

Aproveitamento energético do biogás em Estações de Tratamento de Esgoto

DOI: 10.5281/zenodo.18462191

Julia Ribeiro Dias^{a*}

The energy recovery of biogas in Wastewater Treatment Plants (WWTPs) stands out as an alternative to reduce operational costs, mitigate greenhouse gas emissions, and promote sustainability in the sanitation sector. This study conducts a critical analysis of the article by Bilotto and Ross (2016), which estimated electricity generation and avoided methane emissions in a large-scale WWTP, complemented by recent studies from Brazilian literature. The methodology was based on a critical review of scientific works, enabling the comparison of results, identification of methodological limitations, and evaluation of the applicability of biogas recovery in different national contexts. The results indicate that biogas rarely meets the entire energy demand of WWTPs, but it can ensure significant partial self-sufficiency and environmental benefits. It is concluded that this strategy is viable and aligned with sustainable development, requiring greater institutional and technological support.

O aproveitamento energético do biogás em Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) destaca-se como alternativa para reduzir custos operacionais, mitigar emissões de gases de efeito estufa e promover a sustentabilidade no setor de saneamento. Este estudo realiza uma análise crítica do artigo de Bilotto e Ross (2016), que estimou a geração de energia elétrica e a emissão evitada de metano em uma ETE de grande porte, complementada por estudos recentes da literatura brasileira. A metodologia baseou-se na revisão crítica de trabalhos científicos, permitindo a comparação de resultados, a identificação de limitações metodológicas e a avaliação da aplicabilidade do aproveitamento do biogás em diferentes contextos nacionais. Os resultados indicam que o biogás dificilmente supre toda a demanda energética das ETEs, mas pode garantir autossuficiência parcial relevante e benefícios ambientais. Conclui-se que essa estratégia é viável e alinhada ao desenvolvimento sustentável, exigindo maior apoio institucional e tecnológico.

^aUniversidade de Brasília (UnB). Campus Darcy Ribeiro. Instituto de Química (IQ/UnB).

*E-mail: juliariberdias@gmail.com

Palavras-chave: biogás; aproveitamento energético; estações de tratamento de esgoto.

Recebido em 11 de janeiro de 2026,

Aprovado em 25 janeiro de 2026,

Publicado em 03 de fevereiro de 2026.

Introdução

De acordo com dados do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2025, trazendo dados referentes ao ano-base 2024, publicados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo total de energia elétrica no Brasil foi de 561,6 TWh, cerca de 5,6% maior do que no ano anterior.¹ Nesse contexto, a ampliação da participação de fontes renováveis na matriz energética nacional torna-se estratégica, destacando-se o biogás como uma alternativa ainda pouco explorada, especialmente no setor de saneamento.

O biogás é uma mistura gasosa composta principalmente por metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), gerada a partir da degradação anaeróbica da matéria orgânica por microrganismos. No contexto do tratamento de esgotos, o biogás é produzido em reatores anaeróbios, como os reatores UASB, sendo o metano o principal responsável pelo seu

potencial energético. Quando devidamente recuperado e aproveitado, o biogás pode ser utilizado para a geração de energia elétrica e térmica, além de contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à liberação direta do metano na atmosfera.³

As Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), tradicionalmente concebidas como unidades de controle ambiental e sanitário, caracterizam-se pelo elevado consumo de energia elétrica, o que as tornam sistemas intensivos do ponto de vista energético. Nesse contexto, essas unidades passam a ser reconhecidas também como potenciais fontes de geração de energia renovável, em especial em razão da produção de biogás resultante dos processos de digestão anaeróbica da matéria orgânica presente no esgoto.⁵ Tal potencial é particularmente significativo em sistemas como os reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) e outros sistemas anaeróbios específicos, nos quais o aproveitamento

energético do biogás surge como alternativa estratégica para a redução dos custos operacionais e dos impactos ambientais associados ao tratamento de esgotos.⁴

Diante do crescimento da demanda energética e da crescente necessidade de ampliação do uso de fontes renováveis, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise crítica do artigo de referência, o qual se destaca por quantificar o potencial energético do biogás gerado em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de grande porte, bem como por estimar a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à recuperação desse biogás. Além disso, os resultados apresentados são confrontados com pesquisas mais recentes, com o propósito de discutir os avanços alcançados, as limitações identificadas e as perspectivas futuras para o aproveitamento energético do biogás em ETEs no contexto brasileiro.²

Metodologia

No presente estudo, como forma de fomentar os resultados e conclusões, teve como base uma revisão bibliográfica crítica, utilizando as bases de dados Google Acadêmico, Scielo e Periódico CAPES. Com as seguintes palavras chave: “biogás”, “processo anaeróbio” e “energia elétrica”.

O artigo em referência fez um estudo de caso quantitativo detalhado da produção de metano, da geração de energia elétrica e da emissão evitada de gases de efeito estufa em uma ETE real. A metodologia adotada no referido estudo baseia-se na estimativa da produção de metano a partir da remoção de matéria orgânica no tratamento anaeróbio, utilizando balanços de DQO e nos métodos propostos pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). A partir da estimativa do volume de metano produzido, os autores calcularam o potencial energético do biogás e avaliaram a possibilidade de geração de energia elétrica, considerando rendimentos típicos de conversão energética. Além disso, foram estimadas as emissões de metano evitadas com a recuperação e o aproveitamento do biogás.²

Para complementar a análise crítica, foi utilizado como referência o estudo de Azevedo et al. (2024), que realizou uma revisão da produção científica nacional sobre geração de energia elétrica a partir do biogás em ETEs. Esses estudos foram selecionados por apresentarem resultados consolidados sobre a viabilidade técnica e ambiental do aproveitamento energético do biogás em diferentes realidades operacionais.⁵

Tabela 1. Principais variáveis utilizadas na estimativa do potencial energético do biogás em Estações de Tratamento de Esgoto. Extraído da referência 2.

Variáveis	Descrição	Unidade
Vazão média afluente	Volume médio de esgoto que ingressa diariamente na estação de tratamento	m ³ /d
DQO afluente	Concentração média de demanda química de oxigênio do esgoto bruto afluente	mg/L
DQO efluente	Concentração média de demanda química de oxigênio do esgoto tratado	mg/L
DQO removida	Fração da carga orgânica removida durante o tratamento anaeróbio	mg/L
Temperatura do reator	Temperatura média de operação do reator anaeróbio	°C
Poder calorífico inferior do metano	Quantidade de energia liberada na combustão do metano disponível no biogás	MJ/kg
Eficiência de conversão elétrica	Eficiência adotada para a conversão da energia química do biogás em energia elétrica	%

No presente estudo, não foram realizados novos cálculos ou simulações. Os resultados do artigo base foram analisados de forma crítica, buscando-se compreender a consistência das estimativas, as hipóteses adotadas e as limitações associadas à utilização de parâmetros não monitorados diretamente. A discussão foi conduzida por meio da comparação dos resultados obtidos e com os achados de estudos mais recentes, permitindo identificar convergências, divergências e desafios relacionados à aplicação prática do aproveitamento energético do biogás em ETEs.

Resultados e discussão

Os resultados apresentados evidenciam o elevado consumo de energia elétrica da Estação de Tratamento de

Esgoto analisada, conforme apresentado na Tabela 2, que demonstra a demanda energética mensal da unidade. Esse resultado confirma que as ETEs se configuram como sistemas intensivos em consumo de energia, sobretudo em estações de grande porte, onde processos de aeração, bombeamento e recirculação representam parcelas significativas da demanda elétrica total.

Tabela 2. Consumo mensal de energia elétrica na ETE Santa Quitéria. Extraído da referência 2.

Ano	Mês	Energia consumida (kwh/mês)
2012	Agosto	108.877
	Setembro	124.969
	Outubro	156.994
	Novembro	113.245
	Dezembro	70.689
2013	Janeiro	115.022
	Fevereiro	111.050
	Março	82.395
Valor médio		110.405 ± 26.122

Com base nos dados operacionais e nos parâmetros adotados da literatura, o artigo base estimou o potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás produzido nos reatores anaeróbios da ETE, indicando que a recuperação do metano poderia suprir aproximadamente 59% do consumo médio mensal de energia da estação. Esse resultado revela que, embora o aproveitamento energético do biogás não seja suficiente para garantir autossuficiência energética total, ele apresenta capacidade significativa de reduzir a dependência da rede elétrica convencional e, consequentemente, os custos operacionais da unidade.

Além dos benefícios energéticos, destaca-se o impacto ambiental positivo associado à recuperação do biogás, sobretudo pela mitigação das emissões de metano.² Considerando o elevado potencial de aquecimento global do CH₄, a sua queima controlada ou conversão em energia elétrica representa uma estratégia eficaz para a redução das emissões de gases de efeito estufa no setor de saneamento. Esse aspecto reforça a importância do aproveitamento energético do biogás não apenas sob a ótica econômica, mas também ambiental.

Os resultados do artigo base encontram respaldo em diversos estudos nacionais recentes. Uma revisão realizada demonstra que múltiplas pesquisas brasileiras reportaram êxito na recuperação e no aproveitamento energético do biogás em ETEs, com percentuais de atendimento da demanda energética variando de acordo com o porte da estação, o tipo de reator anaeróbio e as condições operacionais.⁵ Observou-se redução significativa no consumo de energia elétrica proveniente da rede, associada a benefícios em termos de sustentabilidade e mitigação de emissões atmosféricas.⁷

Entretanto, a análise crítica do estudo base evidencia algumas limitações que devem ser consideradas. A principal refere-se à utilização de valores médios da literatura para variáveis não monitoradas, como perdas de metano e coeficientes de conversão, o que pode introduzir incertezas nas estimativas. Trabalhos mais recentes apontam que a perda de metano dissolvido no efluente pode ser superior à considerada em estimativas teóricas, reduzindo o volume efetivamente disponível para recuperação energética.^{5,6}

Outro aspecto relevante diz respeito à viabilidade prática da implantação de sistemas de aproveitamento energético do biogás. Embora o potencial técnico seja significativo, sua concretização depende de investimentos em infraestrutura, sistemas de vedação adequados, manutenção contínua e capacitação operacional. Esses fatores são recorrentes na literatura como desafios à disseminação do aproveitamento energético do biogás em ETEs brasileiras, especialmente em estações de pequeno e médio porte.^{4,5}

Dessa forma, os resultados analisados indicam que o aproveitamento energético do biogás em estações de tratamento de esgoto é tecnicamente viável e ambientalmente vantajoso, porém condicionado a fatores operacionais, econômicos e institucionais. A integração entre os resultados do artigo base e as evidências apresentadas na literatura recente reforça o papel estratégico do biogás como fonte de energia renovável no setor de saneamento, ao mesmo tempo em que evidencia a necessidade de avanços tecnológicos e de políticas públicas que viabilizem sua aplicação em larga escala.^{2,5}

Conclusões

A análise crítica do artigo, associada a estudos mais recentes da literatura nacional, demonstra que o aproveitamento energético do biogás em Estações de

Tratamento de Esgoto representa uma estratégia tecnicamente viável e ambientalmente vantajosa. Embora a geração de energia raramente seja suficiente para suprir integralmente a demanda das ETEs, a autossuficiência parcial alcançada contribui para a redução de custos operacionais e da dependência de fontes externas de energia.

Além disso, a recuperação do biogás promove benefícios ambientais relevantes, sobretudo pela mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Contudo, para maximizar esses benefícios, é fundamental investir em melhorias operacionais, sistemas de vedação adequados, monitoramento contínuo do biogás e políticas públicas que incentivem a geração distribuída de energia no setor de saneamento.

Conclui-se que a integração entre saneamento básico e geração de energia renovável é um caminho promissor para o desenvolvimento sustentável no Brasil, sendo o aproveitamento energético do biogás uma solução estratégica que merece maior atenção no planejamento e na gestão das ETEs.

Contribuições por Autor

A resenha sobre o artigo em referência e a inclusão de detalhes obtidos por artigos auxiliares são de Julia Ribeiro Dias.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesses.

Agradecimentos

Ao Grupo PET-Química/IQ/UnB, à Secretaria de Educação Superior do Ministério da Educação (SeSU/MEC) e ao Decanato de Ensino de Graduação (DEG/UnB) pelo apoio ao Programa de Educação Tutorial pela bolsa concedida. Ao Instituto de Química (IQ/UnB) e à Universidade de Brasília pelo suporte e espaço fornecidos.

Notas e referências

1. Empresa De Pesquisa Energética (EPE). *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024*. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Acesso em: 10 jan. 2026.
2. P. Bilotta and B. Z. L. Ross, Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na

recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos, Eng. Sanit. Ambient., 2016, 21, 275–282.

3. EMBRAPA. *Produção de biogás a partir de resíduos agroindustriais*. Documentos 49. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Acesso em: 10 jan. 2026.
4. Chernicharo, C. A. L. *Reatores anaeróbios*. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 263–266, 2007.
5. Azevedo, L. M.; Costa, R. S.; Oliveira, T. A. *Geração de energia a partir de estação de tratamento de Esgoto como prática de desenvolvimento sustentável*. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 33., 2025.
6. Savi, Vitor Gonçalves. *Avaliação do potencial de geração de energia elétrica a partir de biogás produzido na estação de tratamento de esgoto (ETE) Santa Luzia (Criciúma/SC)*. 2019.
7. Cancelli, T. *Geração de energia a partir do biogás de estações de Tratamento de esgoto doméstico*.