

## White Paper Biogás & Biometano

# A mais completa solução de descarbonização em prol de segurança energética e alimentar

O objetivo desse White Paper é mobilizar a opinião pública, classe política, empresarial e a sociedade civil em prol da maior inserção do biogás e do biometano na matriz energética nacional.

O aproveitamento do biogás e do biometano é a alternativa madura mais competitiva de alcançar os compromissos climáticos nos setores de maior dificuldade de descarbonização: agronegócio, indústria e transportes. No campo, através dos resíduos do agronegócio, é capaz de prover energia elétrica não intermitente, biocombustível e digestato (biofertilizante que recupera solos degradados e reduz custos com fertilizantes químicos). Na indústria é fonte de energia elétrica e calor para atender os processos produtivos em substituição a combustíveis fósseis tornando a produção verde e sustentável. Na cadeia logística, o biogás e biometano juntamente com outros biocombustíveis são as melhores alternativas para descarbonizar o setor de transporte de cargas médias e pesadas além do transporte a longas distâncias como a indústria de aviação civil e transporte marítimo.

No âmbito dos esforços de desenvolvimento sustentável e adaptação às mudanças climáticas, os incentivos à produção e uso de biogás e biometano permitem não somente mitigar as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), como de metano (CH<sub>4</sub>) em particular as oriundas do setor agropecuário e dos aterros sanitários espalhados pelo país. Não existe mundialmente melhor opção de economia circular que a utilização do biogás e o biometano para abastecimento de demanda energética na transição para matrizes menos dependentes de combustíveis fósseis. Estima-se<sup>1</sup> que 60% do potencial global de aproveitamento do biogás é oriundo de resíduos agropecuários, industriais e urbanos.

O que mais falta para esse potencial ser destravado no Brasil gerando empregos verdes, renda e desenvolvimento econômico, além da redução de desigualdades regionais?

É o que esse documento pretende explorar através de respostas para 5 questões essenciais:

- 1) O que é o Biogás e Biometano e quais são suas características e atributos? Porque são as melhores alternativas para promover a descarbonização de setores-chave da economia?
- 2) Qual o potencial de biogás e biometano e como está distribuído nos setores produtivos?
- 3) Qual a participação do biogás e do biometano na matriz energética e relevância que pode alcançar?
- 4) Qual o arcabouço legal e regulatório da indústria de biogás e biometano?
- 5) O que falta por parte de agentes públicos e privados para que esse potencial se torne realidade?

---

<sup>1</sup> IEA, 2023.

## Sumário Executivo

Prezado leitor,

Sem dúvida o Brasil é uma potência global quando o assunto é a sua matriz energética renovável. Num cenário onde a maioria dos países busca limpar a sua matriz energética, o Brasil possui 48% dessa matriz de fontes renováveis versus 15% da média global. Porém, essa realidade impõe desafios adicionais ao país. Outras nações vêm fazendo o dever de casa e através de enormes investimentos vem conseguindo tornar suas matrizes energéticas cada vez mais renováveis. Num mundo cada vez mais preocupado com a transição energética, emissão de gases do efeito estufa, preocupação com o meio ambiente e adequação as metas do Acordo de Paris o Brasil não pode perder a oportunidade de se manter na liderança desse processo.

Se olharmos para obstáculos enfrentados pela Europa, EUA e China para limpar suas matrizes energéticas, fica claro que a solução desses países passa pelo desenvolvimento de novas tecnologias, matérias e produtos, que impõe altos custos para os consumidores e projetam no futuro a solução do problema climático do presente. Como será a nova matriz energética da Europa, EUA e China? Qual será o custo para essa mudança?

Diferente de outras transições energéticas, como ocorreu da madeira para o carvão em 1750 ou do carvão para o Petróleo em 1850, nessa terceira transição países precisam buscar saídas locais e não mais uma fonte primária de energia vencedora, mas sim uma multiplicidade de fontes que possibilitem atingir o saldo zero de emissões de gases do efeito estufa até 2050. Além disso, o caminho da responsabilidade ambiental passou a ser determinante na obtenção de financiamentos e no valor comercial dos produtos comercializados no mercado mundial.

Por esses motivos, o Brasil precisa olhar para dentro, para suas vantagens comparativas e desenvolver programas que nos permitam continuar nessa vanguarda. Por aqui temos soluções do presente e não só projetos do futuro. Somos grandes na geração de elétrica hidráulica, avançamos muito na geração eólica e solar, graças a políticas públicas claras, transparentes e seguras, mas precisamos avançar.

Nesse sentido, se faz necessário um olhar com maior atenção do mundo político e da sociedade para o biogás e o biometano, uma tecnologia do presente, que pode colocar o Brasil num lugar ainda maior da responsabilidade ambiental, na geração de empregos e na atração de investimentos. Proveniente da decomposição biológica de matéria orgânica, o biogás é uma fonte renovável de energia disponível em todo o país. Desde aterros sanitários até resíduos do agronegócio são matérias primas para a produção do biogás. O biogás, por si só, pode ser usado na produção de energia limpa e não intermitente, diferente da geração solar e eólica. Porém, quando tratado e purificado o biogás da origem ao biometano, uma fonte energética de alto valor agregado, equivalente ao gás natural e que pode substituir o combustível fóssil. O biogás e o biometano é a solução mais madura e completa de redução de pegada de carbono dos setores mais difíceis de serem descarbonizados mundialmente: agronegócio, indústria e transporte.

Em 2021 o Brasil atingiu a produção de mais de 2 milhões de metros cúbicos de biogás, sendo 522 mil metros cúbicos de biometano, porém o nosso potencial é muito maior. Segundo estimativas da Abiogás, o nosso potencial ultrapassar os 65 milhões de metros cúbico dia de biometano. Esse potencial ainda não explorado é metade da produção de gás natural brasileira. Isso significa dizer, que o Programa Gás para Empregar lançado pelo governo federal em 2023, poderia contar com esse

volume de biometano, um combustível renovável e com potencial presença em todo o Brasil, no desenvolvimento do país de forma mais sustentável.

Com todo esse potencial o Brasil não pode perder essa oportunidade. Precisamos pensar no desenvolvimento de políticas públicas para desenvolver e crescer esse mercado e tornar a nossa matriz energética cada vez mais limpa. Diferente de outros lugares do mundo, onde o potencial de produção do biogás e do biometano já foi explorado e a adoção de fontes primárias de energia mais caras precisam ser desenvolvidas, por aqui ainda temos muito espaço para crescer a produção desse energético.

Quando o assunto é energia renovável o Brasil pode e deve continuar na liderança do processo, basta termos planejamento e uma política pública adequada. Os números não mentem e no estudo apresentado com dados, estatísticas, detalhes tecnológicos e técnicos, fica claro que temos um brilhante caminho pela frente.

Mas o que precisa ser feito para desenvolver a produção do biogás e do biometano?

**Mobilizar a classe política para que a produção e uso do biogás e biometano se torne agenda nacional:** sem o apoio dos poderes executivo e legislativo, o potencial de biogás não será aproveitado plenamente no curto prazo. Assim como no caso do ProÁlcool na década de 70, do PROINFA nos anos 2000, a classe política precisa se convencer e apoiar o desenvolvimento da indústria de biogás e biometano para atrair investimentos e, conseqüentemente gerar emprego e renda e reindustrializar o país de maneira sustentável.;

**Estabelecer âncoras de demanda e/ou incentivos:** seja através de incentivos como mistura de biogás e biometano na comercialização de gás canalizado e combustíveis, seja através de definição de âncoras de mercado como o caso de usinas termelétricas, fábricas de fertilizantes, indústria de base / eletrointensiva etc. é fundamental que se inclua no planejamento energético uma parcela mais relevante do biogás e biometano. No início do desenvolvimento do mercado livre de energia no setor elétrico brasileiro, o governo estabeleceu em leilões de energia nova de projetos estruturantes mandatos específicos de atendimento da demanda do mercado livre. Em tais certames o mercado livre foi contemplado com 30% da energia contratada e posteriormente reduziu-se para 10%. Adicionalmente, o governo implementou leilões por fonte e incentivos para desenvolvimento de energias limpas (como o PROINFA) para aumentar a parcela de tais fontes na matriz elétrica nacional. Dessa forma, mesmo que não haja mandato específico, como no caso das misturas obrigatórias do etanol na gasolina (27%) e do biodiesel no diesel (10-15%), algum tipo de âncora de demanda é fundamental para o amadurecimento da indústria de biogás e biometano e a gradual eliminação de gargalos de infraestrutura no país.

**Ampla campanha publicitária para explicar à sociedade os benefícios da produção e uso do biogás e do biometano:** por intermédio de uma linguagem simples, acessível, com frases de efeito, jingles, porta-vozes, mascotes entre outros é importante que seja veiculada uma ampla campanha publicitária para explicar à sociedade brasileira se convença dos benefícios da produção e uso do biogás e biometano. O Brasil possui uma série de exemplos positivos de campanhas que povoam ainda hoje o imaginário do povo brasileiro, como "O petróleo é nosso", "O Agro é Pop", "Não vamos taxar o sol", bem como símbolos / mascotes de peças publicitárias como o Zé Gotinha de incentivo à vacinação. Portanto, divulgar em todos os meios de comunicação / mídias sociais tais benefícios é uma forma de sensibilizar a sociedade civil em prol de uma fonte de energia primária abundante, uma vocação natural do país e que poderá conceder uma vantagem competitiva enorme à economia brasileira em prol do crescimento com sustentabilidade.

**Aprovar um marco legal federal e promover harmonização de políticas estaduais de incentivo à produção e uso de biogás e biometano:** historicamente a aprovação de marcos legais que consolidam legislações em um único arcabouço são fatores relevantes para destravar

investimentos e prover estabilidade regulatória e segurança jurídica. Recomenda-se a aprovação de um marco legal para incentivo à produção e uso de biogás e biometano, bem como sugestões de práticas de harmonização de regulações de âmbito estadual para fomentar maior parcela de biometano no atendimento às demandas energéticas em complementaridade ao gás natural. Como o biometano é equivalente ao gás natural, incentivos a produção e uso do biometano na rede de gasodutos de transporte e distribuição de gás canalizado existente e futura proporcionará menor dependência de importações do combustível fóssil e redução da pegada de carbono na indústria de transporte dutoviária. Adicionalmente, incentivos para utilização do biogás (comprimido ou liquefeito) e do biometano na cadeia logística de transporte de cargas médias e pesadas em médias e longas distâncias gerariam impactos positivos também no setor de transporte rodoviário, aquaviário, aviação civil, ferroviário contribuindo com os esforços de descarbonização da logística brasileira.

Boa leitura!

## ÍNDICE

<b>1. O que é o Biogás e Biometano e quais são suas características e atributos? .....</b>	<b>7</b>
<b>Quais são as tecnologias para aproveitamento do biogás e do biometano? .....</b>	<b>8</b>
<b>Atributos do Biogás e Biometano .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Qual o potencial de biogás e biometano e como está distribuído nos setores produtivos? .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Qual a participação do biogás e do biometano na matriz energética e relevância que pode alcançar? .....</b>	<b>17</b>
<b>Europa .....</b>	<b>21</b>
<b>China .....</b>	<b>21</b>
<b>Estados Unidos .....</b>	<b>21</b>
<b>Índia &amp; Tailândia .....</b>	<b>21</b>
<b>4. Qual o arcabouço legal e regulatório da indústria de biogás e biometano e setores correlatos? .....</b>	<b>25</b>
<b>Setor Biogás e Biometano .....</b>	<b>25</b>
<b>Setor Resíduos Sólidos .....</b>	<b>26</b>
<b>Setor de Biocombustíveis .....</b>	<b>26</b>
<b>5. O que falta por parte de agentes públicos e privados para que esse potencial se torne realidade? .....</b>	<b>28</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>30</b>

## Lista de Figuras:

Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)

Figura 2 – Possíveis usos já comercializados do biogás / biometano (COELHO, 2018)

Figura 3 – Estágio de Desenvolvimento de Recursos Renováveis (CBIE Advisory)

Figura 4 – Usos Finais do Biogás – 2003 a 2021 (Abiogás / Ibogas)

Figura 5 – Produção Acumulada de Biogás por Estado – 2003 a 2021 (biogás / Cibiogás)

Figura 6 – Matriz Elétrica Brasileira – 2022 (MME)

Figura 7 – Matriz Energética Brasileira – 2022 (EPE)

Figura 8 – Perspectivas Tecnológicas ligadas à biomassa – PNE 2050 (EPE)

Figura 9 – Top 10 Países em Capacidade Instalada de Bioenergia 2022 (IRENA)

Figura 10 – Custo Marginal de Expansão (CME) por fonte – R\$/MWh (CBIE Advisory)

Figura 11 – Evolução da legislação de biogás e biometano – 2010 a 2023 (SEBRAE/CBIE)

## 1. O que é o Biogás e Biometano e quais são suas características e atributos?

O biogás é uma mistura de gases produzida pela decomposição biológica de matéria orgânica na ausência de oxigênio. Sua composição química contém: gás metano, gás carbônico, gás sulfídrico e umidade. Pode ocorrer em qualquer lugar submerso com ausência de oxigênio (pântano, intestino de animais) ou através de ações do homem como em aterros sanitários e usinas de biogás.

Quando purificado, o biogás se transforma no biometano, um combustível equivalente ao gás natural, fonte prioritária da transição energética mundial para maior participação de fontes renováveis sem abrir mão da segurança energética e alimentar. Logo, segundo a Lei n.º 14.134/21 (Nova Lei do Gás), o biometano pode ser injetado em toda rede de gasodutos existentes e futura contribuindo para abastecer a demanda de todo o país através de um gás natural renovável / verde.

Além disso, na purificação do biogás para o biometano se extrai o digestato. O digestato é um subproduto do processo de limpeza do biogás e pode ser usado como um biofertilizante.

O biogás, biometano e o digestato possuem 5 usos principais de acordo com as suas características químicas:

- 1. Fornecer energia elétrica de forma limpa, não intermitente e descentralizada (Biogás)**
- 2. Fornecer calor para caldeiras de indústrias eletrointensivas (Biogás e Biometano)**
- 3. Fornecer combustível limpo para cocção de alimentos (Biometano)**
- 4. Fornecer biocombustível para o transporte de cargas nos setores rodoviário e hidroviário (Biometano)**
- 5. Fornecer biofertilizante para recuperação de solos degradados e redução do uso de fertilizantes químicos (Digestato)**

Nesse sentido, o biogás e o biometano são substitutos energéticos para uma série de fontes. Cada m<sup>3</sup> de biogás corresponde a:

- 1,5 m<sup>3</sup> de GLP (gás de cozinha)
- 0,6 a 0,7 litros de gasolina
- 0,55 litros de diesel
- 1,25 a 1,43 kWh de eletricidade
- 1,6 a 3,5kg de lenha

O biogás e o biometano terão um papel fundamental para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) para adaptação às mudanças climáticas. Seu aproveitamento, no âmbito de setor de bioenergia mundial atende nada menos que 15 dos 17 ODS direta e indiretamente.

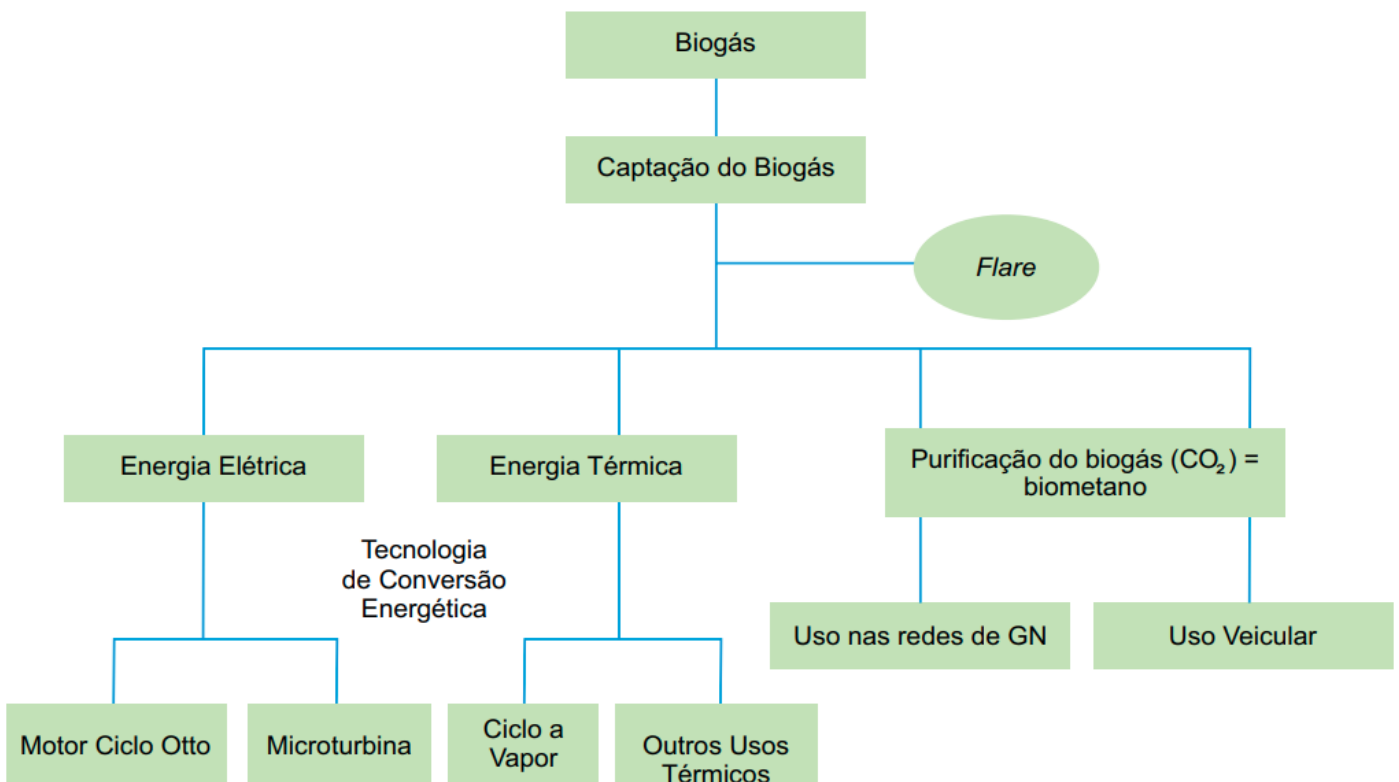
**Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)**



**Quais são as tecnologias para aproveitamento do biogás e do biometano?**

Segundo COELHO<sup>2</sup>, as possíveis utilizações do biogás e biometano já comercializadas estão resumidas na figura abaixo.

**Figura 2 – Possíveis usos já comercializados do biogás / biometano (COELHO, 2018)**



<sup>2</sup> COELHO, S.T. et al “Tecnologias de Produção e Uso de Biogás e Biometano”, Série RCGI/USP/SYNERGIA, 2018.



Dentre as formas principais de produzir energia a partir de fontes de biomassa estão:

- **Combustão (combustão):** a fonte de biomassa é queimada para produzir calor, vapor e/ou eletricidade;
- **Pirólise:** decomposição térmica da biomassa a temperaturas elevadas numa atmosfera inerte (sem oxigênio);
- **Gaseificação:** como no caso do processo de pirólise, a biomassa é queimada em um sistema livre de oxigênio com a saída sendo gás de síntese (um biocombustível que é uma mistura de hidrogênio e monóxido de carbono que pode ser usado para produzir energia); e
- **Co-queima:** substituição parcial do uso do carvão para produzir eletricidade por co-queima partir de biomassa, como cavacos de madeira, reduzindo assim a pegada de carbono.

Importante destacar que a produção e uso do biogás, na geração de energia elétrica, já é uma tecnologia dominada e com uso comercial no país desde 2003, portanto uma alternativa madura para atender os compromissos ambientais em todo o território nacional e prover segurança energética e alimentar ao país.

**Figura 3 – Estágio de Desenvolvimento de Recursos Renováveis (CBIE Advisory)**

Fontes / Negócios	Grau de Maturidade		Relevância na Matriz		Retorno Alvo** %
	Tecnológico	Econômico-Financeiro	2021A	2031E	
1. Usinas Eólicas Onshore	Alto	Alto	20.177 MW (11,3%)	30.336 MW (13,8%)	10-12%
2. Usinas Eólicas Offshore	Alto	Médio	-	-	12-15%
3. Usinas Solares Onshore	Alto	Alto	4.557 MW (2,5%)	10.383 MW (4,7%)	10-12%
4. Usinas Solares Flutuantes	Médio	Médio	1,0 MWp	N/A	12-15%
5. Usinas Nucleares	Alto	Alto	1.990 MW (1,1%)	4.395 MW (2,0%)	12-15%
6. Pequenas Centrais Nucleares (SMRs)*	Baixo/Médio	Baixo	-	-	-
7. Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD)	Alto	Alto	8.551 MW (4,7%)	37.200 MW (14,5%)	25-35%
8. Baterias	Alto	Médio	-	-	-
9. Hidrogênio	Baixo	Baixo	-	-	-
10. Biogás / Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)	Alto	Médio	265,8 MW (0,15%)	630 MW (0,24%)	15-20%
11. Biorrefinarias de segunda geração	Baixo	Baixo	-	N/A	-

\* Small Modular Reactors

\*\* Retorno alavancado em termos reais

#### Tecnológico:

- **Alto:** tecnologia dominada e produzida em larga escala
- **Médio:** tecnologia em fase de aprimoramento / consolidação
- **Baixo:** tecnologia ainda em fase de P&D

#### Econômico-Financeiro:

- **Alto:** custos de produção já alcançaram maturidade / escala
- **Médio:** custos de produção em fase de desenvolvimento (escala ainda não alcançada)
- **Baixo:** custos ainda não viabilizam o desenvolvimento comercial (sem escala)

## Atributos do Biogás e Biometano

Os atributos do biogás e biometano explicam porque tais fontes energéticas se configuram como as melhores alternativas para que o Brasil possa alcançar as metas de descarbonização no âmbito dos esforços de adaptação às mudanças climáticas.

- 1. Atributo Ambiental:** o biogás e o biometano são fontes energéticas limpas, renováveis oriunda de resíduos ou dejetos de processos agroindustriais e humanos. Diferentemente das fontes de energia elétrica renováveis, como as fontes solar e eólica, o biogás e o biometano são biomassas de oferta não intermitente e que podem ser armazenadas para uso futuro. Além disso, o biogás e biometano possuem os atributos perfeitos para a realização da economia circular.

Adicionalmente, parcela significativa do potencial de biogás e biometano é oriunda de resíduos cujo aproveitamento atual é bastante incipiente. A produção de biogás através de biodigestão anaeróbica apresenta uma série de benefícios para proteção ambiental: além de evitar as emissões de metano na atmosfera, o sistema protege qualidade da água evitando sua contaminação, reduz patógenos de dejetos, mineraliza nutrientes para permitir crescimento de plantas, melhora a qualidade do ar e permite atender os três escopos de mitigação de gases de efeito estufa.

Quando analisada pelo seu potencial na geração de energia elétrica, o biogás é uma fonte despachável capaz de atender tanto demanda pico / flexível quanto demandas de base / inflexíveis. Esse atributo além de possibilitar a descarbonização de setores da economia eletrointensivos, como o agronegócio, a indústria e a cadeia de transporte, permite uma grande complementaridade para a contínua expansão de fontes renováveis intermitentes sem prejuízos para a segurança energética além da confiabilidade no suprimento elétrico.

Já o biometano é uma fonte de energia capaz de substituir o gás natural tanto na matriz de transporte rodoviário ou hidroviário, quanto para usos industriais. Podendo inclusive ser consumido misturado ao gás natural, transportado e distribuído pela mesma malha de dutos, caminhões, trens ou pelo modal hidroviário.

Outro atributo ambiental importante é a utilização do digestato, um biofertilizante, promove a recuperação de solos e redução do uso de fertilizantes químicos.

- 2. Atributo Geográfico:** o potencial de biogás e biometano está presente em praticamente todo o território nacional, portanto uma oferta energética distribuída que possibilita aproximar a geração de energia com o consumo para diversos segmentos da economia, em particular o agronegócio, indústria, transporte e infraestrutura logística.

O Brasil é um dos países mais privilegiados globalmente em disponibilidade de fontes primárias de energia e particularmente de biomassas, a ponto de alcançar a segunda posição no Ranking Mundial de Bioenergia da IRENA em termos de penetração de biomassas na matriz elétrica, atrás somente da China. Essa dispersão no território possui a desvantagem de dificultar um processo de planejamento centralizado para seu aproveitamento. Não obstante, ao mesmo tempo permite que autoridades estaduais e municipais desenhem melhores estratégias de monetização de tais recursos energéticos conforme o perfil de geração de resíduos de cada localidade. No âmbito dos 3 Ds do processo global de transição energética – Descentralização, Descarbonização e Digitalização – a aproximação do setor energético do agronegócio e da indústria é ferramenta primordial para que as melhores alternativas de aproveitamento de biogás e biometano sejam implementadas, respeitando-se as vocações de cada região do país.

- 3. Atributo Socioeconômico:** a produção e uso de biogás e biometano não precisa ficar circunscrita a grandes propriedades e empresas. Aproveitamento local de resíduos são iniciativas de economia circular passíveis de incrementar renda e gerar emprego para

pequenos e médios produtores rurais, grandes empresas do agronegócio, assim como no aproveitamento de resíduos de pequenas, médias e grandes cidades.

A versatilidade de fontes produtoras de biogás e biometano, bem com sua dispersão geográfica, encurta distâncias e, conseqüentemente custos, entre a produção e o consumo energético.

A possibilidade de interiorização da oferta de biometano, por exemplo, em complementaridade com o gás natural, é uma ferramenta de desenvolvimento econômico e social, com geração de emprego e renda e atração de investimentos em infraestrutura. Esses investimentos além de serem intensivos em mão de obra e capital, ainda permitem um processo de reindustrialização do país, com o aumento da oferta de fontes energéticas limpas em todo o território. Quanto maior a oferta e menor gargalos logísticos de suprimento, menores os preços de gás natural e biometano, fomentando aumento do consumo de energia e na melhoria ambiental e social.

Importante destacar que o biometano é equivalente ao gás natural para transporte em gasodutos. Dessa forma, essa fonte é uma importante alternativa de liquidez para atender demanda energética em todos os estados do país, reduzindo a necessidade de importação de combustíveis fósseis.

## 2. Qual o potencial de biogás e biometano e como está distribuído nos setores produtivos?

De acordo com relatório da IEA<sup>3</sup>, mais de 60% da oferta global de bioenergia está projetada para vir de resíduos agrícolas e resíduos sólidos urbanos, evitando-se o uso de áreas dedicadas para produção de bioenergia.

No caso do Brasil, segundo dados da Abiogás, hoje a maior parcela da produção de biogás e biometano do país é oriunda de resíduos sólidos urbanos (RSU), com a produção acumulada de 2003 até 2020 representando 74% do total. Porém, aproximadamente 95% do potencial de biogás e biometano é oriundo de resíduos do agronegócio – setores sucoenergético (47,8%), proteína animal (32,1%) e agricultura (15,1%) – e 5% de resíduos do setor de saneamento / aterros sanitários. Esse potencial subaproveitado atualmente é capaz de fornecer energia elétrica, calor e biocombustível para setores-chave da economia: agronegócio, indústria e transporte

Somente no setor de resíduos – portanto sem levar em consideração lavouras dedicadas de biomassa de primeira, segunda e terceira geração – estima-se um potencial de 19 GW de geração de energia elétrica (9,2% da matriz elétrica brasileira atual de 205,5 GW) e 120,8 milhões de m<sup>3</sup> / dia de biometano (2,0 a 2,5x a produção líquida doméstica de gás natural de 50-55 milhões de m<sup>3</sup>/ dia).

Com base em tal potencial, com a produção de biometano é possível substituir até 70% da frota de veículos pesados movidos a diesel no Brasil. A Abiogás estima uma produção potencial equivalente a 40,8 bilhões de litros de diesel vs. uma demanda reportada em 2022 de 56,9 bilhões de litros (71,70%). A possibilidade de incentivos para modernização de frota de caminhões em circulação por parte do governo federal, bem como a instalação de kits de tanques comprimidos de biometano para transformar a frota em bicombustível (dual fuel) são estratégias relevantes para alcançar os objetivos de descarbonização e o escopo 3 de metas de redução de gases de efeito estufa.

Seja no campo, seja na cidade, a produção de resíduos hoje em ampla maioria dos casos não é aproveitada para gerar receitas e mitigar gases de efeito estufa. Logo, tanto do ponto de vista ambiental, quanto comercial, o aproveitamento de resíduos energéticos possui um papel fundamental para que o Brasil possa alcançar os compromissos de descarbonização previstos para o período entre 2030 e 2050.

A produção de biometano se iniciou em 2012 e representa atualmente 22% dos usos finais da produção acumulada até 2021 tendo aumentado quase 10x no período, conforme figura abaixo:

---

<sup>3</sup> IEA. “IEA Bioenergy Report 2023: How Bioenergy Contributes to a Sustainable Future”, página 43.

**Figura 4 – Usos Finais do Biogás – 2003 a 2021 (Abiogás / Cibiogás)**

Produção	Agropecuária	(%)	Indústria	(%)	RSU ou esgoto	(%)	P. Acumulada biogás(Nm <sup>3</sup> / ano)	Elétrica	(%)	Mecânica	(%)	Térmica	(%)	Biometano	(%)
2003	1.086.372	100%		0%		0%	<b>1.086.372</b>	178.776	16%		0%	907.596	84%		0%
2004	3.422.411	100%		0%		0%	<b>3.422.411</b>	2.323.190	68%		0%	1.099.221	32%		0%
2005	3.927.452	43%	5.292.500	57%		0%	<b>9.219.952</b>	7.964.302	86%		0%	1.255.650	14%		0%
2006	6.742.409	56%	5.292.500,00	44%		0%	<b>12.034.909</b>	9.400.168	78%	1.014.372	8%	1.620.370	13%		0%
2007	7.526.249	59%	5.292.500	41%		0%	<b>12.818.749</b>	9.578.943	75%	1.014.372	8%	2.225.434	17%		0%
2008	9.665.970	6%	12.548.500,00	8%	131.400.000,00	86%	<b>153.614.470</b>	143.118.664	93%	1.014.372	1%	9.481.434	6%		0%
2009	11.482.255	7%	12.913.500	8%	135.936.950	85%	<b>160.332.705</b>	149.727.399	93%	1.014.372	1%	9.590.934	6%		0%
2010	13.500.435	6%	15.613.500,00	6%	216.055.113,64	88%	<b>245.169.048</b>	231.863.743	95%	1.014.372	0%	12.290.933	5%		0%
2011	19.245.799	7%	24.263.500	9%	239.634.114	85%	<b>283.143.413</b>	264.838.107	94%	1.014.372	0%	17.290.934	6%		0%
2012	20.102.101	5%	103.731.686,44	27%	257.154.113,64	67%	<b>380.987.901</b>	283.377.355	74%	1.014.372	0%	42.430.174	11%	54.166.000	14%
2013	24.714.025	5%	114.484.186	24%	328.548.114	70%	<b>467.756.325</b>	359.018.279	77%	1.014.372	0%	53.547.674	11%	54.176.000	12%
2014	26.853.820	5%	136.262.386,44	24%	394.773.713,64	71%	<b>557.889.920</b>	427.794.075	77%	1.014.372	0%	74.915.473	13%	54.176.000	10%
2015	40.765.781	5%	154.523.839	18%	659.400.121	77%	<b>854.689.741</b>	686.003.396	80%	1.564.452	0%	95.787.886	11%	71.334.007	8%
2016	55.133.056	6%	170.113.089,32	18%	733.790.770,55	77%	<b>959.036.916</b>	774.633.571	81%	1.564.452	0%	111.377.136	12%	71.461.757	7%
2017	67.584.469	6%	171.464.633	15%	876.768.571	79%	<b>1.115.817.673</b>	821.724.528	74%	1.564.452	0%	111.377.136	10%	181.151.557	16%
2018	115.025.790	8%	178.393.446,85	13%	1.080.841.400,55	79%	<b>1.374.260.637</b>	903.984.317	66%	1.564.452	0%	111.438.686	8%	357.273.182	26%
2019	170.548.238	10%	203.420.037	11%	1.398.962.626	79%	<b>1.772.930.900</b>	1.275.173.970	72%	7.526.112	0%	133.057.636	8%	357.273.182	20%
2020	216.521.729	10%	327.621.690,60	15%	1.595.979.007,36	75%	<b>2.140.122.427</b>	1.498.025.497	70%	7.526.112	0%	145.897.636	7%	488.673.182	23%
<b>2021</b>	<b>240.629.045</b>	<b>10%</b>	<b>367.680.372</b>	<b>16%</b>	<b>1.740.795.744</b>	<b>74%</b>	<b>2.349.105.161</b>	<b>1.668.699.231</b>	<b>71%</b>	<b>7.526.112</b>	<b>0%</b>	<b>150.706.636</b>	<b>6%</b>	<b>522.173.182</b>	<b>22%</b>

Do ponto de vista estadual, as regiões sudeste e sul concentram atualmente a produção de biogás e biometano respondendo por 1,83bn (78%) da produção acumulada de 2,35bn Nm<sup>3</sup>/ano através de 587 plantas do total de 755 em operação no Brasil, segundo dados da Abiogás / Cibiogás.

Não obstante, a região nordeste possui um caso de sucesso emblemático de produção e utilização de biometano na substituição ao gás natural no estado do Ceará. Através do Aterro Municipal de Caucaia na Região Metropolitana de Fortaleza 110,2mn Nm<sup>3</sup>/ano são distribuídos pela rede de gás canalizado da distribuidora Cegás respondendo por cerca de 17% da demanda total de gás canalizado da companhia. Tal percentual supera casos de sucesso internacionais como a Suécia e o Japão com cobertura de 8 a 12%.

**Figura 5 – Produção Acumulada de Biogás / Biometano e equivalência energética por Estado – 2003 a 2021 (Abiogás / Cibiogás)**

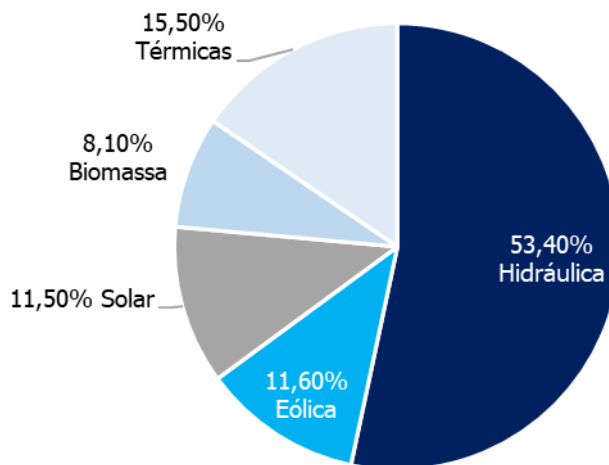
Estado	P. Em operação	(%)	Produção Nm <sup>3</sup> /ano	(%)	Potencial GW/ano	(%)	Diesel -> BioMetano (M <sup>3</sup> *L)	(%)
AC		0,0%		0,0%	158	0,1%	38.700	0,1%
AM	1	0,1%	26.280.000	1,1%	492	0,3%	188.000	0,5%
AP		0,0%		0,0%	132	0,1%	324.000	0,8%
PA	1	0,1%	1.767.797	0,1%	2.071	1,2%	508.600	1,3%
RO	1	0,1%	255.500	0,0%	1.664	1,0%	12.900	0,0%
RR		0,0%		0,0%	1.210	0,7%	305.000	0,8%
TO	2	0,3%	243.582	0,0%	1.443	0,8%	12.200	0,0%
AL	1	0,1%	182.500	0,0%	2.702	1,6%	29.500	0,1%
BA	4	0,5%	83.483.154	3,6%	3.407	2,0%	832.900	2,1%
CE	3	0,4%	110.212.868	4,7%	1.703	1,0%	421.000	1,1%
MA	1	0,1%	14.454.000	0,6%	2.609	1,5%	645.500	1,6%
PB	1	0,1%	26.280.000	1,1%	1.472	0,9%	347.500	0,9%
PE	6	0,8%	144.994.126	6,2%	3.053	1,8%	725.300	1,8%
PI		0,0%		0,0%	2.238	1,3%	559.200	1,4%
RN		0,0%		0,0%	883	0,5%	212.100	0,5%
SE		0,0%		0,0%	1.142	0,7%	280.000	0,7%
DF	5	0,7%	2.114.558	0,1%	319	0,2%	78.000	0,2%
GO	63	8,3%	32.984.476	1,4%	17.648	10,3%	4.200.000	10,7%
MT	46	6,1%	39.470.472	1,7%	11.226	6,5%	2.700.000	6,8%
MS	33	4,4%	32.542.994	1,4%	9.740	5,7%	2.200.000	5,6%
ES	5	0,7%	21.764.294	0,9%	1.962	1,1%	483.500	1,2%
MG	251	33,2%	210.494.367	9,0%	19.841	11,5%	4.700.000	11,9%
RJ	10	1,3%	392.032.102	16,7%	1.731	1,0%	416.000	1,1%
SP	60	7,9%	797.669.188	34,0%	54.133	31,5%	12.500.000	31,7%
PR	159	21,1%	253.399.659	10,8%	15.147	8,8%	3.600.000	9,1%
SC	64	8,5%	69.997.132	3,0%	5.504	3,2%	1.100.000	2,8%
RS	38	5,0%	88.482.393	3,8%	8.271	4,8%	2.000.000	5,1%
<b>Brasil</b>	<b>755</b>	<b>100%</b>	<b>2.349.105.161</b>	<b>100%</b>	<b>171.901</b>	<b>100%</b>	<b>39.419.900</b>	<b>100%</b>

Atualmente o Brasil recicla somente 2% do lixo que produz vs. patamares de 14% a 20% para países desenvolvidos. O não tratamento de resíduos do agronegócio e de aterros contribui para emissões de gás metano na atmosfera. Portanto exemplos como a produção de biogás e biometano por aterros de estados como São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Ceará dentre outros certamente podem ser replicados para todas as regiões metropolitanas do país.

O Brasil é um país privilegiado de recursos e fontes primárias de energia, seja na composição de sua matriz energética, na sustentabilidade do agronegócio ou na indústria de biocombustíveis, e temos muitos exemplos positivos a exportar no âmbito de esforços de adaptação às mudanças climáticas.

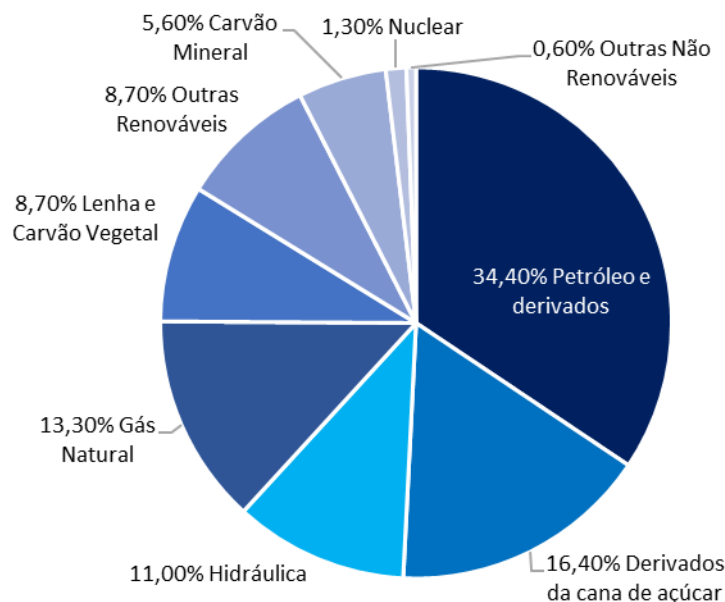
Pegando como exemplo a nossa matriz elétrica, alcançamos ao final de 2022 uma capacidade instalada de 205.527 MW possui 85% de participação de fontes renováveis (hidráulica, biomassa, eólica, solar), segundo o Boletim Mensal de Monitoramento do Setor Elétrico Brasileiro de Dezembro de 2022 da Secretaria de Energia Elétrica do Ministério de Minas e Energia (MME). A média global é de apenas 29% de fontes renováveis – bem distante da rota sugerida pela IRENA de participação de renováveis de 90% até 2050.

**Figura 6 – Matriz Elétrica Brasileira – 2022 (MME)**



No caso da matriz energética, que contempla também o setor de transporte e cocção de alimentos (além da geração de eletricidade), o Brasil também possui liderança com 48,4% de sua matriz composta por fontes renováveis vs. cerca de 15% de média global, segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

**Figura 7 – Matriz Energética Brasileira – 2022 (EPE)**



Não obstante a vocação renovável do país, o Brasil também possui grandes desafios de descarbonização de sua economia em particular no agronegócio, indústria e transportes, que concentram as emissões de gases do efeito estufa (GEE).

A boa notícia é que exatamente nesses setores de difícil descarbonização (agronegócio, indústria e transportes) existe uma geração de resíduos significativa que pode ser utilizada para produção de energia, calor industrial e biocombustíveis para que o país possa gradativamente cumprir com suas metas tanto do ponto de vista de emissões de CO<sub>2</sub> e de gás metano (CH<sub>4</sub>) quanto de particulados. Dessa forma, podemos dar uma grande contribuição para o mercado global de créditos de carbono e minimizar o avanço das emissões.

O gradual avanço da regulamentação do mercado global de créditos de carbono e o surgimento recente de empresas de certificação de inventários de emissões são peças fundamentais para destravar o potencial brasileiro. A contratação de relatórios de emissões com os escopos 1, 2 e 3 explicados a seguir permite às companhias enxergar não somente os impactos de emissões diretas, mas também as indiretas se constituindo uma base para elaboração de estratégias de descarbonização que possibilitarão um fluxo de receita adicional e/ou manutenção de competitividade de preços para mercado externo que, cada vez mais exigirá produtos e processos certificadamente sustentáveis.

1. **Escopo 1:** emissões diretas que pertencem ou são controladas pela empresa
2. **Escopo 2:** emissões indiretas geradas no consumo de energia pela empresa
3. **Escopo 3:** outras emissões indiretas de fontes que não pertencem ou não são controladas pela empresa

Os três escopos permitirão que os resíduos agronegócio e dos RSU sejam aproveitados para abastecer a demanda de eletricidade, calor e biocombustíveis o que pode endereçar – ainda que parcialmente – a descarbonização da logística de transporte de insumos e produtos, fornecer energia limpa não intermitente para a demanda elétrica, fornecer calor para caldeiras industriais e de quebra reduzir a necessidade de importação de fertilizantes pelo aproveitamento do digestato (biofertilizante).

A produção de biometano atende aos 3 escopos de descarbonização e é a fonte mais madura para prover soluções de descarbonização do setor de transportes / logísticas de cargas médias e pesadas no país atualmente concentrado no uso de caminhões a diesel (46%) e modal rodoviário (61%). Já o biogás se configura como a melhor alternativa de prover confiabilidade elétrica para a expansão da geração distribuída, balanceando o sistema elétrico em complemento à oferta solar otimizando sua operação e diferindo investimentos em linhas de transmissão.



### 3. Qual a participação do biogás e do biometano na matriz energética e relevância que pode alcançar?

Segundo dados da Abiogás<sup>4</sup>, o Brasil possui um potencial de biogás de 44,1 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano divididos em quatro setores principais:

- Sucoenergético: 21,1 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano (47,8%)
- Proteína Animal: 14,2 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano (32,2%)
- Produção Agrícola: 6,6 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano (15,0%)
- Saneamento: 2,2 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano (5,0%)

O metro cúbico normal (Nm<sup>3</sup>) é a unidade de medida que indica o valor que uma matéria de massa constante ocupa num determinado espaço em condições padrões.

Agrupando-se os três primeiros setores como agronegócio – setor que representa 28% do PIB nacional e mais de 50% da receita com exportações do país – temos que 95% do potencial do biogás encontra-se tipicamente no campo e 5% nas cidades, uma vez que o setor de saneamento ou de aterros se utiliza de resíduos sólidos urbanos (RSU) e de esgoto para produção de biogás e biometano.

A concentração do potencial no agronegócio de forma distribuída em todas as regiões do país levou à criação da expressão o Pré-sal caipira para o potencial de produção de biogás e biometano. De fato, se considerarmos que o potencial de 44,1 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano corresponde a 60,4 milhões de m<sup>3</sup>/dia de produção de gás natural e que o agronegócio responde por 95% desse potencial.

O recorte regional, de acordo com a Abiogás, aponta que 63,5% do potencial sucoenergético localiza-se na região sudeste – replicando-se o mapa da produção de cana de açúcar no Brasil – 30,3% do potencial de proteína animal e 50,0% do potencial de saneamento / aterros.

A região sul concentra o mesmo potencial de proteína animal (30,3%) e responde por 24,2% do potencial de produção agrícola, 10,9% do potencial de saneamento e 5,2% do potencial sucoenergético.

De forma agregada, as regiões sudeste e sul que concentram atualmente 78,0% da produção de biogás e biometano acumulada até 2021 respondem conjuntamente por 60,7% do potencial projetado pela Abiogás.

A região centro-oeste concentra 22,6% do potencial, dos quais 48,5% do setor de produção agrícola (3,2 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano), 22,3% do setor sucoenergético, 13,4% de proteína animal e 7,3% do potencial de saneamento / aterro. Finalmente, as regiões nordeste e norte respondem por 12,2% e 4,0% do potencial, respectivamente.

Essa dispersão do potencial do biogás e biometano em todas as unidades da federação se constitui uma importante e madura ferramenta de conciliar os compromissos de descarbonização em todo o território nacional, contribuindo-se para o alcance de 2 dos 4 objetivos fundamentais do país (artigo 3º da Constituição Federal):

- Garantir o desenvolvimento nacional;
- Erradicar a pobreza e marginalização e reduzir desigualdades sociais e regionais

---

<sup>4</sup> ABiogás. “Potencial de biogás no Brasil” – <https://abiogas.org.br/potencial-do-biogas-no-brasil> (2023)

## Qual a participação do biogás e do biometano na matriz energética atual e qual relevância poderia alcançar?

Segundo dados do portal Energia e Biogás<sup>5</sup>, o setor elétrico brasileiro (SEB) conta atualmente com 360,7 MW de capacidade de geração de energia elétrica por 509 usinas de biogás, o que equivale a 1,71% da capacidade de geração total do país de Março de 2023 de 210.865 MW, segundo o MME<sup>6</sup>. Do ponto de vista do planejamento setorial, capitaneado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) do MME, o governo trabalha com dois horizontes principais de expansão indicativa de capacidade de geração:

- **Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE):** próximos 10 anos (última versão PDE 2031)
- **Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050):** horizonte até 2050 (última versão 16 de dezembro de 2020)

Conforme a última versão aprovada do PDE (PDE 2031), a EPE considerou uma expansão de 300 MW de usinas a biogás (RSU) entre 2026 e 2031, ou seja 50 MW de capacidade incremental por ano no período. Portanto, a capacidade de biogás alcançaria 660,7 MW até 2031, o equivalente a 2,57% da capacidade instalada indicativa de geração de 257.268 MW.

O PNE 2050 não apresentou um cenário específico de qual capacidade instalada de geração oriunda de biogás / RSU a matriz elétrica poderia alcançar até 2050, mas exercitou um cenário de participação de usinas a biomassa no horizonte de planejamento. Tal exercício quantitativo apontou para capacidades entre 24 GW e 29 GW, o que implicaria em possíveis aumentos de 7,5 GW a 12,5 GW em relação à capacidade instalada em Março de 2023 de 16.513,6 MW.

Essa oferta indicativa entre 7,5 e 12,5 GW se compara com um potencial estimado pela Abiogás de 19,5 GW (ou 170.912 GWh / ano). No cenário chamado de estagnação (7,5 GW), a participação de usinas de biomassa de 24,0 GW equivaleria a 7,1% da matriz projetada de 336,0 GW. No cenário desafio da expansão, a participação de usinas de biomassa alcançaria 29,0 GW ou 5,1% da matriz projetada de 569,5 GW. Em ambos os cenários, uma redução relativa versus a participação atual de 7,8% (março 2023).

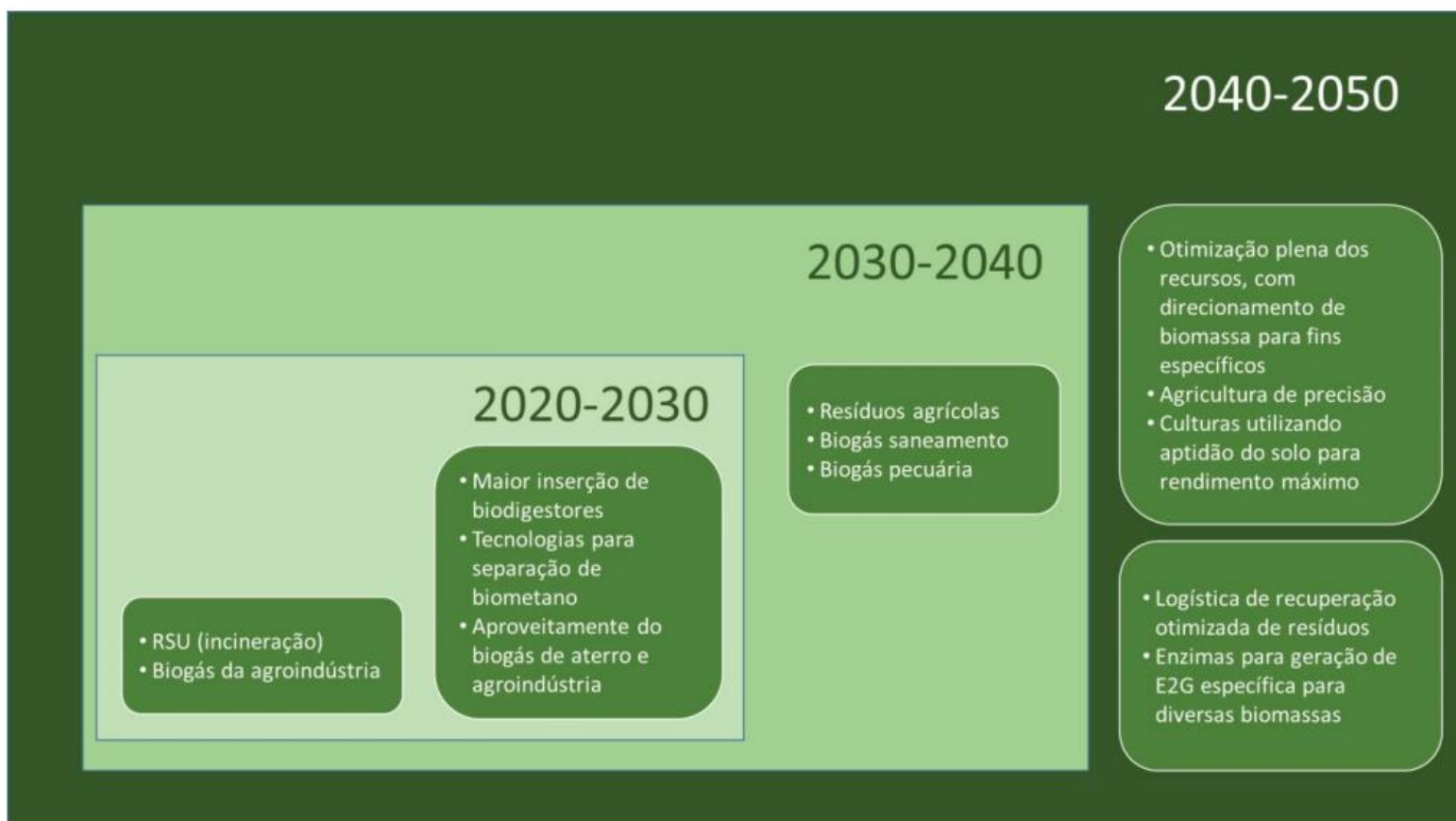
Do ponto de vista de perspectivas tecnológicas e desafios principais, o PNE 2050 apresentou um quadro síntese de como espera o amadurecimento da oferta energética de biogás e biometano no tempo:

---

<sup>5</sup> Energia e Biogás. <https://energiaebiogas.com.br/>. Junho 2023

<sup>6</sup> MME. “Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Março/2023”. Maio 2023

**Figura 8 – Perspectivas Tecnológicas ligadas à biomassa – PNE 2050 (EPE)**



Dentre os desafios principais colocados pelo documento:

- Diversificação das biomassas para biocombustíveis e desenvolvimento de novos combustíveis
- Diversidade de qualidade do produto e assimetria de informação
- Diversidade de atores estabelecendo políticas públicas para o setor de transportes

Tanto o PDE 2031 quanto o PNE 2050 também avaliam qual papel o biometano poderia alcançar na matriz de transportes / panorama de combustíveis e biocombustíveis nacional.

De acordo com o PDE 2031, o biometano possui conteúdo energético (8.600 kcal/m<sup>3</sup>) semelhante ao gás natural (9.256 kcal/m<sup>3</sup>) e pode ter várias aplicações, como geração elétrica, uso veicular, consumo industrial e injeção nas malhas de gás natural. Segundo o documento, *"a produção e uso do biogás pode servir para aumentar a oferta de gás natural, bem como para diminuir sua pegada de carbono, evidenciando uma sinergia positiva ente o combustível fóssil e o renovável, no processo de transição energética."*

Na avaliação da EPE, estimou-se um potencial anual de 3,9 bilhões de Nm<sup>3</sup> de biometano até 2031 oriundos do processo de biodigestão da vinhaça e torta de filtro da indústria sucoenergética e outros 3,1 bilhões de Nm<sup>3</sup> de biometano ao considerar a utilização de palhas e pontas de cana-de-açúcar, portanto um potencial de 7,0 bilhões de Nm<sup>3</sup> de biometano ou 12,8bn de Nm<sup>3</sup> vs. 21,1bn de Nm<sup>3</sup> estimados pela Abiogás. Não foi avaliado o potencial oriundo de proteína animal ou de produção agrícola no documento.

No PNE 2050 foi mencionado o potencial de biometano como biocombustível em frotas de veículos leves e pesados, de forma análoga ao gás natural. Cita o documento: *"Seu uso contribuiria ambiental*

e economicamente, podendo reduzir as emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais, fomentar a interiorização do gás, gerando mais empregos e renda, assim como minimizar a dependência de combustíveis fósseis. No entanto, o potencial técnico-econômico de sua produção comercial depende da escala de produção e se torna mais atrativo em arranjos em que o produtor de resíduos conta com alto consumo energético. Existem ainda algumas iniciativas em âmbito estadual para incentivar o seu uso. “Dentro desse contexto, o documento aponta o desafio principal de diversidade de atores estabelecendo políticas públicas para o setor de transportes. Iniciativas relativas ao uso de biometano e o BioQav (bioquerosene de aviação) são registradas em âmbito nacional e algumas apenas estaduais. Portanto “estabelecer um sistema efetivo de governança dessas políticas, do compartilhamento de estatísticas e de informações é uma tarefa complexa e que exige coordenação e estratégia de comunicação entre as diferentes partes interessadas”.

Para que tais desafios possam ser superados, o documento sugere três iniciativas:

- Desenvolver roadmap para utilização de biometano (incluindo nivelamento da experiência internacional)
- Desenvolver sistemas de monitoramento de qualidade dos combustíveis obtidos a partir de resíduos, para garantia do atendimento das especificações
- Melhor articulação entre stakeholders em projetos relacionados aos biocombustíveis líquidos e biogás / biometano (agentes públicos, privados, centros de pesquisa e universidades) de forma a aumentar a sinergia e impulsionar o seu desenvolvimento

Do ponto de vista de experiências internacionais, a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA) estabeleceu no seu roadmap de transição energética até 2050 um aumento no consumo de bioenergia (biomassa) de 18 EJ (Exajoules) para 58 EJ no período. Isso equivale a triplicar a oferta primária de bioenergia até 2050 que alcançaria 25% da oferta primária total de energia. No caso do biogás e biometano, o uso no consumo final de energia passaria de 0.5 EJ (2019) para 8 EJ (2050), ou de 15,9 GW para 253,7 GW no período. Ou seja, um aumento de 16x.

Ainda segundo mapeamento da IRENA, apresenta-se abaixo o ranking dos 10 maiores países em termos de capacidade instalada de bioenergia (biomassa), bem como de biogás e resíduos sólidos urbanos (RSU).

**Figura 9 – Top 10 Países em Capacidade Instalada de Bioenergia 2022 (IRENA)**

Top 10 Países - Capacidade Instalada de Bioenergia (2022)				Top 10 Países - Capacidade Instalada de Biogás (2022)				Top 10 Países - Capacidade Instalada de RSU (2022)			
#	País	MW	%	#	País	MW	%	#	País	MW	%
1	China	34.088	31,5%	1	Alemanha	6.961	40,0%	1	China	13.406	69,2%
<b>2</b>	<b>Brasil</b>	<b>17.206</b>	<b>15,9%</b>	2	EUA	2.029	11,7%	2	Alemanha	1.068	5,5%
3	EUA	11.296	10,4%	3	China	1.928	11,1%	3	Japão	1.026	5,3%
4	Índia	10.670	9,9%	4	Reino Unido	1.923	11,1%	4	EUA	1.025	5,3%
5	Alemanha	9.880	9,1%	5	Itália	1.382	7,9%	5	Reino Unido	756	3,9%
6	Reino Unido	7.251	6,7%	6	Turquia	1.103	6,3%	6	França	572	2,9%
7	Japão	5.476	5,1%	7	Tailândia	635	3,7%	7	Itália	418	2,2%
8	Tailândia	4.476	4,1%	8	França	571	3,3%	8	Holanda	413	2,1%
9	Suécia	4.474	4,1%	<b>9</b>	<b>Brasil</b>	<b>486</b>	<b>2,8%</b>	9	Suécia	386	2,0%
10	Itália	3.416	3,2%	10	República Tcheca	370	2,1%	10	Taiwan	316	1,6%
<b>Total</b>		<b>108.233</b>	<b>100,0%</b>	<b>Total</b>		<b>17.388</b>	<b>100,0%</b>	<b>Total</b>		<b>19.385</b>	<b>100,0%</b>

## Europa

A Europa atualmente é a maior produtora de biogás do mundo. Segundo a EurObserv'ER<sup>7</sup>, os 27 países da União Europeia produziram 14.928,9ktoe de biogás em 2021, dos quais 7.518,2ktoe pela Alemanha (50,4%), 2.078,1ktoe pela Itália (13,9%) e 1.404,2ktoe (9,4%) pela França. Portanto 3 países concentraram 73,7% da produção de biogás da União Europeia.

Com relação à produção de resíduos sólidos urbanos (RSU), os 27 países totalizaram 9.299,2ktoe em 2021. 5 países concentraram 73,5% da produção: Alemanha (33,9%), França (13,5%), Holanda (9,3%), Itália (8,9%) e Suécia (7,9%).

Segundo a IEA<sup>8</sup>, a Alemanha, maior mercado da Europa, iniciou o desenvolvimento da indústria de biogás com lavouras de bioenergia (*energy crops*), mas políticas recentes alteraram o substrato para maior aproveitamento de resíduos agrícolas, biomassas dedicadas, resíduos animais e captura de metano de aterros. Países como Itália, França, Holanda e Dinamarca vem desenvolvendo ativamente a produção e uso de biogás.

## China

A China ocupa a primeira posição do ranking de bioenergia e de capacidade instalada de plantas de aproveitamento de RSU e a terceira posição no ranking de plantas de biogás. De acordo com a IEA, políticas de incentivo para a instalação de biodigestores em áreas rurais com o objetivo de prover acesso a fontes modernas de energia e alternativa limpa de cocção de alimentos foram responsáveis por cerca de 70% da capacidade de biogás instalada no país atualmente. Adicionalmente, o governo chinês implementou programas de suporte à instalação de plantas de cogeração de calor e eletricidade (*Concentrated Heat & Power – CHP*) e, a partir de 2019, diretrizes para a industrialização do biogás e produção de biometano para uso no setor de transportes.

## Estados Unidos

Os Estados Unidos estão na terceira posição do ranking de bioenergia e na segunda e quarta posições de capacidade instalada de biogás e RSU, respectivamente. Segundo a IEA, aproximadamente 90% da produção de biogás do país é oriunda atualmente do aproveitamento de aterros sanitários, mas tem havido interesse crescente na utilização de resíduos do agronegócio, uma vez que a pecuária doméstica é responsável por quase 1/3 das emissões de metano do país. Seja através de políticas federais ou estaduais, os EUA estão liderando as iniciativas de uso de biometano no setor de transportes.

## Índia & Tailândia

Assim como o Brasil, a Índia e a Tailândia possuem vocação na indústria de bioenergia dada a relevância de atuação no setor de açúcar & álcool em que ocupam a 1<sup>a</sup>/2<sup>a</sup>/4<sup>a</sup> posições no ranking de produção respondendo por 45% do volume global da commodity. Dessa forma, os países asiáticos aparecem em posições relevantes no ranking de bioenergia (4<sup>o</sup>/8<sup>o</sup> lugares). Com relação à produção de biogás, a introdução de remuneração por intermédio do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) foi fundamental para o desenvolvimento da indústria entre 2007 e 2011, segundo a IEA, porém com redução significativa no desenvolvimento de novos projetos após 2011 quando os créditos de remuneração apresentaram redução. A Índia desde 2019 possui plano de implementar 5.000 novas plantas de biogás comprimido até 2024. No caso da Tailândia, a produção de biogás deriva de resíduos de suas indústrias de amido de mandioca, criação de porcos e de biocombustíveis.

---

<sup>7</sup> EurObserv'ER. "The State of Renewable Energies in Europe – edition 2022 – 21<sup>st</sup> EurObserv'ER Report".

<sup>8</sup> IEA. "Outlook for biogas and biomethane – Prospects for organic growth". World Energy Outlook Special Report (2020).

Conforme a análise dos principais países produtores de biogás e biometano, o uso de políticas de incentivo é um fator comum para o desenvolvimento da produção e uso de biogás e biometano com maior escala. Dentre as alternativas é comum, inicialmente, a introdução de mecanismos de incentivo para desenvolver investimentos *greenfield* como Fit (*Feed in Tariff*), FiP (*Feed in Premium*) ou Cotas / Certificados Renováveis.

O Brasil adota um sistema de preço teto para biogás / resíduos sólidos urbanos para geração de energia através de leilões federais de US\$100-114/MWh desde 2021, ou R\$550-600/MWh e US\$12,8 a 14,5/MMBTU e certificados de fontes renováveis como I-RECs (Certificados de Energias Renováveis) e CBIOS (Certificados de Biocombustíveis).

Em países desenvolvidos, cujo desenvolvimento da produção e uso do biogás e biometano está mais maduro que no Brasil, preços médios de biogás puro encontram-se na faixa de US\$55-80/MWh, ou US\$4,5 a 8,6/MMBTU. O que mostra que com maior escala de produção e incentivo à produção e uso do biogás e biometano em todo o território nacional o Brasil poderá usufruir de preços mais competitivos no médio e longo prazo.

Segundo dados da IEA (2020) em seu *outlook* de biogás e biometano, custos nivelados de produção de energia por intermédio dessa fonte variam entre US\$50 e US\$190/MWh a depender da tecnologia, sendo a biodigestão anaeróbica a de maior competitiva econômica. É importante destacar que olhar somente para o atributo preço para desenhar matrizes energéticas não se traduz em custos menores para consumidores finais. Por exemplo, fontes renováveis variáveis de energia (*Variable Renewable Energy – VRE*) que possuem natureza intermitente como usinas solares e eólicas têm o menor custo de produção de energia, porém são fontes de baixa densidade energética logo não são capazes de prover segurança energética e amplificam em até 3x a necessidade de investimentos em linha de transmissão para atender a mesma demanda. Fontes com o biogás (*Renewable Energy – RE*), biomassas, hidrelétricas de reservatórios e termelétricas são fontes de base ou despacháveis e, portanto, de alta densidade energética e que proporcionam confiabilidade / segurança energética.

Logo, oferta de energia por usinas de biogás deve ser comparada com fontes de mesmos atributos, como usinas hidrelétricas de reservatório, térmicas a carvão, gás natural, óleo diesel (OD), óleo combustível (OC) e nucleares. A tabela abaixo demonstra o custo nivelado de energia seguindo a metodologia de MDI (Modelo de Decisão de Investimento) da EPE.

**Figura 10 – Custo Marginal de Expansão (CME) por fonte – R\$/MWh (CBIE Advisory)**

Fonte	Capex <sup>1</sup> / MW - R\$ <sup>k</sup>	Capex <sup>1</sup> / MW - US\$ <sup>k</sup>	Construção (anos)	Fator de capacidade <sup>2</sup> (%)	Dívida / Cap. Próprio	Custo da Dívida (%)	TIR* (%)	Custo Marginal - R\$/MWh	Custo Marginal - US\$/MWh
Eólica - NE	6.273	1.206	3	50,0%	70/30	7,50%	8%	199,0	38,3
Solar - NE	5.323	1.024	1	28,3%	90/10	5,50%		199,0	38,3
Solar	5.323	1.024	1	27,3%	90/10	5,50%		207,1	39,8
Eólica	6.273	1.206	3	45,0%	70/30	7,50%		222,0	42,7
Gás Natural - onshore	5.720	1.100	3	91,7%	70/30	7,50%		242,5	46,6
PCH	10.401	2.000	5	58,0%	70/30	7,50%		326,3	62,7
Hidrelétrica	9.881	1.900	5	55,0%	60/40	7,50%		349,8	67,3
Biomassa	7.540	1.450	3	45,0%	70/30	7,50%		355,4	68,3
Gás Natural - Pré-Sal <sup>3</sup>	5.899	1.134	5	87,0%	70/30	7,50%		369,8	71,1
Carvão	11.701	2.250	5	80,0%	50/50	8,50%		454,3	87,4
Nuclear	28.599	5.500	7	91,7%	40/60	7,50%		714,5	137,4
<b>Média</b>	<b>9.358</b>	<b>1.800</b>	<b>4</b>	<b>59,9%</b>	<b>68/32</b>	<b>7,23%</b>		<b>330,9</b>	<b>63,6</b>

<sup>1</sup> Com isenção fiscal REIDI. Tx câmbio R\$5,20

<sup>2</sup> Fator de capacidade líquido de perdas de geração

<sup>3</sup> Cronograma concatenado com FID de E&Ps

\* Em linha com MDI (EPE)



Plantas de backup a OD/OC em cenários de hidrologia desfavorável são despachadas com preços de energia entre R\$1.300 e R\$2.500/MWh, o que evidencia a importância de uma matriz mais balanceada com oferta não intermitente renovável com preços significativamente inferiores ao custo da escassez elétrica seja no Brasil seja no resto do mundo. O biogás certamente pode cumprir esse papel e ainda próximo da carga, portanto economizando-se custos com investimentos em linhas de transmissão. Outra vantagem competitiva do biogás é que sua formação de preços não está vinculada a nenhuma commodity, o que traz menor volatilidade de preços contratados.

Uma vez que o setor elétrico brasileiro responde por menos de 3% das emissões de gases de efeito estufa e considerando que os setores mais críticos para descarbonização no Brasil e no mundo sejam os de transporte, agricultura e indústria, a bioenergia terá papel crescente nas estratégias de transição energética buscando-se a segurança ou independência energética e alimentar. O Brasil tem vocação natural para liderar esse processo dada a relevância do país como produtor agrícola mundial, liderança na exportação de biocombustíveis, papel e celulose e do aproveitamento de misturas de biocombustíveis na frota de veículos doméstica.

O Brasil pode ser o exemplo global de geração de créditos de descarbonização, seja de metano seja de CO<sub>2</sub>, em áreas como:

- 1) Carros híbridos a etanol e/ou outros biocombustíveis,**
- 2) Ônibus e caminhões movidos a bicombustíveis ou 100% biometano,**
- 3) Distribuição de gás natural canalizado através da maior penetração de biometano em toda a rede de distribuição para atender às demandas termelétricas e não termelétricas**
- 4) Produção verde de aço, cerâmica, vidro, fertilizantes e demais indústrias eletrointensivas que se utilizam de gás natural como principal insumo produtivo,**
- 5) Combustíveis sustentáveis de aviação (como o etanol de cana de açúcar),**
- 6) Biodiesel e biometano de *power crops*, e**
- 7) Em lavouras dedicadas de energia como estratégia de produção energética e recuperação de áreas degradadas.**

Para tanto, políticas públicas de ancoragem de demanda e incentivos fiscais são fundamentais para a atração e aceleração no volume de investimentos em bioenergia no país.

Com base nesse enfoque estratégico e respeitando-se o arcabouço legal e regulatório em curso, o Brasil é capaz de se tornar autossuficiente no atendimento de sua demanda energética, eliminando-se a importação de combustíveis fósseis (gasolina e diesel), gás natural, e reduzindo-se pela metade o volume de importação de fertilizantes até 2050. Adicionalmente, em conjunto com iniciativas de eletrificação e mobilidade urbana, é possível a implementação em todo o território nacional de corredores azuis e verdes e substituir frota de veículos leves e pesados movidas a combustíveis fósseis para veículos híbridos, biocombustíveis e elétricos de forma a reduzir as emissões de GEE na cadeia de transporte nacional.

A expansão da geração distribuída de energia elétrica se beneficiará com uma fonte renovável não intermitente. Atualmente 98,3% da capacidade de geração distribuída do país é oriunda de usinas fotovoltaicas de baixa densidade energética. O biogás permite equilibrar a matriz e oferecer confiabilidade e segurança energética complementando a oferta renovável intermitente com oferta renovável despachável, além de aproximar a geração de energia do consumo. Dessa forma e respeitando-se os diferentes atributos das fontes de energia elétrica, o biogás poderá assumir parcelas crescentes do volume indicativo de expansão de GD até o final da década de aproximadamente 25 GW (vs. 2022).

Na indústria, o uso de biogás e biometano para produção de calor possibilitará a produção de aço verde, bem como fomentar a expansão de diversas indústrias eletrointensivas como cerâmica, vidro, petroquímica, papel e celulose, ferro gusa, siderurgia, agronegócio, alimentos e bebidas, dentre outras em todo o território nacional.

No campo, a produção de biogás e biometano através dos resíduos do agronegócio permitirá o fechamento de ciclo completo da sustentabilidade, uma vez que os resíduos possibilitarão o pleno atendimento das demandas de energia elétrica, calor e biocombustíveis das propriedades, bem como reduzir a dependência de importação de fertilizantes pelo aproveitamento do digestato. Adicionalmente, ao possibilitar a oferta de biometano próxima da produção agrícola, incluindo-se a produção de fertilizantes nitrogenados, custos logísticos e energéticos serão reduzidos significativamente. Estimamos uma redução potencial no custo de combustíveis de até 30-40% com o aproveitamento do biometano em relação a utilização de diesel em tratores, máquinas agrícolas e caminhões, sem considerar as receitas com créditos de carbono e/ou de energia limpa nos mercados regulados e/ou voluntários.



## 4. Qual o arcabouço legal e regulatório da indústria de biogás e biometano e setores correlatos?

O arcabouço legal e regulatório da indústria de biogás e biometano divide-se entre leis e decretos federais – que estão correlacionadas com os setores elétrico, combustíveis e biocombustíveis, saneamento básico (recursos hídricos e resíduos sólidos urbanos), e agronegócio (fertilizantes) - e estaduais (distribuição de gás canalizado) incluindo-se regimes especiais de incentivos. Ao todo, 12 estados brasileiros desenvolveram ou estão tramitando atualmente legislações específicas para o biogás e/ou biometano contribuindo para construção de um marco regulatório na esfera estadual e como referência de políticas para fomento e regulamentação do biogás e biometano nos demais estados, são eles: São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio Grande do Sul, Paraná, Santa Catarina, Goiás, Ceará, Bahia, Pará e Paraíba.

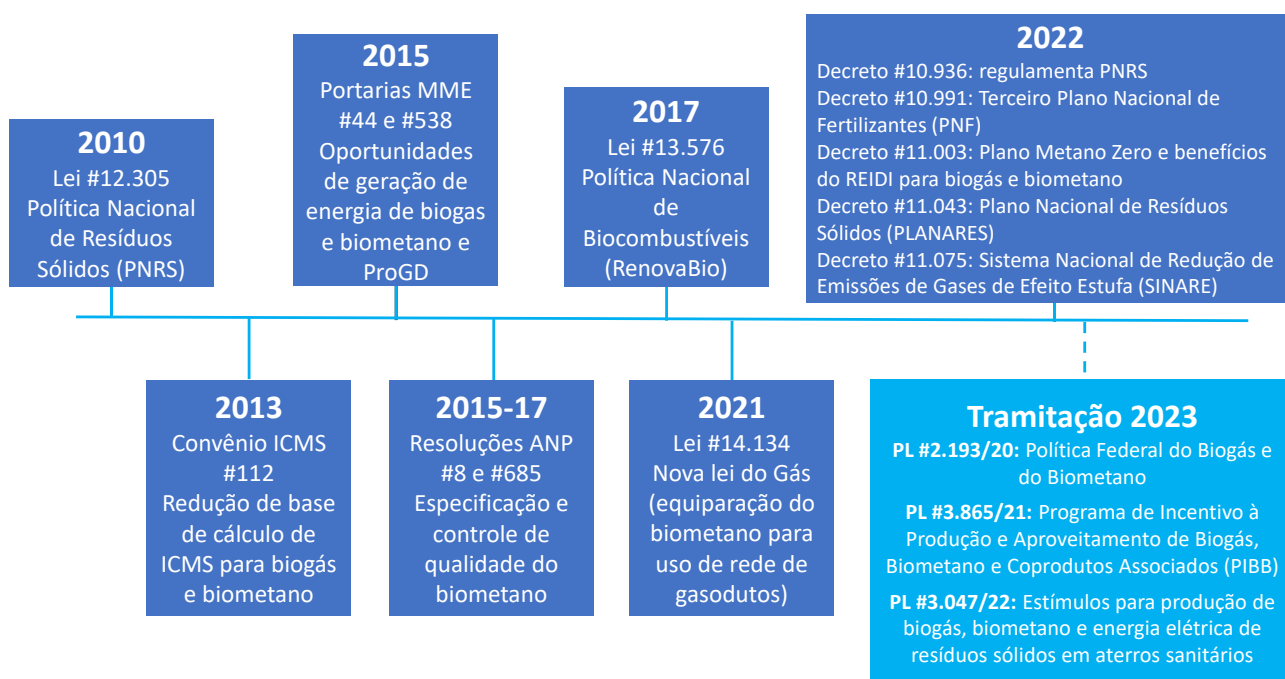
Os incentivos vão desde a adoção do Convênio ICMS #112/2013 de redução de base de cálculo de ICMS nas saídas internas de biogás e biometano até políticas estaduais do biogás e/ou biometano implementadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul e em tramitação nos estados de Minas Gerais, Espírito Santo e Goiás.

A seguir detalhamos a evolução do arcabouço legal e regulatório do setor de biogás e biometano no âmbito federal.

### Setor Biogás e Biometano

Desde 2010, com a introdução da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da lei #12.305/10, bem como da lei #12.490/11 de incentivo à geração de energia elétrica a partir da biomassa e de subprodutos da produção de biocombustíveis, o Brasil vem aperfeiçoando o arcabouço legal em que se encaixa o setor de biogás e biometano. Porém até o presente não foi aprovado ainda um marco legal da indústria de biogás e biometano no país. A figura abaixo resume a evolução da legislação do setor de biogás e biometano de 2010 até 2023.

**Figura 11 – Evolução da legislação de biogás e biometano – 2010 a 2023 (SEBRAE/CBIE)**



A aprovação de um marco legal para a indústria, análogo ao ocorrido com a nova lei do gás, poderia contribuir com sugestões de harmonização de legislações estaduais da cadeia de gás natural para permitir uma maior participação de biometano no atendimento das demandas de consumidores finais via utilização da rede de gasodutos de transporte (regulação federal) e de distribuição (regulação estadual) existente e futura. Dessa forma, o biometano será uma alternativa descentralizada e renovável para o abastecimento do mercado interno de gás natural, reduzindo-se a pegada de carbono e a necessidade de importação do combustível fóssil no médio e longo prazo.

### **Setor Resíduos Sólidos**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída por intermédio da Lei #12.305/10, somente regulamentada em 2022 através do decreto #10.936 de 12 de janeiro de 2022. Posteriormente, o decreto #11.043 de 13 de abril de 2022 aprovou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), o qual foi publicado no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir).

O Plano está em conformidade com o Programa Nacional Lixão Zero e possui metas, diretrizes, projetos, programas e ações para um horizonte de 20 anos, o que deve fomentar o desenvolvimento de novos aterros sanitários no país e conseqüentemente maior espaço para ampliar a produção de biogás e biometano através do aproveitamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) e esgoto.

### **Setor de Biocombustíveis**

A Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) foi lançada pelo Ministério de Minas e Energia por meio da Lei nº 13.576 em 2017. O Programa foi criado para promover a expansão de biocombustíveis na matriz brasileira e induzir, através de uma política de mercado, o aumento da eficiência energética e a redução de gases do efeito estufa na produção e uso de biocombustíveis, auxiliando o país a cumprir seus compromissos nacionais perante o Acordo de Paris.

O RenovaBio conta com dois instrumentos principais: metas nacionais de redução de emissões para um período de 10 anos, que são aplicadas às distribuidoras de combustíveis de acordo com sua participação no mercado; e certificação individual de produção de biocombustíveis com base em critérios que aplicam a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). O resultado da certificação é o Crédito de Descarbonização (CBIO), que é um título comercializado pelo produtor/importador de biocombustível na B3, sendo a distribuidora obrigada a adquirir o crédito de acordo com sua necessidade de redução de emissões.

## **Breve Histórico e Status dos Projetos em Tramitação**

### **1. Projeto de Lei (PL) nº 2.193/2020**

**Descrição:** Institui a Política Federal do Biogás e do Biometano.

**Autor:** Mário Heringer (PDT-MG).

**Status:** Apensado ao PL nº 2.117/2011, em 29/10/2020, que, por sua vez, está apensado ao PL nº PL nº 11.247/2018. O PL nº 11.247/2018, aguarda designação de Relator na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), da Câmara dos Deputados e dispõe sobre a ampliação das atribuições institucionais relacionadas à Política Energética Nacional com o objetivo de promover o desenvolvimento da geração de energia elétrica a partir de fonte eólica localizada nas águas interiores, no mar territorial e na zona econômica exclusiva e da geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica.

## **2. PL nº 3865/2021**

**Descrição:** Institui o Programa de Incentivo à Produção e ao Aproveitamento de Biogás, de Biometano e de Coprodutos Associados - PIBB e dá outras providências.

**Autor:** Arnaldo Jardim (CIDADANIA-SP).

**Status:** Apensado ao PL nº 2.193/2020, que está apensado ao PL nº 2.117/2011, que, por sua vez, foi apensado ao PL nº 11.247/2018.

## **3. PL nº 3.047/2022 - Proposição Antiga: Projeto de Lei do Senado (PLS) nº 302/2018**

**Descrição:** Altera a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para incentivar projetos de aproveitamento energético de resíduos sólidos.

**Autor:** Senado Federal - Hélio José (PROS-DF)

**Status:** Apensado ao PL nº 639/2015. O PL nº 639/2015 é de autoria do Rogério Rosso (PSD-DF) – não está em exercício - e está aguardando parecer do Relator na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS), da Câmara dos Deputados. O Relator do referido PL é o Deputado. José Priante (MDB-PA). O PL visa alterar a Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, para incluir no plano municipal de gestão integrada, a queima de resíduos sólidos para geração de energia, bem como, conceder incentivo tributário para as empresas constituídas para este fim.

## **4. PL Nº 1.879/2022**

**Descrição:** Cria a Política de Produção e Uso do Biogás e do Biometano, e altera a Lei nº 9.847/1999.

**Autoria:** Comissão de Meio Ambiente, do Senado.

**Status:** Aguarda designação de Relator na Comissão de Assuntos Econômicos, do Senado Federal.

## 5. O que falta por parte de agentes públicos e privados para que esse potencial se torne realidade?

Para que o potencial de biogás e biometano se torne realidade é preciso implementar quatro iniciativas principais:

- 1. Mobilizar a classe política para que a produção e uso do biogás e biometano se torne agenda nacional:** sem o apoio dos poderes executivo e legislativo, o potencial de biogás não será aproveitado plenamente no curto prazo. Assim como no caso do ProÁlcool na década de 70, do PROINFA nos anos 2000, a classe política precisa se convencer e apoiar o desenvolvimento da indústria de biogás e biometano para atrair investimentos e, conseqüentemente gerar emprego e renda e reindustrializar o país de maneira sustentável.;
- 2. Estabelecer âncoras de demanda e/ou incentivos:** seja através de incentivos como mistura de biogás e biometano na comercialização de gás canalizado e combustíveis, seja através de definição de âncoras de mercado como o caso de usinas termelétricas, fábricas de fertilizantes, indústria de base / eletrointensiva etc. é fundamental que se inclua no planejamento energético uma parcela mais relevante do biogás e biometano. No início do desenvolvimento do mercado livre de energia no setor elétrico brasileiro, o governo estabeleceu em leilões de energia nova de projetos estruturantes mandatos específicos de atendimento da demanda do mercado livre. Em tais certames o mercado livre foi contemplado com 30% da energia contratada e posteriormente reduziu-se para 10%. Adicionalmente, o governo implementou leilões por fonte e incentivos para desenvolvimento de energias limpas (como o PROINFA) para aumentar a parcela de tais fontes na matriz elétrica nacional. Dessa forma, mesmo que não haja mandato específico, como no caso das misturas obrigatórias do etanol na gasolina (27%) e do biodiesel no diesel (10-15%), algum tipo de âncora de demanda é fundamental para o amadurecimento da indústria de biogás e biometano e a gradual eliminação de gargalos de infraestrutura no país.
- 3. Ampla campanha publicitária para explicar à sociedade os benefícios da produção e uso do biogás e do biometano:** por intermédio de uma linguagem simples, acessível, com frases de efeito, jingles, porta-vozes, mascotes entre outros é importante que seja veiculada uma ampla campanha publicitária para explicar à sociedade brasileira se convença dos benefícios da produção e uso do biogás e biometano. O Brasil possui uma série de exemplos positivos de campanhas que povoam ainda hoje o imaginário do povo brasileiro, como "O petróleo é nosso", "O Agro é Pop", "Não vamos taxar o sol", bem como símbolos / mascotes de peças publicitárias como o Zé Gotinha de incentivo à vacinação. Portanto, divulgar em todos os meios de comunicação / mídias sociais tais benefícios é uma forma de sensibilizar a sociedade civil em prol de uma fonte de energia primária abundante, uma vocação natural do país e que poderá conceder uma vantagem competitiva enorme à economia brasileira em prol do crescimento com sustentabilidade.
- 4. Aprovar um marco legal federal e promover harmonização de políticas estaduais de incentivo à produção e uso de biogás e biometano:** historicamente a aprovação de marcos legais que consolidam legislações em um único arcabouço são fatores relevantes para destravar investimentos e prover estabilidade regulatória e segurança jurídica. Recomenda-se a aprovação de um marco legal para incentivo à produção e uso de biogás e biometano, bem como sugestões de práticas de harmonização de regulações de âmbito estadual para fomentar maior parcela de biometano no atendimento às demandas energéticas em complementaridade ao gás natural. Como o biometano é equivalente ao gás natural, incentivos a produção e uso do biometano na rede de gasodutos de transporte e distribuição de gás canalizado existente e futura proporcionará menor dependência de importações do combustível fóssil e redução da pegada de carbono na indústria de transporte dutoviária. Adicionalmente, incentivos para utilização do biogás (comprimido ou liquefeito) e

do biometano na cadeia logística de transporte de cargas médias e pesadas em médias e longas distâncias gerariam impactos positivos também no setor de transporte rodoviário, aquaviário, aviação civil, ferroviário contribuindo com os esforços de descarbonização da logística brasileira.

## Bibliografia

- IEA. "How bioenergy contributes to a sustainable future" – IEA Bioenergy Report 2023.
- IEA Bioenergy. Task 37: Energy from Biogas. [www.task37.ieabioenergy.com](http://www.task37.ieabioenergy.com)
- Nações Unidas Brasil. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- COELHO, S.T. et al "Tecnologias de Produção e Uso de Biogás e Biometano", Série RCGI/USP/SYNERGIA, 2018
- ABiogás. Potencial de biogás no Brasil. <https://abiogas.org.br/potencial-do-biogas-no-brasil>
- CIBIogás. "Panorama do Biogás no Brasil 2021". <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>
- MME. "Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Dezembro/2022"
- MME. "Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro – Março/2023"
- IRENA. "World Energy Transitions Outlook 2022 1.5° C Pathway". 2022
- EPE. Matriz Energética e Elétrica. <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
- ANP. "Boletim de Produção de Petróleo e Gás Natural – nº 152 – 04/2023" de Abril de 2023
- Constituição Federal. Artigo 3º.  
[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)
- Energia e Biogás. <https://energiaebiogas.com.br/>
- EPE. "Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (PDE 2031)" – 2022
- EPE. "Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050)" – 2020
- EurObserv'ER. "The State of Renewable Energies in Europe – edition 2022 – 21st EurObserv'ER Report"
- IEA. "Outlook for biogas and biomethane – Prospects for organic growth". World Energy Outlook Special Report (2020)
- ICMS. Convênio ICMS #112/13
- Lei Federal #12.305/10 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
- Lei Federal #12.490/11
- MME. Portarias #44/15 e #538/15
- ANP. Resoluções ANP (RANP) #8/15 e #685/15
- Lei Federal #13.576/17 – Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)
- Lei Federal #14.134/21 – Nova Lei do Gás
- Decreto Federal #10.936/22 – Regulamenta a PNRS
- Decreto Federal #10.991/22 – Terceiro Plano Nacional de Fertilizantes (PNF)
- Decreto Federal #11.003/22 – Plano Metano Zero e Benefícios Fiscais REIDI
- Decreto Federal #11.043/22 – Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES)
- Decreto Federal #11.075/22 – Sistema Nacional de Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SINARE)
- Projeto de Lei Federal #2.193/20 – Política Federal do Biogás e do Biometano

*Projeto de Lei Federal #3.865/21 – Programa de Incentivo à Produção e Aproveitamento de Biogás, Biometano e Coprodutos Associados (PIBB)*

*Projeto de Lei Federal #3.047/22 – Estímulos para Produção de Biogás, Biometano e Energia Elétrica de Resíduos Sólidos em Aterros Sanitários*

*SEBRAE. Biblioteca de Legislação do biogás. <https://datasebrae.com.br/biblioteca-legislacao-biogas/>*

*B3. Crédito de Descarbonização (CBIO).*

*[https://www.b3.com.br/pt\\_br/b3/sustentabilidade/produtos-e-servicos-esg/credito-de-descarbonizacao-cbio/](https://www.b3.com.br/pt_br/b3/sustentabilidade/produtos-e-servicos-esg/credito-de-descarbonizacao-cbio/)*

*PSPHub. "Regionalização e otimização de rotas tecnológicas: uma análise sobre estimativas de custos para resíduos sólidos urbanos no Brasil" Working Paper PSPHUB#001 – Abril/2023*

*European Biogas Association (EBA). "Beyond energy – monetizing biomethane's whole-system benefits" – February 2023*

*GRDF et al. "Panorama Des Gaz Renouvelables En France Au 31 Decembre 2022"*

*GOEDHART, F.S. "Sustainable mobility in Europe: Potential market share for liquefied biomethane (bio-LNG) in the heavy-duty transport and maritime sectors in 2050". December 2022*

*IEA Bioenergy. "Annual Report 2022" – 2023*

*IEA Bioenergy. Task 37. "The role of biogas and biomethane in pathway to net zero". Position paper – December 2022*

*ABiogás. "PNBB Programa Nacional do Biogás e Biometano". <https://abiogas.org.br/biblioteca>*

*ABiogás. "Propostas para o Setor de Biogás e Biometano" <https://abiogas.org.br/biblioteca>*

*CBIE Advisory. "Análise sobre o Plano Nacional de Energia 2050" – Relatório Especial #001 – 2020*

*CBIE Advisory. "Considerações sobre o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030" – Relatório Especial #002 – 2021*

*CBIE Advisory. "Considerações sobre o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031" – Relatório Especial #005 - 2022*

*CBIE Advisory. "Papel da Lei #14.182/21 e políticas públicas correlatas para segurança energética e alimentar" - Relatório Especial #006 – 2022*

*CBIE Advisory. "Perspectivas para o Setor Energético em 2023 (Outlook 2023)" – Relatório Especial #008 - 2023*

*SAE. "Produção Nacional de Fertilizantes – Estudo Estratégico – V12" – Julho/2020*