



13º Fórum do **BIOGÁS**

O ponto de encontro
internacional de investidores
em **BIOGÁS** e **BIOMETANO**

Transporte de Gás Natural Comprimido

Estudo de Caso do Biometano no Brasil



Ficha Técnica

Coordenação Técnica

Marcos Frederico Farias de Sousa
Marcelo Ferreira Alfradique
Ana Claudia Sant'Ana Pinto

Equipe Técnica

Bianca Nunes de Oliveira
Gabriela Nascimento da Silva
Harnon Martins Ramos
Luiz Paulo Barbosa da Silva

Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (interino)

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômicos-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Gestão Corporativa

Carlos Eduardo Cabral Carvalho



Sobre a EPE



Empresa Pública Federal vinculada ao
Ministério de Minas e Energia



Desenvolvemos estudos e estatísticas
energéticas para subsidiar a formulação,
implementação e avaliação da política
energética nacional



Valor Público

A EPE desenvolve estudos para subsidiar a formulação, implementação e avaliação das políticas e do planejamento energético brasileiro. Nesse contexto, esta nota técnica contribui para **ampliar as informações sobre o gás natural comprimido (GNC) e suas potenciais aplicações**, oferecendo base técnica consolidada para apoiar decisões de agentes públicos e privados.

O documento apresenta uma avaliação integrada dos aspectos técnicos, logísticos, econômicos e ambientais do uso do GNC, destacando seu **potencial para viabilizar o suprimento em regiões não atendidas por infraestruturas de gasodutos**. Ao caracterizar tecnologias disponíveis, dimensionar logísticas, custos e emissões de GEE, a nota oferece elementos que contribuem para o aprimoramento das análises do setor e para a tomada de decisão informada.

A partir de cenários de expansão do gás natural e do biometano, o estudo reforça a importância do GNC como ferramenta para a **interiorização do suprimento, aumento da segurança energética e promoção de cadeias de menor intensidade de emissões**. Dessa forma, a nota técnica contribui para o desenvolvimento **eficiente e sustentável** do mercado nacional, gerando valor público ao respaldar o planejamento estratégico do setor de energia.



Histórico de Trabalhos

GNC e biometano



Contexto e Objetivos



CONTEXTO

- O Brasil possui uma extensa malha dutoviária, porém muito **concentrada no litoral**;
- A EPE estima que a **produção líquida** de gás natural no país continue **crescendo** no decênio;
- A **capilaridade limitada** da rede de gasodutos pode proporcionar **oportunidades** para a distribuição por meio de modais distintos do gasoduto, em nível de pequena escala, **como o GNC e GNL**;
- O marco legal do gás no Brasil evoluiu no aspecto de **integração do biometano** à infraestrutura de gás natural;
- O país tem potencial significativo de produção de biometano a partir de resíduos agropecuários, industriais e de saneamento. As características de volumes e localização dispersa tornam o **GNC uma alternativa logística mais aderente ao transporte de biometano em pequenas escalas**.



OBJETIVOS

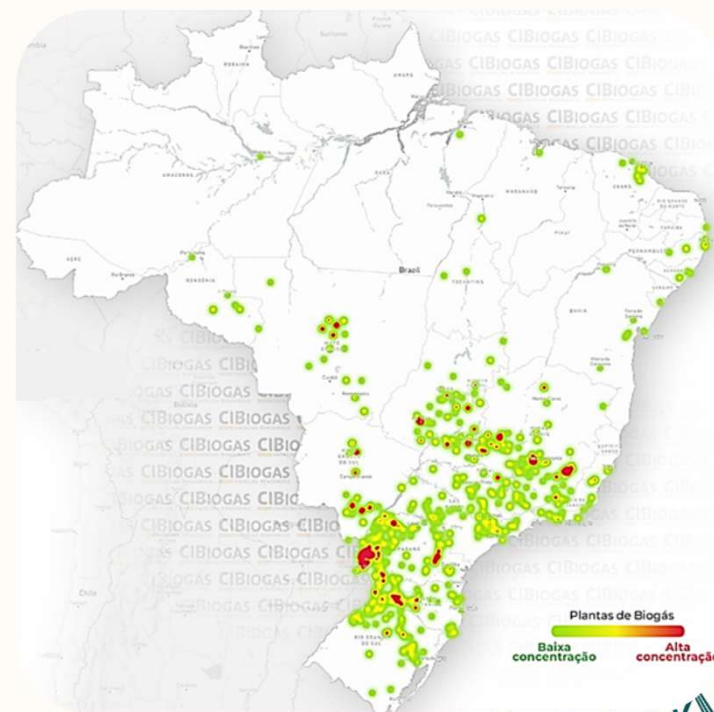
- Abordar os principais aspectos para **avaliação conceitual** de projetos de GNC no Brasil em termos de **logística, custos e emissões de GEE**;
- Aplicar as metodologias propostas na análise de um **estudo de caso** de logística de GNC por caminhões, voltado ao escoamento da **produção de biometano** de pequenos e médios produtores.



Aplicabilidade do GNC no Brasil

- O Brasil possui **características que propiciam o uso do GNC**: elevado potencial de oferta disperso pelo território (como o biometano e as reservas onshore), grande capilaridade rodoviária e potencial de demanda;
- Tem menor custo de capital para suas instalações em relação ao GNL, tornando-o uma **opção atraente para modelos logísticos com pequenos volumes de gás**;
- Tende a ser mais adequado para **curtas distâncias** de até 200 km e para **pequenos volumes** de até 150 mil m³/dia;
- Pode ser um aliado para **destravar investimentos** no Brasil, visto as dificuldades de **interiorização do gás natural** e a **oportunidade de aproveitamento do biometano**.

- A dispersão geográfica da produção de resíduos impõe um desafio logístico para a cadeia de valor do biometano:



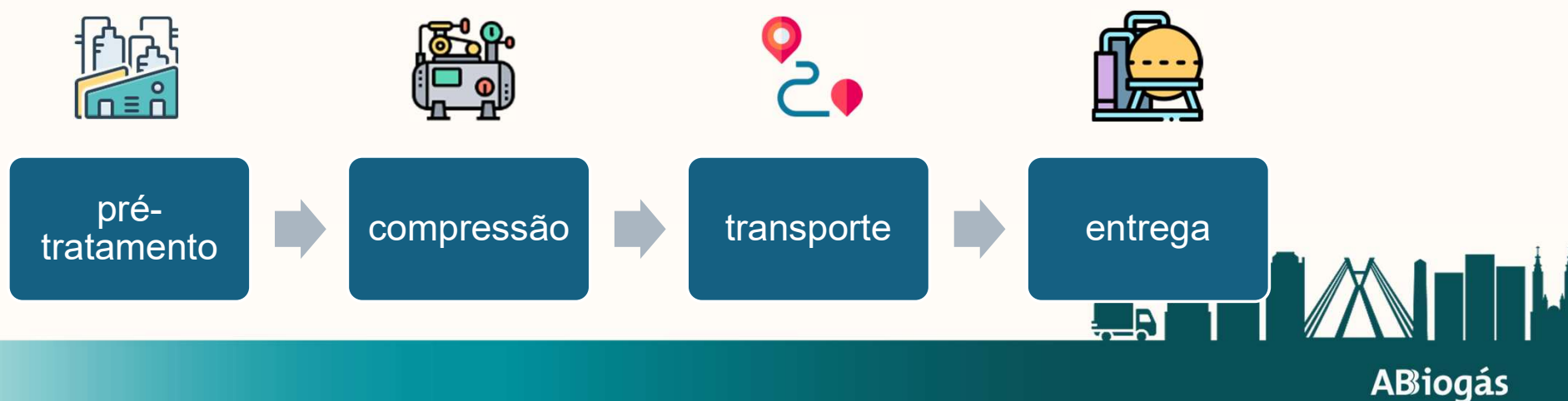
Fonte: CIBiogás (2024)



A Cadeia do GNC

GNC é uma alternativa ao transporte por gasoduto aplicada em pequenas escalas, principalmente para monetização de gás em regiões não atendidas por rede de distribuição ou de transporte. A cadeia do GNC pode ser descrita pelos seguintes processos:

- **Pré-tratamento:** remoção de hidrocarbonetos pesados, contaminantes e água;
- **Compressão:** prepara o gás para acondicionamento em cilindros sob alta pressão (entre 100 e 250 bar), reduzindo o seu volume na razão de 150:1 a 300:1;
- **Transporte:** pode ser realizado por diferentes modais (rodoviário, ferroviário ou aquaviário). Transporte rodoviário é o mais aplicado no mundo, realizado por caminhões compostos pelo cavalo mecânico e pela carreta;
- **Entrega:** esvaziamento dos cilindros, aquecimento, descompressão e medição do gás. Pode ocorrer em um ponto de conexão a um gasoduto, um ponto de concentração de volumes (hub) produzidos numa determinada região (cluster) ou um cliente final.



Diferentes Aplicações do GNC

Diferentes instalações podem ser necessárias no ponto de entrega do GNC, a depender da aplicação final do gás, **principalmente em função da pressão requerida**:



Estudo de Caso

1

A partir do potencial de produção de biometano no Brasil, foram identificadas faixas de volumes adequados para o transporte rodoviário de GNC (**logísticas** operacionalmente **factíveis** e **não** excessivamente **complexas**)



2

O **gás é comprimido** no local de suprimento de biometano, que pode ser uma planta de produção



3

A partir do ponto de oferta, o biometano é **transportado em carretas de GNC** até o ponto de entrega



4

O **ponto de entrega** pode ser: indústria, ponto de recebimento de uma malha de distribuição ou de transporte, ou um hub



Logística

Premissas Operacionais - Biometano

✓ **Veículo:** Cavalos mecânicos 3 eixos (GNV/biometano)

- Autonomia: ≥ 250 km/abastecimento
- Velocidade média: 70 km/h

✓ **Carreta:** Tipo 1 (11 tubulões)

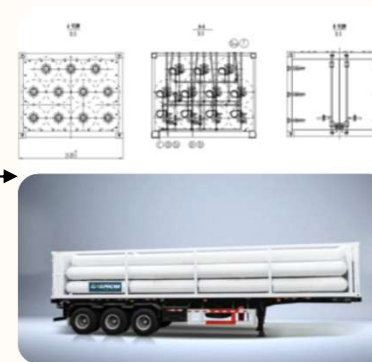
- Capacidade: 6.500 m³ operacionais (7.500 m³ nominais) a 250 bar

✓ **Operação:** 24h / 7 dias

- Carga/descarga: 1.000 m³/h (≈ 6 h30 por carreta)
- Reabastecimento no ponto de origem
- ida + volta / abastecimento (≈ 100 km/trecho)

✓ **Cenários:**

- Volume diário: 6,5 | 13 | 19,5 | 26 mil m³/dia
- Distâncias: 17,5 | 35 | 70 | 105 km



Logística

Resultados

Nº de **cavalos, carretas e baias** incluindo sobressalentes utilizadas em sistema de rodízio:

Entrega (m³/dia)	6.500			13.000			19.500			26.000		
	Cavalos	Carretas	Baias	Cavalos	Carretas	Baias	Cavalos	Carretas	Baias	Cavalos	Carretas	Baias
Operação até 105 km	1	1	1	1	2	1	2	3	2	2	4	2
Reserva	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Total	2	2	2	2	3	2	3	4	3	3	6	3

Nº de **percursos (ou ida ou volta) realizados por dia** pelos caminhões (conjunto cavalo mecânico + carreta):

Distância (km)	Volume (m³/dia)			
	6.500	13.000	19.500	26.000
Até 105	2	4	6	8



Custos

Os principais custos da cadeia do GNC no modo rodoviário podem ser divididos nas parcelas de (i) pré-tratamento, (ii) compressão, (iii) transporte e (iv) entrega, conforme a tabela abaixo (Tractebel, 2015):

Custos em US\$ (jan/2026)/MMBtu

Item	Curta distância ¹		Longa distância ²	
	85 mil m³/dia	283 mil m³/dia	85 mil m³/dia	283 mil m³/dia
Pré-tratamento do gás	0,58	0,29	0,58	0,29
Compressão	1,00	0,96	1,00	0,96
Transporte	3,03	3,03	12,11	12,09
Entrega	0,69	0,69	0,69	0,69
Total	5,29	4,96	14,38	14,03

1 Até 400 km

2 Entre 1.200 e 1.600 km

- Os custos unitários das etapas de **pré-tratamento, compressão e entrega** são considerados iguais para uma mesma vazão de gás, pois trata-se de **atividades estacionárias**;
- O **pré-tratamento e a compressão apresentam ganhos de escala** para maiores volumes processados de gás;
- A operação de **entrega não exibe ganho de escala** pelo volume de gás processado;
- Quando consideradas apenas as etapas de compressão, transporte e entrega, há **economia de escala de 1%** para maiores volumes transportados a curtas distâncias.

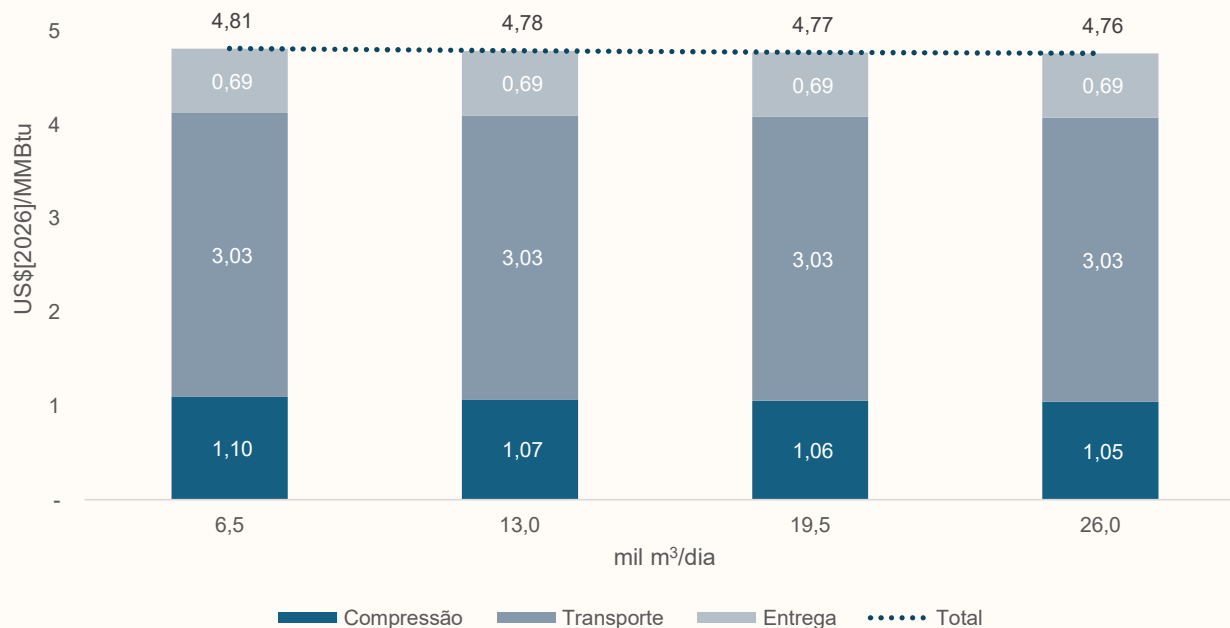


Custos

Resultados

Para o **caso do biometano**, os custos unitários de **compressão, transporte e entrega** foram avaliados de modo econométrico e paramétrico em relação aos volumes de suprimento e às distâncias entre os pontos de oferta e de demanda, conforme a Equação:

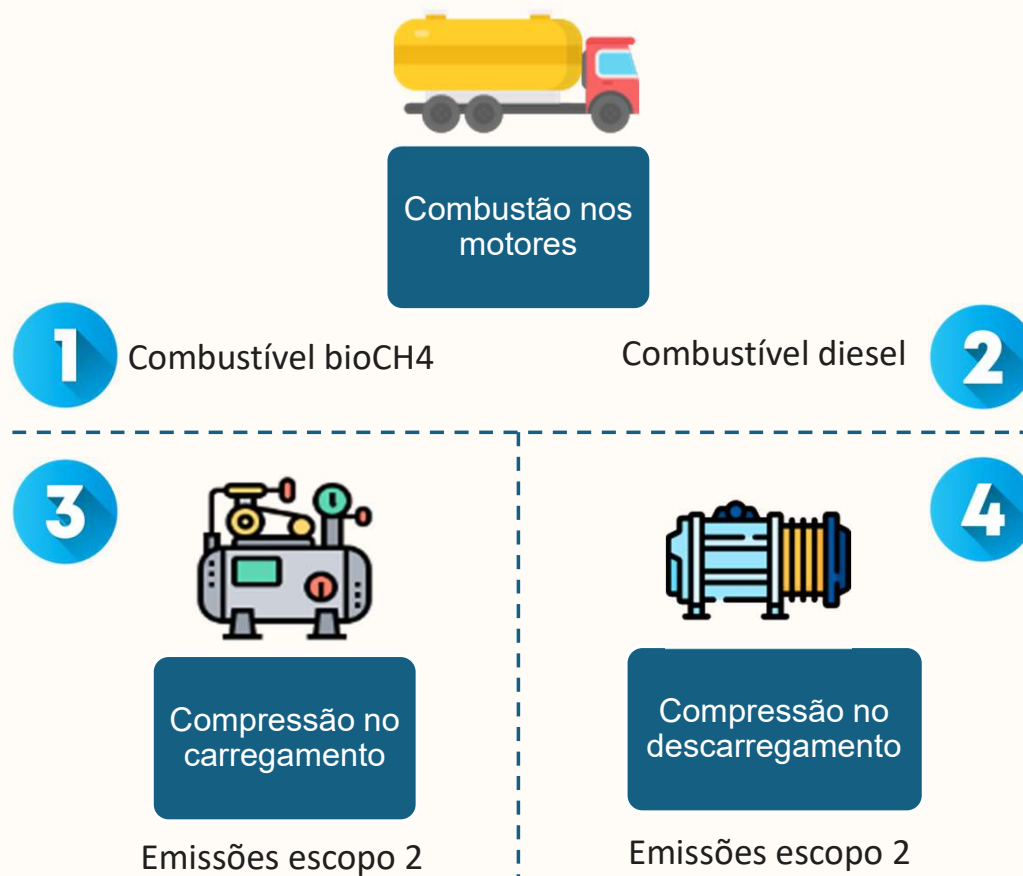
$$\text{Custo}(d, V) = 1,17194 \times V^{-0,03485} + a_i \times d \times V^{b_i} + 0,68661$$



- a_i e b_i – coeficientes estimados para funções de custo de transporte de volumes “V” a distâncias “d”; $i \in N$;
- Os custos estimados não incluem o preço do biometano na origem e **referem-se apenas às etapas de compressão, transporte do GNC e entrega de gás natural descomprimido**;
- para transporte e entrega são **constantes**. **Dentro da ordem de grandeza avaliada** no estudo de caso, o GNC apresenta **ganhos de escala apenas na compressão do gás**, sendo que os custos unitários



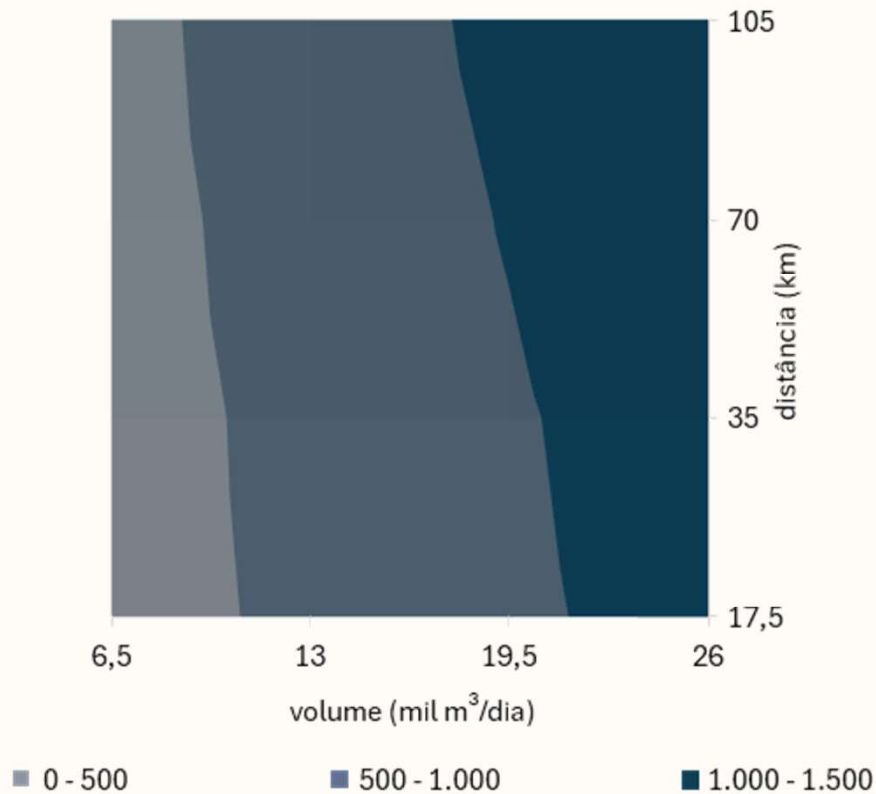
Emissões de CO₂



Emissões de CO₂

Resultados

Emissões totais da logística (tCO₂/ano)



- As **emissões** associadas à **compressão** não variam com a distância percorrida, **dependendo apenas do volume de gás comprimido**;
- As **emissões dos motores** dos cavalos variam **proporcionalmente à distância percorrida**, mas também ao **volume transportado**, uma vez que o volume influencia o número de viagens.

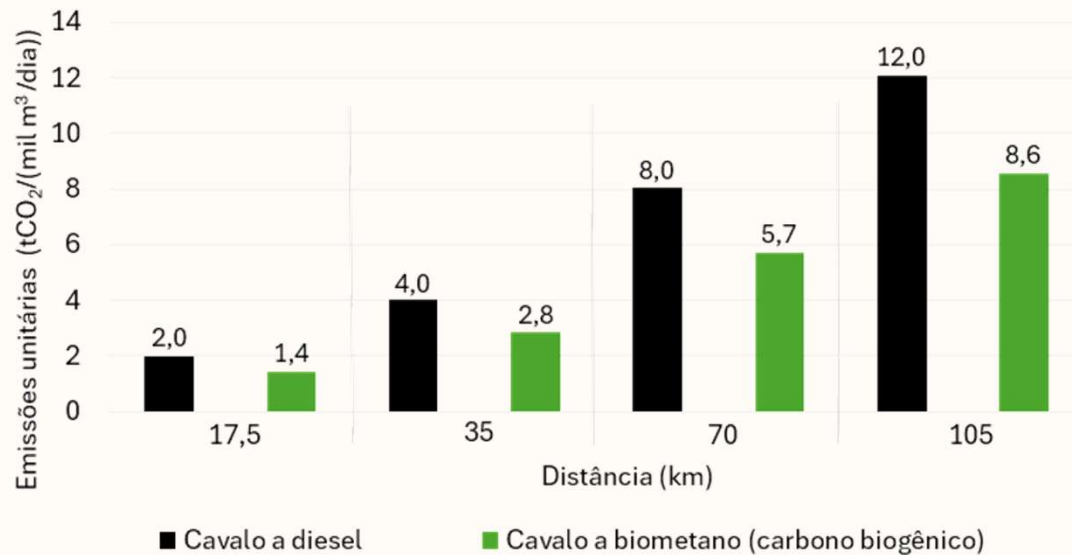


Emissões de CO₂

Resultados



Quando o **biometano** é utilizado como combustível, o carbono emitido pelos motores dos cavalos é de **origem biogênica**, o que significa um fechamento do ciclo de carbono de um **combustível renovável**.



Volume (mil m³/dia)	Emissões da compressão (tCO ₂ /ano)	
	Carregamento	Descarregamento
6,5	217	73
13	434	147
19,5	651	220
26	868	293

- Mesmo com compressores elétricos, os resultados mostraram a **relevância das emissões da compressão** devido ao alto consumo energético, o que sugere uma avaliação de fontes de energia alternativas para esse processo.



Considerações Finais

- A avaliação das aplicabilidades do GNC no contexto brasileiro demonstrou que essa alternativa se apresenta como uma **solução relevante para suprimento em regiões não atendidas por gasodutos**, contribuindo para ampliar o alcance do gás natural em pequena e média escala;
- O estudo de caso avaliou a movimentação de biometano por meio da logística rodoviária de GNC, variando parâmetros de distância e volume. A análise permitiu dimensionar os **requisitos de logística**, estimar os **custos unitários de investimento e operacionais** e as **emissões de CO₂** associadas aos processos de compressão, transporte e entrega do gás num ponto de entrega hipotético;
- O transporte de GNC pode desempenhar **papel estratégico** no desenvolvimento do mercado de gás natural e do biometano no Brasil;
- O transporte por GNC pode favorecer a **integração progressiva do biometano à indústria de gás**, inclusive por meio de articulação com infraestruturas existentes, contribuindo para a **diversificação do suprimento** e para a incorporação de **cadeias energéticas com menor intensidade de emissões**.



Agradecemos!



www.epe.gov.br

Praça Pio X, 54, Centro - Rio de Janeiro, RJ



ABBiogás