



ANÁLISE TÉCNICO-AMBIENTAL DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIOMETANO EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA

Tainá R. Oliveira¹; Maurício A. Schmitt²

¹ULBRA Canoas - Universidade Luterana do Brasil.
tai.rosa02@gmail.com

²ULBRA Canoas - Universidade Luterana do Brasil.
mauricio.schmitt@ulbra.br (professor Orientador)

Palavras-Chave: Descarbonização, Sustentabilidade energética.

Introdução

A crescente preocupação global com as mudanças climáticas e a escassez iminente de recursos fósseis tem impulsionado fortemente a busca por alternativas energéticas mais limpas e sustentáveis em todos os setores produtivos. No contexto industrial, que é historicamente dependente de fontes de alta densidade energética e elevada pegada de carbono, o processo de transição para uma matriz energética renovável tornou-se não apenas uma questão ambiental, mas também um diferencial competitivo e estratégico.

Sendo assim, o biometano desponta como uma opção altamente promissora. Este biocombustível é obtido a partir da purificação do biogás gerado pela decomposição anaeróbia de matéria orgânica, como resíduos agrícolas, industriais e lixo urbano em aterros sanitários. Após o processo de purificação, o biometano atinge uma concentração de metano (CH₄) superior a 96%, adquirindo propriedades físico químicas e poder calorífico muito semelhantes aos do gás natural, o que permite sua aplicação direta em sistemas de combustão industrial com mínimas adaptações tecnológicas.

O Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), amplamente utilizado na indústria metalúrgica devido ao seu alto poder calorífico e facilidade de armazenamento, é uma mistura de hidrocarbonetos leves (propano e butano) de origem fóssil. Apesar de sua eficiência térmica, a queima do GLP contribui significativamente para as emissões de gases de efeito estufa (GEE), apresentando um fator de emissão de aproximadamente 3,0 kg de CO₂ por quilograma de combustível. A metalurgia, por demandar elevadas temperaturas contínuas para processos como estufas de cura e secagem de pintura, apresenta impactos ambientais expressivos quando dependente de fontes fósseis.

Diante deste cenário, a implementação do biometano no setor metalúrgico representa uma oportunidade estratégica valiosa para reduzir a dependência fóssil, mitigar impactos ambientais e atender às rigorosas políticas regulatórias de emissão de poluentes, além de alinhar a corporação aos princípios ESG (Environmental, Social, and Governance).

O presente estudo tem como objetivo geral analisar a viabilidade técnica, econômica e ambiental da substituição integral do GLP por biometano purificado, proveniente de aterro sanitário, como fonte de energia térmica para os processos de uma indústria metalúrgica na região metropolitana de Porto Alegre/RS. A pesquisa justifica-se pela urgência de descarbonização do setor industrial e pela necessidade de validar a intercambialidade entre esses gases, garantindo que a transição energética ocorra de maneira eficiente, segura e economicamente viável para a operação.



Material e Métodos

A pesquisa possui caráter aplicado e abordagem qualitativa com suporte quantitativo, sendo desenvolvida como um estudo teórico-comparativo aplicado a uma indústria metalúrgica localizada na região metropolitana de Porto Alegre (RS). O levantamento utilizou dados energéticos reais de consumo de GLP da referida empresa, consolidados ao longo dos 12 meses do ano base de 2024, que totalizaram 187.143 kg (equivalente a 81.366,52 m³ na base volumétrica). Para preservar o sigilo das informações industriais e financeiras da organização, os dados foram tratados em valores relativos e percentuais, sem a realização de ensaios práticos no local.

A etapa de comparação técnica e energética baseou-se na conversão do Poder Calorífico Inferior (PCI) dos combustíveis para a base volumétrica (kWh/m³). Adotou-se o PCI do GLP como 11.100 kcal/kg e o do biometano como 8.555 kcal/m³, estabelecendo a eficiência térmica média de 80% para a estufa contínua e 30% para as empilhadeiras.

A estimativa do potencial de redução das emissões de GEE utilizou os fatores de emissão estabelecidos pelo IPCC (2021). O fator de emissão do GLP foi convertido para 6,59 kg CO₂e/m³, enquanto o biometano foi considerado neutro (0 kg CO₂e/m³) por pertencer ao ciclo biogênico do carbono. O transporte do combustível foi modelado assumindo o uso de caminhões movidos ao próprio biometano (capacidade de 1.200 a 1.500 m³), zerando as emissões indiretas de logística.

Por fim, a avaliação econômica foi estruturada de forma relativa, comparando os custos volumétricos dos combustíveis e simulando a geração de receitas via Mercado Voluntário de Carbono. Adotou-se o valor de referência conservador de US\$ 7 por tonelada de CO₂e (convertido para R\$ 38,50/tCO₂e) para quantificar o potencial de valoração ambiental (créditos de carbono) obtido pela mitigação das emissões diretas da fábrica.

Resultados e Discussão

A avaliação técnica do perfil energético da indústria revelou que a operação total (estufa e empilhadeiras) consome 81.366,52 m³ de GLP anualmente. Ao converter as grandezas, constatou-se que o GLP possui uma disponibilidade energética consideravelmente maior, entregando 29,04 kWh/m³, contra apenas 9,95 kWh/m³ do biometano.

Devido a essa diferença na densidade energética volumétrica, a simulação matemática comprovou que é necessário injetar 2,92 m³ de biometano para suprir exatamente a mesma energia térmica entregue por 1 m³ de GLP. Consequentemente, para manter a estabilidade produtiva anual da metalúrgica, que demanda 1,89 GWh/ano de energia útil, o consumo saltaria para 237.474,35 m³ de biometano.

Apesar da exigência de um volume físico quase três vezes maior, a literatura técnica e as normas da ANP confirmam que o biometano suporta perfeitamente o processo, sendo necessária apenas a readequação dos queimadores, bicos injetores e pressões de operação da fábrica para garantir o fluxo adequado do gás.

No âmbito da sustentabilidade e mitigação ambiental, os resultados foram altamente expressivos. A combustão do volume anual de GLP resulta na emissão direta de 536,20 toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e). A substituição pelo biometano promoveu a anulação teórica de 100% dessas emissões fósseis diretas, uma vez que o CO₂ liberado em sua queima integra o ciclo biológico da matéria orgânica recente, sendo classificado como carbono neutro. Além disso, a premissa logística de utilizar frotas abastecidas com o próprio gás renovável reduziu drasticamente as emissões indiretas do



Escopo 3, consolidando uma cadeia de suprimentos essencialmente limpa.

Sob a perspectiva econômica integrada, o estudo evidenciou um duplo benefício financeiro. Primeiramente, as estimativas apontam que o biometano apresenta um custo direto de aquisição (OPEX) substancialmente inferior, variando de 3 a 5 vezes mais barato na comparação volumétrica com o GLP (cotado hipoteticamente a R\$ 23,30/m³). Em segundo lugar, a mitigação comprovada de 536,20 tCO₂e/ano abre a possibilidade de monetização através do Mercado Voluntário de Carbono. Com base nas cotações internacionais (World Bank, 2025), a venda desses ativos pode gerar uma receita bruta adicional para a indústria estimada em R\$ 20.643,70 por ano.

Embora a viabilidade total ainda dependa do levantamento do investimento inicial (CAPEX) para a troca de infraestrutura e bicos de queima, a redução imediata no custo do combustível aliada à receita paralela dos créditos de carbono confirma o biometano como uma alternativa comercialmente robusta.

Conclusões

A análise técnico-ambiental demonstrou, de forma inequívoca, a viabilidade da substituição total do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) pelo biometano na indústria metalúrgica avaliada. Embora o GLP tenha maior densidade energética, exigindo que a operação consuma aproximadamente o triplo do volume de biometano (2,92 m³) para obter a mesma equivalência térmica, essa barreira técnica é facilmente superada com ajustes pontuais nos sistemas de injeção e combustão.

Os benefícios ambientais alcançados são profundos e imediatos: a substituição erradica 100% das emissões fósseis diretas atreladas ao aquecimento térmico, o que se traduz na mitigação de 536,20 toneladas anuais de gases de efeito estufa na atmosfera.

Além da inegável contribuição ecológica, a transição provou ser financeiramente vantajosa. A redução drástica no custo operacional direto (OPEX) do combustível somada à projeção de receitas de R\$ 20.643,70 anuais pela comercialização de créditos de carbono no mercado voluntário transformam a operação em um ativo rentável.

Conclui-se, portanto, que a adoção do biometano fortalece diretamente os pilares de Governança Ambiental e Social (ESG) da empresa, conferindo competitividade, sustentabilidade energética e resiliência frente às futuras pressões regulatórias do mercado global de descarbonização.

Agradecimentos

Ao Professor Me. E.Q. Maurício de Almeida Schmitt do Curso de Engenharia Química da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) pelo suporte acadêmico fornecido para a realização deste estudo.

Referências

ANP. Resolução nº 685, de 30 de junho de 2017. Dispõe sobre a especificação do biometano oriundo de resíduos orgânicos e da purificação do biogás. **ANP**, 2017.

B3. Guia ESG - Práticas ambientais, sociais e de governança corporativa. **B3**, 2022.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. **Cambridge University Press**, 2021.

WORLD BANK. State and Trends of Carbon Pricing 2025. **World Bank**, 2025.