



A Valorização do CO₂ Biogênico como Recurso Estratégico na Produção Sustentável de E-Metanol em Pernambuco

The Valorization of Biogenic CO₂ as a Strategic Resource for the Sustainable Production of E-Methanol in Pernambuco

Paulo Marcos Cabral Junior

Paulo Sérgio Rosa Fernandes

Rita de Cássia Barretto Figueiredo

Resumo: O CO₂ biogênico é composto de dióxido de carbono gerado a partir da decomposição de biomassa. A primeira planta industrial de e-Metanol em escala comercial, começou a operar em maio de 2025. A empresa dinamarquesa já produziu e-Metanol a partir de eletricidade, com a primeira entrega ocorrendo no primeiro trimestre de 2025. O produto foi certificado pelo padrão ISCC EU RFNBO, que garante sustentabilidade. No Brasil, os Portos do Suape em Pernambuco e Porto do Açu, no Norte do Rio de Janeiro estão se preparando para receber as plantas de e-Metanol. A planta Industrial da European Energy está localizada no Porto de SUAPE, e já possui um Relatório Ambiental Simplificado (RAS). Enquanto o Grupo GoVerde tem um contrato assinado, mas ainda não tem um estudo de impacto ambiental espera-se que as plantas município de Cabo de Santo Agostinho operem em 2027 e no município do Açu, em 2028. Os e-combustíveis serão combustíveis sintéticos, criados a partir da conversão de CO₂ biogênico e hidrogênio renovável, utilizam a eletricidade. A captura de carbono é essencial na produção de e-fuel, com métodos como a captura de alta concentração de CO₂. O CO₂ biogênico, que é obtido a partir da decomposição orgânica, pode ser aproveitado em indústrias de alimentos e bebidas, produção de e-Metanol, e combustíveis sustentáveis. A captura e armazenamento de CO₂ biogênico promovem a economia circular e ajudam a reduzir as emissões de gases de efeito estufa, gerando receita para as indústrias.

Palavras-chave: e-Metanol; sustentabilidade; combustíveis; economia.

Abstract: Biogenic CO₂ consists of carbon dioxide generated from the decomposition of biomass. The first commercial-scale industrial e-methanol plant began operations in May 2025. The danish company has already produced e-methanol from electricity, with the first delivery taking place in the first quarter of 2025. The product was certified under the ISCC EU RFNBO standard, which ensures sustainability. In Brazil, the ports of Suape in Pernambuco and the Port of Açu, in northern Rio de Janeiro, are preparing to host e-methanol plants. The European Energy industrial plant is located at the Port of Suape and already has a Simplified Environmental Report (RAS). Meanwhile, the GoVerde Group has a signed contract but has not yet conducted an environmental impact study. The plants in the municipality of Cabo de Santo Agostinho are expected to begin operations in 2027, and those in the municipality of Açu in 2028. E-fuels are synthetic fuels created from the conversion of biogenic CO₂ and renewable hydrogen, using electricity. Carbon capture is essential in the production of e-fuels, with methods such as high-concentration CO₂ capture. Biogenic CO₂, obtained from organic decomposition, can be used in the food and beverage industries, e-methanol production, and sustainable fuels. The capture and storage of biogenic CO₂ promote a circular economy and

help reduce greenhouse gas emissions, generating revenue for industries.

Keywords: e-methanol; sustainability; fuels; economy.

INTRODUÇÃO

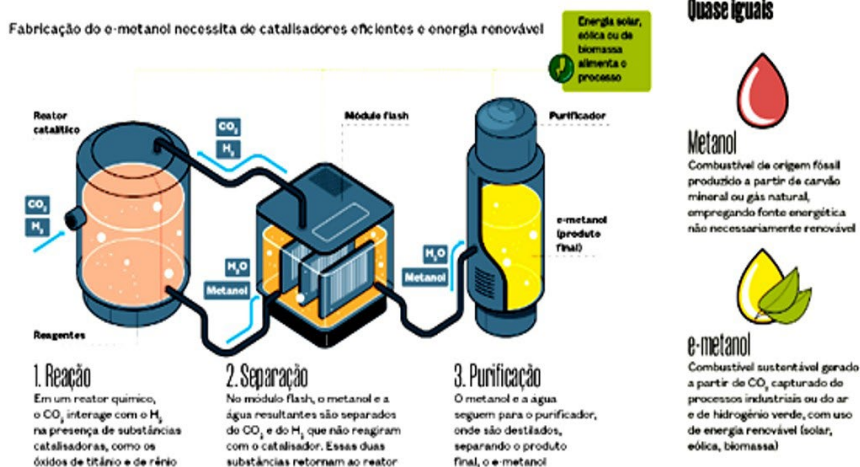
O CO₂ biogênico é o dióxido de carbono (CO₂) resultante da decomposição, digestão, reação química ou combustão de produtos derivados de biomassa. O CO₂ atmosférico, assimilado pela biomassa através da fotossíntese, é posteriormente devolvido à atmosfera ou ao solo como CO₂ biogênico. Dependendo do tipo de conversão e utilização final da biomassa, no que é conhecido como ciclo natural curto do carbono. Sendo assim, foi criada a primeira Planta Industrial de e-Metanol em escala comercial no mundo. Esta Planta iniciou sua operação na Dinamarca, maio de 2025, e está localizada em Kasso, em parceria com o transporte marítimo Maersk. Esta comprou parte sua produção do combustível de baixa emissão, para sua frota de navios porta-contêiner (Reuteurs, 2025).

No primeiro trimestre de 2025, a empresa dinamarquesa produziu seu primeiro e-Metanol, a partir de eletricidade renovável, na Unidade de Kassø. Esta unidade tem a capacidade de produzir 42 mil toneladas por ano. As entregas para os clientes começaram, logo após o primeiro trimestre de 2025. Neste, ocorreu o primeiro Lote de e-Metanol Certificado, pelo Padrão ISCC RFNBO, e ele é uma certificação, para verificar a sustentabilidade e a rastreabilidade de Combustíveis Renováveis de Origem Não Biológica (RFNBOs). Sendo o e-Hidrogênio e os e-Combustíveis, de acordo com os requisitos da Diretiva de Energias Renováveis da União Europeia. Este padrão assegura que a eletricidade utilizada na Produção de RFNBOs provém de fontes renováveis, e cumpre critérios rigorosos de: redução de emissões de gases de efeito estufa, rastreabilidade, e não causa impacto negativo na biodiversidade. Essa é Certificação Oficial reconhecida pela Comissão Europeia (ISCC, 2025).

No Brasil, espera-se que tenhamos alguns Portos, a saber: o Porto do SUAPE, Município de Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco e o Porto do AÇU, no Município Açu – Rio de Janeiro. O Porto de SUAPE tem uma expectativa de receber varias Plantas Industriais de e-Metanol, que seriam: A planta industrial a European Energy Metanol do Brasil LTDA, com o Relatório Ambiental Simplificado (RAS), referente ao projeto da Unidade Industrial de e-Metanol, em atendimento ao processo de Licenciamento Ambiental nº 013243/2024, junto à Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco – CPRH (Ambipar Group, 2025). A outra planta industrial, que ainda não tem estudo de Impacto Ambiental (EIA), do Grupo GoVerde Holding S.A, mais já teve o contrato assinado, em julho de 2025 (Movimento Econômico, 2025). O Porto do Açu Operações S.A. teria inicialmente, a matéria-prima utilizada na produção de e-Metanol que seria o hidrogênio renovável, oriundo da planta de eletrólise e do CO₂ biogênico. Este poderia ser considerado um e-fuel, ou com combustíveis que são sintetizados usando eletricidade renovável, muitas vezes usando matéria-prima inorgânica (CO₂). Este processo de produção

pode ser chamado Power-to-X, onde o X poderia ser um e-Combustível (Ambipar Group, 2023). Essas empresas supracitadas acima tem uma previsão de operação do terceiro trimestre de 2027 para o Porto do SUAPE/PE, e o primeiro trimestre de 2028 para o Porto do Açú/RJ. Ver figura 1:

Figura 1 – A reação química que gera combustível.



Fonte: Pedro Vidinha (IQ-USP).

METODOLOGIA

Esta pesquisa é descritiva e tem uma abordagem qualitativa com procedimentos técnicos que a caracteriza, em uma pesquisa bibliográfica. Baseia-se na quantificação do dióxido de carbono proveniente de fontes biológicas renováveis, como a biomassa. Para calcular o GHG Protocol, que estabelece a contabilidade de emissões e remoções de carbono ao longo do ciclo de vida, determinando a fração biogênica, garantindo a precisão dos dados e a adequação dos compromissos de sustentabilidade.

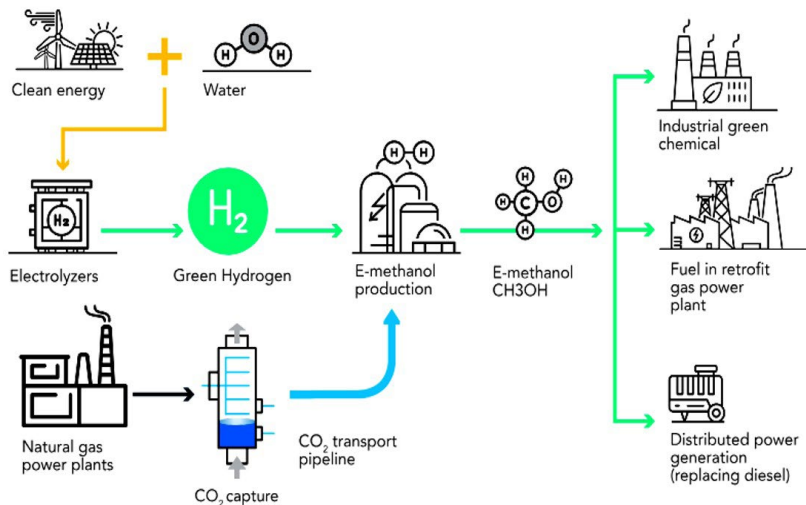
MATERIAIS E MÉTODOS

Eletrocombustíveis

E-combustíveis ou eletrocombustíveis são combustíveis sintéticos feitos pela conversão de CO_2 e hidrogênio capturado em hidrocarbonetos líquidos usando eletricidade renovável (Concawe and Aramco, 2024). Foram elencados alguns deles:

- e-Metanol (MeOH): O metanol sintético a partir da eletricidade pode ser produzido por meio de um processo de gás de síntese em duas etapas, ou de um processo de uma etapa, usando CO_2 diretamente. Ver figura 2:

Figura 2 – Produção do e-Metanol (MeOH).



Fonte: ICF International Inc.

- e-Hidrogênio (H_2) ou Hidrogênio Renovável (eletrólise da água): é um combustível para veículos elétricos, com célula de combustível e uma matéria-prima para e-combustíveis.

- e-Metano (CH_4): O metano sintético é produzido por Metanização, ou reação de Sabatier, que combina CO_2 e hidrogênio a até 400°C a 30 bar, usando um catalisador de níquel ou rutênio para produzir metano e água.

- Éteres Dimetilícos de e-Polioximetileno (OME3-5 ou OMEx): Esses éteres são produzidos a partir do metanol via formaldeído, apresentando uma opção viável de combustível.

- e-Gasolina e e-Querosene: Gerados por meio dos processos de metanol para gasolina e metanol para destilados médios (MTG e MTK), esses combustíveis ajudam a diversificar a matriz energética.

- e-Amônia (NH_3): O principal método comercial para a produção de amônia é o processo Haber-Bosch.

- e-Diesel e e-Querosene: Produzidos a partir de gás de síntese usando reações de Fischer-Tropsch de baixa temperatura, esses combustíveis oferecem alternativas adicionais, aos combustíveis fósseis tradicionais.

Captura do CO_2

A captura de carbono é um componente crucial na produção de e-fuel, (Concawe and Aramco, 2024). A seguir serão mostrados três métodos inovadores:

Captura de Alta Concentração de CO₂: Utilizando unidades de captura à base de amina ou outras unidades de captura para extração de CO₂ de uma fonte pontual, com aproximadamente, de 45% de concentração de CO₂. Este método mostrou-se, como aproveitar com eficiência as emissões de Processos como a Reforma a Vapor (SMR).

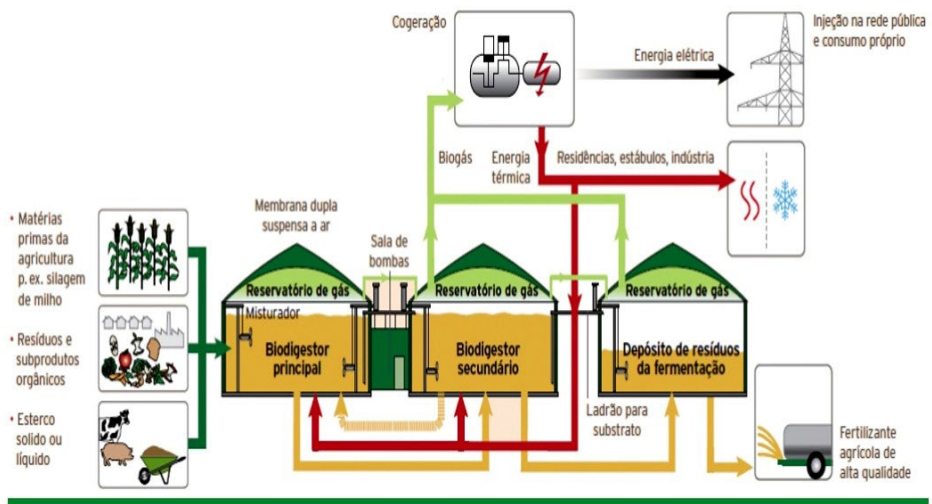
Captura de Concentração Média de CO₂: Esta abordagem Captura CO₂ de fontes com aproximadamente 8,5% de concentração. Ao empregar uma planta de captura à base de amina ou outra, podemos aperfeiçoar o processo para maior eficácia na redução dos níveis atmosféricos de CO₂.

Captura Direta de Ar (DAC): Esta tecnologia de ponta nos permite capturar CO₂ diretamente da atmosfera, necessitando mais energia.

Armazenamento do CO₂ Biogênico

No método a seguir, ocorre à produção de biogás, a partir da purificação do biometano, ou através, no processo de bioenergia com captura e armazenamento de carbono (BECCS). Ver figura 3:

Figura 3 – Subproduto da Decomposição da Matéria Orgânica.



Fonte: ECO Energia do Brasil - Biogás e Biometano.

O CO₂ biogênico, proveniente da decomposição de matéria orgânica, e é mais, adequadamente tratado através de métodos, que focam a captura de alta concentração de CO₂. Este é um subproduto da decomposição da matéria orgânica, e é encontrado em fluxos de gás concentrados, como o gás de aterro ou o biometano, sendo a sua captura é mais eficiente nestes pontos. A captura de alta concentração de CO₂ foca na captura de concentrações elevadas de CO₂ provenientes de uma fonte específica, em vez de extraí-lo do ar ambiente, que é muito mais diluído (Concawe and Aramco, 2024).

Aplicabilidade para o CO₂ Biogênico no Brasil

O CO₂ biogênico tem aplicabilidade na indústria de alimentos e bebidas, na produção de e-Metanol, na Ureia, e de Combustíveis de Aviação Sustentáveis (SAFs), para reduzir emissões do setor, este poderá ser capturado e armazenado no processo de bioenergia, com captura e armazenamento de carbono, para mitigação climática. Sua utilização promove a economia circular, a redução de gases de efeito estufa e a geração de receita para as empresas.

Aplicabilidade para o CO₂ Biogênico no Mundo

Uma amostra do que se está fazendo no mundo. Abaixo foi feito o quadro 1 com valores comparativo:

Quadro 1 – Resumo da Produção Anual e-Metanol e CO₂ biogênico (tonelada por ano).

Região / País	Produção Anual e-Metanol	Disponibilidade Estimada de CO ₂ Biogênico (t/ano)
Europa (UE / Europa Ocidental)	42.000 t/ano (Kassø, Dinamarca — operação comercial 2025). European Energy+1	~60.000 mil t/ano (UE — CO ₂ de biogás/instalações biogás/biometano) (a partir de inventários e estudos de biogás que indicam ~60 milhões t CO ₂ biogênico associado às plantas de biogás na UE). emwis.org+1
Estados Unidos (EUA)	Produção existente de e-Metanol muito limitada / pilotos (sem grande planta comercial de e-Metanol em operação comparável ao Kassø). eia.gov+1	Ordem de grandeza: milhões a dezenas de milhões t/ano de CO ₂ biogênico potencial (EUA têm grande setor de biogás / aterros / bióxidos; dados consolidados por estado estão sendo publicados — ex.: American Biogas Council mostra grande expansão). Observação: número nacional consolidado de CO ₂ biogênico recuperável depende de build-out de upgrading (IEA/ABC). American Biogas Council+1
Chile	Haru Oni (piloto): ~350 t/ano (piloto em operação). EPCM	Processamento agrícola e da indústria de açúcar / produção agrícola; capacidade real recuperável, atualmente limitada (ordem dezenas a poucas centenas de milhares t/ano localmente hoje, com potencial de crescimento se projetos forem ampliados). EPCM+1

China	Existem plantas comerciais de metanol (fóssil e biomassa) — bio/e-methanol comercial ainda em crescimento; muitos projetos industriais já em escala. Methanol Institute+1	CO ₂ biogênico em larga escala — China tem produção significativa de biogás/biomassa (ex.: biomethane ~200 milhões m ³ /ano em 2022; enormes volumes de resíduos agrícolas). Isso gera fluxos de CO ₂ biogênico que, se capturados, podem alcançar milhões a dezenas de milhões t/ano. Observação: números variam localmente e dependem de upgrade/infraestrutura. ieabioenergy.com+1
-------	---	--

Desenvolvida pela European Energy e operada em colaboração com a Mitsui & Co., , com a European Energy A/S detendo uma participação de 51% e a Mitsui & Co. 49% (European Energy, 2025). Ver figura 4:

Figura 4 - A primeira instalação de e-Metanol (Kassø, Dinamarca).



Fonte: Copenhagen, Dinamarca, 13 de maio de 2025 – A unidade de e-Metanol de Kassø em Aabenraa, Dinamarca.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tønder Biogás utilizou na Dinamarca, uma avançada instalação para captura de CO₂, com capacidade de 48 mil toneladas anuais, utilizando tecnologia de membrana para separar o metano do CO₂ no biogás bruto. O metano purificado é integrado à rede de gás natural, enquanto o CO₂ é armazenado como líquido após purificação. Com uma pureza superior a 99%, o CO₂ biogênico é adequado a captura de carbono e produção de combustíveis renováveis, em colaboração com a European Energy para a para a usina de e-Metanol em Kassø, na Dinamarca.

A planta de liquefação de CO₂ garante um nível de pureza de mais de 99%, tornando o CO₂ biogênico versátil e adequado para captura de carbono, aplicações de qualidade alimentar ou produção de combustível renovável. A Tønder Biogás fornece o CO₂ biogênico produzido na instalação é transportado por caminhão para a usina Power-to-X da European Energy em Kassø, que produz e-Metanol. Este e-Metanol é usado pela MAERSK, como combustível renovável para seus navios (Tønder Biogás, 2025).

No Brasil, o processo industrial permitirá auxiliar na criação de um Parque Industrial de CO₂ biogênico, no Município Cabo de Santo Agostinho, em Pernambuco. Esse pode ser um gás de síntese obtido em duas etapas, ou, de um processo de uma etapa, usando CO₂ biogênico diretamente. Ver no quadro 2 abaixo, algumas dessas indústrias disponíveis:

Quadro 2 - Plantas Indústrias e de Projetos Relacionados ao CO₂ no Nordeste.

PROJETO / EMPRESA	Localização	Tipo de Instalação	Capacidade / Escala	Fonte de CO ₂ ou Matéria-Prima	Tecnologia / Processo Principal	Aplicações / Destino	Observações Técnicas
Carbo Gás – Unidade I e II	Vitória de Santo Antão (PE)	Planta industrial de CO ₂ líquido e gasoso	288 t/dia (duas unidades em PE)	CO ₂ capturado de processos industriais e fermentativos	Purificação, compressão e liquefação de CO ₂	Indústrias de bebidas, alimentos, farmacêutica e química	Produz CO ₂ grau alimentício (99,9% pureza); principal fornecedora da região.
Gás Verde (Biometano)	Igarassu (PE)	Planta de biogás / biometano	~30.000 Nm ³ /dia de biometano	Resíduos orgânicos e aterros sanitários	Upgrading de biogás por membranas e purificação	Combustível veicular e industrial de baixa emissão	Geração de CO ₂ biogênico aproveitável para síntese de e-combustíveis
TechHub Hidrogênio Verde (Suape)	Porto de Suape (PE)	Centro de P&D e futura planta de hidrogênio	Piloto (fase de testes 2025–2026)	Água dessalinizada + energia solar/eólica	Eletrolise da água (H ₂ verde)	Fornecimento de H ₂ para e-combustíveis e amônia verde	Parceria UFPE, Suape, Senai Cimatec; foco em tecnologia Power-to-X

PROJETO / EMPRESA	Localização	Tipo de Instalação	Capacidade / Escala	Fonte de CO ₂ ou Matéria-Prima	Tecnologia / Processo Principal	Aplicações / Destino	Observações Técnicas
European Energy – Planta de e-Metanol (Suape)	Suape (PE)	Planta Power-to-X (em implantação)	276 toneladas por dia de e-Metanol (prevista para 2028)	CO ₂ biogênico + H ₂ verde	Síntese catalítica de metanol (Cu/ZnO/Al ₂ O ₃)	Exportação (combustível marítimo, indústria química)	Primeiro projeto de e-Metanol no Brasil; investimento de R\$ 2 Bilhões
Projetos de Reflorestamento e Carbono	Zona da Mata (PE/AL/BA)	Reflorestamento e compensação de carbono	n/d	Biomassa natural	Sequestro biológico de CO ₂	Créditos de carbono e restauração da Mata Atlântica	Apoio de Apple, The Nature Conservancy e ONGs locais

Em uma reação básica de síntese do e-Metanol, quando o CO₂ é capturado e o H₂ é renovável, ocorrendo então, à reação $\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$, com espécie Massa Molar (g/mol). Nesta temos: CO₂ é igual a 44.01 g/mol; H₂ é igual a 2.016 g/mol; CH₂OH é igual a 32.04 g/mol; H₂O é igual a 18.02 g/mol; de modo que: 1 mol de CO₂ é igual 44.01 g, no leva a 1 mol de CH₂OH é igual à 32.04 g.

Existe outra importante relação, que seria: $\frac{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{CO}_2} = 0,728$, ou seja, que: uma tonelada de CO₂ irá gerar 0,728 toneladas de metanol, em um rendimento teórico de 100%. Calculando para 276 toneladas por dia de e-Metanol necessário que seja gerado pela Planta E e e-Metanol em uma produção diária, dividido pelo valor de toneladas de metanol, serão necessários: $\frac{276}{0,728} = 379,12$ toneladas de CO₂ por dia.

Na prática, será usado um rendimento real de 90%, ou seja: $\frac{379}{0,9} \approx 420$ toneladas de CO₂ biogênico por dia, ou aproximadamente, 153 mil toneladas de CO₂ biogênico por ano, para sê-la gerado para a planta industrial da EE metanol do Brasil LTDA, no Cabo de Santo Agostinho, em Pernambuco.

O CO₂ biogênico é um subproduto da decomposição da matéria orgânica e desempenha um papel importante em vários ciclos naturais e processos industriais. Ele refere-se ao dióxido de carbono que é gerado a partir da decomposição de materiais orgânicos, como restos de plantas e animais, por micro-organismos em ambientes anaeróbicos (sem oxigênio), como em aterros sanitários, digestores anaeróbicos e solos.

Durante a decomposição da matéria orgânica, os microrganismos quebram os compostos orgânicos, resultando na produção de biogás, que é composto principalmente por metano (CH_4) e CO_2 . A proporção de CO_2 pode variar dependendo do substrato e das condições do processo. O CO_2 biogênico é parte do ciclo do carbono, onde o carbono presente na matéria orgânica é reciclado de volta para a atmosfera ou para o solo, onde pode ser utilizado por plantas na fotossíntese.

O CO_2 biogênico pode ser capturado e utilizado em várias aplicações, como: produção de combustíveis: É utilizado na produção de e-Metanol e outros combustíveis renováveis; indústria alimentícia: pode ser utilizado em processos de carbonatação de bebidas e na preservação de alimentos; e aplicações químicas: pode ser convertido em produtos químicos, como ureia e ácido carbônico.

As vantagens do CO_2 biogênico são: a sustentabilidade, ou seja, o uso do CO_2 biogênico ajuda a reduzir a dependência de fontes fósseis de carbono e contribui para a mitigação das mudanças climáticas e economia circular, onde se teria a captura e reutilização do CO_2 biogênico promovem uma economia circular, onde resíduos são transformados em recursos valiosos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação das pesquisas e do interesse em matérias-primas de dióxido de carbono (CO_2) biogênico no estado de Pernambuco demonstra uma convergência com as diretrizes internacionais voltadas à mitigação das mudanças climáticas e à consolidação de uma economia de baixo carbono. A utilização do CO_2 de origem biogênica como insumo para a produção de e-Metanol configura-se como uma alternativa tecnológica de elevada relevância, ao permitir a valorização de resíduos orgânicos e promover a inserção de práticas de economia circular nos processos industriais.

A sinergia entre o setor sucroalcooleiro e a produção de e-Metanol em Pernambuco solidifica a valorização do CO_2 biogênico, transformando um resíduo em insumo estratégico. Essa iniciativa impulsiona a economia circular, cria uma nova fonte de receita para o setor e contribui decisivamente para a descarbonização da matriz energética. Ao fornecer a matéria-prima para o hidrogênio verde, o setor se reposiciona como peça-chave na transição energética, consolidando o estado como polo de combustíveis sustentáveis. Essa colaboração exemplifica um modelo de desenvolvimento econômico e ambientalmente responsável.

O Estado de Pernambuco apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento dessa rota tecnológica, em virtude de seu potencial de biomassa, de sua infraestrutura energética consolidada e de sua localização estratégica no contexto nacional. Tais fatores reforçam a viabilidade técnica e econômica da produção de e-Metanol a partir de CO_2 biogênico, contribuindo de forma significativa para a redução das emissões líquidas de gases de efeito estufa, para a diversificação da matriz energética e para o fortalecimento da sustentabilidade regional.

Em perspectiva futura, a consolidação dessa cadeia produtiva dependerá do aprimoramento das políticas públicas voltadas à inovação tecnológica, da criação de incentivos fiscais destinados à produção de combustíveis sintéticos e do estabelecimento de parcerias entre instituições de ensino, centros de pesquisa e o setor industrial. O avanço nesse campo poderá posicionar Pernambuco como um polo de referência nacional na produção de combustíveis sustentáveis, ampliando sua relevância na transição energética e consolidando sua contribuição para o desenvolvimento de uma economia verde no Brasil.

REFERÊNCIA

BRASIL, Presidência da República. **Lei nº 14.993, 08 de outubro de 2024.** Acesso em: 08 de setembro de 2025.

CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE. **Pernambuco se Preparar para Licenciar a Primeira Fábrica de Metanol Verde.** Acesso em: 08 de setembro de 2025.

CABRAL JR, P. M. e FIGUEIREDO, R. C. B. **e-Metanol de Origem da Biomassa, em Planta Industrial Localizada, no Município de Cabo de Santo Agostinho / PE.** Acesso em: 10 de setembro de 2025.

CONCAWE & ARAMCO. **E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and import stowards 2050 – Update.** Acesso em: 14 de setembro de 2025.

H2LAC. **HIF Global Anuncia seu Primeiro Projeto no Brasil.** Acesso em: 12 de setembro de 2025.

HL SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Relatório Ambiental Simplificado (RAS) – Unidade Industrial de e-Metanol.** Estado: Ceará, Janeiro de 2025. Acesso em: 12 de setembro de 2025.

GENA SOLUTIONS. **Atualização sobre Metanol Renovável.** Acesso em: 12 de setembro de 2025.

MOVIMENTO ECONÔMICO. **CO2 Biogênico: o Gargalo Invisível do Hidrogênio Verde.** Acesso em: 18 de setembro de 2025.

TØNDER BIOGAS. **CO₂ Verde.** Acesso em: 10 de outubro de 2025.