado responde por 10% da produção nacional (VIDAL, 2021; ANP, 2022).

Figura 5 - Participação percentual das regiões brasileiras na produção nacional de biodiesel em 2021.



Fonte: ANP, 2022; Elaboração Própria.

O intuito da implementação de usinas de biodiesel no Nordeste brasileiro foi de fortalecer a agricultura familiar, portanto produtores familiares destinavam sua produção à usinas que haviam sido certificadas pelo Selo Combustível Social, certificado este, que segundo a UFRGS concede benefícios fiscais, facilidade de acesso a financiamentos e participação diferenciada nos leilões para comercialização do biodiesel (UFRGS, 2020).

Em âmbito governamental, houve aposta na mamona como principal insumo da agricultura familiar nordestina para produção do biodiesel, a iniciativa tinha como meta a inclusão de duzentos mil agricultores familiares na produção de mamona. Desse total, inserido, restaram apenas oitenta e cinco mil no final de 2019, além disso, somente 5% desses agricultores estão localizados no Nordeste (UFRGS, 2020. FAPESP 2005).

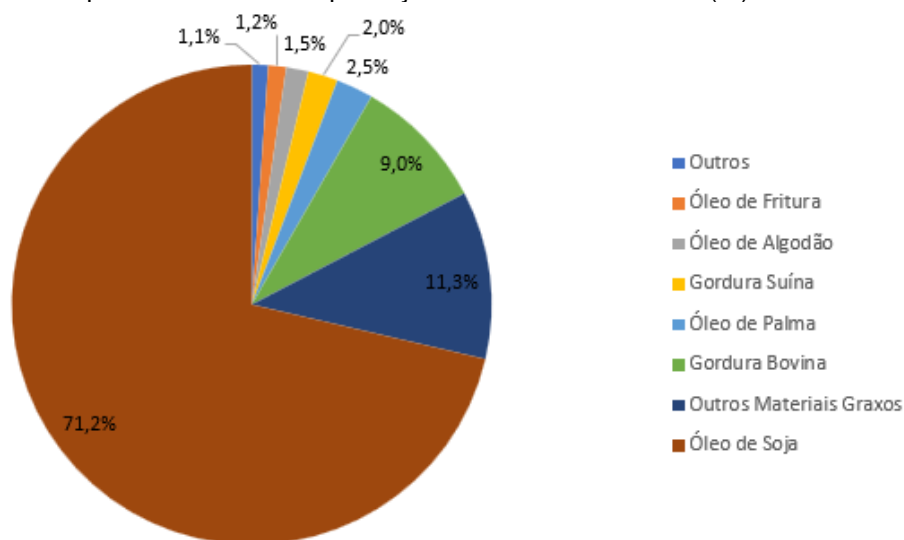
A queda do número de agricultores envolvido no programa deve-se principalmente a necessidade da escala de produção para permanência no mercado competitivo, que segundo a UFRGS, 2020, agricultores que possuíam até cinco hectares não conseguiam conciliar as necessidades produtivas familiares e a produção de mamona. Segundo o pesquisador Napoleão Beltrão, é necessário de 12 a 14 anos para desenvolver áreas de cultivo de mamona com alta produtividade e resistente à doenças.

Segundo o ex-presidente da Brasil Ecodiesel, José Carlos Aguilera, “só um marciano não poderia ver que a soja seria determinante”, durante a tentativa de cultivo da mamona, a soja já possuía 20 milhões de hectares plantados, atualmente metade da área agrícola do país possui soja. Ainda de acordo com Aguilera, por dois anos, uma equipe de 580 profissionais tentou desenvolver a mamona no Nordeste brasileiro, “Foi um fracasso total” (BIODIESELBR, 2012)

Portanto, o programa para desenvolvimento da mamona no Nordeste foi deixado de lado, sem um rumo específico, de modo que a ausência de ações estratégicas de infraestrutura e serviços de extensão rural contribuíram para a falha do programa (BIODIESELBR, 2012).

Na Figura 6, é possível notar que a maior parte da produção de biodiesel é oriunda do óleo de soja, corroborando o fracasso da introdução da mamona no país. A StoneX (2021) estimou que quase metade da soja esmagada em 2020 tenha se tornado biodiesel, ou seja, considerando um esmagamento de 44,5 milhões de toneladas, cerca de 22,1 milhões foram destinadas para a produção de biodiesel.

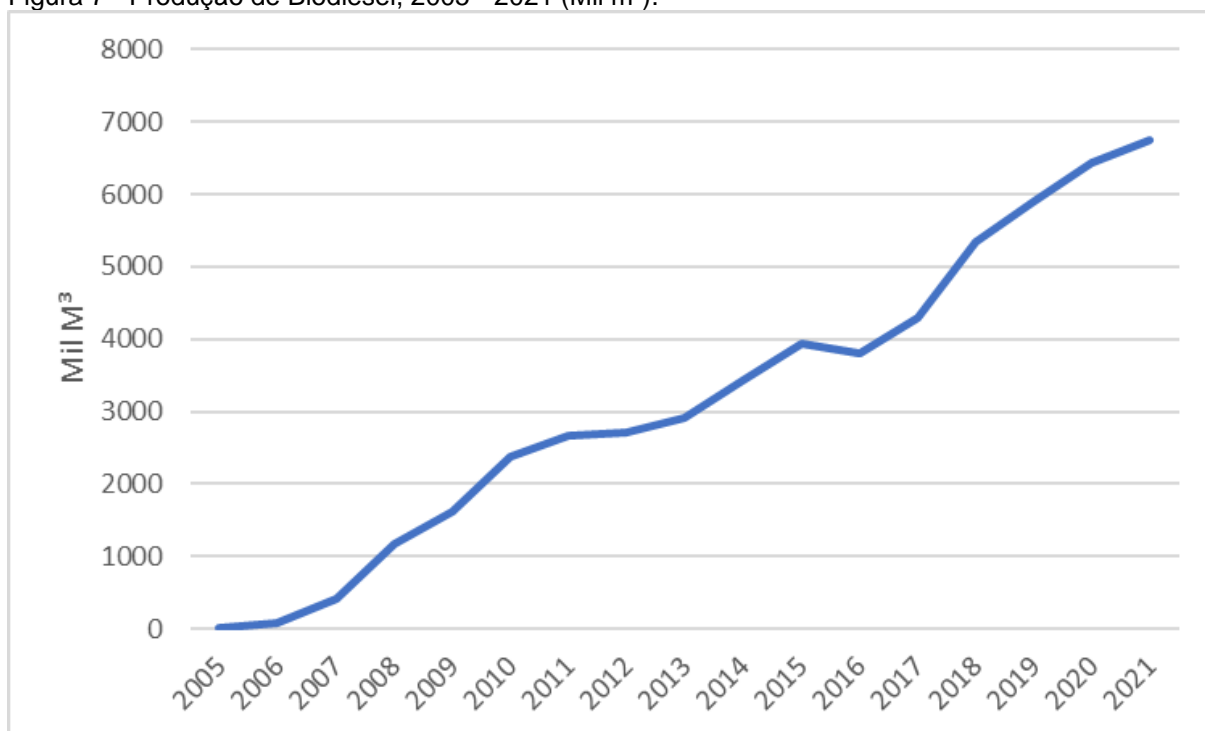
Figura 6 - Matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel em 2020 (%)



Fonte: ANP, 2021 apud StoneX, 2021; Elaboração Própria

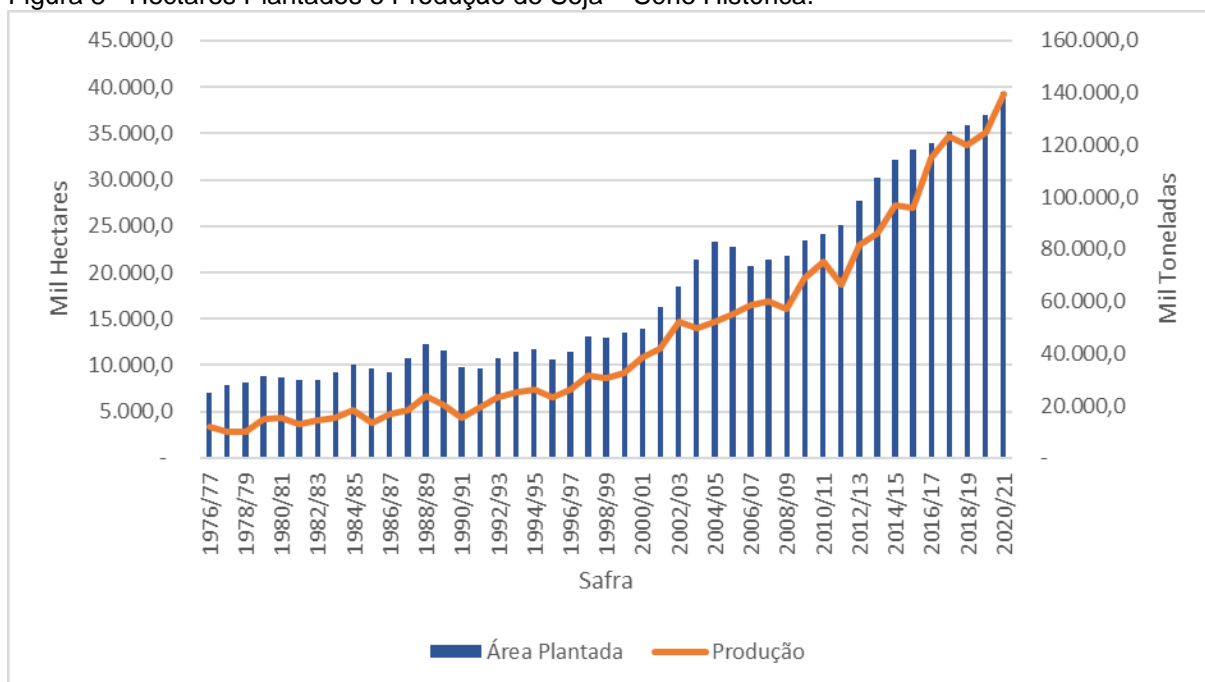
Nas Figuras abaixo (7, 8 e 9), é possível observar o aumento da área plantada de soja, assim como a produção. Sobre a produtividade, há crescimento, mas em menor grau que as outras variáveis analisadas (STONEX 2021, CNN 2022).

Figura 7 - Produção de Biodiesel, 2005 - 2021 (Mil m³).



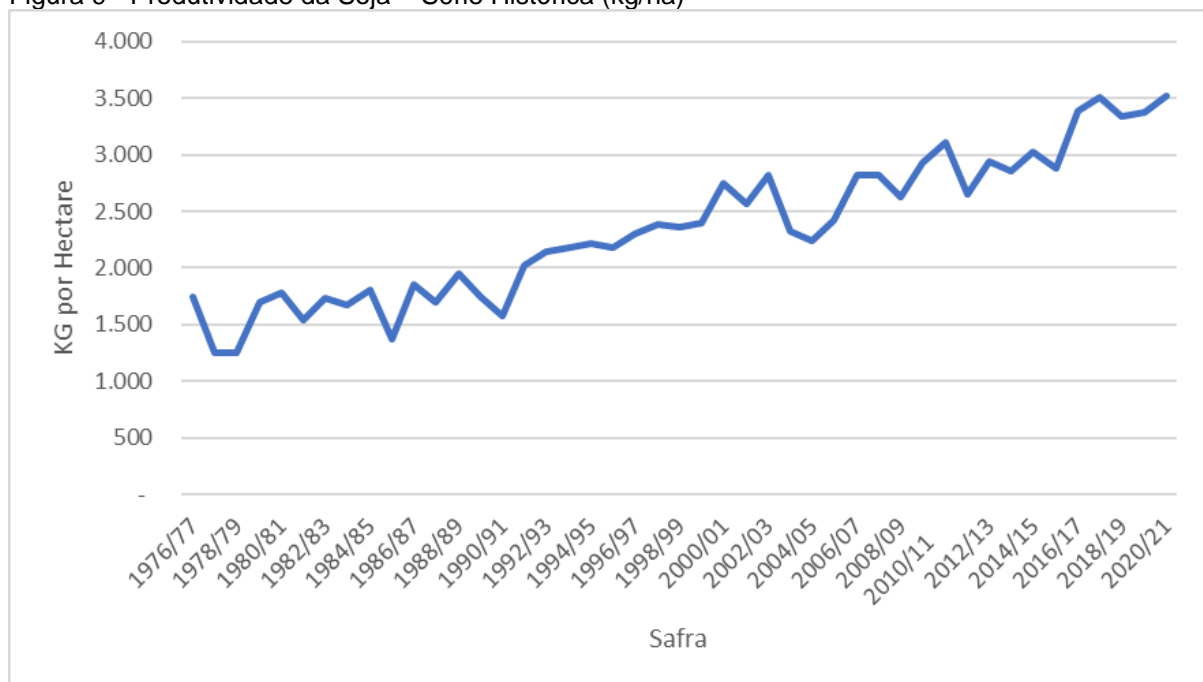
Fonte: ANP, 2022; Elaboração Própria

Figura 8 - Hectares Plantados e Produção de Soja – Série Histórica.



Fonte: Conab, 2022; Elaboração Própria.

Figura 9 - Produtividade da Soja – Série Histórica (kg/ha)



Fonte: Conab, 2022; Elaboração Própria

Não é possível afirmar que o aumento da área plantada ocorre somente em detrimento do biodiesel. Como mencionado acima, no ano de 2020 de 45 milhões de toneladas de soja esmagadas, 22 milhões de toneladas de soja foram para a produção do biocombustível. O restante da produção é utilizado para exportação e consumo interno (STONEX 2021, CNN 2022). De 139 milhões de toneladas produzidas na safra de 2020/21, 82 milhões de toneladas de soja foram exportadas. Apesar do crescimento do plantio de soja não ocorrer somente pelo biodiesel, é inegável a contribuição do biocombustível no crescimento da área plantada (STONEX 2021, CNN 2022).

2.2.2 Etanol

O Brasil é o pioneiro na utilização de etanol como um combustível em larga escala, graças a políticas implementadas desde a década de 1970, como o Proálcool e o uso de etanol na gasolina (VIDAL, 2021).

De acordo com a União Nacional da Bioenergia, em 2020 o Brasil cresceu no consumo e na produção de biocombustíveis. A política do RenovaBio foi parte fundamental dos avanços, sendo considerado o maior programa de descarbonização do mundo, segundo o Ministério de Minas e Energia. No

período de um ano foi possível mitigar 15 milhões de toneladas de gás carbônico e com a implementação dos CBIOS em 2020 na B3 foram negociados 14,9 milhões de CBIOS, gerando um volume financeiro próximo de R\$ 650 milhões, cumprindo 98% da meta de descarbonização estabelecida para o ano de 2022.

Vale ressaltar que cada CBIO corresponde a uma tonelada de GEE evitados, e a cada ano os distribuidores de combustíveis devem solicitar aposentadoria de CBIOS (processo realizado por solicitação do seu detentor que visa à sua retirada definitiva de circulação, impedindo qualquer negociação futura do CBIO aposentado) equivalentes às metas de descarbonização que cada distribuidor possui (UNIÃO NACIONAL DA ENERGIA, 2021; B3, 2020; CROPLIFE BRASIL, 2021; MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019).

Atualmente, o mercado brasileiro conta com 361 usinas supra energéticas, que em 2020, por exemplo, conseguiram produzir 30 bilhões de litros de etanol de cana-de-açúcar e 2,4 bilhões de litros de etanol de milho (apesar de ser um número baixo, comparado com a cana-de-açúcar, esse montante representa um crescimento de 84% deste tipo de biocombustível em relação a 2019).

Segundo dados da Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), o Brasil é o país que mais emprega pessoas no setor de biocombustíveis, com cerca de 871 mil empregados no setor. A União Nacional da Bioenergia (UDOP), revela que em 2020 o setor de biocombustível nacional registrou um faturamento de mais de R\$ 26 bilhões, além disso, o programa RenovaBio movimentou cerca de R\$ 15 milhões em créditos de carbono.

Como visto na Tabela 2, a produção brasileira de etanol é destinada principalmente ao fornecimento do mercado interno. Porém, o etanol brasileiro tem um coeficiente médio de exportação de cerca de 7%, e o país importa em média 850 milhões de litros de etanol por ano. A produção de etanol está centrada no Sudeste e Centro-Oeste. O estado de São Paulo conta com 149 usinas e uma produção que corresponde a 47,5% do total brasileiro, seguido pelos estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (SEADE, 2021).

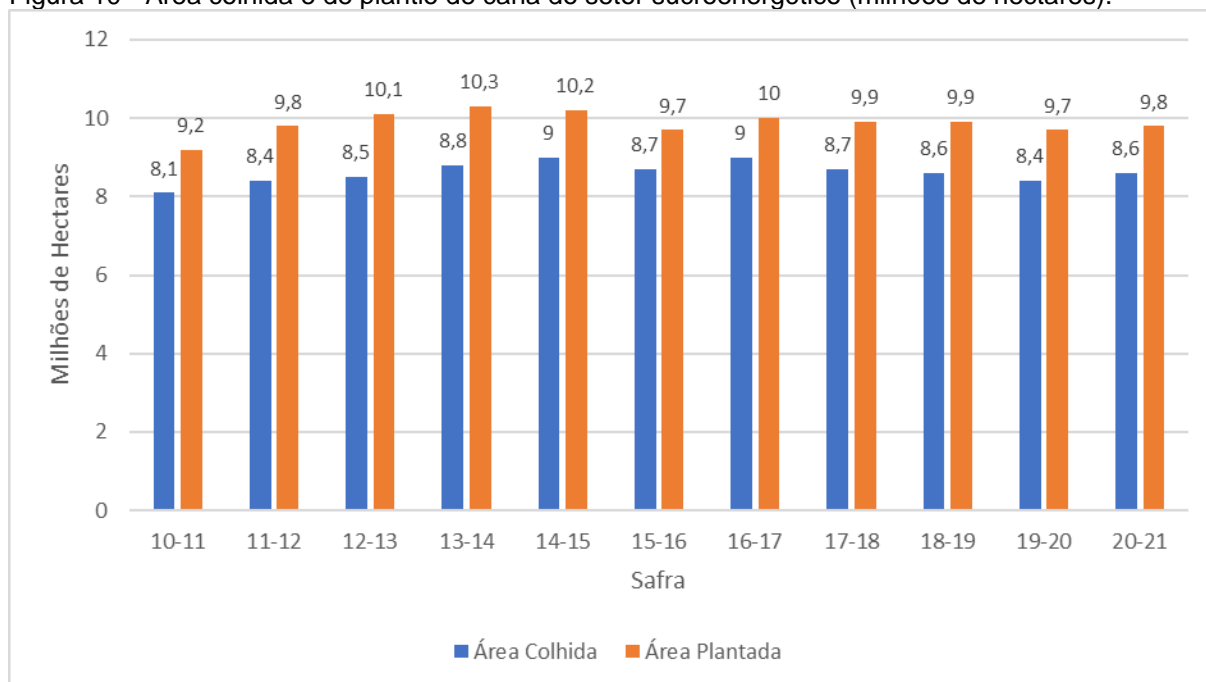
Ano	Produção	Exportação	Importação	Coefficiente de Exportação
2010	28.000	1.900	76	6,8%
2011	22.900	2.000	1.137	8,8%
2012	23.600	3.100	554	13,1%
2013	27.700	2.900	132	10,5%
2014	28.500	1.400	452	4,9%
2015	30.300	1.900	513	6,3%
2016	28.300	1.800	832	6,3%
2017	27.700	1.400	1.826	5,1%
2018	32.300	1.700	1.775	5,3%
2019	36.000	2.000	1.458	5,5%
2020	32.600	2.700	1.010	8,3%
2021	29.900	1.900	432	6,3%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 2021; Elaboração Própria.

Como o etanol e o açúcar utilizam a mesma matéria-prima (a cana-de-açúcar), é comum que as usinas possuam destilaria anexa (produzem açúcar e etanol). Nos últimos anos, porém, com a alta da gasolina, o preço do etanol subiu para acompanhar o mercado, o que fez com que as usinas priorizassem a produção de etanol vis-à-vis a produção de açúcar. Além da produção, o Brasil importa etanol, correspondente, em 2019, a cerca de 1 bilhão de litros de etanol (de milho) dos Estados Unidos (VIDAL, 2021).

Na Figura 10 é possível observar que apesar da área plantada e colhida permanecerem basicamente estáveis ao longo dos anos, a produtividade tem sofrido alguma variação. Segundo dados de 2022 da União Nacional da Bioenergia (UDOP) revelam que a safra de 2020/2021 teve uma produtividade média de 78 toneladas por hectare, enquanto a safra de 2021/2022 chegou a uma produtividade média de 67 toneladas por hectare, uma queda de 14,10% em relação à safra anterior.

Figura 10 - Área colhida e de plantio de cana do setor sucroenergético (milhões de hectares).

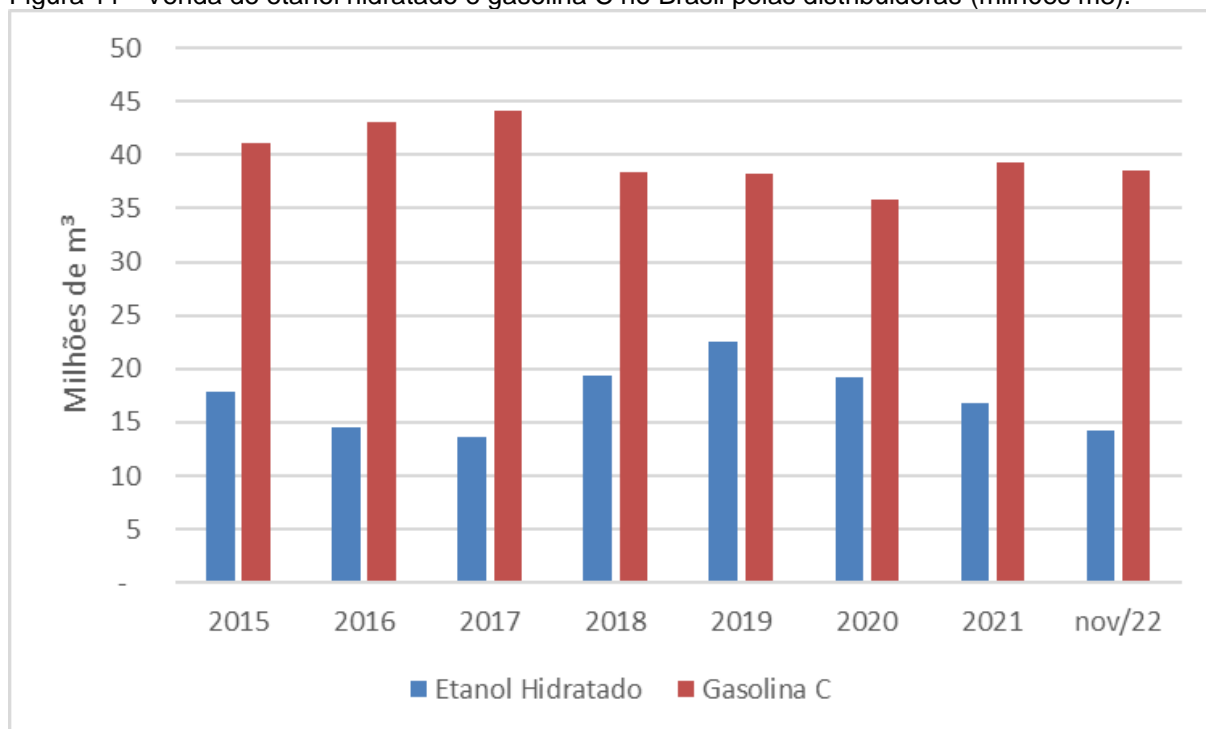


Fonte: EPE, 2021; Elaboração Própria.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no relatório de Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis – Ano 2021, a redução da produtividade está ligada tanto às condições climáticas não favoráveis, quanto ao estágio médio do corte, pois quanto maior a idade do canavial, menor sua produtividade média.

Além da instabilidade da produtividade, a venda do etanol tem sofrido redução, como é possível verificar na figura 11. No início de 2020, houve queda no preço do petróleo no mercado mundial, como etanol é um bem substituto, culminou na dedução de seu preço. Segundo Vidal, 2021, entre fevereiro e junho de 2020, o preço médio da gasolina no Brasil apresentou queda de 12,1% e do etanol 18,3%.

Dados da EPE mostram que a demanda por etanol diminuiu 14% no período reduzindo sua competitividade frente a gasolina (VIDAL, 2021).

Figura 11 - Venda de etanol hidratado e gasolina C no Brasil pelas distribuidoras (milhões m³).

Fonte: ANP, 2022; Elaboração Própria.

Apesar do etanol ter um mercado consolidado e ter se provado eficaz na redução de GEE, torna-se necessário considerar o modo que sua produção afeta o local em que é inserido, já que a cana-de-açúcar disputa terras férteis com a produção alimentícia, além de gerar impactos sociais e ambientais. O terceiro capítulo desta monografia irá detalhar as controvérsias da produção dos biocombustíveis, expondo o *trade-off* existente entre a produção de matérias-primas para biocombustíveis e o bem-estar social.

CAPÍTULO 3: CONTROVÉRSIAS SOBRE OS BIOCOMBUSTÍVEIS

O setor energético compreende várias atividades que devem ser realizadas para que a energia encontrada na natureza se torne utilizável para abastecer uma casa, um carro ou demais dispositivos. O primeiro processo a acontecer é captar a matéria-prima que será utilizada. A operação realizada varia dependendo da fonte de energia que se deseja, podendo ser desde localizar e extrair petróleo até o plantio da cana-de-açúcar. Essas atividades são chamadas de produção de energia primária (JR. PINTO *et al*, 2007).

Após a extração, a matéria-prima encontra-se em sua forma natural. A partir disso, é necessário transformá-la para ser utilizada, através de processos físicos e químicos, que podem acontecer em centrais térmicas, hidrelétricas, dentre outras. Essa fase é chamada de transformação de energia. Assim, difere-se a energia entre aquelas que já passaram pelo processo de refinamento, sendo conhecidas como fontes secundárias e as que ainda estão em seu estado natural, denominadas fontes primárias (JR. PINTO *et al*, 2007).

A energia ainda necessita de outros cuidados desde a sua extração até a sua utilização. Deve-se levar ainda em consideração a estocagem, transporte, distribuição e comercialização da energia que variam a depender da cadeia energética a qual se referem. Da mesma forma, são diversos os efeitos que todos esses processos geram sobre o meio ambiente e a sociedade (JR. PINTO *et al*, 2007).

Além disso, deve-se levar em consideração os aspectos de mercado que impactam na produção de energia. Os aspectos a serem analisados nesse quesito são pontuados por Pinto Jr (2007) nas dimensões:

- Macroeconômica: compreende uma série de aspectos, entre eles: a elasticidade-renda da demanda de energia, os programas de investimento das empresas energéticas, o comércio internacional de energia, os efeitos do preço da energia sobre a taxa de inflação e a arrecadação de produtos;
- Microeconômica: refere-se à formação de preço dos ativos energéticos;
- Tecnológica: está relacionada às inovações tecnológicas e às técnicas existentes que tornam viável a produção de energia;

- De Política Internacional: refere-se à distribuição desigual dos recursos energéticos existentes nos países;
- Ambiental: que compreende os impactos ambientais que a produção e o consumo da energia geram.

Nas palavras de Pinto Jr (2007): “A política energética se articula em torno: i) da segurança do abastecimento de energia; e ii) do uso natural e eficiente dos recursos naturais”. Assim, a interação entre essas dimensões supracitadas tem ampla influência sobre como os países irão seguir a sua agenda de política energética.

Nesse contexto, Tilman e Hill⁴ (2007, *apud* Tambor e Rodrigues, 2018) argumentam que comida, energia e ambiente habitável estão em conflito direto. Conforme suas palavras:

À medida que a demanda por alimentos e energia aumenta, a competição por terras férteis pode aumentar os preços dos alimentos o suficiente para levar o terço mais pobre do globo à desnutrição. A destruição das florestas tropicais e de outros ecossistemas para criar novas terras agrícolas ameaçaria a existência contínua de inúmeras espécies de animais e plantas e aumentaria a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, responsável pelas mudanças climáticas. (TILMAN e HILL, 2007, tradução nossa).

Apesar de haver vantagens ambientais (redução de emissões, por exemplo) no aumento do uso dos biocombustíveis, sua produção e consumo geram impactos ambientais. Para que seja possível uma padronização da produção há métodos que determinam o impacto ambiental do biocombustível, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV).

De acordo com a BRASKEM, a ACV é feita com a extração da matéria-prima, em seguida é avaliado o impacto dos processos industriais, tais como gasto de água e emissões; depois segue-se para a logística, onde é avaliado o impacto ambiental causado pelo transporte. A análise, porém, pode variar de acordo com a cultura escolhida. O etanol, por exemplo, tem uma ACV muito superior quando produzido com plantas ricas em açúcares (cana-de-açúcar, beterraba, sorgo), o que mostra que a seleção da cultura adequada para o tipo

⁴ TILMAN, David; HILL, Jason. Corn Can't Solve Our Problem, 2007.

de terra e clima influencia no impacto ambiental causado, atenuando-o (ESCOBAR *et al*, 2009, *apud* POMPELLI *et al*, 2011).

Nesse sentido, torna-se relevante analisar como todo o processo de produção do biocombustível ocorre e quais os efeitos causados, a fim de entender se essa fonte pode ser considerada sustentável ou não ao longo do tempo (JR. PINTO *et al*, 2007).

O biocombustível, apesar de ser considerado uma fonte de energia renovável, traz algumas inseguranças quanto a melhora efetiva que ela proporciona na relação existente entre o homem e a biosfera, uma vez que sua produção e seu consumo também trazem impactos ambientais e sociais. Segundo Favareto *et al* (2011), são três principais controvérsias que devem ser levantadas sobre a geração de biocombustíveis.

O primeiro ponto trata da sustentabilidade ambiental da sua produção. Nesse contexto, devem ser considerados os impactos diretos e indiretos que a produção da matéria-prima do biocombustível causa no ecossistema ao redor. Esse tipo de cultura demanda grande concentração de terras, favorecendo a monocultura, uso de altos volumes de água e agrotóxicos, além do desflorestamento de áreas naturais (FAVARETO *et al*, 2011).

Por mais que os estudos estatísticos informem que possa existir espaço cultivável suficiente para abarcar tamanha produção, não é possível definir com certeza se o comportamento dos grandes agentes econômicos prioriza o uso de áreas degradadas e livres ou se a tendência é de expandir para áreas de preservação ambiental (FAVARETO *et al*, 2011).

Na realidade, casos específicos vêm mostrando cada vez mais que o segundo cenário é mais provável de ocorrer. No âmbito mundial, tem-se como exemplo o caso de florestas nativas da Malásia e Indonésia que sofrem com a invasão do território natural em função do desmatamento para expansão da produção de palma. Trazendo para o cenário nacional, também é possível ver esse comportamento, através da expansão das culturas de soja em áreas naturais do Cerrado brasileiro (SIMAS, 2010).

Ademais, mesmo que o ecossistema natural não sofra com invasões diretamente ligadas à expansão do plantio de matéria-prima, ainda deve-se considerar o impacto indireto. Um desses impactos é o deslocamento de outras

culturas para áreas preservadas, com o intuito de abrir espaço para a produção de biocombustível (SIMAS, 2010; FAVARETO *et al*, 2011).

No Brasil, a área tomada pela cana-de-açúcar em alguns estados da região Norte, Centro-Oeste e Sudeste pressionou a pecuária a se deslocar, sendo levada para a fronteira com a floresta Amazônica. Somente entre 2002 e 2005, o rebanho bovino na região amazônica cresceu aproximadamente 11 milhões de cabeças, representando um aumento de 48,1% e 41,2% nos estados de Pará e Rondônia, respectivamente (SIMAS, 2010).

Ainda nessa perspectiva, é importante analisar como a forma de produção e obtenção do biocombustível pode impactar negativamente na efetiva redução de emissões de GEE. Nos casos da cana-de-açúcar e biocombustíveis de segunda geração essa redução pode chegar até 90%. Entretanto, apesar de não haver uma medição atualmente, esse número pode ser comprometido sobremaneira quando se leva em consideração a quantidade de combustíveis fósseis utilizada na produção agrícola (através de fertilizantes e máquinas a diesel) e industrial (quando se olha para o tipo de energia utilizada para transformar a matéria prima em biocombustível) (SIMAS, 2010).

Esses significativos entraves fazem com que a relação entre a produção de biocombustíveis e o ecossistema sejam questionados. Um dos maiores desafios nessa esfera é justamente a impossibilidade de determinar com exatidão como todos esses fatores impactam a relação com o meio ambiente, seja em função do mau uso da terra, ou do abalo no balanço do efeito estufa (FAVARETO *et al*, 2011).

Quando se fala em fontes de energia entende-se que um grande objetivo por trás da busca de novas possibilidades está relacionado com o ganho ambiental e a redução nos níveis de GEE. Entretanto, o segundo ponto de controvérsia trazido por Favareto *et al* (2011) assume uma vertente diferente e discorre sobre a economia dos biocombustíveis.

Os investimentos em busca de novas fontes de energia estão diretamente relacionados com o comportamento econômico da principal alternativa atual, que são os combustíveis fósseis. A variação em curto prazo do petróleo pode ser pequena, mas é praticamente impossível prever o comportamento desse recurso em um prazo maior de três anos. Isso ocorre pela instabilidade política e

econômica das regiões produtoras, além da estrutura de oligopólio do setor (YOUNG; STEFFEN, 2008; FAVARETO *et al*, 2011).

Essa instabilidade pode ser exemplificada com uma análise do comportamento do petróleo nas últimas décadas. Em 1998, o petróleo passava por depreciação, em que o barril não custava mais de US\$ 12. Nos 10 anos seguintes o valor passou por sucessivas altas e, em 2008, ultrapassou o limite de US\$ 140 o barril. Esse aumento brusco abriu espaço para a discussão sobre a necessidade de uma fonte de energia alternativa, trazendo os biocombustíveis como centro do debate (YOUNG; STEFFEN, 2008).

Contudo, ao mesmo tempo em que os biocombustíveis são considerados uma alternativa a grandes variações de preço, é importante salientar que esse produto também possui suas complexidades econômicas. O mercado de biocombustíveis não se comporta de maneira independente, mas sim a partir do desdobramento de dois outros mercados muito específicos, o mercado de energia e o de alimentos (YOUNG; STEFFEN, 2008; FAVARETO *et al*, 2011).

Os preços do etanol variam diretamente de acordo com os do açúcar, assim como, os preços do biodiesel são influenciados pelo valor da soja. Algumas causas para a variação no valor das matérias-primas são a quebra de expectativa de safra por parte de países exportadores, o aumento do consumo de alimentos, e até mesmo o mercado de energia, pois um aumento no preço do petróleo acaba encarecendo o transporte das culturas, uso de maquinários, entre outros (YOUNG; STEFFEN, 2008; FAVARETO *et al*, 2011).

Essa, entretanto, é uma relação mútua e na outra ponta existe uma forte preocupação sobre o fato de os biocombustíveis impactarem negativamente o mercado de alimentos. Em 2013, nos EUA, 41,8% da produção de milho foi destinada ao mercado de energia, em detrimento da alimentação. Dessa forma, estudos mais recentes apontam que existe um trade-off entre a produção de biocombustíveis e alimentos, uma vez que ambos utilizam a mesma matéria-prima, além dos mesmos recursos como terra e água (YOUNG; STEFFEN, 2008; FAVARETO *et al*, 2011; SILVA, 2014).

Nesse aspecto, a grande preocupação está relacionada ao impacto negativo que a produção de biocombustíveis pode causar sobre os alimentos, aumentando os níveis de desnutrição e segurança alimentar. Segundo Silva (2014), “A segurança alimentar existe quando todas as pessoas, em todos os

momentos, têm acesso físico, social e econômico a uma alimentação suficiente que satisfaça suas necessidades (...).”

Entretanto, entre 2002 e 2008, estima-se que a expansão da produção de biocombustíveis que utilizam como matéria-prima o milho, beterraba, cana-de-açúcar e oleaginosas foi um dos principais causadores do aumento do preço dessas culturas. Da mesma maneira, tem-se o caso do crescimento de demanda de etanol nos EUA, produzido principalmente através do milho, que elevou o preço dessa cultura no mercado internacional (YOUNG; STEFFEN, 2008; SIMAS, 2010; SILVA, 2014).

Por utilizar culturas que fazem parte da alimentação básica de grande parte dos países, a diminuição da oferta de alimentos acaba afetando invariavelmente as populações mais pobres e vulneráveis, cuja renda não consegue acompanhar o aumento dos preços dos produtos, dificultando a estabilidade de acesso aos alimentos (YOUNG; STEFFEN, 2008; SIMAS, 2010; FAVARETO *et al*, 2011, SILVA, 2014).

Entretanto, cabe ressaltar que esse não é o único influenciador sobre o preço dos alimentos e conseqüentemente sobre a segurança alimentar. Outros pontos devem ser levados em consideração como: a especulação dos mercados financeiros, quebra de expectativa das safras e má distribuição dos alimentos (SILVA, 2014; FGV PROJETOS, 2008).

O terceiro ponto de controvérsia tratado por Favareto *et al* (2011) trabalha justamente a relação entre a produção de biocombustíveis e a inclusão dos mais pobres. Nas palavras do autor:

“Sob o ângulo social, os biocombustíveis seriam um trunfo para os países mais pobres, pois permitiriam a formação de um mercado mundial onde estas nações teriam vantagens comparativas que possibilitariam a inclusão de agricultores e de regiões hoje marginais às principais dinâmicas econômicas.” (FAVARETO *et al*, 2011, p.6).

A ideia, nesse contexto, é que os países em desenvolvimento possuem em abundância os recursos utilizados na produção da matéria-prima do biocombustível, como terra cultivável, água e clima propício. Esta informação, alinhada ao fato dessas nações já terem suas economias voltadas para a agricultura, trariam uma vantagem frente ao mercado internacional. A dinâmica,

dessa forma, possibilitaria o crescimento dessas economias, auxiliando na busca por se tornarem nações desenvolvidas (SIMAS, 2010).

Além da inclusão dos países marginalizados, traz-se ainda o argumento de que essa seria uma oportunidade de incluir e incentivar os pequenos agricultores na economia desses países. A lógica é que quanto maior a produção de biocombustível maior será a demanda por cultivos energéticos. Essa necessidade pode ser suprida de duas maneiras, sendo uma delas a expansão da agricultura familiar, voltada para o plantio dessas matérias-primas, a segunda seria a geração de empregos nos grandes latifúndios para trabalhadores com baixo nível de instrução (SIMAS, 2010).

Como consequência, ter-se-ia o aumento da renda das famílias mais pobres, além do desenvolvimento rural e fortalecimento da economia. Essa mudança teria potencial de causar grande impacto na inclusão social, visto que 40% da população mundial extrai seu sustento através da agricultura, e esse número ainda aumenta quando se trata de países em desenvolvimento (SIMAS, 2010).

Entretanto, o cenário atual não corresponde a essas projeções. Na realidade, são inúmeras as barreiras encontradas pelos pequenos agricultores quando esses tentam se inserir na cadeia de produção dessas matérias-primas. Um dos maiores entraves tem relação com o fato da produção das culturas energéticas, como cana-de-açúcar e soja, demandarem concentração de terras para otimizar a produtividade, o que favorece os grandes latifundiários e compromete a participação da agricultura familiar (YOUNG; STEFFEN, 2008; SIMAS, 2010).

Para além desse fato, a geração de emprego nos grandes latifúndios também é comprometida. Um estudo realizado na União Europeia (UE) sinaliza que esses novos empregos são uma ilusão, uma vez que quando se olha para o mercado como um todo as vagas são compensadas por perdas em outros setores da economia em função dos altos subsídios necessários para manter a produção de culturas energéticas. O parecer da Comissão Econômica para América Latina e Caribe (CEPAL), por sua vez, afirma que ainda não é possível mensurar os efeitos da produção de biocombustíveis na geração de empregos nos países do continente (YOUNG; STEFFEN, 2008).

Deve-se considerar ainda o fato de que para produção de alimentos em grandes latifúndios há a possibilidade de investir mais em práticas mecanizadas, em detrimento de mão de obra não especializada. Nesse contexto, estudos estimam que cada máquina tem a capacidade de substituir entre 100 e 120 trabalhadores na produção canavieira (YOUNG; STEFFEN, 2008; SIMAS, 2010).

Assim, entende-se que poucos novos empregos serão de fato criados. A oferta de mão de obra continuará sendo maior que a demanda, fazendo com que os salários nessa esfera se mantenham baixos e com condições de trabalho por vezes precárias. Toda essa dinâmica quebra o argumento de que a produção de biocombustível proporciona maior inclusão social e melhoria nas condições de vida das populações rurais mais pobres e vulneráveis (YOUNG; STEFFEN, 2008; SIMAS, 2010).

Essas são as três controvérsias sobre a produção de biocombustíveis abordadas por Favareto *et al* (2011) em sua obra. É importante analisar cada um desses pontos, pois apenas quando essas condições forem superadas, o biocombustível poderá ser considerado como uma fonte de energia sustentável, que proporciona uma boa relação entre o ser humano, o ecossistema e a sociedade como um todo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou contribuir para o setor energético, apresentando a história da energia, vantagens e desvantagens dos considerados combustíveis limpos e renováveis, com foco no biocombustível.

Os resultados indicam que toda fonte de energia tem seu ponto positivo e negativo e nenhuma pode ser considerada completamente limpa ou suja. Não é possível considerar uma fonte energética como salvadora, capaz de reduzir em 100% os GEE emitidos. Os biocombustíveis, contudo, têm se mostrado uma solução com potencial para mitigar quantidades significativa de GEE emitidos.

O primeiro capítulo da monografia sintetizou o debate sobre alternativas energéticas no bojo daquilo que pode ser considerado o maior desafio coletivo da humanidade, qual seja, conter o avanço das mudanças climáticas. Foram discutidos brevemente o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris, este último com o objetivo de reduzir as emissões de GEE e limitar o aumento médio da temperatura global em 1,5°C (comparado a níveis pré-industriais). Para se atingir tais metas torna-se necessário analisar e entender quais matrizes energéticas devem ser utilizadas. Esse estudo focou no uso de biocombustíveis como forma de cumprir as metas estabelecidas no Acordo de Paris, descrevendo a história do etanol e do biodiesel, o mercado mundial e nacional de biocombustíveis (segundo capítulo) e as controvérsias que envolvem o plantio de matérias-primas para biocombustíveis, analisando seus impactos sociais e ambientais (terceiro capítulo).

É inegável a eficácia do biocombustível para reduzir emissões de GEE. Mas é preciso considerar outros aspectos, como foi sustentado ao longo da monografia. A produção de cana-de-açúcar, utilizada no Brasil para produção de açúcar e etanol, pode gerar danos sociais e ambientais, já que as terras utilizadas para plantio competem com terras férteis que poderiam estar sendo utilizadas para cultivo de alimentos, além da emissão de GEE gerada durante o processo de plantio, colheita e transformação da matéria-prima.

Há de se considerar que, *a priori*, era esperado que o plantio de matérias-primas para biocombustíveis fosse aumentar a renda de países e famílias mais pobres, que já tem seu sustento da agroindústria, mas como podemos notar no caso da mamona no Nordeste, isso não ocorreu, pois a concentração de terras

se tornou um fator fundamental para a rentabilidade do plantio, beneficiando assim latifundiários em detrimento dos produtores familiares. Inclusive a oferta de empregos em latifúndios torna-se escassa, uma vez que o maquinário acaba por substituir trabalhadores, proporcionando maior produtividade e agilidade no cultivo.

Dessa forma, o biocombustível pode não ser considerado sustentável dentro do âmbito social, considerando que pequenos produtores dificilmente conseguirão prover rentabilidade suficiente para suas famílias, apesar das tentativas de implementação da produção nesse campo, o espaço reduzido e a falta de maquinário especializado tornam-se grande barreira a entrada na produção.

Apesar das objeções mencionadas acima, é preciso salientar que o biocombustível polui menos e é mais limpo que as fontes fósseis, assim como, sua produção é mais exequível quando comparada com outras fontes renováveis. Com uma política bem estruturada para se amenizar possíveis *trade-offs* entre plantio de alimentos e de cana-de-açúcar (ou outras matérias-primas), políticas sociais para que minifundiário consigam ingressar (ainda que de maneira sutil) neste mercado, visando reduzir disparidades sociais, e incorporando a fiscalização para a não utilização de áreas florestais para plantio, é possível que o Brasil lidere esse percurso para reduzir as emissões de GEE. Ou seja, o uso racional e bem planejado dos biocombustíveis, aproveitando-se do aprendizado tecnológico e institucional, juntamente com o combate sério ao desmatamento, pode ser um importante trunfo brasileiro para o combate das mudanças globais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Discurso de Bolsonaro em Cúpula do Clima repercute entre entidades.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-04/discurso-de-bolsonaro-em-cupula-do-clima-repercute-entre-entidades>. Acesso em: 30 mai. 2022.

ALBA ENERGIA SOLAR. **ENTENDA A DIFERENÇA ENTRE ENERGIA SUSTENTÁVEL, RENOVÁVEL E LIMPA.** Disponível em: <https://albaenergia.com.br/entenda-a-diferenca-entre-energia-sustentavel-renovavel-e-limpa/>. Acesso em: 27 set. 2022.

AMARAL., Danilo. **História da Mecânica: O motor a vapor.** 1. ed. Pernambuco: Centro de Gestão e Estudos Energéticos., 2010.

ANDRADE, E. T. D; CARVALHO, S. R. G. D; SOUZA, L. F. D. PROGRAMA DO PROÁLCOOL E O ETANOL NO BRASIL. **ENGEVISTA**, Niterói, v. 11, n. 2, p. 127-136, dez./2009. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8847/6315>. Acesso em: 25 jan. 2022.

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 34, n. 100, p. 53-66, dez./2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005> . Acesso em: 8 mai. 2021.

BARBOSA, Caroline Vargas; JORDÃO, Luciana Ramos. A PRODUÇÃO DE AGROCOMBUSTÍVEIS E O ENLAÇO COM A SEGURANÇA E SOBERANIA ALIMENTAR. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, Minas Gerais, v. 1, n. 2, p. 139-164, dez./2015. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/rdaa/article/view/322>. Acesso em: 12 abr. 2022.

BBC. **COP 26: EUA dizem que ações concretas do Brasil importam mais que ausência de Bolsonaro em cúpula do clima.** Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-59124509>. Acesso em: 18 jul. 2022.

BBC. **COP26: Brasil promete reduzir emissões pela metade até 2030 e zerar desmatamento 2 anos antes.** Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59065366>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BIODIESELBR. **Biocombustíveis - Da prime ira a quarta geração.** Disponível em: http://portal.ftc.br/bioenergia/wp-content/uploads/2010/05/Artigo_2.pdf. Acesso em: 12 mai. 2021.

BIODIESELBR. **História e Biodiesel.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/historia/biodiesel-historia>. Acesso em: 7 fev. 2022.

BIODIESELBR. **<https://www.biodieselbr.com/noticias/eventos/governo-sabotou-programa-bidoeisel-291012>.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/eventos/governo-sabotou-programa-bidoeisel-291012>. Acesso em: 18 jan. 2023.

BIODIESELBR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol#:~:text=O%20PRO%20%C3%81LCOOL%20foi%20um%20programa,de%20ve%C3%ADculos%20a%20%C3%A1lcool%20hidratado..> Acesso em: 17 fev. 2022.

BIODIESELBR. **PróAlcool - Programa Brasileiro de Álcool.** Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool/programa-etanol#:~:text=O%20PRO%20%C3%A1lcool%20foi%20um%20programa,de%20ve%C3%ADculos%20a%20%C3%A1lcool%20hidratado..> Acesso em: 24 jan. 2022.

BLUEVISION BRASKEM. **Como Funciona a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).** Disponível em: <https://bluevisionbraskem.com/inteligencia/como-funciona-a-avaliacao-de-ciclo-de-vida-acv/>. Acesso em: 25 jan. 2022.

BRASIL, BOLSA, BALCÃO (B3). **Crédito de Descarbonização (CBIO).** Disponível em: https://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/outros-servicos/servicos-de-natureza-informacional/credito-de-descarbonizacao-cbio/. Acesso em: 17 mai. 2022.

BRASIL, Deilton Ribeiro. Reflexões sobre o licenciamento ambiental do processo de produção de energia solar fotovoltaica. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 6735-6736, fev./2020. Disponível em: doi.org/10.34117/bjdv6n2-103. Acesso em: 29 abr. 2021.

BRANCO, L. G. B. BIOCOMBUSTÍVEIS: VANTAGENS E DESAFIOS. **Revista Eletrônica de Energia**, Salvador, v. 3, n. 1, p. 16-33, dez./2013. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj8r-CUg4H9AhVEGbkGHQ1uBywQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.unifacs.br%2Findex.php%2Ffree%2Farticle%2Fdownload%2F2891%2F2105&u sg=AOvVaw322sxhicw0ArZnxG938C-c>. Acesso em: 13 jun. 2021.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO . **Energia Solar Fotovoltaica.** Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=321. Acesso em: 27 jun. 2022.

CIENCIA HOJE. **A DESCOBERTA QUE MUDOU A HUMANIDADE**. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/coluna/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/>. Acesso em: 8 abr. 2021.

CNN BRASIL. **Entenda o que é a Cúpula de Líderes sobre o Clima e como ela impacta o Brasil**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/2021/04/21/entenda-o-que-e-a-cupula-de-lideres-sobre-o-clima-e-como-ela-impacta-o-brasil>. Acesso em: 30 mai. 2021.

CNN. **Brasil bate recorde de exportação de soja em 2021**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/brasil-bate-recorde-de-exportacao-de-soja-em-2021/>. Acesso em: 30 mai. 2022.

COMISSÃO EUROPÉIA. **ELECTRICITY AND HEAT ANNUAL QUESTIONNAIRE**. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/documents/38154/42195/ELE_HEAT_instructions.pdf/cb797574-951d-470e-9d3f-9924b86ed3fd. Acesso em: 25 mai. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **As 4 gerações de biocombustíveis**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/11/07/as-4-geracoes-de-biocombustiveis/>. Acesso em: 12 mai. 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **SÉRIE HISTÓRICA DAS SAFRAS**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=30>. Acesso em: 26 mai. 2022.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **O que é o Acordo de Paris?**. Disponível em: <https://cebds.org/o-que-e-o-acordo-de-paris/#.YJvg6VHPy03>. Acesso em: 10 mai. 2021.

COSMO, B. M. N; GALERIANI, Tatiani Mayara. Carvão mineral. **Revista Agronomia Brasileira**, Jaboticabal, v. 4, n. 4, p. 1-10, mar./2020. Disponível em: <https://www.fcav.unesp.br/#!/ensino/departamentos/ciencias-da-producao-agricola/laboratorios/labmato/rab/volume-4-2020/rab202001/>. Acesso em: 12 abr. 2021.

CROPLIFE BRASIL. **RenovaBio: o maior programa de descarbonização do mundo**. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/conceitos/renovabio-o-maior-programa-de-descarbonizacao-do-mundo/#:~:text=O%20RenovaBio%20%C3%A9%20considerado%20o,de%20toneladas%20de%20CO2..> Acesso em: 17 mai. 2022.

ECO.A. **Opção para frear crise climática, biocombustíveis são mesmo sustentáveis?**. Disponível em: <https://www.uol.com.br/ecoa/ultimas->

noticias/2022/04/15/opcao-para-frear-criese-climatica-biocombustiveis-sao-mesmo-sustentaveis.htm. Acesso em: 7 dez. 2022.

ENERGIA, M. D. M. E. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Ano 2020**. 1. ed. BRASÍLIA: PPE, 2021. p. 3-12.

ENERGIA, M. D. M. E. **Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis: Ano 2021**. 1. ed. BRASÍLIA: PPE, 2022. p. 3-73.

EPE *et al.* **UM GRANDE IMPULSO PARA A SUSTENTABILIDADE NO SETOR ENERGÉTICO DO BRASIL : SUBSÍDIOS E EVIDÊNCIAS PARA A COORDENAÇÃO DE POLÍTICAS**. 1. ed. Chile: CEPAL, 2020. p. 1-93.

EXAME. **India investe em biodiesel do mar e do deserto**. Disponível em: <https://exame.com/mundo/biodiesel-mar-deserto-567451/#:~:text=S%C3%A3o%20Paulo%20%2D%20A%20India%20est%C3%A1,Salt%20%26%20Marine%20Chemicals%20Research%20Institute..> Acesso em: 14 fev. 2022.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras . **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 1-106, jan./2011. Disponível em: http://revista.liberato.com.br/ojs_lib/index.php/revista/article/view/164. Acesso em: 8 abr. 2021.

FAVARETO, Arilson; KAWAMURA, Yumi; DINIZ, João Fábio. CONTROVÉRSIAS CIENTÍFICAS E SOCIAIS NA PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS - UMA AVALIAÇÃO DO PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DO BIODIESEL. **Revista de artes e humanidades**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-28, nov./2011. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCgt3a4b38AhWfQ7gEHV_1DpkQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.revistacontemporaneos.com.br%2Fv9%2Fdossie%2Fcontroversias-biocombustiveis.pdf&usq=AOvVaw2pk-ctUIC5zVn31ahCZuUp. Acesso em: 30 dez. 2022.

FILHO, W. P. B. *et al.* EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS AMBIENTAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental dez. 2015**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 628-642, dez./2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v4e02015628-642>. Acesso em: 29 abr. 2021.

FOLHA DE SÃO PAULO DE SÃO PAULO. **Uma transformação radical na matriz energética global está por vir**. Disponível em: <https://www1.FOLHA DE SÃO PAULO.uol.com.br/mercado/2021/05/uma-transformacao-radical-na-matriz-energetica-global-esta-por-vir.shtml>. Acesso em: 30 mai. 2021.

FREEMAN, Chris; SOETE, Luc. **The Economics of Industrial Innovation**. 3. ed. Cambridge: MIT Press, 1997. p. 1-470.

GLOBO. **'Cúpula de Líderes sobre o Clima': entenda o que está em jogo no encontro organizado pelos EUA**. Disponível em: <https://GLOBO.globo.com/mundo/noticia/2021/04/22/cupula-de-lideres-sobre-o-clima-entenda-o-que-esta-em-jogo-no-encontro-organizado-pelos-eua.ghtml>. Acesso em: 30 mai. 2021.

GERHARDT, Cleyton H.; SANTOS, Casciópia. Agrocombustíveis versus segurança alimentar: o incerto lugar da agricultura familiar nas políticas de incentivo à produção de etanol no sul do Brasil. **Revista brasileira de desenvolvimento territorial sustentável**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 59-95, dez./2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/guaju.v1i2.48388>. Acesso em: 30 nov. 2022.

GLOBO (GLOBO). **Veja a íntegra do discurso de Jair Bolsonaro na Cúpula de Líderes sobre o Clima**. Disponível em: <https://GLOBO.globo.com/politica/noticia/2021/04/22/veja-a-integra-do-discurso-de-jair-bolsonaro-na-cupula-de-lideres-sobre-o-clima.ghtml>. Acesso em: 2 jan. 2023.

GOV.BR. **Vendas, pelas Distribuidoras, dos Derivados Combustíveis de Petróleo (metros cúbicos)**. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjRxZSulLv8AhWbR7gEHZCrClgQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.gov.br%2Fanp%2Fpt-br%2Fcentrais-de-conteudo%2Fdados-estatisticos%2Fde%2Fvdpb%2Fvendas-combustiveis-m3.xls&usq=AOvVaw1R16P9jPCxZ27_LpvD_03S. Acesso em: 9 jan. 2023.

GRAND VIEW RESEARCH. **Biofuels Market Size, Share & Trends Analysis Report By Form (Solid, Liquid, Gaseous), By Region (North America, Europe, Asia Pacific, Central & South America, Middle East & Africa), And Segment Forecasts, 2020 - 2027**. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biofuels-market/request/rs1>. Acesso em: 3 out. 2022.

HIRSCH, H. *et al.* Perigos dos reatores nucleares: Riscos na operação da tecnologia nuclear no século XXI. **ESTUDOS AVANÇADOS**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 253-257, abr./2007. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10220>. Acesso em: 22 abr. 2021.

IEA. **Bioenergy**. Disponível em: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy>. Acesso em: 30 jul. 2022.

IEA. **Biofuels production growth by country/region, IEA, Paris.** Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/biofuels-production-growth-by-country-region>. Acesso em: 23 fev. 2022.

IEA. **Biofuels.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2021/biofuels?mode=transport®ion=World&publication=2021&flow=Consumption&product=Ethanol>. Acesso em: 30 mai. 2022.

IEA. **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.** Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Acesso em: 30 mai. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO E GÁS. **Evolução da produção de biocombustíveis no mundo.** Disponível em: [https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/evolucao-da-producao-de-biocombustiveis-no-mundo/#:~:text=A%20produção%20global%20de%20biocombustíveis,d%20\(26%2C4%25\)..](https://www.ibp.org.br/observatorio-do-setor/snapshots/evolucao-da-producao-de-biocombustiveis-no-mundo/#:~:text=A%20produção%20global%20de%20biocombustíveis,d%20(26%2C4%25)..) Acesso em: 4 set. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Renewables 2021 Data Explorer.** Disponível em: <https://www.iea.org/articles/renewables-2021-data-explorer?mode=market®ion=World&publication=2021&product=Total>. Acesso em: 15 set. 2022.

JORNAL USP. **Rejeitos radioativos.** Disponível em: <https://jornal.usp.br/artigos/rejeitos-radioativos/>. Acesso em: 22 abr. 2021.

KEMERICH, P. D. D. C. *et al.* Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 241-247, abr./2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/16132>. Acesso em: 29 abr. 2021.

KNOTHE, Gerhard. Historical Perspectives on Vegetable Oil-Based Diesel Fuels. **Inform**, Illinois, v. 12, n. 1, p. 1103-1107, nov./2001. Disponível em: https://www.oakland.edu/Assets/upload/docs/Energy/inform_Nov_2001.pdf. Acesso em: 8 set. 2021.

LEITE, R. C. D. C; LEAL, M. R. L. V. O biocombustível no Brasil. **Novos Estudos**, São Paulo, v. 78, n. 1, p. 15-21, jul./2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000200003>. Acesso em: 14 set. 2021.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B.. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 1-13, dez./2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172008000100005>. Acesso em: 27 abr. 2021.

MARTUSCELLI, Patrícia Nabuco. De Chernobyl a Fukushima: os impactos dos danos ambientais nos direitos das crianças. **Estudos Internacionais**, Belo

Horizonte, v. 3, n. 2, p. 225-2246, dez./2015. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/estudosinternacionais/article/view/10735>. Acesso em: 22 abr. 2021.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Biodiesel**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha_biodiesel.pdf. Acesso em: 6 fev. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RenovaBio**. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/acoes-e-programas/programas/renovabio#:~:text=O%20RenovaBio%20é%20uma%20política,mercado%20e%20a%20mitigação%20de>. Acesso em: 15 mai. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RenovaBio**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em: 16 mai. 2022.

NOVACANA. **Cana-energia, a revolução sucroenergética está chegando**. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/cana/variedades/especial-cana-energia-revolucao-sucroenergetica-201015>. Acesso em: 12 mai. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Acordo de Paris**. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjexv2u2sTwAhUtLLkGHXtuDNcQFjAJegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.undp.org%2Fcontent%2Fdam%2Fbrazil%2Fdocs%2FODS%2Fundp-br-ods-ParisAgreement.pdf&usq=AOvVaw3G8IAKy0hhK43F93pfmNRe>. Acesso em: 12 mai. 2021.

PESQUISA FAPESP. **Mamona e biodiesel no Nordeste**. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mamona-e-biodiesel-no-nordeste/>. Acesso em: 19 jan. 2023.

PIERRE, Tatiana Dillenburg Saint'. Arquimedes. Disponível em: http://web.ccead.pucrio.br/condigital/mvsl/linha%20tempo/Arquimedes/pdf_LT/LT_arquimedes.pdf. Acesso em: 12 fev. 2021

PINTO, L. I. C; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. O mercado brasileiro da energia eólica: impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, dez./2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2064> . Acesso em: 27 abr. 2021.

PIRES, Marco Tulio. Hominídeos já usavam fogo há 1 milhão de anos, diz estudo Leia mais em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/hominideos-ja-usavam-fogo-ha-1-milhao-de-anos-diz-estudo/>. **VEJA**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1, abr./2012. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/ciencia/hominideos-ja-usavam-fogo-ha-1-milhao-de-anos-diz-estudo/>. Acesso em: 28 abr. 2021.

POMPELLI, M. F. *et al.* Crise energética mundial e o papel do Brasil na problemática de biocombustíveis. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 29, n. 2, p. 231-240, ago./2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180322766008>. Acesso em: 26 jan. 2022.

PORTAL GOV.BR. **Produção Nacional de Biodiesel Puro - B100 (m³)**. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj_t6KU2br8AhXipJUCHa_PBSAQFnoECCYQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.gov.br%2Fanp%2Fpt-br%2Fcentrais-de-conteudo%2Fdados-estatisticos%2Fde%2Fpb%2Fproducao-biodiesel-m3.xls&usq=AOvVaw0fZsEf3MwKrfpKU3EPQIUr. Acesso em: 9 jan. 2023.

PROJETOS, Fgv. **Fatores Determinantes dos Preços dos Alimentos: O Impacto dos Biocombustíveis**. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2010. p. 1-48.

SILVA, A. N. D. **OS BIOCMBUSTÍVEIS AFETAM A SEGURANÇA ALIMENTAR NO BRASIL?: DISCUSSÃO E ABORDAGEM QUANTITATIVA**. 1. ed. VIÇOSA: [s.n.], 2014.

SIMAS, Julyana Pereira. POR QUE DESCREVER AS CONTROVÉRSIAS SOBRE BIOCMBUSTÍVEIS?. **Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-10, jan./2018. Disponível em: <https://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-1639.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2022.

SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS - SÃO PAULO. **São Paulo lidera produção de etanol no país**. Disponível em: [https://informa.seade.gov.br/analise_pdf/sao-paulo-lidera-producao-de-etanol-no-pais/#:~:text=Capacidade%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol&text=A%20maioria%20das%20usinas%20paulistas,mil%20m%2Fdia\)..](https://informa.seade.gov.br/analise_pdf/sao-paulo-lidera-producao-de-etanol-no-pais/#:~:text=Capacidade%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20etanol&text=A%20maioria%20das%20usinas%20paulistas,mil%20m%2Fdia)..) Acesso em: 22 mai. 2022.

SONGSTAD, D. D. *et al.* Historical perspective of biofuels: learning from the past to rediscover the future. **In Vitro Cellular and Developmental Biology**, Nova Iorque, v. 3, n. 45, p. 189-192, dez./2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262004654_Songstad_et_al. Acesso em: 8 dez. 2021.

SOUZA, Fernando Rocha. **IMPACTO DO PREÇO DO PETRÓLEO NA POLÍTICA ENERGÉTICA MUNDIAL**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006. p. 1-160.

SOUZA, V. H. A. D. **IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DO USO DA BIOMASSA NA PRODUÇÃO DE ENERGIA**. 1. ed. VITÓRIA: [s.n.], 2017.

STATISTA. **Market value of biofuels worldwide in 2020 and 2021, with a forecast until 2030.** Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/217179/global-biofuels-market-size/>. Acesso em: 4 out. 2022.

STONEX. **Produção de biodiesel avança 9% em 2020, mesmo com pandemia e reduções temporárias da mistura obrigatória.** Disponível em: <https://www.mercadosagricolas.com.br/oleos-vegetais/producao-de-biodiesel-avanca-9-em-2020-mesmo-com-pandemia-e-reducoes-temporarias-da-mistura-obrigatoria/#:~:text=Participa%C3%A7%C3%A3o%20do%20%C3%B3leo%20de%20soja,devido%20%C3%A0%20pandemia%20do%20coronav%C3%ADrus..> Acesso em: 24 mai. 2022.

TAMBOR, J. H. M; RODRIGUES, M. D. C. **BIOCOMBUSTÍVEIS E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE. Revista ENIAC Pesquisa**, Guarulhos, v. 6, n. 1, p. 59-70, nov./2018. Disponível em: https://ojs.eniac.com.br/index.php/Anais_Sem_Int_Etn_Racial/article/view/522. Acesso em: 6 mai. 2021.

THE HENRY FORD. **Soybean Car.** Disponível em: <https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-resources/popular-topics/soy-bean-car/#>.. Acesso em: 11 fev. 2022.

THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. p. 4-19.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Biodiesel, renewable diesel, and other biofuels.** Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/biodiesel-rd-other-use-supply.php#:~:text=In%202020%2C%20U.S.%20biodiesel%20production,in%20blends%20up%20to%20B20..> Acesso em: 19 set. 2022.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Biofuels explained.** Disponível em: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/>. Acesso em: 14 set. 2022.

UFRGS. **Os desafios para a inclusão da agricultura familiar vulnerável no mercado do biodiesel no Brasil.** Disponível em: <https://www.ufrgs.br/obema/os-desafios-para-a-inclusao-da-agricultura-familiar-vulneravel-no-mercado-do-biodiesel-no-brasil/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **KYOTO PROTOCOL TO THE UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE.** Disponível em: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2021.

UNITED NATIONS. **What is the Kyoto Protocol?**. Disponível em: https://unfccc.int/kyoto_protocol. Acesso em: 23 abr. 2021.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Biodiesel gerou R\$ 30,8 bilhões ao PIB nacional em 2021.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/03/24/biodiesel-gerou-r-30-8-bilhoes-ao-pib-nacional-em-2021.html>. Acesso em: 4 out. 2022.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Brasil avança no setor de biocombustíveis.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/07/13/brasil-avanca-no-setor-de-biocombustiveis.html#:~:text=A%20nossa%20produção%20de%20biodiesel,pr odutivas%20em%20operação%20no%20país..> Acesso em: 17 mai. 2022.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Colheita brasileira de cana na temporada 2021/22 é a menor em dez anos.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/08/20/colheita-brasileira-de-cana-na-temporada-2021-22-e-a-menor-em-dez-anos.html>. Acesso em: 24 mai. 2022.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Emissão de CBios supera em 13,7% a meta de 2021.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/12/08/emissao-de-cbios-supera-em-13-7-a-meta-de-2021.html>. Acesso em: 9 jan. 2023.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Início da colheita de cana na safra 2022/23 deve atrasar devido a impactos climáticos.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/01/31/inicio-da-colheita-de-cana-na-safra-2022-23-deve-atrasar-devido-a-impactos-climaticos.html#:~:text=Ap%C3%B3s%20uma%20safra%20boa%20safra,hectare%20na%20safra%202021%2F22..> Acesso em: 23 mai. 2022.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Produção Brasileira.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/producao-brasileira>. Acesso em: 17 mai. 2022.

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA. **Produção de biodiesel cai 24,3% em abril.** Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2022/05/26/producao-de-biodiesel-cai-24-3-em-abril.html>. Acesso em: 9 jan. 2023.

VALOR. **A retomada da energia nuclear.** Disponível em: <https://valor.globo.com/opiniaao/coluna/a-retomada-da-energia-nuclear.ghtml>. Acesso em: 30 dez. 2022.

VIDAL, M. D. F. PRODUÇÃO E MERCADO DE ETANOL . **Caderno Setorial ETENE**, FORTALEZA, v. 6, n. 159, p. 1-11, abr./2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/906/1/2021_CDS_159.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022.

VIDAL, M. D. F. PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL. **CADERNO SETORIAL ETENE**, Fortaleza, v. 6, n. 184, p. 1-15, ago./2021. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/914/1/2021_CDS_184.pdf. Acesso em: 1 jan. 2023.

VIDAL, M. D. F. PRODUÇÃO E USO DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 4, n. 79, p. 1-13, mai./2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/630/1/2019_CDS_79.pdf. Acesso em: 22 mai. 2022.

WASHINGTON POST. **Corn Can't Solve Our Problem**. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/03/23/AR2007032301625.html>. Acesso em: 6 mai. 2021.

WRI BRASIL. **O saldo da COP26: o que a Conferência do Clima significou para o Brasil e o mundo**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/o-saldo-da-cop26-o-que-conferencia-do-clima-significou-para-o-brasil-e-o-mundo>. Acesso em: 20 mai. 2022.

YOUNG, C. E. F; STEFFEN, Priscila G.. BIOCOMBUSTIBLES COMO ESTRATEGIA DE DESARROLLO: ¿RUMBO HACIA LA SUSTENTABILIDAD O HACIA UNA NUEVA PERIFERIA?. **Revista de la Universidad Bolivariana**, Santiago, Chile, v. 21, n. 1, p. 1-8, mai./2008.