

textos para discussão

159

janeiro de 2024

A hora do biometano no Brasil

Cássio Adriano Nunes Teixeira

Ricardo Cunha da Costa

André Pompeo do Amaral Mendes

Marco Aurélio Ramalho Rocio

textos para discussão

159

janeiro de 2024

A hora do biometano no Brasil

Cássio Adriano Nunes Teixeira

Ricardo Cunha da Costa

André Pompeo do Amaral Mendes

Marco Aurélio Ramalho Rocio

O presente artigo é de exclusiva responsabilidade dos autores, não refletindo, necessariamente, a opinião do BNDES.

Resumo

O aproveitamento do biometano, também denominado gás natural renovável (GNR), é cada vez mais visto como essencial para o combate às emissões de gases de efeito estufa (GEE). Como resultado, observa-se, em várias partes do mundo, uma onda vigorosa de investimentos para seu aproveitamento. Esse movimento também é observado no Brasil, que detém um grande potencial de produção, de modo que é esperado que o país esteja entre os cinco maiores produtores nos próximos anos.

Palavras-chave: Biometano. Gás natural renovável (GNR). Transição energética. Economia circular.

Abstract

Use of biomethane, also called renewable natural gas (RNG), is increasingly seen as essential to avoiding greenhouse gas emissions. Hence, we can currently see a wave of investment worldwide to take advantage of it. This movement is also observed in Brazil, whose production potential is huge, and the country is expected to be among the five largest RGN world producers in the coming years.

Keywords: *Biomethane. Renewable natural gas (RNG). Energy transition. Circular economy.*

Sumário

1. Introdução.....	9
2. A importância do aproveitamento do biometano para a redução de emissões	10
3. Biometano: panorama mundial	14
4. Biometano: panorama brasileiro	19
5. Tecnologias para produção de biometano e uma ideia sobre custos.....	21
6. A regulamentação brasileira	25
7. Oportunidades, barreiras e propostas para o desenvolvimento do mercado de biometano no Brasil	27
7.1 Oportunidades e vantagens para o desenvolvimento de projetos de biometano	27
7.2 Identificação de barreiras e entraves para difusão do biogás/biometano	28
7.3 Propostas para implementação de políticas públicas e ajustes regulatórios em favor do biogás/biometano	29
8. Considerações finais	30
Referências	31

1. Introdução

Diversas fontes energéticas de baixo teor de carbono tornaram-se imprescindíveis para o alcance da meta de emissões líquidas zeradas até 2050. Além do imenso desafio que é tornar sustentável ambientalmente o atual nível de produção de energia, estima-se que a quantidade de energia demandada pela humanidade crescerá. Já se sabe ser insuficiente, para o alcance da meta, contar apenas com crescimento da produção das fontes renováveis, com maior ganho possível em eficiência energética e com maior eletrificação dos diversos setores da economia. Nesse contexto, torna-se evidente a importância de alternativas como tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS), uso do hidrogênio como energético, desenvolvimento de combustíveis sintéticos e, objeto deste estudo, potencialização do uso do biometano, visto pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês) como um combustível gasoso que contribuirá consideravelmente para a transição energética até 2040 (IEA, 2020a).

Em 2018, o biometano respondeu apenas por 0,035% das fontes de energia primária na matriz mundial (IEA, 2020a, 2020b). No entanto, nos últimos anos, embora essa participação ainda seja modesta, vem sendo observado um aumento acentuado do volume produzido mundialmente, sobretudo por causa da agenda de combate ao aquecimento global, lastreada na contenção das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em 2021, a participação do biometano como fonte de energia primária cresceu 43%, atingindo 0,050% de participação na matriz energética (IEA, 2022). Em 2022, um incremento de 12% a levou a 0,056%. A IEA prevê uma taxa anual de crescimento do consumo do biometano de 13% para o período entre 2022 e 2030; e de 11%, entre 2022 e 2050, em seu *stated policies scenario* (STEPS).¹ Já no cenário *net zero emissions by 2050* (NZE),² o crescimento anual projetado ficaria em 42%, entre 2022 e 2030, e 13%, entre 2022 e 2050 (IEA, 2023b).

O crescente destaque para o biometano decorre, pelo menos, de duas considerações: a primeira se refere à necessidade de conter as emissões antropogênicas de metano, um poderoso agente do efeito estufa. A segunda, por se tratar de uma fonte energética cuja produção, em muitos casos, viabiliza emissões negativas, o que se tornou fundamental na complexa contabilidade da transição energética por ser alternativa de compensação de emissões em setores sabidamente de difícil abatimento, que não conseguirão, portanto, zerar suas emissões líquidas até 2050.

Como a molécula do que passou a ser chamado de biometano é a própria molécula do metano, CH₄, o componente predominante no gás natural, o biometano tem a grande vantagem de poder ser injetado na rede de gás natural, sendo distribuído

1 No cenário STEPS é considerada uma evolução da produção e utilização das diversas fontes de energia segundo as políticas já implementadas em todo mundo (IEA, 2022).

2 No cenário NZE, considera-se a utilização tempestiva de todos os recursos (inclusive tecnológicos ainda não desenvolvidos atualmente) necessários para o alcance da estabilização do aquecimento médio global em 1,5°C, *pari passu* à universalização do uso das modernas fontes energéticas até 2030 (IEA, 2022).

por meio da infraestrutura atual e consumido nas mais diversas aplicações que já utilizam o gás natural (como combustível veicular, industrial e para termelétricas), tratando-se de um energético *drop-in*. Pode-se afirmar, portanto, que há sinergia e interdependência direta entre a produção do biometano e a infraestrutura de gás natural. Se, por um lado, o uso do biometano pode aproveitar a rede de gasodutos e ramais preexistente, por outro, a expansão de seu uso adiciona sustentabilidade ambiental à infraestrutura do setor de gás natural, tornando-a mais compatível com um futuro de baixas emissões.

Nas próximas seções, busca-se apresentar uma visão geral, embora resumida, de diversos aspectos relacionados ao biometano, como a importância de seu aproveitamento para combater as emissões de GEE, na seção 2; um panorama sobre sua produção e utilização no mundo, na seção 3; e no Brasil, seção 4. Na seção seguinte, são apresentadas algumas das principais tecnologias utilizadas em sua produção. Na seção 6, há uma breve revisão da regulamentação brasileira relacionada ao assunto. Na seção 7, são apresentadas oportunidades, barreiras e propostas para o desenvolvimento do mercado brasileiro de biometano. Em seguida, estão registradas as considerações finais.

2. A importância do aproveitamento do biometano para a redução de emissões

O biometano é um gás obtido a partir da purificação do biogás que resulta da decomposição anaeróbica de matéria orgânica. O biogás é uma mistura de metano (CH_4), numa proporção entre 45% e 75%, e dióxido de carbono (CO_2), entre 25% e 40%, existindo ainda um percentual residual de outros componentes, como sulfeto de hidrogênio (H_2S), vapor d'água, oxigênio, nitrogênio e componentes orgânicos. A obtenção do biometano se dá, na maior parte das vezes, a partir de um processo de purificação do biogás, que retira os demais componentes até se obter um gás com concentração de metano acima de 90%.³

O biogás pode ser gerado naturalmente no meio ambiente. Por exemplo, a expressão “gás do pântano” dá conta de uma mistura gasosa que ocorre espontaneamente nas áreas alagadiças e pantanosas (daí a expressão) como resultado da ação de bactérias metanogênicas, em condições anaeróbicas, sobre a vegetação morta. Esse processo também ocorre nos lagos e reservatórios das hidrelétricas. De fato, atendidas condições bastante comuns no meio ambiente, com temperaturas adequadas e a existência de microrganismos metanogênicos, ocorrerá a produção do biogás sempre que houver decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos.

³ A exigência de uma concentração de metano acima de 90% no biometano, entre outros parâmetros de especificação, está regulamentada nas Resoluções ANP 886, de 29 de setembro de 2022, e 906, de 18 de novembro de 2022 (ANP, 2022a, 2022b).

Um grande problema ambiental relacionado ao biogás gerado espontaneamente é que o metano, seu principal componente, é um agente do efeito estufa 28 vezes mais potente que o CO₂ (Tabela 1). Com o advento da vida moderna, além das emissões derivadas da utilização de combustíveis fósseis, cresceram tremendamente as fontes antropogênicas de emissões de metano do biogás, gerado em decorrência da produção massiva de resíduos orgânicos urbanos, industriais e da atividade agropecuária.

Assim, na confluência de dois grandes problemas da vida moderna – a enorme produção de resíduos orgânicos não tratados, nos centros urbanos e no campo, e a massiva emissão de gases de efeito estufa, o biometano passa a ganhar cada vez mais importância por contribuir efetivamente para minorá-los, além de ser um energético renovável com infraestrutura de distribuição e utilização já existente em vários países.

Não por outra razão, em seu *sustainable development scenario* (SDS),⁴ um cenário menos restritivo que o NZE, a IEA (2020a) projeta que, se todos os compromissos já anunciados pelos países forem cumpridos integralmente, a crescente utilização do biometano evitaria, apenas no ano 2040, a emissão de 1 bilhão de toneladas de GEE, em decorrência tanto do aproveitamento do metano, que seria emitido caso a matéria orgânica se decompusesse sem tratamento na natureza, quanto da substituição do gás natural por biometano.

O incremento do volume de biometano produzido vem se acelerando nos últimos anos. Por exemplo, o conflito entre Rússia e Ucrânia, com suas conhecidas consequências sobre o fornecimento de gás natural para a Europa, apenas potencializou um processo que já ganhara mais impulso na COP26, em novembro de 2021, em Glasgow, na Escócia, com o lançamento da iniciativa The Global Methane Pledge. Liderada pelos Estados Unidos e pela União Europeia, tal iniciativa contou inicialmente com a assinatura de 122 países, responsáveis por 45% das emissões de metano antropogênicas. A iniciativa busca evitar as emissões mundiais de metano, com a meta de reduzi-las em 30% até 2030. Signatário dessa iniciativa, o Brasil instituiu, em março de 2022, seu Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano – Metano Zero. A complementaridade existente entre a meta de redução das emissões de metano e o aumento da produção de biometano está bem caracterizada na declaração dos objetivos estratégicos desse programa brasileiro: “[promover] a redução das emissões de metano; e o uso sustentável de biogás e biometano como fontes renováveis de energia e combustível” (Brasil, 2022b, art. 3º, incisos I e II).

O cômputo das emissões de GEE e, conseqüentemente, as metas de redução das emissões valem-se do chamado carbono equivalente como unidade (CO₂ equivalente, abreviado como CO₂e). Trata-se de uma unidade conveniente para mensuração e comparação do impacto produzido pelos diversos gases que causam o efeito estufa.

4 Esse cenário não vem sendo utilizado nas publicações mais recentes da IEA, de certo modo sendo substituído pelo cenário NZE. O cenário SDS considerava atendimento integral a todos os acordos mundiais para contenção do aquecimento global, melhoria da qualidade do ar e garantia de acesso universal às formas modernas de energia (IEA, 2020a).

A metodologia de cálculo das emissões vem sendo estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU), por meio do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, do acrônimo em inglês), e orienta o cálculo das emissões nos países signatários dos acordos climáticos. Por exemplo, a meta brasileira de redução das emissões estabelecida no Acordo de Paris segue a metodologia GWP-AR5, definida no quinto relatório do IPCC – *assessment report 5* (AR5) –, que considera o potencial de aquecimento global em cem anos – *global warming potential* (GWP). Na Tabela 1, estão registrados os gases de efeito estufa considerados.

Tabela 1. AR5 – equivalência de emissão dos diversos gases causadores do efeito estufa

	Gás	Emissão CO ₂ e
CO ₂	Dióxido de carbono	1
CH ₄	Metano	28
N ₂ O	Óxido nitroso	265
HFC-23	Hidrofluorcarboneto 23	12.400
HFC-32	Difluorometano	677
HFC-125	Pentafluoretano	3.170
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃ – Tetrafluoroetano	1.300
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ – Trifluoroetano	4.800
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ – Difluoroetano	138
CF ₄	Tetrafluorometano	6.630
C ₂ F ₆	Hexafluoroetano	11.100
SF ₆	Hexafluoreto de enxofre	23.500

Fonte: Elaboração própria, com base em SEEG (2022).

Como se observa, o efeito produzido pela emissão de uma quantidade qualquer de metano equivale à emissão de 28 vezes essa quantidade em dióxido de carbono – a emissão de uma tonelada de CH₄ é tão danosa quanto a emissão de 28 toneladas de CO₂, ou, ainda, corresponde a 28 tCO₂e. Por isso, a utilização dos resíduos orgânicos derivados da atividade humana para a produção de biometano – que, de outra forma, decompostos na natureza resultariam em biogás e liberariam metano (além de CO₂) na atmosfera – proporciona redução das emissões.

A queima completa⁵ do metano obedece a equação (1), em que se vê produzida uma quantidade de CO₂ análoga à do metano queimado.



A mera instalação de dutos de captação de biogás e *flares* para sua queima em aterros para resíduos, portanto, já contribuiria para a redução das emissões, visto que cada tonelada de metano queimado substituiria a emissão de 28 tCO₂e por apenas uma tCO₂ – um efeito líquido de -27 tCO₂e, evitando-se a emissão de 27 tCO₂e. O ideal é que arranjos com a instalação de *flares* deveriam considerar, adicionalmente,

⁵ Usualmente, o processo de queima do metano não se dá completamente, gerando monóxido de carbono e/ou fuligem. A combustão completa do metano é altamente exotérmica. Ela libera 280 mil calorias por cada mol queimado.

tecnologias CCUS, que produziriam um balanço negativo de emissões (captura de CO₂), uma vez que o carbono da combustão do biometano incorre em um ciclo curto e resulta em emissões neutras, de acordo com a metodologia do IPCC (Wouters *et al.*, 2020).

A queima do biogás emite outros poluentes, como óxidos de nitrogênio (NO_x) e material particulado fino, bastante prejudiciais à saúde humana e ao ecossistema, de modo que a purificação do biogás para obtenção do biometano garante maior sustentabilidade ambiental, evitando, também, a emissão desses outros poluentes tóxicos. Outro ponto relevante é que as tecnologias atuais de purificação do biogás garantem a obtenção de frações ricas em metano praticamente sem redução do conteúdo energético originalmente contido no biogás (Ravina; Genon, 2015).

A partir da determinação legal ora vigente no Brasil, que impõe a extinção dos lixões até 2024 (seção 6), é uma hipótese razoável crer que se disseminarão os aterros sanitários com arranjos em que o biogás produzido seja queimado. Contudo, mesmo sem considerar o ciclo de vida de produção do biometano, é possível inferir, ainda que de maneira pouco rigorosa, os efeitos nas emissões resultantes caso o biogás, em vez de queimado, fosse purificado em biometano e utilizado para substituir o gás natural.

Esse biometano, se usado em substituição ao gás natural veicular (GNV), por exemplo, resultaria em um balanço de emissões líquidas ainda mais negativo do que as 27 partes de emissões evitadas com a queima do biogás. Ao ser produzido, esse biometano evitaria a emissão de 28 vezes a quantidade de CO₂e, que ocorreria no caso de livre exalação do biogás na atmosfera. Somando as inevitáveis emissões envolvidas na produção do gás natural, a substituição do GNV por biometano produziria, portanto, um saldo líquido superior a 28 vezes mais CO₂e evitados. Considerando o uso do biometano para deslocar a queima de outros combustíveis fósseis, as emissões evitadas seriam maiores ainda, na medida em que a queima do metano é menos emissora que os demais combustíveis. Na Tabela 2, consta a comparação das emissões decorrentes da queima do gás natural, composto no mínimo por 85% de metano,⁶ e de outros combustíveis.

Tabela 2. Comparativo gás natural – emissão CO₂

GN comparado a:*	Redução na emissão de CO ₂ (%)
Carvão	44
Petróleo	27
Óleo combustível	33
Gasolina	26
Óleo <i>diesel</i>	27
GLP	17

Fonte: Elaboração própria, com base em EIA (*apud* Teixeira et al., 2021, p. 143).

* Comparação baseada na quantidade de emissão por unidade energética (kg de CO₂/MM BTU) de cada combustível.

6 A Resolução ANP 16, de 17 de junho de 2008, estabelece 85% como percentual mínimo de metano, no gás natural, exceto para a região Norte, para a qual é admitido um percentual mínimo de 68%. Diferentemente do biogás, cujos demais componentes são contaminantes, no gás natural, além do metano, existem outros componentes energéticos, como etano, propano e butano, o que torna compreensível a concentração mínima de metano exigida ser um pouco inferior à de 90% estabelecida para o biometano.

Outra possibilidade de obtenção de um balanço de emissões mais negativo ainda se daria com o uso do biometano e o emprego de tecnologias CCUS, por exemplo na geração termelétrica ou na geração de hidrogênio a partir da reforma a vapor do biometano.

Diferentemente do que se observa no cenário mundial, em que os setores de energia e indústria respondem por cerca de 80% das emissões, no Brasil, em 2022, 75% das emissões decorreram das mudanças de uso da terra, sobretudo do desmatamento, e da agropecuária. As emissões oriundas dos setores brasileiros de energia e indústria foram de 21% (Tsai *et al.*, 2023). No Brasil, as emissões de metano, entretanto, são muito significativas, o que enseja medidas para seu equacionamento. Sozinho, o Brasil responde por 5,5% das emissões de metano do planeta, embora no cômputo das emissões gerais de GEE nossa participação tenha sido de 3,1% em 2020 (Climate Watch, 2022). O setor agropecuário é o maior responsável pelas emissões de metano do país, 71,8% do total, 14,54 milhões de toneladas em 2020. Desse montante, 91,6%, 13,3 milhões de toneladas, resultam da fermentação entérica do rebanho bovino, popularmente conhecida como “arroto do boi”. O setor de resíduos é o segundo maior emissor de metano, responsável por 15,8% (3,17 MtCH₄) das emissões desse gás (Alencar *et al.*, 2022). A produção de biometano pode dar tratamento às emissões do setor de resíduos no Brasil se utilizar como matéria-prima resíduos sólidos urbanos (RSU), efluentes líquidos domésticos e industriais e resíduos agropecuários.

Cabe considerar que, embora o maior potencial de produção de biometano no Brasil seja encontrado no setor agropecuário, os projetos que apresentam maior viabilidade de implantação no curto e médio prazo são os do setor de saneamento e de RSU, devido às características de concentração regional e ao volume de matéria-prima que agregam (MCTI; Unido, 2021 *apud* Costa; Bacellar, 2022).

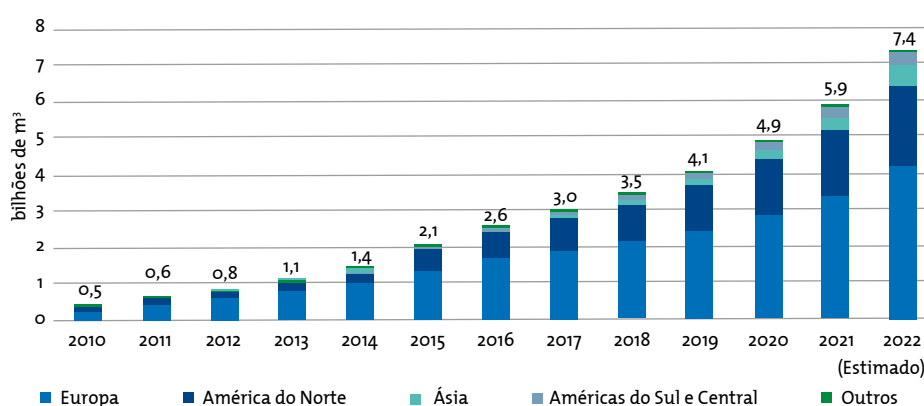
3. Biometano: panorama mundial

Em 2018, com a participação de apenas 0,035% na matriz energética primária mundial, foram consumidos 4,0 bilhões de m³ de biometano, equivalentes a 3,47 Mtoe.⁷ O potencial avaliado de produção nesse ano, desconsiderando as fontes de matéria-prima que poderiam competir por terras agricultáveis para produção de alimentos, seria de 730 Mtoe (6% da matriz energética primária, portanto). O volume de biometano produzido correspondeu a 0,1% da demanda mundial por gás natural. Se toda essa produção potencial do biometano fosse consumada, 20% da demanda mundial de gás natural poderia ter sido atendida com biometano em 2018 (IEA, 2020a).

⁷ Mtoe denota milhão de toneladas de óleo equivalente.

Embora a produção mundial ainda seja muito pequena, o interesse e os investimentos na produção de biometano têm crescido muito em diversos países (Gráfico 1),⁸ sobretudo pela possibilidade de prover energia limpa e renovável para uma variada gama de usuários finais, quando os países já dispõem de infraestrutura adequada para a distribuição de gás natural. De fato, recentemente, o biometano passou a ser considerado um dos componentes cruciais nas políticas de contenção do aquecimento global, como denotam os consideráveis incentivos à produção de biometano em programas como o Inflation Reduction Act estadunidense e o REPowerEU da União Europeia (Cedigaz, 2023b).

Gráfico 1. Produção global de biometano: 2010 a 2022



Fonte: Cedigaz (2023b).

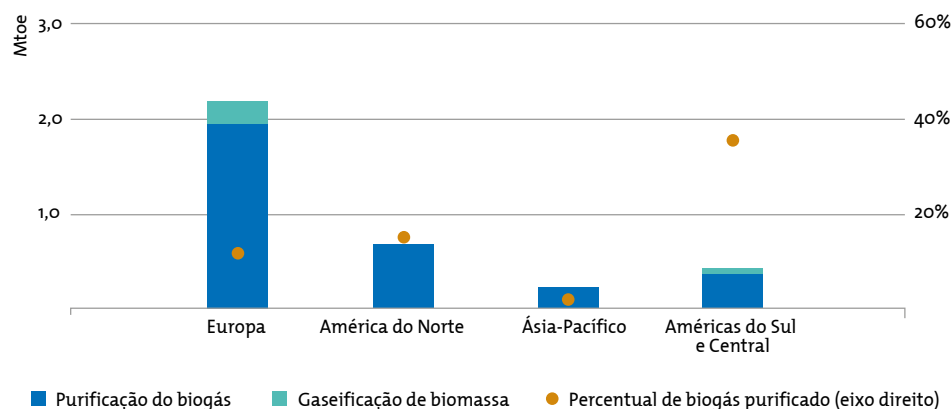
Há mais de uma década, a produção de biometano vem se expandindo acima dos 20% a cada ano. O maior volume produzido está concentrado na Europa e nos Estados Unidos, mas desde 2015 diversos outros países também vêm ampliando consideravelmente sua capacidade produtiva, com destaque para Brasil, China e Índia, que triplicaram sua produção desde então. A China anunciou plano para produção de 20 bilhões de m³/ano a partir de 2030 (quase cinco vezes o que foi produzido no mundo todo em 2021). A Índia se lançou no também ambicioso objetivo de construir 5 mil novas plantas e alcançar, já em 2024, uma capacidade produtiva de 21 bilhões de m³/ano. Já o Brasil, com o programa Metano Zero, a busca de novos esquemas para financiamento e isenção fiscal, bem como de mecanismos de certificação do biometano, visa alavancar o aproveitamento do gigantesco volume de biomassa e resíduos orgânicos de que dispõe (Cedigaz, 2022). É esperado um aumento mundial de pelo menos 65% na produção de biometano até 2026 (IEA, 2023a).

Embora não disponham de redes de distribuição de gás natural tão desenvolvidas, as instalações nas Américas do Sul e Central são as que percentualmente mais purificam o biogás, 35%, para obtenção do biometano, contra apenas 10% na

⁸ Em 2021, a participação do biometano na matriz energética primária mundial foi de 0,05%, com aproximadamente 6 bilhões de m³ consumidos, equivalentes a 5,23 Mtoe (IEA, 2022).

Europa e 15% na América do Norte (Gráfico 2). Os maiores produtores utilizam o biogás que produzem, sobremaneira, para a geração de eletricidade e calor.

Gráfico 2. Produção de biometano e o percentual do biogás purificado



Fonte: IEA (2020a).

O incremento na capacidade instalada de produção de biometano, observado nos últimos anos, é impulsionado pelos esforços de transição energética rumo à descarbonização da economia, sobretudo nos setores conhecidos como de difícil abatimento das emissões e nos países que já dispõem de vasta rede de distribuição de gás natural. Um número crescente de países, como Alemanha, Itália, Holanda e Reino Unido, vem adotando políticas e regulamentações para favorecer a injeção de biometano na rede de distribuição de gás natural, com o objetivo inicial de descarbonizar o transporte. Além disso, estão surgindo iniciativas de entes subnacionais, como a Califórnia, nos Estados Unidos,⁹ e a Colúmbia Britânica, no Canadá. Por isso, o setor de transporte é responsável pela maior parte do crescimento no uso do biometano, com consumo global de 2,2 bilhões de m³ em 2020, um incremento de 26% em relação a 2019. Ao deslocar a utilização de óleo *diesel* no transporte, o biometano contribui para emissões negativas, como tem sido observado na Califórnia (Cedigaz, 2022).

No fim de 2020, havia 1.161 plantas de purificação de biogás no mundo, com capacidade instalada para produção de 6,7 bilhões de m³/ano, que disponibilizaram cerca de 5,0 bilhões de m³ de biometano, quase 20% a mais que o ano anterior e mais que o dobro da produção observada em 2015. Os Estados Unidos foram os maiores produtores em 2019 e seguiram crescendo sua produção, atingindo 1,42 bilhão de m³ em 2020.¹⁰ Ainda assim, de forma consolidada, a Europa domina a produção mundial, com 2,85 bilhões de m³ de biometano produzidos nesse

9 Na mesma linha, no Brasil, existe o RenovaBio, instituído pela Lei 13.576, de 2017, que dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), inspirado no Low Carbon Fuel Standard (LCFS) da Califórnia, com o objetivo de reduzir a intensidade de carbono dos combustíveis utilizados no país a partir do maior uso de biocombustíveis.

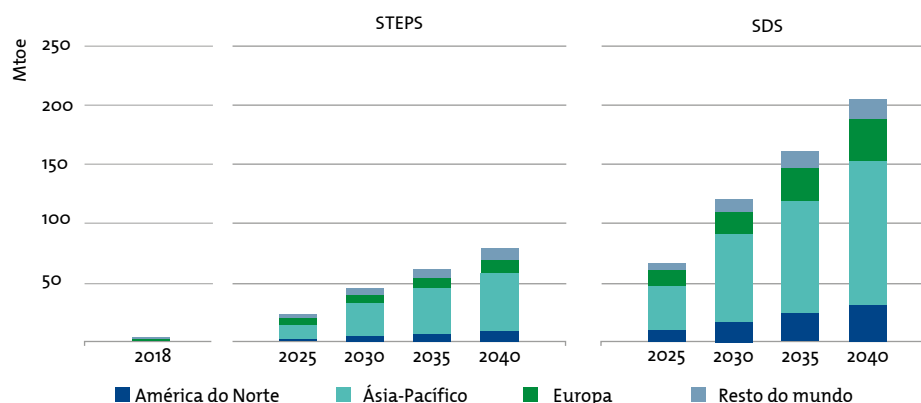
10 O biometano produzido nos Estados Unidos, em sua maior parte, é consumido no setor de transportes. Embora a matéria-prima utilizada seja majoritariamente a de aterros sanitários, tem havido grande incremento na produção a partir de resíduos da pecuária, por causa dos fortes incentivos regionais ao abatimento das emissões desse setor.

mesmo ano, tendo em vista que o número de plantas de produção dobrou nos últimos cinco anos (Cedigaz, 2022).

Ao longo de uma década, a Europa saiu de uma base de pouco mais de 0,5 bilhão de m³/ano e passou a injetar 2,1 bilhões de m³/ano em sua rede de distribuição de gás, o que corresponde a 0,4%, em média, do volume de gás na rede. Cerca de 90% das plantas de produção de biometano europeias já estão conectadas à rede de gás natural. Espera-se que em 2030 o volume de biometano ocupe entre 5% e 8% da rede de gasodutos europeus (Wouters *et al.*, 2020).

Embora partam de uma base pequena, em conjunto, biogás e biometano são a forma de bioenergia que mais cresce no mundo. Atualmente, a bioenergia provê 10% da energia primária na matriz energética mundial. Em seu cenário que projeta a evolução do setor energético de acordo com as políticas e os compromissos atualmente vigentes (STEPS), a IEA (2020a) afirma que a fatia ocupada pelo biogás e biometano no mercado das modernas formas de bioenergia crescerá dos atuais 5% para 12% em 2040. Já no cenário SDS, que, embora aquém, se aproxima da meta mais ambiciosa de emissões líquidas zero (cenário NZE), o crescimento passaria de 5% para 20%. No Gráfico 3, está projetado o aumento esperado da demanda por biometano nesses cenários.

Gráfico 3. Demanda por biometano por região, nos cenários STEPS e SDS da IEA

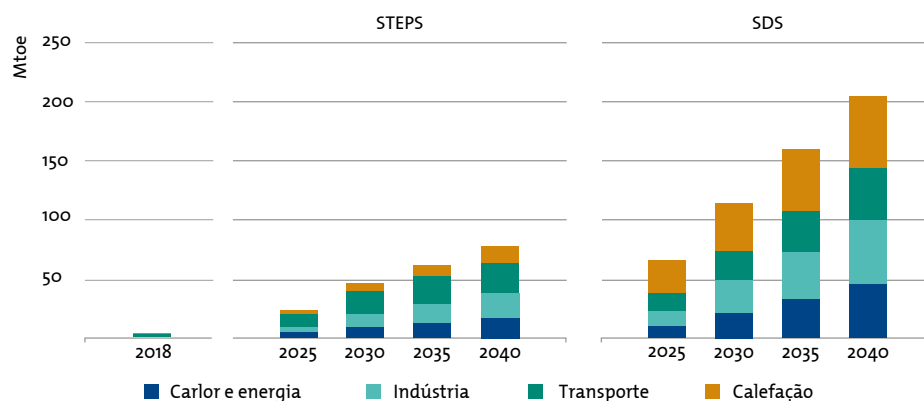


Fonte: IEA (2020a).

O modelo escolhido para a transição energética tem a eletrificação de baixo carbono como um dos pilares. No entanto, há limites para a aplicação da eletricidade, havendo setores de difícil eletrificação e de difícil abatimento das emissões. No cenário SDS, a IEA (2020a) estimava que, em 2040, mais de dois terços das fontes de energia utilizadas seriam supridos por combustíveis líquidos e gasosos. Passariam a existir maiores possibilidades de aplicação do biometano, cuja utilização, sem gerar emissões líquidas de carbono, contempla todos os benefícios do gás natural, como favorecimento da segurança energética; adequabilidade à geração flexível de eletricidade, tão importante em complemento à geração intermitente das fontes eólica e solar; aplicabilidade em uma vasta gama de usos finais; relativa facilidade

de armazenagem; utilização no setor de transporte de carga de longa distância. No Gráfico 4, vê-se uma estimativa para a aplicação do biometano, nos cenários STEPS e SDS, em grandes setores da economia.

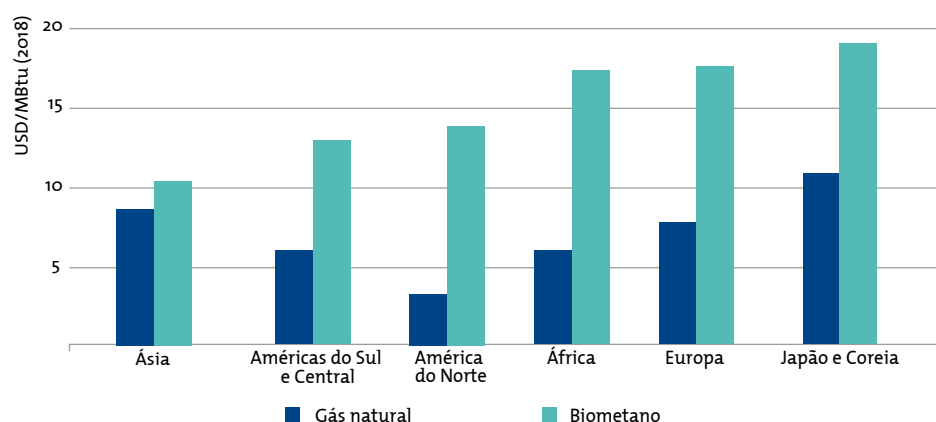
Gráfico 4. Demanda por biometano por setor, nos cenários STEPS e SDS da IEA



Fonte: IEA (2020a).

Por certo, não causa surpresa alguma a afirmação de que a maior ou menor utilização do biometano dependerá dos custos de sua produção e do seu preço em relação ao preço do gás natural. O preço médio mundial do biometano produzido em 2020 esteve em torno de US\$ 19/milhão de BTU. Estimativas da IEA (2020a) apontavam que aproximadamente 40 bilhões de m³ de biometano, em sua maioria a partir de aterros sanitários, poderiam ser produzidos e ofertados a preços inferiores aos do gás natural. Trata-se de um volume quase dez vezes maior que o ofertado em 2020. Na média, como indicado no Gráfico 5, os preços do biometano são maiores que os do gás natural em todo o mundo.

Gráfico 5. Custo de uso do biometano mais barato para atender 10% da demanda por gás natural, em 2018



Fonte: IEA (2020a).

Sobretudo nos países em desenvolvimento, os relativos altos custos de capital e a falta de políticas de incentivo são entraves à ampliação da oferta de biometano.

Mesmo assim, a IEA (2020a), que estimava o potencial de produção de biometano, em 2018, em 730 Mtoe, projeta um aumento desse potencial para 1.000 Mtoe, com custo médio de produção abaixo de US\$ 15/milhão de BTU, em 2040.

As grandes petroleiras, cada vez mais assumindo um papel de corporações produtoras de energia, vêm incrementando significativamente seus investimentos na produção de biometano. O destaque em 2021 foi o reposicionamento da Chevron, que no âmbito de seus investimentos em fontes limpas, no mercado estadunidense, dobrou seus investimentos nesse segmento em 2021. Os investimentos em biometano das agora chamadas *majors do setor de energia* têm a capacidade de aumentar dramaticamente a escala de produção e reduzir os custos, expandindo significativamente seu uso no mercado global. De fato, dominaram o mercado europeu relacionado ao biometano em 2022 com aquisições bilionárias de BP, Shell e TotalEnergies, ao mesmo tempo que os maiores fundos gestores de ativos do mundo também estiveram bastante atuantes, criando unidades de negócio dedicadas ao biometano. Esse movimento revela que a visão do biometano como um importante vetor de descarbonização vem crescendo, como já era o caso das distribuidoras de gás natural ao estabelecê-lo como chave em suas estratégias de descarbonização (Cedigaz, 2022, 2023a).¹¹

4. Biometano: panorama brasileiro

O Brasil não está apartado da onda mundial de investimentos no segmento de biometano, que ganha corpo à medida que os mais diversos agentes no mundo todo se engajam nas iniciativas de redução das emissões de metano. O Brasil vem ganhando reconhecimento como o primeiro país a viabilizar um fundo garantidor¹² para alavancar investimentos em biogás e biometano (Cedigaz, 2022).

Da produção mundial estimada¹³ pela IEA (2020a) em 730 Mtoe de biometano em 2018, o Brasil merecia destaque por aparecer empatado com a China, respondendo por 12%, 87 Mtoe, desse potencial de produção, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da Europa, com 16% cada um. Em seu relatório mais recente, a IEA (2023a) prevê que o país deverá mais que quadruplicar sua produção até

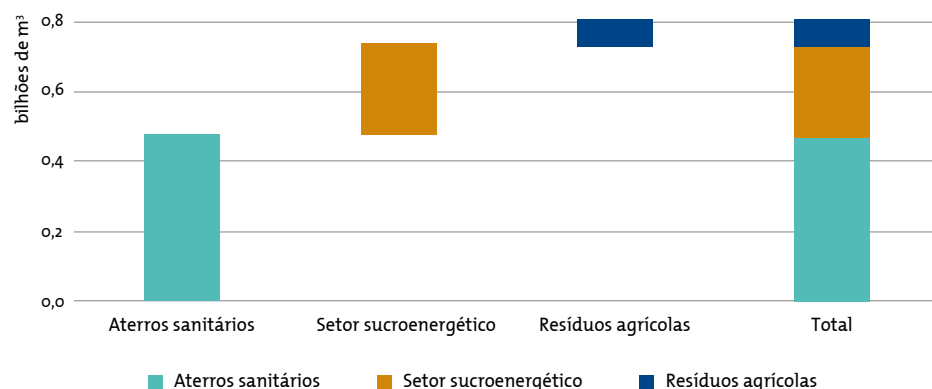
11 A esperada utilização do hidrogênio como energético também vem impulsionando a utilização do biometano, seja por meio da injeção do biometano na rede de gás natural e sua utilização na produção do hidrogênio em refinarias, seja por seu uso em unidades descentralizadas de reforma de metano em pequena escala. Vários projetos desse tipo estão em desenvolvimento no mundo, com destaque para o aumento na demanda por esse tipo de reformador nos Estados Unidos, utilizados para produção descentralizada de hidrogênio para emprego no transporte e na indústria (Cedigaz, 2022).

12 Trata-se do Fundo Garantidor de Crédito do Biogás, criado pela Associação Brasileira do Biogás (Abiogás), com a expectativa de destravar os investimentos no setor. Esse fundo garantidor operará no mercado de capitais visando oferecer garantias colaterais às instituições financeiras que apoiarem os projetos. A Abiogás estima que, em sua primeira fase, o fundo deva captar até R\$ 300 milhões em investimentos, cujas cotas poderão ser oferecidas em garantias a projetos de biogás e biometano, alavancando, nessa fase, até 15 projetos de pequeno e médio porte.

13 Nessa estimativa, a IEA não considera fontes para geração de biometano que possam competir com o uso da terra para produção de alimentos.

2027, tornando-se o quinto maior produtor do mundo, com média diária de produção superior a 2 milhões de m³/dia. No Gráfico 6, tem-se a produção esperada por cada fonte de matéria-prima.

Gráfico 6. Produção esperada de biometano no Brasil em 2027, por fonte de matéria-prima



Fonte: IEA (2023a).

Mas, assim como no resto do mundo, o volume de biometano produzido no Brasil ainda é extremamente modesto. Em 2022, foram produzidos aproximadamente 400 mil m³/dia, com injeção de cerca de 100 mil m³/dia na rede de distribuição de gás natural (Manso, 2022). Nesse ano, o volume de gás natural de origem nacional disponibilizado ao mercado foi, em média, de 47.560 mil m³/dia (Brasil, 2022a), e o biometano representou somente cerca de 0,8% da oferta de gás nacional.

Em 2022, apenas vinte plantas de biogás brasileiras dispunham das instalações de purificação, necessárias para a produção de biometano, 2,2% do total de plantas, mas responderam por 22% de todo o biogás produzido. Quatro delas já estavam autorizadas, desde 2021, pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a comercializar seu biometano: Gás Verde, em Seropédica (RJ); GNR Dois Arcos, em São Pedro da Aldeia (RJ); GNR Fortaleza, em Caucaia (CE); ZEG Biogás e Energia, em São Paulo, capital. Recentemente, duas outras também foram autorizadas: Cocal Energia, em Nanduba (SP), e Sinergás GNV do Brasil, em Tamboara (PR) (Cibiogás, 2022, 2023). Desse modo, até julho de 2023, seis plantas estavam autorizadas a injetar seu biometano na rede de gasodutos do país (IEA, 2023a).

Estimativas conjuntas da Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás) e da Abiogás indicam que há previsão de que 27 novas plantas entrem em operação nos próximos anos, com potencial para conexão à rede de distribuição canalizada de gás natural. Com isso, espera-se que a produção nacional de biometano atinja 2,2 milhões de m³/dia, até 2027, sendo 60% oriundos de aterros sanitários; 30%, do setor sucroenergético; e 9%, da agroindústria. Apenas no estado de São Paulo, estão previstas 15 novas plantas, seguido pelo Rio Grande do Sul, com seis. As demais devem ser instaladas no Rio de Janeiro, Pará, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Amazonas.

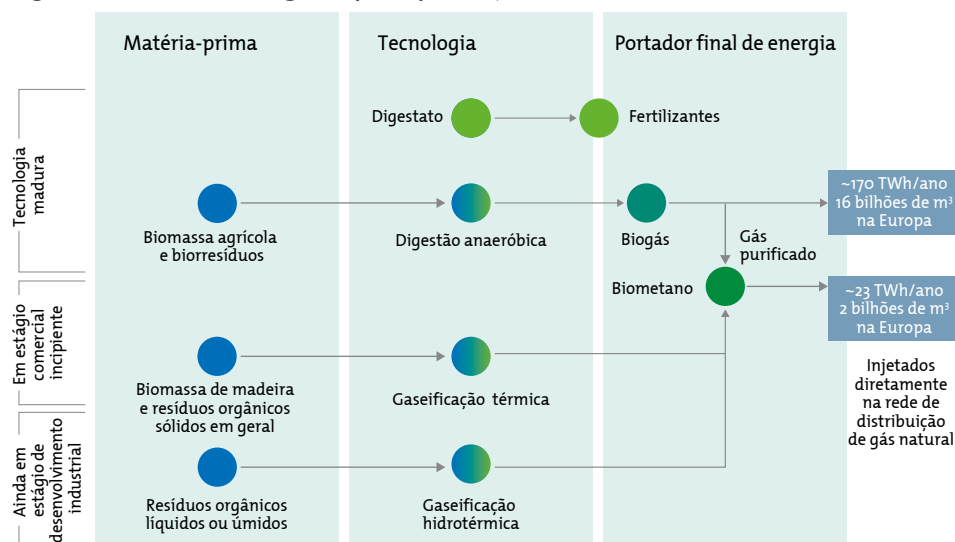
É importante destacar que parte desse potencial de ampliação do uso do biometano no Brasil não requer, necessariamente, sua injeção na rede de distribuição canalizada, podendo ser distribuído a partir dos chamados “gasodutos virtuais”¹⁴ diretamente para indústrias ou postos de combustíveis. As iniciativas Metano Zero e Combustível do Futuro tendem a impulsionar a utilização do biometano nos veículos pesados de carga.

Na perspectiva das associações, o Brasil hoje não produz nem 1% de seu potencial, estimado em 100 milhões de m³/dia, o dobro da oferta nacional disponível de gás natural em 2022. Esse volume corresponderia a cerca de 42 Mtoe/ano,¹⁵ bem abaixo dos 87 Mtoe estimados pela IEA (2020a) como potencial de produção brasileiro em 2018.

5. Tecnologias para produção de biometano e uma ideia sobre custos

Como afirmado, o biogás é produzido a partir da decomposição anaeróbica de matéria orgânica, resultando em uma mistura de metano, dióxido de carbono e outros componentes residuais. O processo mais comum e barato de produção do biometano, atualmente, consiste na purificação do biogás, um processo no qual o CO₂ e demais componentes são retirados até que o gás resultante contenha uma concentração de metano que atenda às especificações predefinidas. Uma rota alternativa produz o biometano por meio da gaseificação térmica de alguma biomassa. Embora seja uma rota em franca evolução, sua aplicação comercial ainda está em estágio incipiente (Figura 1).

Figura 1. Rotas tecnológicas para produção de biometano



Fonte: Wouters e outros (2020).

¹⁴ O gasoduto virtual é um método de transporte de gás natural para locais onde não há redes de gasodutos disponíveis. É composto por sistemas modulares de compressão, transporte (usualmente, caminhões) e descompressão do gás natural.

¹⁵ Considerando o fator de conversão utilizado pela IEA (2022), em que um bilhão de m³ de gás natural equivalente (BCME, do acrônimo em inglês) corresponde a 0,86 Mtoe.

Para se produzir biometano a partir da digestão anaeróbica, a matéria-prima orgânica é inserida em um tanque digestor para ser fermentada e produzir biogás. Existem diversos tipos de digestores cujas configurações dependerão: (i) da matéria-prima utilizada (seca, úmida, sólida ou não); (ii) do tipo de processo de produção (contínuo ou em lotes – bateladas); e (iii) das características do gás desejado. Em seguida, o biogás é submetido ao processo de purificação para produzir um gás resultante com a concentração desejada de CH_4 . Por se tratar de tecnologia já madura, não se esperam evoluções tecnológicas capazes de reduzir, significativamente, os custos de purificação. A aposta de redução dos custos de obtenção do biometano está no ganho de escala, de modo que plantas de produção e purificação de biogás cada vez maiores têm sido construídas. Já são bastante difundidas desde instalações pequenas, para uso doméstico (normalmente em habitações rurais), até instalações grandes, para produção de altos volumes em escala industrial. O dimensionamento costuma se dar em razão do fluxo de produção:

- Pequenas: produção entre 100 e 250 metros cúbicos normais por hora (Nm^3/h).¹⁶
- Médias: produção entre 250 e 750 Nm^3/h .
- Grandes: produção entre 750 e 3.000 Nm^3/h .
- Muito grandes: produção acima de 3.000 Nm^3/h .

As técnicas de purificação do biogás em biometano mais comumente utilizadas são as que empregam membranas para separação dos componentes ou os processos de lavagem (com água, ou química), ocorrendo processos físico-químicos de adsorção, absorção ou permeação, para o alcance dos resultados desejados. Na Europa, nos últimos anos, a separação com membranas ganhou popularidade, sendo atualmente a mais utilizada.¹⁷ O modo de separação dos componentes empregado na purificação é usado para categorizar as diversas tecnologias de produção do biometano (Wouters *et al.*, 2020), como:

- *Pressure swing adsorption* (PSA). Trata-se de um processo que induz a adsorção do CO_2 por uma superfície sólida existente no arranjo. Sob elevadas pressões, gases tendem a ser atraídos por superfícies sólidas. Vale-se da diferente afinidade para adsorção do CH_4 e do CO_2 para se conseguir a adsorção desse último (e de eventuais frações de N_2 e O_2) na coluna de filtragem, ao passo que o CH_4 desejado flui livremente. É um processo complexo que, no entanto, demanda pouca energia.
- Lavagem ou lavagem química. Dissolvendo-se o gás que se deseja remover em determinado líquido – água ou algum solvente –, aproveita-se a diferença de solubilidade entre o CH_4 e o CO_2 (e componentes residuais) para promover a separação. Embora quantidades elevadas de energia sejam

¹⁶ O metro cúbico normal (Nm^3) é uma medida do volume ocupado, no caso, por determinado gás à pressão de 1 atm, à temperatura de 0°C , com uma umidade relativa de 0%.

¹⁷ No mundo, 90% do biometano é produzido a partir da fermentação anaeróbica, sendo que 60% de toda produção utilizam a separação com membranas no processo de purificação do biogás (IEA, 2020a).

requeridas para produção de vapor, além de insumos químicos, quando for o caso, esse é o processo de purificação mais rápido e eficaz e não produz praticamente perda alguma de metano.

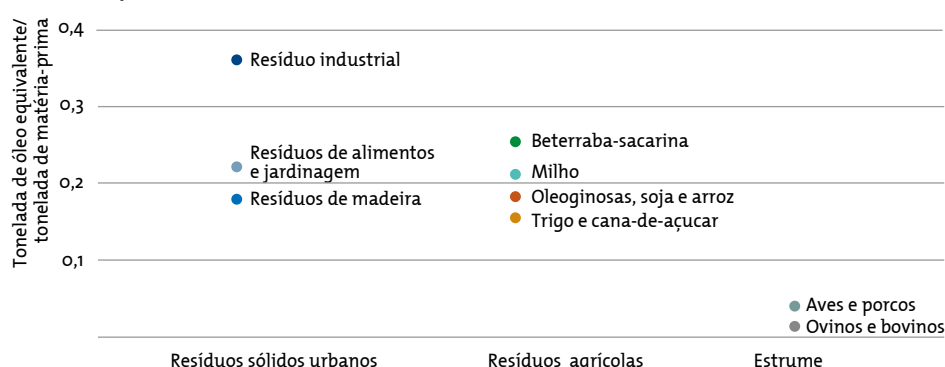
- Separação com membranas. A utilização de membranas poliméricas permite a constituição de um processo contínuo, sem necessidade de água ou outros insumos químicos, de baixo custo e com baixa demanda de energia, em que a membrana constitui uma barreira física capaz de separar as moléculas de CO_2 e de CH_4 . É necessária uma etapa prévia de purificação na qual sejam removidos líquidos e quaisquer outros componentes que eventualmente bloqueiem os poros de permeação do CO_2 . É um processo de baixo custo e menos agressivo ao meio ambiente, pois não requer pressões e temperaturas elevadas, no entanto gera uma perda de metano um pouco maior que a lavagem química.

São matérias-primas comumente utilizadas na produção anaeróbica de biometano:¹⁸

- Resíduos agropecuários: estrume, palha, resíduos de plantações, vinhaça.
- Resíduos orgânicos industriais, derivados da indústria de bebidas e alimentos.
- Lodo e resíduo de esgoto, produzidos nas estações de tratamento de esgoto.
- Resíduos orgânicos domésticos e municipais, depositados nos aterros sanitários.

A produtividade da instalação é bastante dependente da biomassa utilizada, como se pode ver na Figura 2, tendo em vista que o processo de fermentação anaeróbica produz o biogás que, purificado, gera o biometano.

Figura 2. Produtividade média de produção do biogás por tonelada de cada matéria-prima



Fonte: IEA (2020a).

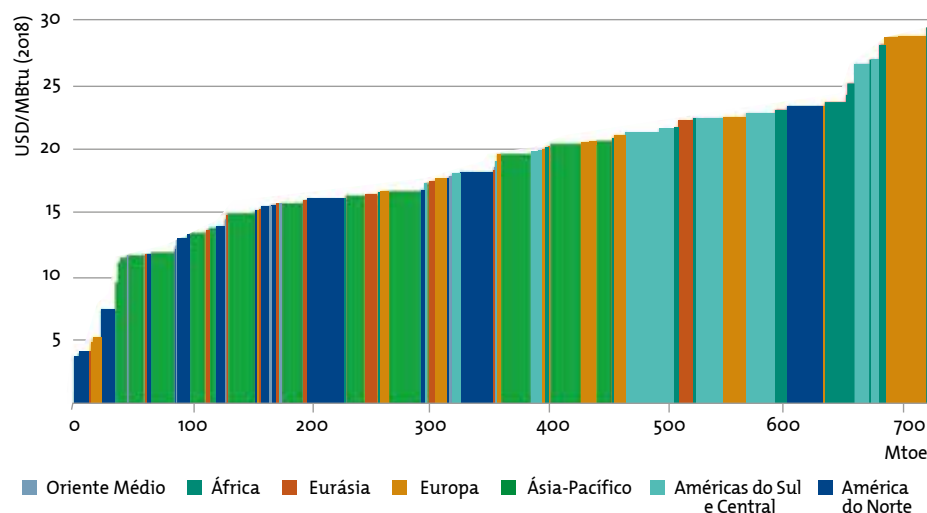
Nota: "Resíduos de alimento e jardinagem" presentes nos RSU. Há plantas que utilizam mais de um tipo de matéria-prima para produção do biogás. Dependendo da tecnologia utilizada no tratamento dos resíduos de esgoto, pode haver maior ou menor rendimento em sua produção, por conta disso, essa matéria-prima não foi considerada. 1 toe = 11,63 MWh = 41,9 Gjoules.

No Gráfico 7, constam os custos de produção de todo potencial (730 Mtoe) de biometano que a IEA (2020a) estimou existir no ano de 2018 nas diversas regiões consideradas.

¹⁸ É bastante comum também, por exemplo na Alemanha, o cultivo de plantações específicas para a produção do biometano, tipo de matéria-prima não abordado neste estudo.

Segundo tal estimativa, no Brasil (América do Sul e Central), seria possível produzir biometano entre US\$ 15 e US\$ 27/milhão de BTU, aproximadamente. Mundialmente, o menor custo estaria em torno de US\$ 5; e o maior, US\$ 29/milhão de BTU.

Gráfico 7. Curva de custo do fornecimento potencial de biometano por região, em 2018



Fonte: IEA (2020a).

Nota: A curva integra tanto os custos da tecnologia quanto da matéria-prima utilizadas, deixando de fora os de injeção na rede. O gráfico incorpora todo biogás com potencial para purificação. 1 MBtu = 0,29 MWh.

Outro estudo, publicado em 2020, indica que os custos de produção de biometano na Europa, a partir de fermentação anaeróbica, estariam na faixa entre EUR 14,65 e EUR 26,38/milhão de BTU. A partir da rota tecnológica de gaseificação da biomassa e metanização, os custos de produção ficaram entre EUR 26,38 e EUR 29,31/milhão de BTU (Wouters *et al.*, 2020).¹⁹

A rota de gaseificação térmica de biomassa e metanização é menos madura que a da fermentação anaeróbica. Embora venha ganhando espaço nos últimos anos e enseje grande potencial de avanços tecnológicos e redução de custos, a maioria das várias instalações existentes na Europa ainda é de demonstração (a despeito do significativo volume produzido). Nesse processo, a madeira utilizada como biomassa é submetida a uma câmara com pouco oxigênio a altas temperaturas e pressão, em um processo que a converte em uma mistura de gases (usualmente chamado de gás de síntese – *syngas*), sobretudo monóxido de carbono, hidrogênio e metano. Sob a ação de catalisadores, segue-se o processo de metanização, que promove reações entre o monóxido de carbono e o hidrogênio para gerar uma corrente pura de metano. Ao longo do processo, são retirados componentes ácidos e corrosivos, bem como o dióxido de carbono intermediariamente formado (IEA, 2020a). Em termos energéticos, a gaseificação térmica garante maior produção de energia do que a fermentação anaeróbica. Em média, produz cerca de 0,55 m³ de biometano por quilograma de matéria-prima (Wouters *et al.*, 2020).

¹⁹ Os valores apresentados por Wouters e outros (2020) foram convertidos de Mwh para milhão de BTU considerando que 1 MWh corresponde a 3,412 MBtu (IEA, 2022).

Cabe observar que ambas as rotas de produção de biometano requerem que o CO₂ inerentemente produzido no processo seja tratado. As alternativas vão desde sua separação como subproduto para uso agrícola ou industrial até sua combinação com hidrogênio na produção adicional de metano. De todo modo, a utilização de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (*carbon capture, utilization and storage* – CCUS) garantem que, *per se*, o biometano produzido seja uma fonte energética com pegada de carbono negativa.

6. A regulamentação brasileira

Com o advento da Nova Lei do Gás, Lei 14.134, de 8 de abril de 2021, regulamentada pelo Decreto 10.712, de 2 de junho de 2021, ficou estabelecido que gases aderentes às especificações da ANP podem ser intercambiados com o gás natural, merecendo o mesmo tratamento regulatório aplicável ao gás natural. Isso estabeleceu a fungibilidade entre o gás natural e o biometano, potencializando sua distribuição e alcance e, conseqüentemente, ampliando seu mercado potencial *pari passu* à expansão do próprio mercado de gás no país como um todo.

Outro importante marco regulatório que favorece o impulsionamento do uso do biometano foi sua incorporação à Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), instituída pela Lei 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Essa política estabeleceu um programa de crédito de carbono atrelado ao setor de distribuição de combustíveis, em cuja regulamentação, Resolução ANP 758, de 23 de novembro de 2018, o biometano se enquadra como uma das rotas elegíveis à geração dos créditos de descarbonização (CBIO). O CBIO resulta da certificação de dois instrumentos principais do RenovaBio: as metas nacionais de redução de emissões para um período de 10 anos, que são aplicadas às distribuidoras de combustíveis; e a certificação individual de produção de biocombustíveis. Os CBIOs são títulos comercializados pelos produtores ou importadores de biocombustíveis na B3 e sua aquisição é compulsória para as distribuidoras de combustíveis operarem, de acordo com a necessidade de redução de emissões que tenham. O biometano tem a maior nota de eficiência do programa, com média de 77 gCO₂eq/MJ. Com isso, um CBIO equivale a cerca de 339 m³ de biometano vendido. Atualmente, quatro empresas estão autorizadas a emitir CBIOs a partir da produção do biometano (Abiogás, [2022 ou 2023]).

O Decreto 11.003, de 21 de março de 2022, instituiu a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano para fomentar programas e ações de combate às emissões de metano e incentivar o uso do biogás e biometano como energéticos renováveis, para, com isso, contribuir para o alcance dos compromissos climáticos assumidos, como o Global Methane Pledge. No âmbito dessa estratégia, foi instituído, por meio da Portaria MMA 71, de 21 de março de 2022, o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano (Metano Zero), que

contará com o Programa Nacional de Crescimento Verde, com o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima e com as linhas de pesquisa das agências de fomento.

Ainda no âmbito do Governo Federal, a Portaria Normativa 37/GM/MME, de 20 de março de 2022, incluiu investimentos em biometano no Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi) ao alterar a Portaria Normativa 19/GM/MME, de 16 de agosto de 2021.

O Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico, Lei 14.026, de 15 de julho de 2020, reforçou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, reafirmando a determinação de extinção dos lixões até 2024, o que também pode favorecer a cadeia produtiva do biogás/biometano.

Regulamentação da ANP:

- Resolução ANP 906, de 18 de novembro de 2022 – Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional.
- Resolução ANP 886, de 29 de setembro de 2022 – Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional.

Atualmente tramitam no Congresso Nacional:

- Projeto de Lei do Senado 302, de 2018, que visa alterar a Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos) para incentivar empresas que produzem biogás, biometano e energia elétrica a partir de resíduos sólidos em aterros urbanos por meio de linhas de financiamento por parte do Poder Público e incentivos fiscais.
- Projeto de Lei 3.865, de 2021, com a proposta de criação do Programa de Incentivo à Produção e ao Aproveitamento de Biogás, de Biometano e de Coprodutos Associados (Pibb).
- Projeto de Lei 2.122, de 2021, com proposta de instituição do marco regulatório para ativos financeiros associados à mitigação das emissões de gases de efeito estufa.
- Projeto de Lei 1.879, de 2022, com proposta de criação da Política de Produção e Uso do Biogás e do Biometano e de alteração da Lei 9.847, de 26 de outubro de 1999, que dispõe sobre a fiscalização das atividades relativas ao abastecimento nacional de combustíveis.

7. Oportunidades, barreiras e propostas para o desenvolvimento do mercado de biometano no Brasil

Alguns dos já citados benefícios de uso do biometano (dividendo duplo ambiental, pois dá destinação e tratamento para resíduos e gera energia renovável; impedimento da emissão de um gás 28 vezes mais danoso que o CO₂ para o efeito estufa) são abordados no trabalho de Costa e Bacellar (2022), em que são detalhadas as vantagens, barreiras e propostas relacionadas à potencialização dos projetos de biogás/biometano. A seguir, são reproduzidos trechos desse trabalho com maior enfoque sobre o biometano.

7.1 Oportunidades e vantagens para o desenvolvimento de projetos de biometano

- O setor de saneamento e RSU apresenta o maior potencial de implantação de projetos de geração de biogás/biometano no curto e médio prazo, pois não há grandes barreiras tecnológicas e dificuldades no manuseio de resíduos.
- O novo marco legal do saneamento básico obriga os municípios a implantarem sistema de disposição final ambientalmente adequada dos seus rejeitos. Novos locais apropriados de disposição dos resíduos terão de ser construídos e lixões, com seus graves passivos ambientais, terão de ser encerrados.
- O programa RenovaBio pode melhorar a atratividade do biometano. Cada tonelada de dióxido de carbono equivalente evitada pode gerar um crédito de descarbonização por biocombustíveis (CBIO), um título negociável em bolsa de valores.
- Segundo MCTI e Unido (2021 *apud* Costa; Bacellar, 2022), existem recursos disponíveis para financiar projetos de grande porte de geração de biogás/biometano em volumes e condições de financiamento adequados. O banco de desenvolvimento do BRICS (*New Development Bank* – NDB) e o Banco Mundial têm a meta de emprestar US\$ 1 bilhão por ano para projetos de biogás no Brasil, além de haver recursos do BID Invest – braço para investimentos privados do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e da Proparco – instituição de desenvolvimento francesa dedicada ao financiamento privado. BNDES, Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul (BRDE), Desenvolve SP e Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) têm acordos firmados com instituições multilaterais para desenvolver infraestrutura sustentável.²⁰

20 MCTI e Unido (2021) citados por Costa e Bacellar (2023).

7.2 Identificação de barreiras e entraves para difusão do biogás/biometano

As principais barreiras e dificuldades identificadas para a produção do biogás/biometano a partir de RSU foram:

- Resíduos sólidos urbanos foram depositados, em grande parte, em locais inapropriados com contaminação de solo e lençóis freáticos, tornando-se focos de transmissão de pragas e doenças. Projetos em locais onde há passivos ambientais não podem contar com recursos públicos e têm dificuldade de acessar qualquer tipo de crédito.
- O mercado está em estágio inicial de desenvolvimento, tendo em vista que os modelos de negócio de sucesso ainda não chegaram a ser difundidos.
- O novo marco regulatório apresenta boas perspectivas, mas sua implementação está em curso, necessitando ainda de adequações que podem gerar entraves à expansão dos serviços no curto prazo.
- As relações entre prefeituras e empresas que operam a disposição e o tratamento de RSU, às vezes, são complexas e conflituosas. Muitos credores e investidores consideram o ambiente de negócios pouco transparente e suscetível à corrupção.
- Diversos aterros sanitários operam hoje em dia por decisão judicial, o que também dificulta acesso ao crédito.
- Operadores e prefeituras têm apresentado dificuldades de prestar garantias para grandes projetos. O mesmo tipo de obstáculo é enfrentado por investidores privados para implementar projetos de porte médio.
- Projetos mais complexos com coleta seletiva, unidades de triagem e tratamento de resíduos, usinas de geração de energia e plantas de beneficiamento de resíduos requerem recursos humanos e financeiros, nem sempre disponíveis na esfera municipal.
- Grande parte das prefeituras não está capacitada para estruturar processo de concessão de serviços para tratamento e valorização de RSU, por meio de contratos mais elaborados que contemplem geração de energia e produção de combustíveis.²¹
- Devido à escassa infraestrutura de gás canalizado no interior, uma parte da logística de transporte de biometano teria de ser realizada no curto prazo por meio de “gasodutos virtuais”.

²¹ Faz parte do Projeto GEF Biogás Brasil, em parceria com o governo do Distrito Federal, elaborar um modelo de edital de licitação que poderia servir de parâmetro para as prefeituras.

7.3 Propostas para implementação de políticas públicas e ajustes regulatórios em favor do biogás/biometano

São pertinentes os seguintes aprimoramentos e ajustes regulatórios e institucionais:

- Fomento à formação de consórcios para que os projetos de RSU apresentem maior escala, de forma a viabilizar a valorização dos resíduos. Empresas de energia poderiam participar dos consórcios, juntamente com empresas de tratamento de resíduos.
- Criação de força-tarefa para estruturação de projetos para municípios e consórcios. Isso poderia acelerar a implementação de projetos de biogás e biometano a partir de RSU.
- Acompanhamento da evolução da implementação do marco regulatório do saneamento, que estipulou prazo exíguo para regionalização e encerramento de licenças.
- Criação de um programa de financiamento específico para incentivar a redução e captura de metano, que contemple não apenas linhas de financiamento incentivadas, mas que também ofereça novos instrumentos de concessão de garantias ou que flexibilize a prestação de garantias. Isso é necessário, visto que:
 - i) Apesar de estarem disponíveis linhas de financiamento em bancos multilaterais e instituições públicas e privadas, estas contemplam basicamente projetos de grande porte. Entretanto, há expectativa de entrada de empresas privadas de menor porte no setor de saneamento, o que deve gerar demanda adicional por crédito e estimular os bancos locais a oferecer linhas específicas de crédito.
 - ii) Para atrair capital privado, deve-se avaliar se instrumentos de crédito já utilizados em projetos de infraestrutura, como títulos verdes, debêntures incentivadas, certificados de recebíveis imobiliários e fundos de investimento em direitos creditórios, podem ser ajustados para alavancar implantação de projetos de biogás (MCTI; Unido, 2021 *apud* Costa; Bacellar, 2022).
 - iii) Deve-se estudar a viabilidade de certificação dos projetos de biogás/biometano de forma a possibilitar a emissão de títulos verdes. Os Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, da Infraestrutura e do Desenvolvimento Regional já celebraram memorandos de entendimento com a Climate Bonds Initiative (CBI), a qual desenvolveu critérios para resíduos e biogás.
 - iv) A prestação de garantias é uma questão mais crítica no acesso ao crédito. Para projetos de grande porte, agências multilaterais exigem

garantias soberanas. Bancos públicos e comerciais locais poderiam oferecer ora crédito, ora garantia, em parceria com bancos multilaterais.

- v) Para pequeno e médio porte, o BNDES oferece o Fundo Garantidor para Investimento (FGI), que pode ser útil para o setor agropecuário. Para projetos de biogás a partir de RSU, que têm porte médio ou grande, a dificuldade está em estruturar um *project finance*, modalidade também já oferecida pelo BNDES.
- vi) A aceleradora Lab, da organização não governamental (ONG) Climate Policy Initiative (CPI), estruturou um fundo garantidor denominado de Guarantee Fund for Biogas (GFB), lastreado em títulos públicos. A fase piloto do GFB prevê captação de US\$ 53 milhões, que poderão destravar cerca de US\$ 67 milhões em financiamentos a 43 projetos. As garantias de cada projeto variarão de US\$ 530 mil a US\$ 6 milhões, com limite individual de 10% do orçamento.
- vii) Projetos de biogás/biometano deveriam ser priorizados na proposta de orçamentária do Fundo Clima,²² uma vez que eles contribuem significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa.²³
- viii) O Fundo Socioambiental do BNDES poderia ser usado preferencialmente em complementação a outros recursos (*crowdfunding*) para apoiar projetos sociais no entorno das atividades de disposição, triagem e tratamento de RSU.

8. Considerações finais

Gerado a partir de resíduos orgânicos, sejam urbanos, industriais ou agropecuários, o biometano encerra significativos benefícios ambientais endereçando três grandes problemas da sociedade moderna: a dificuldade de tratamento adequado desses resíduos; a emissão de metano decorrente de sua decomposição natural; e a produção de energia renovável, aderente à ideia de economia circular. A competitividade do biometano, no entanto, dependerá de fatores externos a sua cadeia produtiva, sobretudo do preço do gás natural e da precificação do carbono emitido a partir de sua queima, bem como dos esforços de contenção das emissões antropogênicas de metano. À medida que a agenda climática dispuser de políticas e investimentos necessários à contenção das emissões, o biometano tende a se tornar uma importante fonte primária de energia no futuro próximo.

22 O Plano Anual de Aplicação de Recursos (PAAR) é o instrumento no qual são apresentadas as ações planejadas para serem apoiadas ao longo do ano com recursos do fundo.

23 A partir de 2023, projetos de biometano já são considerados como prioritários para utilização do Fundo Clima.

O Brasil dispõe de imenso potencial para produção de biometano por meio da decomposição anaeróbica de dejetos, sejam eles agropecuários, industriais, resíduos de esgotos ou resíduos orgânicos municipais. O setor agropecuário é o maior emissor de metano no país e os segmentos sucroalcooleiro e agroindustrial se destacam pelo potencial de aproveitamento de sua biomassa para a produção econômica de biometano. Não obstante, também é muito significativo o potencial do setor de resíduos, o segundo maior emissor de metano, que, por sinal, vive um esperado momento de transição com a vigência do novo marco regulatório do saneamento. Os aterros sanitários são a fonte mais barata de matéria-prima para a produção do biometano. Assim, é uma boa oportunidade para o país estabelecer políticas e programas para fomentar a disseminação de plantas produtoras de biometano associadas aos aterros sanitários.

O BNDES pode desempenhar um papel relevante se conseguir incentivar efetivamente a produção de biometano no país a partir do tratamento dos resíduos nos aterros sanitários. Não deixa de ser importante também a ampliação significativa da infraestrutura de transporte e distribuição de gás natural, que poderá ser aproveitada para a distribuição do biometano. O resultado de todos esses esforços comporia um sistema energético mais ambientalmente sustentável, na medida em que favoreceria, conjuntamente, a difusão do uso do biometano e a descarbonização da infraestrutura ligada originalmente ao gás natural, gerando mais riqueza, renda e sustentabilidade ambiental para o sistema energético brasileiro.

Referências

- ABIOGÁS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO BIOGÁS. *PNBB: Programa Nacional do Biogás e Biometano*. São Paulo: Abiogás, [2022 ou 2023]. Disponível em: https://uploads-ssl.webflow.com/632ab10950c5e334290bfadf/6390dd3aaa9ca8211589e557_PNBB.pdf. Acesso em: 17 abr. 2023.
- ALENCAR, A. *et al. Desafios e oportunidades para redução das emissões de metano no Brasil*. Brasília, DF: Observatório do Clima, 2022. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/desafios-e-oportunidades-para-reducao-das-emissoes-de-metano-no-brasil>. Acesso em: 17 abr. 2023.
- ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Resolução ANP nº 886, de 29 de setembro de 2022. Estabelece a especificação e as regras para aprovação do controle da qualidade do biometano oriundo de aterros sanitários e de estações de tratamento de esgoto destinado ao uso veicular e às instalações residenciais, industriais e comerciais, a ser comercializado no território nacional. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 47, 29 set. 2022a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anp-n-886-de-29-de-setembro-de-2022-432620215>. Acesso em: 31 mar. 2023.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. *Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022*. Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais destinado ao uso veicular e às instalações residenciais e comerciais a ser comercializado em todo o território nacional. Brasília, DF: ANP, 2022b. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 31 mar. 2023.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural*. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2022a. n. 190. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/publicacoes-1/boletim-mensal-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural/2022-2/12-boletim-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural-dezembro-de-2022.pdf/view>. Acesso em: 2 jun. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA nº 71, de 21 de março de 2022. Institui o Programa Nacional de Redução de Emissões de Metano – Metano Zero. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 64, 22 mar. 2022b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-71-de-21-de-marco-de-2022-387378473>. Acesso em: 2 jun. 2023.

CEDIGAZ. *Global biomethane market – 2022 assessment: executive summary*. Rueil Malmaison: Cedigaz, 2022. Disponível em: <https://www.cedigaz.org/wp-content/uploads/Executive-Summary-4.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2023.

CEDIGAZ. *Global biomethane market – 2023 assessment: executive summary*. Rueil Malmaison: Cedigaz, 2023a. Disponível em: <https://www.cedigaz.org/wp-content/uploads/EXECUTIVE-SUMMARY-2.pdf>. Acesso em: 18 out. 2023.

CEDIGAZ. *Global biomethane market – 2023 assessment: from ambition to action*. Rueil Malmaison: Cedigaz, 2023b. Disponível em: <https://www.cedigaz.org/global-biomethane-market-2023-assessment-from-ambition-to-action/>. Acesso em: 18 out. 2023.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. *BiogásMap*. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNDZiYTUyNGQyZmI3LTQ5ODMtNDANy1iMTQ2LTc3MGU5MWE4NGViNSJ9>. Acesso em: 18 out. 2023.

CIBIOGÁS – CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.

Panorama do biogás no Brasil – 2021. Foz do Iguaçu: CIBiogás, 2022.

(Relatório técnico, n. 001/2022). Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>.

Acesso em: 26 abr. 2023.

CLIMATE WATCH. *Historical GHG emissions*. Washington, DC: World

Resources Institute, 2022. Disponível em: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions>. Acesso em: 18 ago. 2023.

COSTA, R. C.; BACELLAR, R. M. H. Descarbonização da matriz energética da Amazônia: análise de barreiras e oportunidades para biogás e biodiesel. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 58, p. 359-422, 2022. Disponível em:

https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/23088/1/PRArt_RB%2058_Descarbonizacao%20da%20matriz%20energetica.pdf. Acesso em: 17 out. 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Medium-term gas report 2023*.

Paris: IEA, 2023a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/medium-term-gas-report-2023>. Acesso em: 18 out. 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Outlook for biogas and*

biomethane: prospects for organic growth. Paris: IEA, 2020a. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>. Acesso em: 21 mar. 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2020*.

Paris: IEA, 2020b. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Acesso em: 31 maio 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2022*.

Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Acesso em: 31 maio 2023.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *World energy outlook 2023*.

Paris: IEA, 2023b. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. Acesso em: 24 out. 2023.

MANSO, L. F. Brasil tem 27 novas plantas de biometano previstas para os próximos anos. *Agência EPBR*, [s. l.], 15 jun. 2022. Disponível em: <https://epbr.com.br/brasil-tem-27-novas-plantas-de-biometano-previstas-para-os-proximos-anos/#:~:text=Para%20a%20m%20das%2027%20novas,100%20milh%C3%B5es%20de%20m%C2%B3%2Fdia>. Acesso em: 26 abr. 2023.

RAVINA, M.; GENON, G. Global and local emissions of a biogas plant considering the production of biomethane as an alternative end-use solution. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 102, n. 1, p. 115-126, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.056>. Acesso em: 30 maio 2023.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA. *Base de dados de estimativa de emissões de gases de efeito estufa no Brasil 1970-2021*: SEEG-10. [S. l.]: SEEG, 2022. Disponível em: <https://seeg.eco.br>. Acesso em: 24 abr. 2023.

TEIXEIRA, C. A. N. *et al.* Gás natural – um combustível chave para uma economia de baixo carbono. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 53, p. 131-175, 2021. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/20781/1/PR_BS_v27_n53_86593_BS.pdf. Acesso em: 30 maio 2023.

TSAI, D. *et al.* *Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil: 1970-2022*. Brasília, DF: Observatório do Clima, 2023. Disponível em: https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2023/11/SEEG_gases_estufa_2023_v2-1.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

WOUTERS, C. *et al.* Market state and trends in renewable and low-carbon gases in Europe: a gas for climate report. Utrecht: Guidehouse Netherlands B.V, 2020. Disponível em: https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2020/12/GfC_MSTReport_2020_final.pdf. Acesso em: 30 mar. 2023.

Coordenação Editorial
Gerência de Editoração e Memória do BNDES

Projeto Gráfico
Fernanda Costa e Silva

Copidesque
Tikinet

Editoração Eletrônica
Refinaria Design

Editado pelo
Departamento de Comunicação
Gabinete da Presidência
Janeiro de 2024



www.bndes.gov.br