



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## USO DO BIOMETANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: ANÁLISE DE POTENCIALIDADES E BENEFÍCIOS PARA A SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.9.26.XIV-001>

Juan de Carlos Araújo Farias, Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk (\*), Yasmim Ansuategui Teixeira

\* Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente, Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), [anaghislane@eng.uerj.br](mailto:anaghislane@eng.uerj.br)

### RESUMO

Esse artigo técnico apresenta um estudo de caso do uso de biometano como combustível para a frota de transporte público do Rio de Janeiro, Brasil. No artigo, são destacados os benefícios ambientais e econômicos da substituição do diesel pelo biometano, incluindo as reduções nas emissões de gases do efeito estufa e nos custos operacionais. O estudo analisa dados de um período de 10 anos e avalia o potencial de produção para suprir a demanda da frota. Os resultados demonstram que o biometano pode contribuir significativamente para a mobilidade urbana sustentável e apoiar políticas públicas para a adoção de energias renováveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biometano, Sustentabilidade, Transporte público, Energia renovável, Resíduos Sólidos Urbanos.

### ABSTRACT

This technical paper presents a case study on the use of biomethane as a fuel in the public transport fleet of Rio de Janeiro, Brazil. It highlights the environmental and economic benefits of replacing diesel with biomethane, including reductions in the greenhouse gas emissions and operational costs. The study analyzes data over a 10-year period and evaluates the potential of biomethane production to meet fleet demand. The results demonstrate that biomethane can significantly contribute to sustainable urban mobility and support public policies for renewable energy adoption.

**KEY WORDS:** Biomethane, Sustainability, Public transport, Renewable energy, Municipal Solid Waste.

### INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) têm sido amplamente reconhecidos como um fator relevante para a emissão de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para o agravamento das mudanças climáticas, sobretudo quando sua gestão é realizada de forma inadequada. A decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos em aterros sanitários resulta na liberação de metano e dióxido de carbono, enquanto o descarte incorreto também pode gerar lixiviados altamente poluentes, capazes de contaminar corpos hídricos caso não sejam devidamente tratados (Junqueira et al., 2022; Silva et al., 2020). Esse cenário reforça a urgência na adoção de ações sustentáveis e políticas ambientais eficazes voltadas à redução das emissões e à mitigação dos impactos climáticos associados às atividades humanas (Junges et al., 2021).

Entre as estratégias fundamentais para o enfrentamento do aquecimento global destacam-se a redução das emissões de GEE e o armazenamento de carbono em ecossistemas terrestres, bem como a substituição progressiva de fontes de energia convencionais por alternativas renováveis (Angelotti et al., 2012; Rodrigues et al., 2020). Nesse contexto, a gestão adequada dos RSU desempenha papel central, uma vez que a concentração de resíduos orgânicos em condições anaeróbias nos aterros sanitários constitui uma importante fonte de emissões de metano, intensificando o efeito estufa (Valdetaro et al., 2011).

Adicionalmente, mecanismos como os créditos de carbono e o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos têm sido explorados como alternativas para a mitigação das emissões, promovendo simultaneamente a geração de energia renovável a partir do biogás (Basso et al., 2017; Mendonça; Bornia, 2019). O potencial energético do metano oriundo dos RSU permite sua conversão em biometano, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o abastecimento de sistemas de transporte público (Nepomoceno; Pontarolo, 2022). Assim, o presente estudo analisa o potencial de produção de biometano em duas plantas localizadas no estado do Rio de Janeiro, visando sua utilização na frota de ônibus do transporte público municipal, considerando também os impactos das mudanças climáticas sobre a gestão de resíduos (Teixeira et al., 2020).



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



## OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da substituição do diesel por biometano na frota de ônibus do transporte público do município do Rio de Janeiro.

## METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem quantitativa e exploratória, fundamentada na análise de dados secundários e projeções técnicas. O foco é avaliar o potencial de utilização do biometano, proveniente de duas plantas localizadas no estado do Rio de Janeiro, como alternativa ao diesel no abastecimento da frota de ônibus da capital fluminense. A proposta busca contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e fomentar um modelo de transporte urbano mais sustentável.

## Caracterização da Área de Estudo

O município do Rio de Janeiro, com mais de 6,2 milhões de habitantes e elevada densidade demográfica, possui uma frota de 3.936 ônibus, que transportou mais de 641 milhões de passageiros em 2023. Entre 2022 e 2023, observou-se um crescimento no número de passageiros, o que resultou em maior consumo de diesel. Ao longo da última década, a frota percorreu aproximadamente 5,9 bilhões de quilômetros e consumiu mais de 2,28 bilhões de litros de diesel, evidenciando a urgência de transições energéticas que priorizem combustíveis limpos e renováveis, como o biometano.

A Tabela 1 apresenta os principais indicadores de desempenho da frota de ônibus do município do Rio de Janeiro ao longo de um ciclo anual, permitindo uma análise detalhada da operação em termos de consumo, quilometragem e eficiência energética.

**Tabela 1. Indicadores de desempenho anual da frota de ônibus em operação no Rio de Janeiro.**

Fonte: Datario, 2024.

Ano	Total de linhas	Média anual da frota operante	Quilômetros percorridos	Total de passageiros	Diesel consumido (L)	Consumo (km/L)
2013	697	8.718	733.645.588	1.208.799.036	283.476.953	2,59
2014	716	8.916,42	759.079.904	1.263.915.155	262.476.953	2,89
2015	705	9.007,67	723.478.360	1.326.078.954	287.751.636	2,52
2016	678	8.474,08	686.700.494	1.278.513.674	270.321.494	2,54
2017	733	8.091	686.648.654	1.175.683.753	258.494.803	2,66
2018	731	6.721,83	563.227.404	1.088.781.802	218.191.063	2,58
2019	715	6.374	517.121.039	1.008.326.226	200.128.674	2,58
2020	714	6.007	345.684.560	553.590.529	133.682.499	2,59
2021	716	6.012	316.844.609	454.231.512	115.984.059	2,73
2022	350	3.152	275.514.176	607.986.264	111.826.656	2,46
2023	354	3.936	312.247.661	641.333.942	139.647.065	2,24
MÉDIA	646	6.855	538.199.313	964.294.582	207.443.079	2,58
TOTAL	7.108	75.410	5.920.192.448	10.607.240.397	2.281.873.874	28

## Coleta e Análise de Dados

Para a realização deste estudo, foram utilizados dados técnicos sobre o consumo de veículos movidos a diesel e gás natural comprimido (GNC), considerando a equivalência energética com o biometano. A análise dos indicadores de desempenho da frota de ônibus do Rio de Janeiro revelou uma média de consumo de 2,58 km/l por veículo, refletindo a eficiência operacional do sistema.

Com base nesses dados, foi avaliada a viabilidade econômica da substituição do diesel por biometano, utilizando como referência o rendimento de veículos movidos a gás natural veicular (GNV), dada sua similaridade com o biometano. O consumo médio adotado para o estudo foi de 2,45 km/m<sup>3</sup>.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



### Análise Econômica

Com base nos dados do Sistema de Levantamento de Preços da ANP (2024), o valor médio de revenda do diesel em 2023 foi de R\$ 5,75 por litro, enquanto o Gás Natural Veicular (GNV) apresentou um preço médio de R\$ 4,46 por metro cúbico. Esses valores, apresentados na Tabela 2, foram utilizados para estimar a economia operacional resultante da substituição do diesel por biometano.

**Tabela 2. Levantamentos de Preços**  
Fonte: ANP, 2024.

GNV		Diesel	
Ano	Preço médio anual (R\$)	Ano	Preço médio anual (R\$)
2013	R\$ 1,85	2013	R\$ 2,32
2014	R\$ 1,88	2014	R\$ 2,51
2015	R\$ 2,06	2015	R\$ 2,83
2016	R\$ 2,23	2016	R\$ 3,01
2017	R\$ 2,33	2017	R\$ 3,11
2018	R\$ 2,73	2018	R\$ 3,39
2019	R\$ 3,16	2019	R\$ 3,59
2020	R\$ 3,10	2020	R\$ 3,43
2021	R\$ 3,80	2021	R\$ 4,56
2022	R\$ 4,89	2022	R\$ 6,57
2023	R\$ 4,46	2023	R\$ 5,75
Média	R\$ 2,95	Média	R\$ 3,73

### Análise de Emissões de Gases de Efeito Estufa

Para a quantificação das emissões de gases de efeito estufa, foi utilizada a ferramenta do GHG *Protocol* Brasileiro, que permite estimar as emissões de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>e) com base no consumo de combustível. Foram considerados diferentes cenários de substituição do diesel por biometano, incluindo misturas com 20% de biometano e biometano puro (100%).

Os fatores de emissão utilizados foram baseados em dados internacionais da DENA (2017), que indicam que o gás natural comprimido (GNC) pode reduzir as emissões em até 21% em relação ao diesel, enquanto a adição de 20% de biometano ao GNC eleva essa redução para 39%, podendo chegar a até 97% com o uso de biometano puro.

### Cenários de Cobertura da Frota

Dois cenários de cobertura da frota foram analisados com base na produção atual e futura de biometano:

*Cenário 1 (Produção Atual):* Cobertura de 24,1% da frota, considerando a produção atual das usinas Dois Arcos e Gás Verde de Seropédica.

*Cenário 2 (Produção Futura):* Cobertura de 61,4% da frota, considerando a expansão prevista da produção até 2025.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise dos Dados Operacionais

A análise dos dados operacionais da frota de ônibus do município do Rio de Janeiro, ao longo de 10 anos, revelou um consumo acumulado de aproximadamente 2,28 bilhões de litros de diesel, com uma média anual de 6.855 veículos em operação e 5,92 bilhões de quilômetros percorridos.

### Potencial de Produção de Biometano

Para viabilizar o uso de biometano na frota de ônibus do município do Rio de Janeiro, foi analisada a oferta atual do combustível no estado. Duas plantas com produção consolidada foram identificadas como capazes de atender parte significativa da demanda:



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



*Usina Dois Arcos (2014)*: Inaugurada em 2014, a usina de tratamento é pioneira na produção comercial de biometano no Brasil. Com uma capacidade de produção de até 15 mil m<sup>3</sup> de biometano por dia, a usina pode gerar aproximadamente 5,5 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Além disso, a usina está integrada ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e tem a capacidade de evitar a emissão de 76 mil toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, um dos principais poluentes oriundos da decomposição de resíduos, contribuindo significativamente para a redução das emissões atmosféricas.

*Usina Gás Verde – Seropédica (2019)*: Inaugurada em 2019, a usina possui uma capacidade de produção de até 130 mil m<sup>3</sup> de biometano por dia, totalizando aproximadamente 47,45 milhões de m<sup>3</sup> por ano. Há uma projeção de aumento na capacidade de produção para 150 mil m<sup>3</sup> por dia até 2025, o que corresponderá a aproximadamente 54,75 milhões de m<sup>3</sup> por ano.

### Cobertura e Economia de Combustível

Com base na produção atual, seria possível abastecer 24,1% da frota de ônibus, resultando em uma economia anual estimada de R\$ 57.254,98. Com a expansão prevista até 2025, a cobertura poderia alcançar 61,4% da frota, com uma economia anual aproximada de R\$ 145.869,43.

A diferença de custo médio entre o diesel (R\$ 5,75/litro) e o GNV/biometano (R\$ 4,46/m<sup>3</sup>) foi de 20,9%, demonstrando a vantagem econômica da substituição do combustível fóssil pelo biocombustível.

### Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa

O Programa Brasileiro GHG Protocol oferece uma ferramenta para calcular as emissões de gases poluentes, incluindo dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Utilizando a ferramenta do GHG Protocol Brasileiro, estimou-se que, no período analisado, foram emitidas cerca de 6 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente 316,11 toneladas de metano (CH<sub>4</sub>) e 316,11 toneladas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) pela frota de ônibus do Rio de Janeiro. A substituição de 24,1% da frota por biometano resultaria em uma redução de 4,4 mil toneladas de CO<sub>2eq</sub> por ano. No cenário de 61,4%, essa redução alcançaria 11,2 mil toneladas de CO<sub>2eq</sub> anuais.

### Análise Comparativa dos Fatores de Emissão

Entre os combustíveis fósseis, o gás natural se destaca pelo maior potencial de redução de gases de efeito estufa (GEEs). Quando utilizado em sua forma comprimida (GNC), pode reduzir as emissões em até 21% em relação ao diesel e 24% em relação ao petróleo. A adição de 20% de biometano ao GNC eleva essa redução para 39%, podendo chegar a até 97% com o uso de biometano puro (DENA).

Com base na média de quilometragem percorrida e na frota de ônibus dos últimos 10 anos, estimou-se que o uso de uma mistura com 20% de biometano poderia reduzir as emissões em cerca de 8,18 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Já a substituição total por biometano puro resultaria em uma redução de aproximadamente 18,3 mil toneladas.

### Cenários de Cobertura e Impactos Ambientais

*Cenário 1 (24,1% de cobertura)*: A substituição de 24,1% dos ônibus por veículos movidos a biometano proporcionaria uma redução anual de cerca de 4,4 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, além de uma economia operacional de R\$ 57.254,98 por ano.

*Cenário 2 (61,4% de cobertura)*: No cenário de 61,4% de cobertura, a redução alcançaria aproximadamente 11,2 mil toneladas de CO<sub>2eq</sub> por ano, com economia operacional de R\$ 145.869,43 anuais.

### Viabilidade Técnica e Econômica

A análise demonstrou que o biometano apresenta viabilidade técnica, com rendimento médio de 2,45 km/m<sup>3</sup>, e vantagens econômicas frente ao diesel, cujo preço médio em 2023 foi de R\$ 5,75/litro, contra R\$ 4,46/m<sup>3</sup> do GNV (referência para o biometano). A diferença de custo médio entre os combustíveis foi de 20,9%, representando uma economia significativa para o sistema de transporte público.

Esses resultados demonstram o alto potencial do biometano como alternativa sustentável aos combustíveis fósseis. Além de reduzir significativamente as emissões de GEEs, o biometano contribui para a economia circular ao transformar resíduos em energia, reduz a dependência de fontes fósseis e impulsiona o desenvolvimento de tecnologias



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



mais limpas. Com potencial de pegada de carbono negativa, o biometano se apresenta como uma solução estratégica para o Brasil atingir suas metas climáticas e promover uma matriz energética mais sustentável.

## CONCLUSÕES

Este estudo de caso demonstrou que o uso do biometano como combustível na frota de transporte público do município do Rio de Janeiro representa uma alternativa viável e estratégica para a redução dos impactos ambientais. A análise, baseada em dados de uma década, evidenciou que a substituição parcial do diesel por biometano pode gerar reduções significativas nas emissões de gases de efeito estufa, além de proporcionar economia nos custos operacionais.

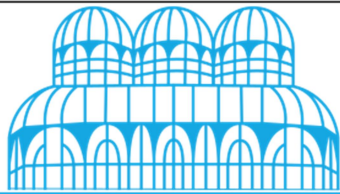
Os resultados indicam que, com a produção atual, é possível atender 24,1% da frota, com redução anual de 4,4 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente e economia de R\$ 57.254,98. Com a expansão da produção até 2025, essa cobertura pode chegar a 61,4%, resultando em uma redução de 11,2 mil toneladas de CO<sub>2</sub>e por ano e economia de R\$ 145.869,43 anuais. O biometano, quando utilizado em sua forma pura, pode reduzir as emissões em até 97%, reforçando seu potencial como combustível de baixo impacto ambiental. A viabilidade técnica foi confirmada pelo rendimento médio de 2,45 km/m<sup>3</sup> do biometano, comparável ao GNV, e pela vantagem econômica de 20,9% em relação ao diesel. Esses fatores demonstram que a transição para o biometano não apenas contribui para a descarbonização do transporte público, mas também oferece benefícios econômicos tangíveis para a gestão municipal.

Além dos benefícios ambientais e econômicos diretos, o uso do biometano promove a economia circular ao transformar resíduos sólidos urbanos em energia, reduzindo simultaneamente os problemas associados à disposição inadequada de resíduos e a dependência de combustíveis fósseis importados. Com potencial de pegada de carbono negativa, o biometano se apresenta como uma solução estratégica para o Brasil atingir suas metas climáticas estabelecidas no Acordo de Paris e promover uma matriz energética mais sustentável e resiliente.

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação em larga escala enfrenta desafios que incluem os altos custos iniciais de conversão da frota e infraestrutura de abastecimento, a necessidade de investimentos em tecnologia e capacitação técnica, e a concorrência com combustíveis fósseis subsidiados. Superar essas barreiras é essencial para consolidar políticas públicas eficazes que incentivem o uso de combustíveis renováveis e acelerem a transição energética no setor de transporte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Angelotti, F., Fernandes-Júnior, P., Sá, I. **Mudanças climáticas no semiárido brasileiro: medidas de mitigação e adaptação (climate change in the brazilian semiarid: mitigation and adaptation practices)**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 6, p. 1097-1111, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbfg.v4i6.232763>. Acesso: 9 de abril de 2026.
2. Junges, A., Silveira, F., Masssoni, N. **Validação de um opinário sobre aquecimento global**. Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática, v. 4, n. 1, 2021. Disponível em: [https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i1.11233\\_](https://doi.org/10.5335/rbecm.v4i1.11233_). Acesso: 9 de abril de 2026.
3. Junqueira, H., Medeiros, D., Cohim, E. **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Feira de Santana: demanda energética e pegada de carbono**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, vol. 27, n. 1, p. 125-139, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-415220200358>. Acesso: 9 de abril de 2026.
4. Mendonça, A., Bornia, A. **Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: análise das políticas públicas**. Mix Sustentável, vol. 5, n. 2, 109-122, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.mix2019.v5.n2.109-122>. Acesso: 9 de abril de 2026.
5. Basso, R., Bertagnolli, D., Santos, L. **Análise econômico-financeira mediante geração e comercialização de créditos de carbono**. Revista Ambiente Contábil, vol. 9, n. 2, p. 296-314, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2017v9n2ID10091>. Acesso: 9 de abril de 2026.
6. Nepomoceno, T., Pontarolo, E. **Panorama brasileiro do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos para a geração de biogás em áreas de aterro sanitário**. International Journal of Environmental Resilience Research and Science, vol. 4, n. 2, p. 1-12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.48075/ijerrs.v4i2.26408>. Acesso: 9 de abril de 2026.



CURITIBA/PR - 05 a 07 de Maio de 2026

9º CONRESOL

9º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade



7. Rodrigues, L., Lira, M., Neto, M. **Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas a partir da substituição gradual de termelétricas a carvão por usinas fotovoltaicas.** Revista Brasileira de Meteorologia, vol. 35, n. 3, p. 415-424, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-7786353006>. Acesso: 9 de abril de 2026.
8. Valdetaro, E., Silva, F., Ribeiro, S., Jacovine, L. **Contribuição dos créditos de carbono na viabilidade econômica dos contratos de fomento florestal no sul da Bahia.** Revista Árvore, vol. 35, n. 6, p. 1307-1317, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700017>. Acesso: 9 de abril de 2026.
9. Silva, A., Martildes, J., Cezario, J., Silva, T., Nascimento, M., Medeiros, J., Paiva, W. **Técnicas utilizadas para o tratamento do lixiviado gerado por aterros sanitários.** Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, vol. 7, n. 17, p. 1231-1239, 2020. Disponível em: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071714](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071714). Acesso: 9 de abril de 2026.
10. Silva, D., Nadai, B., Oliveira, D. **Geração de energia elétrica a partir de resíduos sanitários urbanos.** Cadernos Brasileiros de Automática, vol. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.1494>. Acesso: 9 de abril de 2026.
11. Teixeira, R., Pessoa, Z., Dias, E., Alves, E. **Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e sustentabilidade: reflexões a partir das cidades da região semiárida brasileira.** Revista Geotemas, Pau dos Ferros, v. 11, n. 1, p. 95-115, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33237/2236-255X.2021.3175>. Acesso: 9 de abril de 2026.
12. DATA.RIO. **Total de linhas, frota operante, passageiros transportados, viagens realizadas, quilometragem coberta, combustível utilizado e pessoal ocupado pelo sistema de ônibus no Município do Rio de Janeiro entre 1984-2020.** Disponível em: <https://www.data.rio/documents/c09ef8f7d5de472c8624639070d97868/about>. Acesso em: 9 abr. 2026.