

## **O BIOGÁS COMO INSTRUMENTO NO ENFRENTAMENTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

**BIOGAS AS AN INSTRUMENT IN ADDRESSING CLIMATE CHANGE**

**EL BIOGÁS COMO INSTRUMENTO PARA ABORDAR EL CAMBIO CLIMÁTICO**

 <https://doi.org/10.56238/arev7n7-063>

**Data de submissão:** 04/06/2025

**Data de publicação:** 04/07/2025

**Raquel Nascimento Cunha**

Estudante do Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), nível doutorado  
E-mail: [raquel.cunha@ufu.br](mailto:raquel.cunha@ufu.br)

**Alexandre Walmott Borges**

Professor Doutor do Departamento do Curso de Direito (FADIR) e do Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis UFU/UFVJM  
E-mail: [walmott@ufu.br](mailto:walmott@ufu.br)

**Tatiana de Almeida Freitas Rodrigues Cardoso Squeff**

Professora Doutora da Faculdade de Direito da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Professora visitante do Programa de Pós-Graduação (Mestrado em Direito) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)  
E-mail: [tatiafrcardoso@gmail.com](mailto:tatiafrcardoso@gmail.com)

### **RESUMO**

A crise climática global, impulsionada por atividades humanas como queima de combustíveis fósseis e desmatamento, exige ações urgentes para proteger o meio ambiente e garantir justiça climática. A transição energética, com foco em fontes renováveis como biocombustíveis, é essencial para reduzir emissões de gases de efeito estufa. O Brasil, com sua riqueza natural, destaca-se na produção de energias renováveis, especialmente o biogás, que utiliza resíduos orgânicos para gerar energia limpa. Apesar dos avanços, interesses econômicos e a lentidão na descarbonização desafiam a implementação de políticas eficazes. É necessária uma regulamentação robusta e incentivos para popularizar o biogás e enfrentar o aquecimento global.

**Palavras-chave:** Justiça Climática. Transição Energética.

### **ABSTRACT**

The global climate crisis, driven by human activities such as fossil fuel burning and deforestation, demands urgent action to protect the environment and ensure climate justice. The energy transition, with a focus on renewable sources such as biofuels, is essential to reduce greenhouse gas emissions. Brazil, with its natural wealth, stands out in the production of renewable energy, especially biogas, which uses organic waste to generate clean energy. Despite the advances, economic interests and the slow pace of decarbonization challenge the implementation of effective policies. Robust regulation and incentives are needed to popularize biogas and address global warming.

**Keywords:** Climate Justice. Energy Transition.

## RESUMEN

La crisis climática global, impulsada por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, exige acciones urgentes para proteger el medio ambiente y garantizar la justicia climática. La transición energética, con énfasis en fuentes renovables como los biocombustibles, es esencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Brasil, con su riqueza natural, destaca en la producción de energía renovable, especialmente biogás, que utiliza residuos orgánicos para generar energía limpia. A pesar de los avances, los intereses económicos y la lentitud de la descarbonización dificultan la implementación de políticas efectivas. Se necesitan regulaciones e incentivos sólidos para popularizar el biogás y abordar el calentamiento global.

**Palabras clave:** Justicia climática. Transición energética.

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade tem, ao longo dos anos, evoluído nas discussões a respeito do meio ambiente, em debates que envolvem assuntos como desenvolvimento sustentável, transição energética e justiça climática. Tais temas são relevantes e atuais, quando se acompanham as mudanças climáticas no planeta Terra. Estas alterações decorrem de fatos naturais ou humanos, sendo que estes últimos decorrem da geração de energia, como a queima de carvão, gás e petróleo, do desmatamento, da atividade pecuária, entre outros, os quais geram gases de efeito estufa.

A emissão desses gases, que cresce consideravelmente, é prejudicial ao planeta, pois gera o seu aquecimento, prejudicando o bem-estar e a saúde do homem e de outros seres vivos. Logo, afeta o direito fundamental ao clima saudável, bem como o alcance da justiça climática. Os cientistas informam que o planeta está em uma situação-limite, fazendo-se necessário obstar a referida crise climática. Assim, faz-se necessário discutir o clima e os instrumentos eficazes para enfrentar a emergência climática.

É urgente a proteção do meio ambiente e do clima, pois não há vida sem o planeta Terra saudável e, além disso, faz-se necessário proteger os direitos daqueles que são vítimas da crise climática, de uma forma acima do comum. Não se pode permitir que se esgotem os recursos do planeta em benefício próprio e em prejuízo de grupos denominados vulneráveis. Isso é, a tão aclamada Justiça Climática. Para tanto, uma parcela da humanidade procura encontrar caminhos e soluções a esse problema mundial.

Todavia, essa tarefa não é fácil, pois encontra um adversário forte, qual seja a produção e o consumo de produtos e serviços de forma exacerbada. É um combate árduo, mas o homem, de forma tímida, mas inegável, tem percebido que, para se falar em interesses econômicos, há que ocorrer um diálogo com a tutela do meio ambiente. Em outras palavras, é necessário realizar a tão aclamada Justiça Climática.

Soluções vêm sendo apresentadas, dentre essas, destaca-se o uso de biocombustíveis. O Brasil, país rico no seu ecossistema, na sua localização e no seu clima, tem papel fundamental nessa mudança da matriz energética, considerada um passo importante em direção à redução das emissões, pois a sua riqueza possibilita que a nação brasileira tenha destaque na produção de energias renováveis e contribua de forma definitiva para a proteção ambiental e o alcance da justiça climática.

Entre os biocombustíveis, encontra-se o biogás, sendo uma alternativa de energia renovável e com um campo muito amplo para ser desenvolvido e oferecido como um instrumento importantíssimo para a luta contra o aquecimento global.

Sendo assim, faz-se relevante o seu estudo de forma mais detalhada para conhecê-lo melhor em

prol dos objetivos perquiridos pelo país diante da crise climática atual e dos acordos assinados por ele à nível internacional. A presente pesquisa é qualitativa e se dará pelo método dedutivo, utilizando-se de fontes bibliográficas, periódicos e textos legislativos como base para interpretações e reflexões sobre o tema.

## 2 DO BIOGÁS

### 2.1 DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

A sociedade atual é dependente de energia em praticamente todas as suas atividades, seja no transporte, na indústria, na agricultura, no uso doméstico, no lazer e a cada dia que passa a comunidade mundial é mais e mais tecnológica. E para poder exercê-las o homem se utiliza de combustíveis fósseis, conhecidos como grandes emissores de gases que geram o efeito estufa e, consequentemente, a grave crise climática vivenciada hoje

A descarbonização é apresentada pelos pesquisadores como um caminho a seguir na luta contra as mudanças climáticas. E na atualidade, esta transição seria a independência em relação aos combustíveis fósseis; isto porque ter a matriz energética do Planeta vinculada a carbonização contribui para a emissão de gases geradores do efeito estufa e, logo, do aquecimento global. Sendo assim, é essencial descarbonizar a economia do globo.

A transição energética pode ser considerada como a passagem de fonte de energia, substituindo os combustíveis fósseis, não renováveis, para as fontes limpas, renováveis, tais como a eólica, a solar, os biocombustíveis, que apresentam menor emissão de gases efeito estufa, justamente por serem sempre reestabelecidos, sendo considerados instrumentos relevantes na luta contra as mudanças climáticas.

A História mostra que a sociedade já passou por diversas transformações das fontes de energia. Já foram predominantes a queima da madeira, a força d'água e depois convertido para o uso do carvão no século XIX e desse para o petróleo, no século XX, bem como a energia nuclear.<sup>1</sup> (CATAIA; DUARTE, 2022, p. 767).

Márcio Cataia e Luciano Duarte destacam, no entanto, que a expressão transição energética não seria a mais adequada, haja vista que as diversas mudanças das fontes de energia não geram a substituição das fontes atuais, mas sim, há apenas um acréscimo, uma adição às existentes. Tanto que, ainda hoje, utiliza-se queima de madeira, o carvão – e o mesmo ocorrerá com o petróleo, com o gás natural e com a energia nuclear.

---

<sup>1</sup> CATAIA, Márcio; DUARTE, Luciano. Território e energia: crítica da transição energética. Revista da ANPEGE. V. 18. Nº. 36 — ANO 2022, p. 766. Acesso em 30/04/24).

Dois motivos justificam a tão falada “transição energética”. O primeiro seria a limitação dos combustíveis fósseis, já que os mesmos são fontes não renováveis e chegará o momento, como afirma a literatura, que estas fontes chegarão ao fim. O segundo motivo seria a emergência climática que o mundo perpassa, sendo então necessário alterar o consumo destas energias geradoras de gases efeito estufa tão prejudicial ao planeta.

Henry Jiménez Guanipa (2020) esclarece que a mudança energética a ser feita não será pelos mesmos motivos das anteriores, pois elas ocorreram porque uma fonte energética se apresentou mais abundante ou economicamente mais vantajosa. A necessária mudança energética que paira hoje na sociedade tem como fundamento a proteção ambiental e a saúde humana (GUANIPA, 2020 *apud* RIBEIRO; VOLPON, 2020, p. 11-34)

Sabe-se que a Economia tem um peso maior nas decisões das autoridades mundiais do que as questões climáticas, dando origem ao que se chama capitaloceno, isto é, as agruras que o clima está vivenciando, decorre dessa estrutura capitalista. Todavia, a rapidez com que a crise do clima vem se apresentando por conta das atividades e da ambição humana, o capitalismo tende a se dobrar, adotando novas formas de produção, as quais sejam mais limpas e renováveis e que atendam, primeiramente, a pessoa humana em sua essência e ao planeta que habita. Espera-se, entretanto, que esta mudança não seja efetivada tardivamente.

Mas, até o presente momento o homem não despertou para a realidade tão preocupante, mesmo com a crise climática evidente. As necessidades humanas estão voltadas para a obtenção de lucro a qualquer preço. Na Conferência das Partes-COP, momento dedicado a discutir questões climáticas e encontrar soluções para o aquecimento global, o esforço real é voltado para a economia e finanças, sendo *pro forma* a discussão a respeito da justiça energética. Assis, Borges e Squeff constatam:

Qualquer observador atento à COP26, pode perceber que o mais importante era como a regulação do comércio de carbono seria realizada, em seus marcos econômicos e financeiros, sendo absolutamente acessórias as questões de justiça energética (questões ambientais e sociais) que, estavam sendo debatidas a margem dos interesses no mercado bilionário de créditos de carbono. (Biocombustíveis e a política de transição energética no Brasil: Contribuições, limites e possibilidades diante da necessidade de justiça climática no Capitaloceno. Revista Concilium. Vol. 24, número 2. Jan/2024. p. 344)

Ao voltar o olhar para o Brasil, nota-se o interesse que dirige o Congresso Nacional é predominantemente lucrativo. Está tramitando no parlamento brasileiro diversos projetos contrários ao ecossistema nacional. Tramitam ali 25 projetos e três propostas de emenda à Constituição Federal que violarão os direitos socioambientais, como o PL 364/2019, que elimina a proteção de todos os campos nativos e outras formações não florestais, permitindo que os campos nativos e outras formas de vegetação nativa possam ser livremente convertidas para uso alternativo do solo (agricultura, pastagens

plantadas, mineração etc.). Já o PL3334/2023 altera o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), para permitir a redução da Reserva Legal em áreas de florestas da Amazônia Legal, para todos os efeitos, nos municípios com mais 50% do seu território ocupado por áreas protegidas de domínio público.

Sendo assim, fala-se muito que o planeta vive uma emergência climática, mas efetivamente os interesses econômicos estão em primeiro lugar no rol de preocupações da sociedade. Assis, Borges e Squeff expõem:

Neste sentido que a crítica teórica realizada a partir do conceito de capitaloceno ganha relevância, pois neste quadro de discussão, uma vez que a sociedade moderna e seu modo de vida e de produção são de fato os grandes responsáveis pelo atual quadro de crise climática, uma nova forma de organização social é necessária para responder a crise climática e a transição energética deve ser um dos motores impulsionadores dessa mudança societal, para garantia da existência humana no planeta. (Biocombustíveis e a política de transição energética no Brasil: Contribuições, limites e possibilidades diante da necessidade de justiça climática no Capitaloceno. Revista Concilium. Vol. 24, número 2. Jan/2024. p. 347)

A descarbonização faz-se urgente, entretanto, é um processo lento inserir energias limpas, pois ela não ocorre apenas com uma decisão governamental, envolve vários sujeitos, empresas e os próprios cidadãos. Ela exige compromisso e zelo, pois interferirá na economia de um país, não podendo colocar em risco a qualidade alimentar de seu povo, nem da energia por ele consumida. Ademais, essa transformação exige um alto investimento, e nem todos os países possuem condições financeiras para arcar com este gasto. Por isso que nos acordos internacionais relativos às mudanças climáticas, um dos compromissos assumidos pelos países desenvolvidos é investir nas nações em desenvolvimento. E tal fato, outrossim, também é moroso e comedido.

Nessa toada, considera-se que as mudanças na matriz energética são peculiares a cada país, pois recebem interferência geográfica, climática, orçamentária, sendo assim, cada nação transitará para as energias renováveis conforme as características do seu território.

É o que sustentam Marilda Rosado de Sá Ribeiro e Fernanda Torres Volpon (2020, p. 17) para as quais a transição energética é um processo multiforme e heterogêneo e que evolui distintamente em cada país, em decorrência de suas particularidades, como tecnológicas, orçamentárias e regulatórias.

A preocupação com a transição energética é encontrada em vários documentos internacionais, como o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris, em que os Estados-Partes adotam o compromisso de implementar ou aprimorar as políticas para realizar pesquisas, promover e desenvolver o uso de energias renováveis.

A energia limpa, aliás, é personagem principal na transformação energética, pois utiliza-se de recursos naturais para ser produzida, como a água, o vento, o sol, a biomassa. A sua importância é

fortalecida diante do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS)<sup>2</sup> de n.º 7 que visa a garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos. Ademais, a meta 2 do ODS7 prescreve a necessidade de aumentar-se substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global até o ano de 2030.

O Brasil tem desenvolvido a sua matriz energética, com ênfase na transição de energia não renovável para fontes de energia renovável e limpa. Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, publicados em março de 2024, mostram que 84,25% das fontes de energia brasileira são renováveis e apenas 15,75% são de fontes não renováveis, e apenas 1% refere-se a energia nuclear. Os três principais recursos energéticos no território brasileiro são a hídrica (55%), seguida da eólica (14,8%) e depois pela biomassa (8,4%). No que diz respeito às fontes não renováveis, 9% refere-se ao gás natural, 4% para o petróleo e 1,75% ao carvão natural.<sup>3</sup>

O impacto das mudanças climáticas vem sendo constatado no território brasileiro e no mundo. O Estado do Rio Grande do Sul<sup>4</sup> vivenciou recentemente momentos graves em decorrência da crise do clima, com uma série de inundações na região metropolitana, na serra e no Vale do Taquari sem precedentes, demonstrando que quem sofre é a população, pois ela que perde a estabilidade alimentar, a saúde e a segurança do lar. Nota-se dos exemplos pontuais que milhares de pessoas são desalojadas, vidas de diversas espécies restam vulneráveis, além das que foram perdidas.

A causa para o aumento dos desastres ambientais, para o climatologista e professor da UFRS, Francisco Eliseu Aquino, é o declínio das políticas públicas. Para ele, na última década a preservação do meio ambiente foi fragilizada ao diminuir as áreas de preservação. (<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/05/09/desastres-rio-grande-do-sul-clima-chuvas-enchentes-mortes.htm> / Acesso em 09/10/24)

Os desastres ambientais são personagens também na esfera internacional. Países da África oriental sofreram a partir de março/24 com tempestades e inundações que causaram 473 mortos e 1,6

---

<sup>2</sup> Estes são conhecidos como os ODS, que são compromissos mundiais adotada durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável que ocorreu em setembro de 2015 e para serem cumpridos até o ano de 2030. Quando alcançados, permitirão uma sociedade melhor, mais humana, já que a erradicação da pobreza é um desses objetivos- ODS1. Outro é a fome zero e a agricultura sustentável- ODS2. O ODS3 é assegurar saúde e bem-estar a todos, dentre outros.

<sup>3</sup> Disponível em: [https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alanca-200-gw#:~:text=Atualmente%20as%20tr%C3%AAs%20maiores%20fontes,Mineral%20\(1%2C75%25](https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alanca-200-gw#:~:text=Atualmente%20as%20tr%C3%AAs%20maiores%20fontes,Mineral%20(1%2C75%25). Acesso em 08/05/2024

<sup>4</sup> Em Porto Alegre-RS, o aumento das chuvas vem se apresentando considerável. Em 2023 choveu 12,5% acima do normal. E em 2024, o crescimento foi de 287,4% além do esperado. Em junho/23, em decorrência de chuvas extremas, aproximadamente 2 milhões de pessoas foram afetadas, com 3.200 pessoas desabrigadas e 4.300 desalojadas. Em setembro/23, novamente o Estado foi prejudicado com 340 mil pessoas afetadas e 8000 casas destruídas ou danificadas. Novembro/23, novas tempestades alcançaram a região. Em maio/2024, o Estado viveu seu período mais letal em consequência de desastres climáticos. Foram 425 cidades afetadas, modificando a vida de 1,5 milhão de pessoas, com 374 pessoas feridas e 130 desaparecidas. (<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/05/09/desastres-rio-grande-do-sul-clima-chuvas-enchentes-mortes.htm> / Acesso em 09/10/24)

milhão de afetados. Quénia, Tanzânia, Somália, Etiópia, Uganda e o Burundi foram as nações mais agravadas. Na Somália, a estimativa é de que foram prejudicadas 225.760 pessoas e 38.730 tiveram que deixar suas residências. As fortes chuvas e inundações causaram a perda dos meios de subsistência, como gado, terras agrícolas e a destruição de pequenas empresas. (<https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2024-05/chuvas-na-africa-deixam-pelo-menos-473-mortos-e-16-milhao-de-afetados>. Acesso em 05/10/24)

A China foi atingida pelos eventos climáticos ao longo de 2023. Mais de 89 milhões de pessoas foram prejudicadas pelo clima extremo, sendo que 2,75 milhões tiveram que deixar suas casas, quase 500 pessoas morreram, outras estão desaparecidas. Entre os meses de janeiro a setembro/23 foram 35 chuvas extremas. Em determinadas regiões, as chuvas foram históricas, outras vivenciaram fortes ondas de calor e seca que transtornaram a produção agrícola. (<https://climainfo.org.br/2023/10/10/prejuizos-com-desastres-climaticos-na-china-somam-us-42-bilhoes-em-2023/> Acesso em 05/10/24)

O Canadá é outro país que sofre com as alterações climáticas. No ano de 2023, as mudanças no clima estão possibilitando que vegetação seca e árvores mortas se transformem em combustíveis de alto potencial inflamável para a ocorrência de incêndios, sendo que qualquer faísca acaba gerando incêndios de grandes proporções. Como consequência das mudanças climáticas, até agosto/23, já havia sido queimado 15,3 milhões de hectares, o dobro dos recordes anteriores, em todo o país. Os pesquisadores esclarecem que a neve é um instrumento natural para limitar o início e a extensão do fogo, mas como as temperaturas estão bem mais altas, o período de gelo advindo do frio intenso tem sido restrito. Até o mês de julho/23, em decorrência dos incêndios, 155.856 pessoas tiveram que abandonar suas casas, e a população indígena foi a mais prejudicada. (<https://www.oc.eco.br/mudancas-climaticas-pioraram-incendios-no-canada-diz-estudo/> Acesso em 07/10/24)

Diante das tragédias decorrentes do aquecimento global é possível perceber como a emergência climática afeta os direitos humanos e como interfere na justiça climática, pois, sem sombra de dúvida, os que mais sofrem são os mais vulneráveis – são os mais pobres e recuperar ou repor o seu *status quo* é bem mais difícil, tanto a nível de nação como a nível individual. Com certeza, há uma movimentação solidária nesse processo de reparação, mas esta é apenas uma parte, pois muito deve ser feito também em um processo individual e solitário. Por isso, a conscientização do cidadão antes citada mostra-se importante, especialmente para que ele se situe nesse cenário, não apenas como aquele que sofre das consequências, como também aquele que deve atuar antes, para prevenir, e depois, para reconstruir.

Desse modo, o Brasil não pode interromper a sua transição energética que vem crescendo, como citado acima. Outrossim, há muito campo para desenvolver. Todas as três fontes renováveis que estão à frente no Brasil, ainda podem propagar mais, a eólica tem apenas 14,8% expandida, a fonte de energia decorrente de biomassa se apresenta com 8,4%, ou seja, tem-se um campo vastíssimo para evoluir na transição energética brasileira.<sup>5</sup>

As fontes limpas e renováveis precisam ser desenvolvidas, mas não se pode descuidar de uma regulamentação que mantenha o desenvolvimento econômico de um país e assegure a proteção ambiental, climática, como também proteger o ser humano. A transição energética possibilitará uma variedade de fontes de energia para a população, uma renovação da indústria do país e consequentemente o aquecimento na economia. Além disso, permitirá que se desenvolva atividades de baixo carbono, importantíssimo para a proteção climática.

Todavia, a realidade demonstra que as medidas tomadas até agora pelos países não estão surtindo o efeito necessário, sendo necessário limitar ainda mais as atividades humanas que emitem os gases efeito estufa:

[...] A Organização Meteorológica Mundial (OMM) confirmou oficialmente que 2023 é o ano mais quente já registrado, por uma margem enorme. A temperatura média anual global aproximou-se de 1,5° Celsius acima dos níveis pré-industriais – um valor simbólico porque o Acordo de Paris sobre as alterações climáticas visa limitar o aumento da temperatura a longo prazo (uma média para décadas e não para um ano individual como 2023) para não mais do que 1,5° Celsius acima dos níveis da era pré-industrial.

Os seis principais conjuntos de dados internacionais utilizados para monitorar as temperaturas globais, consolidados pela OMM, mostram que a temperatura global média anual foi  $1,45 \pm 0,12$  °C acima dos níveis pré-industriais (1850-1900) em 2023. As temperaturas globais em todos os meses entre junho e dezembro estabeleceram novos recordes mensais. Julho e agosto foram os dois meses mais quentes já registrados.<sup>6</sup>

Em uma época em que o capitalismo é o regente, seguir a ciência é um obstáculo ao lucro, ao crescimento econômico de um país. Contudo, talvez o grande problema é que muitos ainda não acreditam que as mudanças climáticas possam interferir não apenas na economia, mas na vida na Terra. Mas, não é por falta de informação.

Em termos de Brasil, no que diz respeito à transição energética, a nação brasileira tem enorme potencial em energias renováveis e limpas. A energia eólica tem um campo imenso para ser desenvolvida, será mais barata, aquecerá as finanças do país. Todavia, ela não é a única, a solar também

<sup>5</sup> Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alcanca-200-gw>. Acesso em 20/06/2024.

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.ethos.org.br/cedoc/onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global/> Acesso em 11/05/24.

é uma área a ser desenvolvida, os biocombustíveis poderão contribuir e muito para o desenvolvimento nacional, dentre eles, encontra-se o biogás, objeto a ser estudado no subitem subsequente.

## 2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS

Os combustíveis fósseis são muito usados na sociedade mundial e para um planeta que está sofrendo com as mudanças climáticas que decorrem, em uma boa parte, deles, faz-se necessário realizar a transição energética, reduzindo-se o uso do petróleo, carvão, gás natural.

As energias renováveis são assim denominadas porque surgem de processos naturais e estão, continuamente, sendo oferecidos pela própria natureza, como a água, o sol, o vento. Assim, em termos de energias renováveis, podem ser citadas: a eólica, a hidrelétrica, os biocombustíveis, entre outros. Já os combustíveis fósseis são limitados, ou seja, a sua oferta tem um limite e não se renova ao longo do tempo.

Os biocombustíveis são derivados da biomassa, como os vegetais e animais, sendo considerados fonte renovável e limpa de energia. São considerados menos poluentes, pois quando a matéria-prima é vegetal, a própria planta consome o carbono emitido:

[...] A biomassa, quando queimada, libera dióxido de carbono, que por sua vez é prontamente absorvida pelas plantas – a fonte de biomassa. Através desse ciclo, as plantas removem o carbono da atmosfera, e o carbono é lançado de volta para a atmosfera quando as plantas são queimadas. Esse equilíbrio neutraliza o carbono da biomassa<sup>7</sup>.

As plantas, a própria plantação que depois será utilizada para a produção de biocombustíveis faz o papel de sumidouro, retira o carbono da atmosfera e reduz a carbonização.

Por outro lado, há quem faça críticas aos biocombustíveis, já que, em alguns casos, têm como matéria-prima os produtos agrícolas, como a cana de açúcar e o milho, o que pode gerar insegurança alimentar, na opinião de alguns estudiosos. Mas pesquisas continuam sendo desenvolvidas a fim de descobrir novas opções que não utilizem como insumo produtos alimentícios.

O etanol e o biodiesel são os biocombustíveis mais usados no mundo. Especificamente sobre o etanol, a sua maior produção é dos Estados Unidos com 54,9%, sendo o Brasil o segundo maior produtor, com 27,5% do volume global em 202<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.betalabservices.com/portugues/biocombustiveis/sobre-biocombustiveis.html#:~:text=Biocombust%C3%ADveis%20e%20CO2%20neutro%20de%20carbono&text=A%20biomassa%20quando%20queimada%20libera,quando%20as%20plantas%20s%C3%A3o%20queimadas.> Acesso em 17/05/2024

<sup>8</sup> VIDAL, Maria de Fátima. Caderno Setorial Etene. **Biocombustíveis: biodiesel e etanol.** [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1409/3/2022\\_CDS\\_237.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1409/3/2022_CDS_237.pdf). Acesso em 18/05/24).

## 2.3 O BIOGÁS

O biogás é um biocombustível que se forma com a mistura gasosa, principalmente do Metano ( $\text{CH}_4$ ) e do Gás Carbônico/ Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), mas contém também hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), Oxigênio ( $\text{O}_2$ ), Azoto ( $\text{N}_2$ ), Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Gás Sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), Monóxido de Carbono ( $\text{CO}$ ) e Água ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Em sua composição química tem-se 50 a 75% (por cento) de Metano, 20 a 40% de Dióxido de Carbono, 1 a 3% de Hidrogênio, 0,5 a 2,5% de Azoto, 0,1 a 1% de Oxigênio de Monóxido de Carbono, 0,1 a 0,5% de Gás Sulfídrico e Amoníaco, e a porcentagem em água é variável.<sup>9</sup>

Surge quando ocorre a decomposição anaeróbica (sem oxigênio) de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, residenciais, fezes de animais, restos de comida, lodo de esgoto, por exemplo.

[...] O biogás é um tipo de biocombustível produzido a partir da decomposição de materiais orgânicos (de origem vegetal ou animal), que são decompostos, produzindo uma mistura de gases, cuja maior parte é composta de metano.

Por sua vez, o metano é um gás combustível, que pode ser aproveitado para geração de energia térmica, elétrica e como combustível veicular.

Uma vez que a decomposição da matéria orgânica precisa ocorrer em ambientes sem oxigênio, o processo de formação do biogás é também conhecido por “digestão anaeróbica”.<sup>10</sup>

Esse processo se dá com a “quebra”, a desintegração da matéria vegetal ou animal feita por micro-organismos, que, por serem anaeróbios ou anaeróbicos, para viverem e crescerem não precisam de oxigênio. Para se obter esse biocombustível, será necessário o uso, em regra, de aparelhos denominados biodigestores, que controlarão o processo para a obtenção e tratamento dessa energia renovável.

A decomposição anaeróbica de matéria orgânica sempre ocorreu, desde os primórdios. Mas, apenas no final do século XIX e início do século XX a técnica para produzir biogás começou a ser explorada. Tommy Karlsson et al. relatam que os primeiros países a produzir o biogás e a utilizá-lo como fonte de energia para iluminação e preparo de alimentos foram a China e a Índia. A matéria orgânica utilizada eram restos de comida e dejetos. Somente na segunda metade da década de 1900, eles começaram a utilizar como matéria-prima o lodo de esgoto. Mas, no início, o objetivo era apenas reduzir a quantidade de lodo e não utilizar o biogás gerado. Esta finalidade foi alterada com a crise do petróleo em 1970 e o preço do barril aumentou, de forma que este biocombustível fosse objeto de pesquisas e passou a ser produzido (KARLSSON; KONRAD; LUMI et.al., 2014, p. 8-9).

<sup>9</sup> Zank, J. C. C., Brandt, L. S., Bezerra, R. C., & Pereira, E. N. (2020). As características do biogás e avaliação de substituição de combustíveis. *Exacta*, 18(3), p. 502-516, jul./set. 2020. P. 6.

<sup>10</sup> Disponível em: <https://cibiogas.org/blog/o-que-e-biogas/#:~:text=O%20biog%C3%A1s%20%C3%A9%20um%20tipo,parte%20%C3%A9%20composta%20de%20metano.> Acesso em 18/05/2024

Apesar de ser o petróleo uma riqueza ambicionada no mundo todo, ele é um combustível não renovável, e que ao longo da História, o preço do barril aumentou consideravelmente. Esses dois motivos possibilitaram a dedicação dos países em novas opções de energia e neste período de crise climática, a transição energética está se desenvolvendo. Sendo assim, ao longo dos anos, o biogás foi maior explorado e agora, em decorrência das mudanças climáticas, surge como opção<sup>11</sup>.

Destaca-se que, em várias cidades ainda se mantêm os “lixões” a céu aberto, o que já deveria ter sido extinto<sup>12</sup>. Eles são nocivos ao meio ambiente, justamente porque os produtos descartados pela sociedade passam pelo processo de degradação de suas substâncias e os resíduos que surgem, como o chorume, não têm o tratamento e o descarte adequados. Além disso, neste processo anaeróbico, os gases emitidos (metano e gás carbônico) ao invés de serem aproveitados na produção de biogás, voltam para a atmosfera, contribuindo ainda mais para o efeito estufa:

[...] O Brasil ainda está longe da universalização do manejo ambientalmente adequado dos resíduos sólidos produzidos pela população, conforme estabelecido pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), e também não vai atingir a meta de erradicação dos lixões, determinada pela legislação para 2024. É o que aponta o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023, elaborado pela Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA). De acordo com o estudo, aproximadamente 33,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos tiveram destinação inadequada em 2022. Esse montante representa quase 40% de todo o lixo gerado no país – o equivalente a 11.362 piscinas olímpicas de lixo compactado ou 233 estádios do Maracanã lotados – que vão parar em lixões a céu aberto, valas, terrenos baldios e córregos urbanos, ameaçando a saúde pública e o meio ambiente.

Segundo o estudo, desse total, 27,9 milhões de toneladas foram enviadas para os mais de 3 mil lixões que ainda existem no país, apesar da prática ser considerada ilegal. Outras 5,3 milhões de toneladas de lixo são incorretamente descartadas pela população que vive em áreas não

<sup>11</sup> Estes são conhecidos como os ODS, que são compromissos mundiais adotados durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o desenvolvimento sustentável que ocorreu em setembro de 2015 e para serem cumpridos até o ano de 2030. Quando alcançados, permitirão uma sociedade melhor, mais humana, já que a erradicação da pobreza é um desses objetivos- ODS1. Outro é a fome zero e a agricultura sustentável- ODS2. O ODS3 é assegurar saúde e bem-estar a todos, dentre outros.

<sup>12</sup> A Lei nº 12.305/2010, art. 54 prevê prazo para a extinção dos lixões:

Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos: (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020)

I - até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais; (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

II - até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes; (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

III - até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

IV - até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 1º (VETADO). (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

§ 2º Nos casos em que a disposição de rejeitos em aterros sanitários for economicamente inviável, poderão ser adotadas outras soluções, observadas normas técnicas e operacionais estabelecidas pelo órgão competente, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

atendidas por nenhum tipo de serviço de coleta. O número representa 7% de todo lixo produzido no país<sup>13</sup>.

Ao se descartar os resíduos produzidos pela sociedade é preciso encaminhá-los para o local adequado, os aterros sanitários que são criados dentro da técnica da engenharia, protegendo adequadamente o solo e realizando a coleta dos gases produzidos<sup>14</sup>.

Portanto, ao se falar de biogás, fala-se de um procedimento controlado por meio de instrumentos que darão finalidade útil a estes gases. Como já mencionado anteriormente, o biogás bruto é constituído por uma mistura de gás metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principalmente. A composição desse biocombustível dependerá da matéria orgânica utilizada, dos micro-organismos que atuam na decomposição da matéria e outros fatores como a temperatura.

Do processo de digestão anaeróbica de materiais orgânicos, sejam eles animais, vegetais, lodo de esgoto, entre outros, de forma controlada, obtém-se biogás e biofertilizantes. Mas, sendo aquele purificado, isto é, continuando o processo químico, extrai-se o biometano.

O biogás pode ser usado como geração de energia elétrica, por meio da queima em motogeradores, na fabricação de biometano, retirando-se o gás carbônico e dos resíduos, obtém-se biofertilizante. Já o biometano poderá ser utilizado como combustível de veículos.<sup>15</sup>

Por sua vez, a população brasileira vem crescendo e, com ela, a quantidade de resíduos. No censo de 2022, constatou-se que o número de habitantes totalizava 203.080.756 (duzentos e três milhões oitenta mil setecentos e cinquenta e seis) de pessoas residindo no Brasil<sup>16</sup>. E no mesmo ano, foram gerados no Brasil 77,1 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, o que equivale a mais de 211 mil toneladas de resíduos formados diariamente pela população<sup>17</sup>.

A Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente – ABREMA apresentou um estudo denominado ‘Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil’, em 2023, em que se constata que

<sup>13</sup> Disponível em: [<sup>14</sup> Disponível em: \[<sup>15</sup> Disponível em:\]\(https://conectaverde.com.br/estudo-da-abrema-aponta-que-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-ainda-tem-descarte-irregular-no-brasil/#:~:text=Segundo%20o%20estudo%20desse%20total,da%20pr%C3%A1tica%20ser%20considerada%20ilegal. Acesso em 20/05/2024\)</a></p></div><div data-bbox=\)](https://conectaverde.com.br/estudo-da-abrema-aponta-que-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-ainda-tem-descarte-irregular-no-brasil/#:~:text=Segundo%20o%20estudo%20desse%20total,da%20pr%C3%A1tica%20ser%20considerada%20ilegal. Acesso em 20/05/2024)</a></p></div><div data-bbox=)

[<sup>16</sup> Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> Acesso em 03/06/24\).](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas#:~:text=Para%20uso%20pr%C3%B3prio%2C%20especialmente%20nas,a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20t%C3%A9rmica. Acesso em 25/05/2024)</a></p></div><div data-bbox=)

<sup>17</sup> Disponível em: [REVISTA ARACÊ, São José dos Pinhais, v.7, n.7, p. 36287-36303, 2025](https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/brasil-descarta-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-de-forma-irregular/#:~:text=O%20Panorama%20dos%20Res%C3%A3os%20duos%20S%C3%A3o%20B3lidos%20no%20Brasil%202023%20apresenta%20a,toneladas%20de%20res%C3%A3os%20duos%20s%C3%A3o%20B3lidos%20urbanos. Acesso em 03/06/2024.</a></p></div><div data-bbox=)

aproximadamente 33,3 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos tiveram destinação inadequada em 2022. Desse total, 27,9 milhões de toneladas foram destinadas para os mais de três mil lixões que ainda existem no País, o que não é considerado uma prática legal. E 5,3 milhões de toneladas de lixo são descartados sem critério pela população que vive em áreas não atendidas por nenhum tipo de serviço de coleta.<sup>18</sup>.

O descarte de resíduos sólidos ocorrer dessa forma é um desperdício, pois se fossem direcionados a ambientes propícios para o manejo do biogás em procedimento controlado, ter-se-ia um aumento na obtenção desse biocombustível, bem como se ocorrer a sua purificação, do biometano, além de controlar os dejetos decorrentes da decomposição do lixo, contribuindo para que o meio ambiente, o clima e a saúde pública fossem protegidos.

Dados apresentados em 2023 sobre o aproveitamento do biogás mostram um panorama animador, pois o Brasil está produzindo 4,6 bilhões de metros cúbicos de biogás por ano, que poderia abastecer 40.000 ônibus, caso fosse esta energia transformada em combustível. Mas, isso é o início, pois o potencial previsto é de uma produção de 84 bilhões de metros cúbicos por ano.<sup>19</sup>

Constata-se, assim, que o uso do biogás traz inúmeros benefícios para a sociedade, além de contribuir para a redução de emissões de gases de efeito estufa.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo vivencia uma crise climática que exige alternativas para resolvê-la. Pelo que já foi exposto, nota-se que o homem e a sua ambição desmedida, traduzido pelo capitalismo sem limites, é o grande responsável pelo aquecimento global que coloca em risco a vida na Terra.

Os estudiosos alertam que os hábitos de produção e consumo precisam ser modificados, e que a queima de combustíveis fósseis é um grande emissor de gases de efeito estufa. Sendo assim, a transição energética é inegável como também inevitável. É preciso realizá-la e reduzir o uso de petróleo e gás natural.

Os biocombustíveis surgem nessa nova fase da sociedade como um caminho a ser trilhado, pois permitirão a realização da transição energética e não apenas com uma única opção. Na matriz de biocombustíveis tem-se o etanol, o biodiesel, o biogás e este purificado, obtém-se o biometano. O biogás é uma de suas espécies, é uma fonte de energia renovável e limpa.

<sup>18</sup> Disponível em: <https://conectaverde.com.br/estudo-da-abrema-aponta-que-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-ainda-tem-descarte-irregular-no-brasil/> Acesso em 04/06/2024)

<sup>19</sup> Disponível em: <https://biogasebiometano.com.br/producao-de-biogas-no-brasil-poderia-abastecer-40-mil-onibus-por-ano/#:~:text=O%20relat%C3%BDrio%20produzido%20pelo%20CIBiog%C3%A1s,32%25%20com%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202022.> Acesso em 04/06/2024

Esta fonte de energia tem potencial para contribuir no enfrentamento das mudanças climáticas, já que colabora para a descarbonização. Possui um aspecto extremamente útil a sociedade, pois ao produzi-lo, utiliza-se como sua biomassa um passivo ambiental, formado por resíduos sólidos decorrentes de matéria orgânica. Na produção do biogás, utiliza-se do lixo produzido pela sociedade, ocorrendo a quebra da matéria orgânica de forma controlada, retirando neste processo gases como o gás carbônico e gás metano, retirando os mesmos da atmosfera, evitando-se assim, que ocorra a emissão de gases de efeito estufa que geram o aquecimento global.

Assim, na sua produção, elimina-se um passivo ambiental que não apenas afeta o meio ambiente como também a saúde da população. Além disso, impossibilita que esses gases retornem a atmosfera, aquecendo ainda mais o planeta. Somado a isso, gera mais uma fonte de energia renovável e limpa.

Considerando a importância do biogás para a produção de energia a ser utilizada na área rural e na urbana e com o intuito de ser instrumento importante no enfrentamento do aquecimento global antrópico e a busca por um desenvolvimento sustentável, é evidente a necessidade de investimentos para produção e popularização, bem como de uma legislação federal sobre esta fonte energética.

Todavia, é preciso um conjunto de ações do Estado e da sociedade para o desenvolvimento deste biocombustível e para torná-lo instrumento fundamental para enfrentar a crise climática, dentre elas uma Política Nacional de Biogás no Brasil, políticas públicas de investimento, isenções tributárias para seus produtores e consumidores, tornando esta fonte energética popular e mais interessante aos olhos da sociedade.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, Nery dos Santos; BORGES, Alexandre Walmott; SQUEFF, Tatiana de Almeida F. R. C. Biocombustíveis e a política de transição energética no Brasil: contribuições, limites e possibilidades diante da necessidade de justiça climática no Capitaloceno. *Revista Concilium*, v. 24, n. 2, p. 338-361, jan. 2024.

CATAIA, Márcio; DUARTE, Luciano. Território e energia: crítica da transição energética. *Revista da Anpege*, v. 18, n. 36, p. 767, 2022. Disponível em: [inserir URL, se disponível]. Acesso em: 30 abr. 2024.

KARLSSON, Tommy; KONRAD, Odorico; LUMI, Marluce et al. *Manual Básico de Biogás*. Lajeado: Editora da Univates, 2014.

RIBEIRO, Marilda Rosado de Sá; VOLPON, Fernanda Torres. Transição energética, justiça geracional e mudanças climáticas: o papel dos fósseis e a economia de baixo carbono. In: COSTA, Hirdan Katarina de Medeiros (coord.). *A transição energética: uma abordagem multifacetada*. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2020. p. 11-34.

VIDAL, Maria de Fátima. Caderno Setorial Etene. Biocombustíveis: biodiesel e etanol. [S.l.]: Banco do Nordeste, 2022. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1409/3/2022\\_CDS\\_237.pdf](https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1409/3/2022_CDS_237.pdf). Acesso em: 18 maio 2024.

AGÊNCIA BRASIL. Chuvas na África deixam pelo menos 473 mortos e 1,6 milhão de afetados. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2024-05/chuvas-na-africa-deixam-pelo-menos-473-mortos-e-16-milhao-de-afetados>. Acesso em: 5 out. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Matriz elétrica brasileira alcança 200 GW. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alcanca-200-gw>. Acesso em: 20 jun. 2024.

BETALAB SERVICES. Biocombustíveis: sobre biocombustíveis. Disponível em: <https://www.betalabservices.com/portugues/biocombustiveis/sobre-biocombustiveis.html>. Acesso em: 17 maio 2024.

BNDES. Biogás. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas>. Acesso em: 25 maio 2024.

CIBIOGÁS. O que é biogás? Disponível em: <https://cibiogas.org/blog/o-que-e-biogas/>. Acesso em: 18 maio 2024.

CICLOVIVO. Brasil descarta 33 milhões de toneladas de lixo de forma irregular. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/brasil-descarta-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-de-forma-irregular/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

CLIMAINFO. Prejuízos com desastres climáticos na China somam US\$ 42 bilhões em 2023. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2023/10/10/prejuizos-com-desastres-climaticos-na-china-somam-us-42-bilhoes-em-2023/>. Acesso em: 5 out. 2024.

**CONECTA VERDE.** Estudo da ABREMA aponta que 33 milhões de toneladas de lixo ainda tem descarte irregular no Brasil. Disponível em: <https://conectaverde.com.br/estudo-da-abrema-aponta-que-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-ainda-tem-descarte-irregular-no-brasil/>. Acesso em: 4 jun. 2024.

**CONECTA VERDE.** Estudo da ABREMA aponta que 33 milhões de toneladas de lixo ainda tem descarte irregular no Brasil. Disponível em: <https://conectaverde.com.br/estudo-da-abrema-aponta-que-33-milhoes-de-toneladas-de-lixo-ainda-tem-descarte-irregular-no-brasil/>. Acesso em: 20 maio 2024.

**ETHOS.** ONU confirma que 2023 bate recorde de temperatura global. Disponível em: <https://www.ethos.org.br/cedoc/onu-confirma-que-2023-bate-recorde-de-temperatura-global/>. Acesso em: 11 maio 2024.

**IBGE.** Censo 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 3 jun. 2024.

**NOTÍCIAS UOL.** Desastres no Rio Grande do Sul: clima, chuvas, enchentes, mortes. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/05/09/desastres-rio-grande-do-sul-clima-chuvas-enchentes-mortes.htm>. Acesso em: 9 out. 2024.

**OBSERVATÓRIO DO CLIMA.** Mudanças climáticas pioraram incêndios no Canadá, diz estudo. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/mudancas-climaticas-pioraram-incendios-no-canada-diz-estudo/>. Acesso em: 7 out. 2024.

**BIOGÁS E BIOMETANO.** Produção de biogás no Brasil poderia abastecer 40 mil ônibus por ano. Disponível em: <https://biogasebiometano.com.br/producao-de-biogas-no-brasil-poderia-abastecer-40-mil-onibus-por-ano/>. Acesso em: 4 jun. 2024.