

# POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOMETANO COMO SUBSTITUTO DO GÁS NATURAL PARA SUPRIR O SETOR AUTOMOBILÍSTICO E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS

Alexandre Osorio Sikansi, Christian Jeremi Coronado Rodriguez, Luís Pedro Vieira Vidigal  
Universidade Federal de Itajubá.

**Palavras-chave:** Biogás, Biometano, Indústria Produção, Veículos.

## Introdução

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar o potencial de produção de biometano em Minas Gerais e sua capacidade de substituição do gás natural nos setores industriais e automobilísticos. Especificamente, busca-se: (i) identificar e quantificar as fontes de resíduos disponíveis no estado; (ii) estimar a produção potencial de biogás e sua conversão em biometano; (iii) comparar o potencial estimado com o consumo atual de gás natural; e (iv) propor cenários de substituição que consideram tanto a realidade atual quanto as perspectivas futuras de expansão da produção.

## Metodologia

Primeiramente, foi definido o parâmetro denominado Gás Natural Equivalente ( $GN_{eqv.}$ ), por meio da razão entre o Poder Calorífico do Gás Natural Veicular (GNV) e do biometano. Na Tabela 1 se apresenta o resultado obtido de 1,013.

Tabela 1. Estimativa do consumo anual por combustível

Combustível	PCI	$\rho$	Consumo Anual por veículo	Consumo
Gasolina	43,00 [MJ/kg]	0,75 [kg/l]	1824 l	10,96 km/l
GNV	46,93 [MJ/kg]	0,75 [kg/m <sup>3</sup> ]	1671,25 m <sup>3</sup>	11,97 km/m <sup>3</sup>
	46,31 [MJ/kg]			
Biometano	[MJ/kg]	0,68 [kg/m <sup>3</sup> ]	1868 m <sup>3</sup>	10,71 km/m <sup>3</sup>

PCI (poder calorífico inferior),  $\rho$  (densidade).

Por meio desse resultado, foi possível calcular a quantidade de biometano necessário para suprir à quantidade desejada de gás natural, multiplicando o valor de biometano pela razão calculada.

Em seguida, foi necessário encontrar qual a taxa de conversão de resíduos sólidos urbanos (RSU) em biogás. Para o presente estudo adotou-se um valor médio entre intervalos encontrados na literatura científica, [Soares 2021]; [Nascimento, 2019]; [Palermo 2020], o valor de conversão considerado foi de 68 m<sup>3</sup> de biogás por tonelada de RSU.

Para a determinação da conversão de biogás em biometano, foi adotado de maneira semelhante há supracitada. Os artigos analisados foram: Uddin *et al*, 2022; Ghorbani *et al*, 2022; Schulte-Schulze Berndt,

2006 logo o valor a ser considerado neste trabalho foi de 61% de conversão de biogás para biometano.

A fim de estimar a quantidade de biometano que seria destinado ao setor automotivo, foi levado em consideração o valor da Europa, que é referência na produção mundial de biometano, sendo 20% destinado ao setor automotivo [EBA, 2024].

Por fim, foi definido qual seria o valor máximo da substituição da frota de GNV que utilizariam biometano. Foi adotado o valor de 48% de substituição máxima, tendo como parâmetro os Estados Unidos. [IEA, 2023].

Vale ressaltar que o potencial teórico de produção de biometano em Minas Gerais, foi calculado por meio dos dados disponibilizados pelo Instituto de Água e Saneamento [IAS, 2024]. Este trabalho de iniciação científica calculou o potencial de geração de biometano dos 853 municípios do estado mineiro que são apresentados no ANEXO A no seguinte link [[https://drive.google.com/drive/folders/1PPRZXaMdcRwAH0u4vF2DiRzlxrkd4JoS?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1PPRZXaMdcRwAH0u4vF2DiRzlxrkd4JoS?usp=drive_link)]

Dessa maneira, utilizando os dados apresentados acima como referência, a produção de biometano em Minas Gerais (atual e futura) será limitada a 20% usada a frota veicular e no máximo 48% da frota de GNV será substituída por biometano.

Em decorrência do exposto foram projetados três cenários de substituição, considerando que 20%, 30% e 48% da frota que utiliza gás natural como combustível usará biometano.

Como quarto cenário, foi realizado uma comparação com a porcentagem de substituição de GNV por biometano nos veículos, considerando o potencial teórico de geração do referido combustível em Minas Gerais, com a capacidade real, levando em consideração a única usina de biometano atuante em Minas Gerais, responsável por produzir cerca 18.151 m<sup>3</sup>/dia de biometano, [ANP, 2025].

E por fim, como quinto cenário, foi realizada uma comparação considerando o potencial teórico de geração, com a capacidade futura, considerando as usinas que estão aguardando para serem homologadas ou em processo de construção, sendo 4 usinas que irão produzir aproximadamente 183.078 m<sup>3</sup>/dia de biometano, [ANP, 2025], vide Anexo B, no final do artigo.

Para a análise no setor industrial, foram consideradas as mesmas capacidades de conversão do setor automotivo e ainda levando em consideração a Europa, 13% do biometano gerado em Minas Gerais será destinado as indústrias, [EBA, 2024].

Para uma análise sucinta e completa, foram calculados e analisados 3 cenários, denominados: (i) Cenário 6, analisando quanto  $GN_{equiv.}$  teórico poderia suprir a demanda no Brasil e em Minas Gerais; (ii) Cenário 7, analisando quanto  $GN_{equiv.}$  real poderia suprir a demanda no Brasil e em Minas Gerais; (iii) Cenário 8, analisando quando  $GN_{equiv.}$  futuro poderia suprir, levando

em consideração a produção brasileira e mineira; (iv) E por fim, foi realizada uma comparação de todos os resultados obtidos.

### Resultados e discussão

Em Minas Gerais, no mês de fevereiro de 2025, foram registrados 40.858 veículos leves utilizando GNV, foram analisadas as substituições para 20%, 30% e 48% desse valor e calculado qual seria o respectivo consumo diário ao realizar as substituições, com base na tabela 1. Em seguida foi analisado se seria possível realizar a substituição, considerando o potencial teórico de produção de biometano de Minas Gerais, apresentado no Anexo A, os resultados encontrados estão apresentados na tabela 2.

Dessa forma, os resultados indicam que a demanda seria plenamente atendida para os cenários de substituição analisados.

Para estimar qual seria a máxima substituição possível, foi realizado um cálculo, com base nos valores apresentados e o resultado encontrado foi de 67%.

Tabela 2 – Resultados para os cálculos dos cenários 1,2 e 3.

Cenário 1	Veículos a GN em MG	Consumo diário (m <sup>3</sup> /dia)
Total	40.858	139.941
20% (cenário 1)	8.172	41.821
30% (cenário 2)	12.257	62.731
48% (cenário 3)	19.612	100.370

Para os cenários 4 e 5, foi realizado um cálculo para encontrar qual seria a possibilidade de substituição utilizando a única usina atuante no estado de Minas Gerais, encontrando um valor de apenas 1,74% e em seguida foi realizado os cálculos considerando as usinas que estão aguardando o processo de homologação, o resultado encontrado foi de 17,51%.

Partindo para o setor industrial, os cálculos dos cenários 6, 7 e 8, foram realizados de maneira similar aos cenários supracitados, porém utilizando os seus respectivos valores, vide figura 1 e 2.

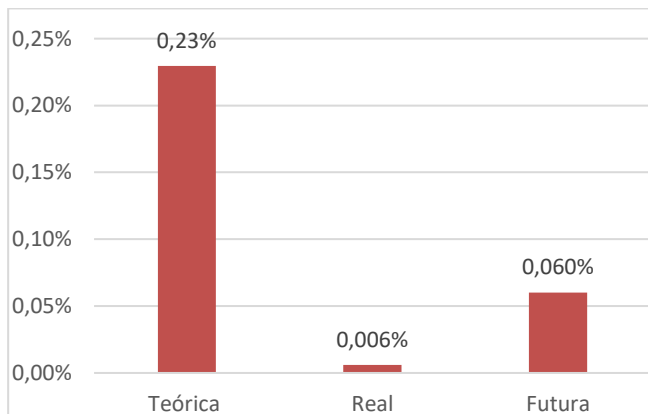


Figura 1 – Comparação percentual de quanto o GN<sub>equiv.</sub> em MG supri a demanda do setor industrial do país, considerando os três cenários descritos a cima.

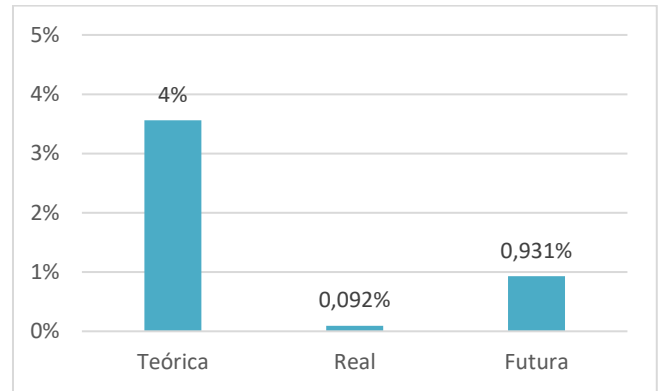


Figura 2 – Comparação percentual de quanto GN<sub>equiv.</sub> em MG supri a demanda do setor industrial do estado, considerando os três cenários supracitados.

Em seguida foi quantificada as emissões de CO<sub>2</sub> para os setores automotivo e industrial.

Para quantificar as emissões, adotaram-se os fatores de 2,03 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de gás natural e 1,72 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de biometano, Vidigal et al., (2024).

Em seguida, foi realizado os cálculos referentes as emissões do setor automotivo. Considerando que um veículo movido a GNV consome, em média, 1.671,25 m<sup>3</sup>/ano e um veículo a biometano consome 1.868 m<sup>3</sup>/ano (Tabela 1), foi realizada a comparação da redução de emissões para diferentes cenários.

Primeiramente, calculou-se o número de veículos utilizando GNV e biometano em cada cenário, com base nas porcentagens de substituição (20%, 30%, 48%, 67%, 1,74% e 12,20%), tomando como referência uma frota total de 40.858 veículos. Em seguida, o consumo anual de cada grupo foi multiplicado pelo respectivo fator de emissão, obtendo-se as emissões anuais de CO<sub>2</sub>.

Os resultados foram: i) 0% de biometano: 138.616 tCO<sub>2</sub>/ano; ii) 20%: 137.148 tCO<sub>2</sub>/ano; iii) 30%: 136.414 tCO<sub>2</sub>/ano; iv) 48%: 135.093 tCO<sub>2</sub>/ano; v) 67% (potencial teórico): 133.698 tCO<sub>2</sub>/ano; vi) 1,74% (potencial real): 138.489 tCO<sub>2</sub>/ano; vii) 12,20% (potencial futuro): 137.721 tCO<sub>2</sub>/ano.

Observa-se que, mesmo com apenas 1,74% da frota migrando do GNV para o biometano, a redução alcança aproximadamente 127 tCO<sub>2</sub>/ano.

De maneira análoga, foi realizado as emissões para o setor industrial, multiplicando os fatores de emissão de gás natural e de biometano pela quantidade respectiva de cada combustível, os resultados obtidos foram: (i) Para o cenário real de substituição, uma diferença de 264 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano; (ii) No cenário futuro, de 1.854 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano; (iii) E no cenário teórico, uma diferença de 10.160 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano.

### Conclusões

O presente estudo demonstrou que o biometano é uma alternativa viável e estratégica ao gás natural em Minas Gerais, com potencial significativo de aplicação

nos setores automotivo e industrial. A análise técnica, fundamentada em dados de geração de resíduos, produção de biogás e sua conversão em biometano, indicou que a capacidade teórica de produção no estado poderia suprir até 67% da demanda da frota de veículos leves movidos a GNV. Nos cenários de substituição avaliados (20%, 30% e 48%), a quantidade estimada de biometano foi suficiente para atender plenamente à demanda projetada, confirmando sua elevada aplicabilidade como combustível veicular em larga escala.

No setor industrial, responsável por 91,5% do consumo de gás natural em Minas Gerais, equivalente a aproximadamente 2,52 milhões de m<sup>3</sup>/dia, os resultados mostraram que o biometano, ainda que não substitua integralmente o insumo, poderia atender uma fração relevante dessa demanda. A aplicação dos cenários teórico, real e futuro indicou que a participação do biometano no setor industrial contribuiria para diversificar a matriz energética, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e atender às crescentes exigências de descarbonização das cadeias produtivas. Dessa forma, a utilização do biometano no setor industrial se mostra não apenas tecnicamente viável, mas também estratégica para a sustentabilidade e competitividade das indústrias mineiras.

Apesar do elevado potencial identificado, a implementação efetiva do biometano enfrenta barreiras estruturais, regulatórias e econômicas. Entre elas, destacam-se: (i) atendimento às especificações de qualidade e segurança da ANP, ABNT e INMETRO (portarias nº 147/2022 e nº 436/2021); (ii) adequação da infraestrutura de abastecimento conforme a ABNT NBR 12236-1; (iii) restrições de acesso à rede de distribuição, regulamentadas pela Resolução SEDE nº 34/2023, que podem limitar projetos de menor escala; (iv) necessidade de incentivos fiscais e econômicos, como a equiparação tributária ao GNV e a ampliação do enquadramento no RenovaBio para obtenção de CBIOS; e (v) exigência de contratos de suprimento de longo prazo e investimentos em plantas de upgrading, adaptação de postos e integração com a malha de distribuição, garantindo estabilidade no fornecimento.

Do ponto de vista ambiental, a substituição do gás natural fóssil por biometano gera reduções expressivas nas emissões de CO<sub>2</sub>. Mesmo em cenários conservadores, como o da produção atual (1,74% da frota atendida) ou da substituição de 0,092% no setor industrial, já seria possível observar reduções anuais de emissões, 391 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, se aplicadas em conjunto. Cenários mais ambiciosos, como o de 67% de substituição no setor veicular aliado ao incremento da participação industrial, poderiam alcançar milhares de toneladas de CO<sub>2</sub> evitadas por ano, evidenciando o papel do biometano como ferramenta efetiva na descarbonização da matriz energética mineira.

Conclui-se, portanto, que o biometano representa

uma solução estratégica para Minas Gerais, com capacidade de contribuir simultaneamente para a mobilidade sustentável e para a redução de emissões no setor industrial. Sua consolidação, entretanto, depende de um esforço coordenado entre governo, iniciativa privada e sociedade civil, que permita superar as barreiras institucionais, promover investimentos em infraestrutura e criar um ambiente regulatório e econômico favorável.

Nesse contexto, o biometano pode deixar de ser apenas uma alternativa promissora e se consolidar como um recurso efetivo na transição para uma matriz energética mais limpa, segura e sustentável no estado e no país.

## Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer a ajuda e o apoio financeiro concedidos pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Procs. N° 308567/2023-4 e 442662/2023-8) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG (Proc. N° APQ-01763-23). O autor também expressa sua sincera gratidão ao professor e orientador Christian Jeremi Coronado por sua valiosa orientação, apoio contínuo e incentivo ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecimentos especiais são estendidos ao coorientador Luís Pedro por suas contribuições perspicazes, que foram fundamentais para o progresso desta pesquisa.

## Referências

ANP. Painel dinâmico de produtores de biometano. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/paineis-dinamicos-da-anp/paineis-e-mapa-dinamicos-de-produtores-de-combustiveis-e-derivados/painel-dinamico-de-produtores-de-biometano>. Acesso em: 24 abr. 2025.

EBA. 22 bcm of biogases were produced in Europe in 2023 according to a new report released today. 2024. Disponível em: <https://www.europeanbiogas.eu/22-bcm-of-biogases-were-produced-in-europe-in-2023according-to-a-new-report-released-today/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

IEA. *Renewables 2023*. Paris: International Energy Agency, 2023. Disponível em: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/96d66a8b-d502-476b-ba94-54ffda84cf72/Renewables\\_2023.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/96d66a8b-d502-476b-ba94-54ffda84cf72/Renewables_2023.pdf). Acesso em: 20 maio 2025.

IAS - INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO. Municípios e saneamento. 2024. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/> Acesso em: 29 jan. 2025.

GHORBANI, B.; MEHRPOOYA, M.; BAHNAMIRI, F. K. An integrated structure of bio-methane/bio-methanol cogeneration composed of biogas upgrading process and alkaline electrolysis unit coupled with parabolic trough solar collectors system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 46, p. 101304, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101304>. Acesso em: 16 maio 2025.

NASCIMENTO, M. Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 5, p. 867-879, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019171125>. Acesso em: 20 maio 2025.

PALERMO, M. Comparação entre tecnologias e aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e balanço de emissões de gases de efeito estufa no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 3, p. 517-530, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020192384>. Acesso em: 20 maio 2025.

SCHULTE-SCHULZE BERNDT, A. *Green Gas/Biomethane in Deutschland: Status Quo 2006 der technischen Möglichkeiten und Kosten der Biogasaufbereitung*. Green Gas Kongress, Berlin, 2006. Acesso em: 24 abr. 2025.

SOARES, F. Produção de biogás a partir do aproveitamento energético dos resíduos orgânicos. 2021. Disponível em: <https://biogaseenergia.com.br/aproveitamento-energetico-dos-residuos-organicos>. Acesso em: 24 abr. 2025.

UDDIN, M. M.; WEN, Z.; WRIGHT, M. M. Techno-economic and environmental impact assessment of using corn stover biochar for manure derived renewable natural gas production. *Applied Energy*, v. 321, p. 119376, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119376>. Acesso em: 20 maio 2025.

VIDIGAL, Luís Pedro Vieira; DE SOUZA, Túlio Augusto Zucareli; DA COSTA, Roberto Berlim Rodrigues; ROQUE, Luís Filipe de Almeida; FREZ, Gustavo Vieira; PÉREZ-RANGEL, Nelly Vanessa; PINTO, Gabriel Marques; FERREIRA, Davi José Souza; CARDINALI, Vítor Brumano Andrade; SOLFERINI DE CARVALHO, Felipe; et al. “*Biomethane as a Fuel for Energy Transition in South America: Review, Challenges, Opportunities, and Perspectives*”. *Energies*, v. 18, art. 2967. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en18112967>.

**Anexo B:**

Usinas em processos de homologação pela ANP, Brasil [ANP, 2025]

EMPRESA	MUNICÍPIO	UF	CAPACIDADE DE PRODUÇÃO (Nm <sup>3</sup> /dia)
Ae H&T Spe Ltda.	Harmonia	RS	11.712,00
Agric Adubos e Gestão de Resíduos Industriais e Comerciais S.A.	Campos Novos	SC	31.440,00
Atvos Biometano Santa Luzia S.A.	Nova Alvorada do Sul	MS	110.101,00
Biometano São Leopoldo S.A.	São Leopoldo	RS	36.744,00
Biometano Verde Paulínia S.A.	Paulínia	SP	225.840,00
Ch4 Energia S.A.	Sabará	MG	72.000,00
Cocal Energia Ppt Participações Ltda.	Paraguaçu Paulista	SP	54.000,00
Folhito Ltda	Estrela	RS	10.000,00
Ga Energia S.A.	Sabará	MG	36.000,00
Geo Agrovale Biogás Ltda.	Juazeiro	BA	55.000,00
Geo Elétrica Tamboara Bioenergia Ltda.	Tamboara	PR	40.000,00
Geomit Mg 1 Ltda.	Uberaba	MG	51.781,00
Geriba Energy Gas Desc S.A.	Descalvado	SP	3.360,00
H2a Soluções Ambientais Ltda. Scp	Videira	SC	6.720,00
H2a Soluções Ambientais Ltda. Scp 1	Videira	SC	20.000,00
H2a Soluções Ambientais Ltda. Scp 2	Papanduva	SC	6.720,00
H2a Soluções Ambientais Ltda. Scp 3	Papanduva	SC	6.720,00
H2a Soluções Ambientais Ltda <sup>1</sup>	Rio Verde De Goiás	GO	4.320,00
Mele Biogás Brasil Ltda.	Toledo	PR	24.756,00
Metagas Biogas E Energia S.A.	São Paulo	SP	45.760,00
Orizon Biometano Itapevi Limitada	Itapevi	SP	32.400,00
Orizon Biometano Rosario Do Catete Limitada	Rosário Do Catete	SE	60.000,00
Orizon Biometano Tremembé Limitada	Tremembé	SP	43.200,00
Scalon & Cerchi Ltda.	Sacramento	MG	10.800,00
Scbio Energias Renováveis Spe Ltda.	Campos Novos	SC	16.000,00
Spe Bioo Paraná Ltda.	Toledo	PR	36.000,00
Spe Bioo Passo Fundo Ltda.	Passo Fundo	RS	36.000,00
Translurean Transportes Ltda.	Carambeí	PR	31.440,00
Tropical Biogás Ltda.	Edéia	GO	17.300,00
Uisa Geo Biogás S.A	Nova Olímpia	MT	27.600,00
Ute Victor Graeff Spe Ltda.	Victor Graeff	RS	6.480,00
Uvb Marca Ltda.	Cariacica	ES	25.000,00
Valorgás Energia Igarassu I Aluguel De Equipamentos para Sistema de Valorização Energética e Manutenção Spe Ltda.	Igarassu	PE	45.760,00
Valorgás Feira de Santana Ltda.	Feira De Santana	BA	21.400,00
Zeg Biogás Pindorama Spe Ltda.	Penedo	AL	33.600,00
Zero Resíduos Ltda.	Teixeira Soares	PR	16.800,00
<b>Total em Minas Gerais</b>			<b>170.581,00</b>
<b>Total no Brasil</b>			<b>1.312.754,00</b>