


# Análise comparativa de viabilidade econômica de caminhões a diesel e a gás natural no Brasil

Diesel and natural gas trucks in Brazil: a comparative analysis of economic feasibility

Gabriel da Silva Azevedo Jorge <sup>1</sup> | Angela Oliveira da Costa <sup>2</sup> | Marcelo Castello Branco Cavalcanti <sup>3</sup> |  
Patrícia Feitosa Bonfim Stelling <sup>4</sup> | Bruno R. L. Stukart <sup>5</sup> | Ana Cláudia Sant Ana Pinto <sup>6</sup> | Filipe de Padua  
Fernandes Silva <sup>7</sup> | Marcelo Alfradique <sup>8</sup> | Gabriel de Figueiredo da Costa <sup>9</sup>.

1. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, gabriel.jorge@epe.gov.br 2. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, angela.costa@epe.gov.br 3. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, marcelo.cavalcanti@epe.gov.br 4. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, pfbonfim1975@gmail.com 5. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, bruno.stukart@epe.gov.br 6. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, ana.pinto@epe.gov.br 7. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE DERIVADOS DE PETRÓLEO E BIOCOMBUSTÍVEIS. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, filipe.silva@epe.gov.br 8. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, marcelo.alfradique@epe.gov.br 9. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, DIRETORIA DE ESTUDOS DO PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS, SUPERINTENDÊNCIA DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL. RIO DE JANEIRO - RJ - BRASIL, gabriel.costa@epe.gov.br

## Resumo

O objetivo deste artigo é realizar uma análise comparativa entre as alternativas de inserção de caminhões movidos a GNL (gás natural liquefeito) e a GNV (gás natural veicular) com os veículos pesados a diesel na frota brasileira. A comparação será feita através de ferramenta para cálculo de demanda de combustíveis do mercado automotivo de ciclo Diesel, desenvolvida para suporte ao planejamento de demanda e oferta de energia no Brasil, no médio e longo prazos. A importância desta análise deve-se à relevância do setor de transporte na demanda de energia no Brasil. De acordo com o Balanço Energético Nacional (EPE, 2020a), em 2019, o setor da atividade econômica no consumo final de energia (34,6%), sendo o modo rodoviário responsável por 93% da demanda de energia (EPE, 2020a) e o óleo diesel o principal combustível consumido (41,9%). Considerando a crescente preocupação ambiental para o uso de combustíveis menos poluentes e a necessidade de ampliação e diversificação da matriz nacional de transporte, mostra-se fundamental o planejamento da oferta e demanda de energia para este setor, avaliando alternativas que subsidiem a formulação de políticas públicas.

**Palavras-chave:** Caminhões. Diesel. GNL. GNV. Viabilidade econômica

## Abstract

The purpose of this article is to carry out a comparative analysis between the alternatives of insertion of trucks powered by LNG (liquefied natural gas) and CNG (compressed natural gas for vehicles) with heavy diesel vehicles in the Brazilian fleet. The comparison will be made using a tool that aids in calculating the demand for fuels in the diesel market, developed to support demand planning and energy supply in Brazil, in the medium and long terms. The importance of this analysis is due to the relevance of the transport sector in the demand for energy in Brazil. According to the National Energy Balance (EPE, 2020a), in 2019, this was the main sector of economic activity in final energy consumption (34.6%), being the road mode responsible for 93% of energy demand and diesel oil the main fuel consumed (41.9%). Considering the growing environmental concern for the use of less polluting fuels and the need to expand and diversify the national transport matrix, it is essential to plan the supply and demand of energy for this sector, evaluating alternatives that subsidize the formulation of public policies.

**Keywords:** Trucks. Diesel. LNG. CNG. Economic feasibility

**Received:** March 13, 2020 | **Accepted:** Jun 06, 2020 | **Available online:** Dec. 01, 2020.

**Article n°:** 335

**Cite as:** Rio Oil & Gas Expo and Conference, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, 2020 (20)

**DOI:** <https://doi.org/10.48072/2525-7579.rog.2020.335>



## 1. Introdução

O setor de transportes é responsável por 34,6% do consumo energético final em 2019, sendo o principal demandante de energia do Brasil. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) projeta a demanda de energia desse setor por meio do Modelo Integrado de Transportes - MIT, que equaciona o nível de atividade do setor à sua demanda energética em função do cenário econômico. Esse modelo consolida e harmoniza as projeções dos modelos individuais para os distintos modos e tipos de transporte. Em particular, a demanda de óleo diesel representa 41,9% da matriz energética do setor de transportes (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2020a), sendo o modo rodoviário de cargas o grande representante desta demanda (EPE, 2012).

Com a crescente preocupação ambiental, muitos países têm buscado limitar as emissões de poluentes de veículos. Padrões mais rigorosos, como os adotados pela União Europeia, Estados Unidos e Brasil, podem, substancialmente, reduzir as emissões de poluentes do transporte rodoviário. Na busca de uma diversificação da matriz de transporte rodoviário de cargas, este artigo compara a viabilidade das alternativas de caminhões movidos a gás natural liquefeito (GNL) e gás natural veicular (GNV) com os veículos pesados a diesel no Brasil, ilustrando, ainda, os casos dos estados do Rio de Janeiro e de Sergipe.

## 2. Infraestrutura de GNL e GNV no Brasil

O óleo diesel possui uma larga infraestrutura já implementada no território brasileiro. O gás natural, no entanto, possui um sistema para utilização como combustível ainda em desenvolvimento. A Figura 1 apresenta a infraestrutura existente e prevista de gás natural e seus respectivos pontos de entrega no País.

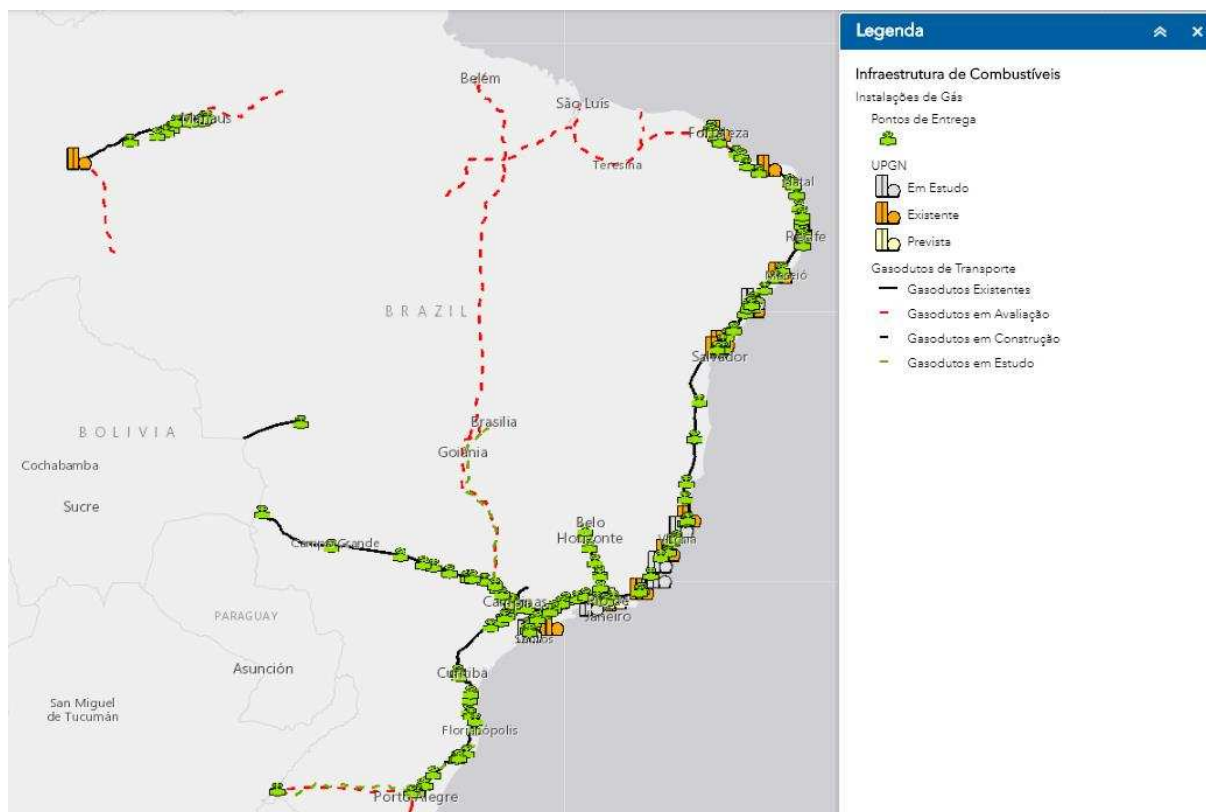
Os pontos de entrega destacados podem atuar como fontes de fornecimento de gás natural tanto na forma comprimida (GNC) ou para transporte rodoviário (GNV), como na forma liquefeita (GNL), com uma unidade de liquefação a jusante do ponto de entrega, como em projetos análogos ao projeto GasLocal em Paulínia/SP (GasLocal, 2020). A oferta de GNL pode ser oriunda, também, de abastecimento ocorrido diretamente nos terminais existentes na costa brasileira, conforme Figura 2.

Destacam-se como infraestruturas mais promissoras as que possam ser desenvolvidas nos terminais de GNL já existentes (Terminais de Sergipe, Bahia, Baía de Guanabara e Pecém) ou nos que estão em fase de construção (Porto do Açú e Barcarena).

Apesar de algumas iniciativas, ainda não existe sistema comercial de abastecimento veicular de GNL no Brasil. O GNV, por sua vez, possui uma infraestrutura em algumas regiões ou localidades do País. Existem 6.337 postos de revenda com oferta deste combustível, com concentração de 32% no eixo Rio-São Paulo (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis [ANP], 2020a).

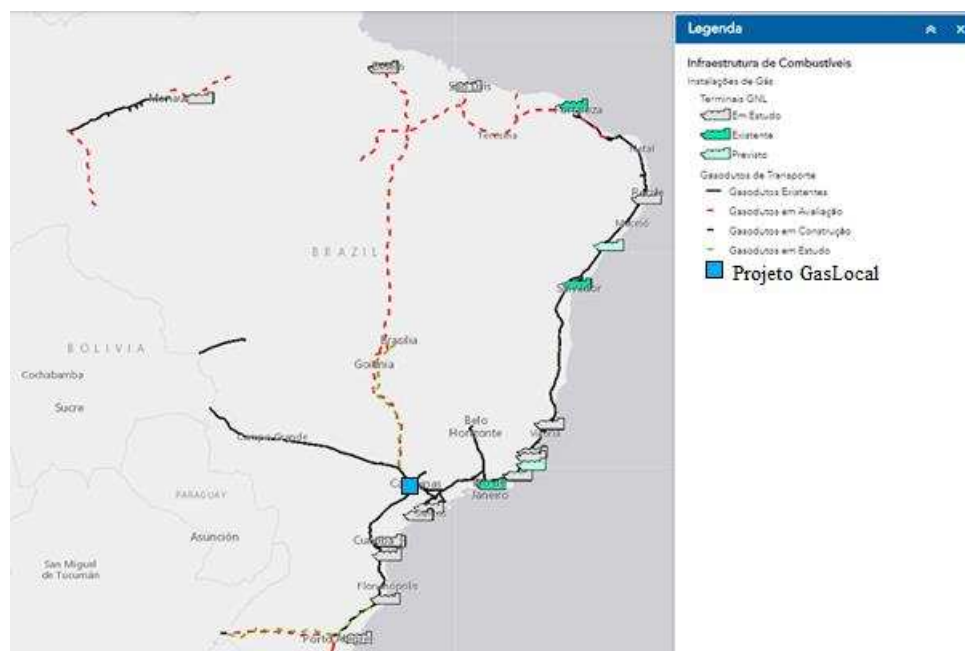
À luz da infraestrutura disponível para o gás natural no Brasil, o artigo avalia a viabilidade dessas alternativas tecnológicas para caminhões em comparação com a solução tradicional de uso do óleo diesel como combustível para o transporte.

Figura 1 – Infraestrutura para o gás natural no Brasil



Fonte: adaptado de EPE (2020b).

Figura 2 – Infraestrutura de terminais GNL



Fonte: adaptado de EPE (2020b).

### 3. Metodologia de Formação de Custos

A metodologia abordada neste artigo baseia-se em parâmetros presentes na Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, publicada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres, para a elaboração de ferramenta capaz de comparar os custos das alternativas (GNL e GNV) com o óleo diesel, podendo ser utilizada para auxílio à tomada de decisão do investidor individual. As próximas seções descrevem os principais parâmetros e premissas escolhidos para a análise da viabilidade das alternativas de caminhões movidos a GNL e GNV no Brasil.

#### 3.1. Parâmetros para análise econômica comparativa das tecnologias Diesel, GNV e GNL

Para uma análise econômica comparativa da tecnologia veicular de caminhões a GNV e a GNL com os similares a óleo diesel a partir da metodologia desenvolvida pela EPE, faz-se necessário avaliar os diversos custos e despesas operacionais para ambas as tecnologias.

Na avaliação dos custos e despesas operacionais, foram estimadas as parcelas fixas e variáveis, de acordo com a Resolução ANTT nº 5.867/2020 (Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT], 2020a) e a Portaria SUROC nº 17/2020 (ANTT, 2020b). Para fins de comparação, são considerados os seguintes fatores: valor de aquisição do veículo, rendimento do veículo, depreciação, preço do combustível – usando a média de preços praticados nos postos revendedores de combustível (ANP, 2020b), taxa de remuneração de capital, entre outras.

##### 3.1.1. Despesas Fixas

As seguintes despesas fixas foram consideradas para comparação (ANTT, 2020a):

- Mão de obra de motoristas: o custo de mão de obra é o valor do salário devido aos motoristas, com base no piso salarial estabelecido para essa categoria de profissionais, incluindo encargos sociais ou, ainda, remuneração pró-labore.
- Tributos e taxas da composição veicular: correspondem às despesas com impostos e taxas de licenciamento. Os valores são obtidos a partir do preço de aquisição e venda do caminhão-trator e implemento.
- Seguro contra acidente e roubo: despesa realizada a fim de assegurar a indenização de danos materiais na composição veicular (caminhão trator e implemento), derivados de furtos e acidentes. Da mesma forma que os custos relacionados aos tributos e taxas, é função dos valores de aquisição e de revenda da composição veicular e de parâmetros de seguro.
- Adicional de carga perigosa: representa as despesas para adequação da composição veicular às normas que regulam o transporte de cargas perigosas.
- Diárias: envolvem a remuneração de refeições e dos pernoites realizados durante a operação do transporte rodoviário de cargas.
- Depreciação: caracteriza-se como a reserva financeira que deve ser acumulada pelo transportador com o objetivo de restituir a perda de valor de mercado do veículo automotor de carga e do implemento ao longo da vida econômica do ativo, decorrente do uso ou obsolescência tecnológica. Estes custos são função do valor de aquisição do caminhão trator e implemento, e seu(s) valor(es) de revenda após um período de posse dos ativos.
- Remuneração do capital: mede o custo de oportunidade do valor investido na aquisição do veículo automotor de carga, podendo ser interpretado como o ganho que o transportador poderia

receber caso aplicasse o capital empregado no veículo automotor de carga em outras alternativas de investimento.

### 3.1.2. Despesas Variáveis

Para as despesas variáveis, que dependem da distância percorrida pelo caminhão, considerou-se:

- Combustível: em geral, a maior parcela da despesa variável, sendo função do preço do combustível utilizado para abastecimento e do rendimento da composição veicular (em quilômetros por litro), este último dependente do tipo de veículo utilizado.
- Redutor de emissões: em atendimento à Fase Proconve P7<sup>1</sup>, exige-se a utilização de um agente líquido, a base de ureia, denominado Arla 322, com a função de reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). Dada tal exigência, o custo de Arla é estimado a partir do rendimento do aditivo (em quilômetros por litro) e do preço deste agente líquido redutor. De modo geral, o rendimento do aditivo é calculado como proporção do rendimento de combustível.
- Manutenção e reparos: estes itens referem-se à manutenção realizada ao longo da vida útil da composição veicular, englobam as despesas referentes aos custos de aquisição de pneus novos e recauchutagem, custos com lubrificantes, com lavagens e aplicação de graxas.

## 3.2. Premissas utilizadas

### 3.2.1. Preço de aquisição do veículo e implemento

A Portaria SUROC nº 17/2020 (ANTT, 2020b) informa que o valor de aquisição de um caminhão para uma composição de 7 eixos é estimado em R\$ 402.900. Para o caminhão a gás natural, utilizou-se a informação que o custo de aquisição deste veículo seria entre 30 a 40% maior que o de um equivalente a óleo diesel (Smajla et al., 2019, Guep, 2020). Adotou-se que o caminhão a GNV teria um mark-up de 30%, por ser uma tecnologia mais conhecida e amplamente utilizada no mercado de veículos leves. No que tange ao caminhão a GNL, o mark-up seria de 40%, por apresentar uma tecnologia nova, que inclui os custos dos tanques criogênicos para armazenamento do combustível em sua forma liquefeita. Assim, os custos de aquisição dos caminhões são apresentados na Tabela 1.

---

<sup>1</sup> O Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve) estabelece as metas de redução das emissões para veículos leves e pesados, sendo suas normas reguladas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), baseadas em experiências internacionais. Atualmente, o Brasil encontra-se em sua Fase P7 (equivalente ao EURO V).

<sup>2</sup> Arla é a abreviação de Agente Redutor Líquido de óxidos de nitrogênio Automotivo, sendo uma solução de ureia em água desmineralizada. Atua nos sistemas de exaustão como agente redutor de emissões de óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), nos motores de ciclo Diesel (Petrobras Distribuidora [BR], 2020).

Tabela 1 - Custos de aquisição dos caminhões

Caminhão a óleo diesel	Caminhão a GNC	Caminhão a GNL
R\$ 402.900,00	R\$ 523.770,00	R\$ 564.060,00

**Fonte:** Elaboração própria com base em ANTT (2020b), Smajla et al. (2019) e Guep (2020)

O valor de aquisição do implemento independe do tipo de combustível utilizado no caminhão e os valores foram obtidos na Portaria SUROC nº 17/2020 (ANTT, 2020b).

### 3.2.2. Rendimento energético médio por motorização

Para avaliar o rendimento energético médio por motorização e realizar a comparação entre os custos com combustível, foram adotadas as seguintes premissas a partir de publicações especializadas. A Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO) (2015) afirma que o caminhão single-fuel a GNL<sup>3</sup> consome 10% a mais, em energia, que o equivalente a óleo diesel. Por sua vez, Stettler et al. (2019) indicam que o caminhão movido a GNV consome 24% a mais, também em energia. Para o caminhão a óleo diesel, foram considerados os rendimentos médios apresentados na Portaria SUROC nº 17/2020, de 2 km/l de combustível e de 40 km/l de Arla (ANTT, 2020b). Cabe ressaltar que os caminhões movidos a gás natural não utilizam o Arla.

### 3.2.3. Depreciação

Segundo a Portaria SUROC nº 17/2020 (ANTT, 2020b), ao final dos 84 meses, o valor de revenda do caminhão a óleo diesel (veículo automotor e implemento) é equivalente a 46,1% do seu valor de aquisição. No caso de veículos a GNV e GNL, foi atribuído a eles um valor de revenda de 20%, considerando, como observado no mercado de leves, a maior rodagem média destes. Isso decorre do estímulo à recuperação do investimento, buscando minimizar o custo operacional diante de um custo por quilômetro favorável. Outro ponto que tende a afetar o valor de revenda dos caminhões é uma possível dificuldade de revenda no mercado de usados, causada em grande medida pela limitação de acesso à infraestrutura para abastecimento. Em caso de elevado sucesso da penetração desta rota tecnológica, este cenário pode estar subestimando o retorno do investimento. Contudo, o oposto também se aplica, podendo o valor indicado no cenário superestimar o payback dos investidores neste tipo de caminhão.

---

**3** O gás natural pode ser utilizado no motor de caminhões, basicamente, de duas formas. No ciclo Diesel, o gás natural é injetado em conjunto com uma pequena porção de óleo diesel, que ao ser comprimido, entra em combustão, inflamando o gás natural. Esta tecnologia é também chamada de dual-fuel, pois o motor necessita dos dois combustíveis para funcionar adequadamente. Já os motores a gás natural denominados single-fuel operam exclusivamente com gás natural, e sua fonte de ignição é a centelha gerada por velas de ignição.

### 3.2.4. Preços dos combustíveis

A formação dos preços dos combustíveis é usualmente analisada pelas seguintes parcelas: i) preço de realização, ii) tributos e subsídios, e iii) margens brutas de distribuição e revenda. Quando o combustível é formado por uma mistura, há uma parcela adicional de preço de realização do segundo componente químico da mistura, como ocorre para o óleo diesel B<sup>4</sup> (EPE, 2019a, 2019b). Assim, segundo ANP (2020c), o preço final do óleo diesel B em fevereiro de 2020 foi composto pela seguinte distribuição: 48% como preço de realização do derivado de petróleo; 8% como custo do biodiesel; 23% como tributos e 21% como margens brutas de distribuição e revenda.

Considerando a importância do preço do gás natural para a análise da viabilidade econômica da tecnologia veicular de caminhões a GNL e GNV, avalia-se o preço potencial a ser pago pelos caminhoneiros/investidores da nova tecnologia, incluindo aspectos tributários, margens de comercialização, além do custo de aquisição e acesso ao gás natural.

O preço do gás natural é o somatório das seguintes parcelas: i) molécula, ii) tarifas de transporte, iii) tarifa de distribuição, iv) tributos, e v) margem de revenda. Quanto ao preço da molécula, este pode variar dentre as ofertas possíveis no mercado brasileiro, sendo o gás natural proveniente da Bolívia, gás natural de produção nacional ou importação de GNL.

Para fim dos estudos realizados nesse artigo, foi estimado o preço do gás natural na forma de GNL e GNV que seria ofertado para o consumidor final em postos revendedores. Para o preço de GNV foi utilizada a média ao consumidor final, no Brasil, em fevereiro de 2020. O preço adotado foi de US\$ 21,48/MMBtu (Ministério de Minas e Energia [MME], 2020), ou de R\$ 3,21/m<sup>3</sup>, com todos os custos citados acima inclusos.

No que tange ao GNL, estimou-se seu preço como sendo o de origem em processo de liquefação de gás natural ofertado pelas Companhias de Distribuição Locais (CDLs). O valor médio de venda das CDLs, em fevereiro de 2020, foi de US\$ 15,04/MMBtu. O custo estimado com liquefação, considerando os tributos associados, é de US\$ 4,97/MMBtu<sup>5</sup>. Cabe ressaltar, conforme indicado no Capítulo 2, que não existe infraestrutura de revenda comercial de GNL no País. Como hipótese simplificadora da estimativa de remuneração deste importante elo da cadeia de comercialização deste combustível, assumiu-se equivalência com a margem bruta de revenda praticada no mês de fevereiro de 2020 para o GNV, no valor de US\$ 4,78/MMBtu. Com isso, a estimativa de preço final de GNL ao consumidor totaliza US\$ 24,79/MMBtu.

### 3.2.5. Outras premissas

A distância média percorrida para todos os veículos foi atribuída de acordo com pesquisa realizada por Brasil (2013), em que esse tipo de veículo percorria, em média, 118 mil quilômetros no primeiro ano de uso, reduzindo a distância paulatinamente para 109 mil quilômetros no sétimo ano.

Demais premissas associadas a outras despesas fixas (mão de obra, tributos e taxas, seguro, adicional de carga perigosa) são oriundas dos parâmetros definidos na metodologia de cálculo dos pisos mínimos e seus anexos (ANTT, 2020b). Cabe citar que estas despesas fixas são equivalentes para todas as tecnologias de motores avaliadas.

---

<sup>4</sup> Diesel B é composto atualmente por 12% de biodiesel e 88% de diesel de derivado de petróleo (EPE, 2020c).

<sup>5</sup> Valor estimado com base em Tractebel (2015), com base monetária alocada para fevereiro de 2020 por Bureau of Labor Statistics [BLS] (2020) e acrescido de tributos a partir de secretarias estaduais (2020).



As premissas adotadas para o cálculo dos custos variáveis relacionados aos custos de manutenção e reparo do veículo também foram estabelecidas a partir da metodologia de cálculo dos pisos mínimos. Por simplificação, dada a insuficiência de informações relativas às rotas alternativas, tais parâmetros são os mesmos para veículos a óleo diesel, a GNV e a GNL.

#### **4. Resultados**

Este capítulo apresenta os resultados do estudo da viabilidade econômica dos caminhões movidos a gás natural. Primeiramente são expostos os resultados obtidos para o Brasil e, posteriormente, estudos de caso para os estados do Rio de Janeiro e Sergipe.

##### **4.1. Viabilidade nacional**

A partir das premissas e parâmetros apresentados, foram calculados os custos operacionais comparando-se o custo de um caminhão a óleo diesel com seu similar a GNV e a GNL. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Despesas fixas e variáveis para caminhão a diesel e alternativas a gás

	Óleo Diesel (R\$/km)	GNV (R\$/km)	GNL (R\$/km)
<b>DESPESA FIXA</b>	1,710	1,993	2,058
Depreciação do caminhão trator	0,273	0,528	0,568
Depreciação do implemento	0,143	0,143	0,143
Remuneração do capital do caminhão trator	0,082	0,087	0,094
Remuneração do capital do implemento	0,043	0,043	0,034
Financiamento do caminhão	0,044	0,058	0,062
Financiamento do implemento	0,023	0,023	0,023
Mão de obra de motorista	0,556	0,556	0,556
Tributos e taxas da composição veicular	0,030	0,032	0,034
Risco de acidente ou roubo da composição veicular	0,197	0,206	0,217
Adicional de carga perigoso	0,318	0,318	0,318
<b>DESPESA VARIÁVEL</b>	3,011	2,860	3,040
Manutenção e reparos	1,050	1,050	1,050
Combustível	1,899	1,810	1,990
Arla 32	0,063	-	-

**Fonte:** Elaboração própria

**Nota:** Os valores consideram a distância média percorrida por faixa etária do caminhão, conforme descrito na Seção 3.2.5.

Destaca-se que, com a estrutura apresentada na Tabela 2, supondo o preço do óleo diesel S-10 em R\$ 3,797/l, tem-se que o custo por quilômetro do caminhão a óleo diesel é igual a R\$ 4,732/km. Com o preço do GNV de R\$ 3,210/m<sup>3</sup>, o caminhão a GNV apresenta custo de R\$ 4,867/km. Neste sentido, para as premissas acima, o caminhão a GNV não possui viabilidade econômica para competir com o óleo diesel. Por sua vez, o GNL apresenta-se como a alternativa menos vantajosa na simulação, com o preço estimado de R\$ 2,142/l e o custo de R\$ 5,111/km. Neste contexto, o custo por quilômetro da rota com GNL é cerca de 8% superior, e com GNV 3% maior do que com o uso do caminhão tradicional a óleo diesel.

Cumpra ressaltar que a análise local pode gerar resultados diferentes dos valores obtidos para o País. Neste sentido, a próxima seção analisa os estudos de caso para o estado do Rio de Janeiro, localidade de maior penetração do GNV em veículos leves no Brasil, e para o estado de Sergipe, que possui potencialidade de desenvolvimento do mercado de gás natural.

## 4.2. Estudos de caso

As próximas seções avaliam a diferenciação de preços vigente entre GNV e óleo diesel nos estados selecionados, permitindo a análise complementar sob a perspectiva regional dos custos por quilômetro de caminhões com GNV. Ademais, para o GNL, que atualmente não possui demanda em transporte capaz de estabelecer um preço nessas localidades, utilizou-se, essencialmente, a diferenciação de preços locais do valor aplicável ao País como uma relação direta da tributação de responsabilidade dos estados selecionados para comparação das tecnologias.

### 4.2.1. Análise da viabilidade dos caminhões no Rio de Janeiro

No caso do Rio de Janeiro, com o óleo diesel S-10 sendo ofertado a R\$ 3,837/l e o GNV a R\$ 3,143/m<sup>3</sup> (dados para fevereiro de 2020, segundo ANP, 2020b), e o valor estimado de R\$ 2,078/l para o GNL, os seguintes resultados são apontados na Tabela 3.

Tabela 3 - Despesas por quilômetro no Rio de Janeiro

	Óleo Diesel	GNV	GNL
R\$/km	4,752	4,829	5,052

**Fonte:** Elaboração própria

Verifica-se que, nas condições utilizadas para o cálculo, a utilização do caminhão a GNV se mostra, em média, inviável, uma vez que seu custo por quilômetro é maior que o do veículo movido a óleo diesel. Ainda que os caminhões movidos ao referido combustível lograssem do mesmo desconto no Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), garantido aos veículos leves no estado, o custo por quilômetro, de R\$ 4,808/km, continuaria superior ao do caminhão a óleo diesel. Cabe ressaltar, porém, que o preço de GNV utilizado é uma média dos valores praticados no estado, sendo possível encontrar postos revendedores de combustíveis cujo preço viabilizaria a operação dos caminhões movidos a GNV.

Para o GNL, assim como no Brasil, aparentemente, há um desafio ainda maior do que o observado para o GNV, inclusive pelo Rio de Janeiro possuir uma das maiores redes de infraestrutura gaseífera de distribuição e o maior volume comercializado do combustível no País. Considerando que o GNL seja ofertado no estado a um preço de R\$ 2,078/l, o custo do uso de caminhões a GNL seria de R\$ 5,052/km, significativamente superior ao custo da modalidade tradicional. E, ainda que um desconto na alíquota de IPVA fosse aplicado, esse custo seria reduzido para R\$ 5,029/km, ainda superior às alternativas GNV e óleo diesel.

#### 4.2.2. Análise da viabilidade dos caminhões alternativos em Sergipe

Para o estudo de caso de Sergipe, com o óleo diesel S-10 sendo ofertado a R\$ 3,895/l e o GNV a R\$ 3,637/m<sup>3</sup> (dados para fevereiro, segundo ANP, 2020b) e estimando o preço do GNL em R\$ 2,078/l, chega-se aos resultados apontados na Tabela 2.

Tabela 2 - Despesas por quilômetro em Sergipe

	Óleo Diesel	GNV	GNL
R\$/km	4,781	5,085	5,028

Fonte: Elaboração própria

Ainda que o governo do estado tenha reduzido de 1% para 0,2% a alíquota de IPVA para ônibus, micro-ônibus, caminhões e cavalos mecânicos movidos a GNV ou GNL, contribuindo para a redução do custo por quilômetro para estes veículos (Secretaria de Estado da Fazenda do Estado de Sergipe [SEFAZ-SE], 2020), verifica-se que, nas condições consideradas para o cálculo, a utilização dos caminhões a GNV e GNL se mostram, em média, inviáveis, uma vez que seus custos por quilômetro são maiores que o do veículo movido a óleo diesel.

Cabe destacar que a implementação do GNL em Sergipe apresenta uma vantagem parcial em relação ao GNV. Diferentemente ao Rio de Janeiro, tanto a malha de distribuição sergipana de GNV como a de GNL não são muito desenvolvidas, com o GNV também carecendo de investimentos como os necessários para a implantação de infraestrutura para o GNL. Neste sentido, os resultados indicam que no Sergipe o uso de GNL em caminhões apresenta maior viabilidade aparente comparativamente a utilização de veículos a GNV.

## 5. Considerações finais

Há um natural desafio de introduzir uma nova tecnologia num mercado estabelecido, especialmente no que depende de infraestrutura e logística de suprimento. O GNV é um combustível disponível em diversas partes do País, sendo utilizado, essencialmente, em veículos leves, inclusive pela maior diferença de custo por quilômetro rodado em relação aos combustíveis deste mercado. Por sua vez, o uso do GNL, atualmente, encontra-se em estágio de implementação. A ausência de um nicho no mercado veicular brasileiro reduz o conjunto de informações operacionais e comerciais, dentre elas de precificação, havendo a necessidade de estimar o preço deste combustível. Pondera-se que ambas as alternativas estão alinhadas ao contexto de ampliação do uso de gás natural no Brasil, de acordo com o Programa Novo Mercado de Gás. Neste sentido, a discussão dos aspectos técnicos e econômicos é fundamental para a análise de políticas públicas que almejam a introdução e a diversificação de tecnologias de motorização no País. Inclui-se, ainda, a relevância de agregar aspectos econômicos, ambientais e sem esquecer dos sociais, que juntos compõem o tripé/eixo do desenvolvimento sustentável.

Atualmente, há aparente vantagem quando se observa o preço internacional por unidade de energia do gás natural. Contudo, a formação do preço do GNL e do GNV no Brasil (incluindo o custo de aquisição do combustível e de internalização, a tributação e as margens de comercialização), pode não ser suficiente para promover o uso destas alternativas tecnológicas, sobretudo ao comparar com o preço final do óleo diesel.

Em particular, os preços dos combustíveis utilizados neste artigo se referem ao valor médio de revenda no Brasil (ANP, 2020b). Essas e outras premissas adotadas restringem a análise aos investidores individuais (i.e. caminhoneiros autônomos), devendo a abordagem no caso do uso destas tecnologias por frotistas ser efetuada em trabalhos futuros. Ressalta-se que não houve avaliação de possíveis diferenças em custos e despesas dos caminhões a óleo diesel e dos movidos a gás natural em itens além de aquisição, consumo de combustível, agente redutor, depreciação e financiamento. Sendo assim, há de se levar em consideração que podem existir diferenças adicionais importantes que afetariam o custo por quilômetro dos caminhões.

A análise realizada mostra que os caminhões a gás natural não se mostram competitivos quando comparados com seus similares movidos a óleo diesel. Em que pese incertezas na análise, como o valor de revenda dos veículos, ou despesas com manutenção, os custos por quilômetro dos caminhões a GNV e GNL foram superiores em 3% e 8%, respectivamente, quando comparados com os custos de um veículo movido a óleo diesel. Os que mais se aproximam de uma rota de viabilidade econômica são os movidos a GNV, especialmente no Rio de Janeiro. Para Sergipe, que implementou a redução das alíquotas de IPVA e não dispõe de ampla rede de distribuição e revenda de GNV, os resultados mostram que ainda há significativa diferença nos custos por quilômetro para os caminhões movidos a óleo diesel, sendo a alternativa mais próxima da viabilidade contábil o uso de caminhões a GNL.

Ressalta-se, ainda, que a viabilidade contábil é um importante balizador do incentivo econômico à alternativa, em termos médios, e que o resultado encontrado não indica a impossibilidade de ocorrência de nichos de mercado em determinadas localidades, diante de especificidades ou condicionantes diferenciados. Este indicador também deve ser analisado com cautela em função da especificidade do retorno do investimento, calculado para 7 anos em rodagem média, sendo diferenciado em função do perfil do uso pretendido pelo investidor/caminhoneiro.

Este artigo identifica a importância da comparação dos preços dos combustíveis e ressalta, para uma estratégia de longo prazo, a necessidade da compreensão dos itens que os compõem. Isso inclui avaliar as geopolíticas do petróleo e do gás natural, as infraestruturas necessárias e os aspectos associados à comercialização dos combustíveis, além do impacto do sistema tributário (alíquotas vigentes e propriedade das receitas tributárias) para cada fonte. Além disso, devem ser analisados estímulos diretos e indiretos (i.e. subsídios ou redução de tributos sobre a propriedade ou sobre industrialização e importação de bens, além de políticas de comando e controle).

## Referências

- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (2020). *Postos ANP*. <https://postos.anp.gov.br/>
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (2020). *Série histórica levantamento de preços e de margens de comercialização de combustíveis*.
- ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. (2020). *Composição e estruturas de formação dos preços*. <http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/composicao-e-estruturas-de-formacao-dos-precos>
- ANTT. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. (2020). *Resolução nº 5.867, de 14 de janeiro de 2020*.
- ANTT. AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. (2020). *Portaria nº 17, de 20 de janeiro de 2020*.
- BLS. BUREAU OF LABOR STATISTICS. (2020). *CPI Index – All items*. <https://data.bls.gov/cgi-bin/surveymost>
- BR. PETROBRAS DISTRIBUIDORA. (2020). *Flua Petrobras (ARLA 32)*. <http://www.br.com.br/pc/produtos-e-servicos/para-seu-veiculo/flua-petrobras-arla-32>
- BRASIL. (2013). *Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários*. <http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwew/mdmx/~edisp/inea0031540.pdf>
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2012). *Consolidação de bases de dados do setor transporte*.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2019). *Série de Formação de Preços de Combustíveis: preço de realização*.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2019). *Série de Formação de Preços de Combustíveis: margem bruta de distribuição e revenda*.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2020). *Balanco Energético Nacional*.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2020). *Webmap EPE*.
- EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (2020). *Combustíveis renováveis para uso em motores do ciclo Diesel*.
- GÁSLOCAL. (2020). *GNL*. <https://gaslocal.com.br/gnl/>
- GUEP. (2020). *Scania começa a produzir caminhão ecológico movido a gás natural no ABC*. <https://www.guep.com.br/scania-comeca-a-produzir-caminhao-ecologico-movido-a-gas/>
- MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. (2020). *Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural, fevereiro de 2020*.
- Secretarias Estaduais. (2020). *Regulamentos de ICMS*.
- SEFAZ-SE. SECRETARIA DE ESTADO DA FAZENDA DE SERGIPE. (2020). *No primeiro ano de governo, Belivaldo editou 11 medidas de redução de impostos*. <http://www.sefaz.se.gov.br/SitePages/NoticiaDetalhes.aspx?cod=45>
- SMAJLA, I., SEDLAR, D.K., DRLJACA, B., & JUKIC, L. (2019). *Fuel Switch to LNG in Heavy Truck Traffic*. <https://doi.org/10.3390/en12030515>
- STETTLER, M., WOO, M., AINALIS, D., ACHURRA-GONZALEZ, P., & SPEIRS, J. (2019). *Natural Gas as a Fuel for Heavy Goods Vehicles*. <https://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2019/01/Technical-Report-1-Natural-Gas-as-a-Fuel-for-Heavy-Goods-Vehicles.pdf>
- TNO. NETHERLANDS ORGANISATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH. (2015). *LNG for trucks and ships: fact analysis - Review of pollutant and GHG emissions – Final*. [https://www.nationaallngplatform.nl/wp-content/uploads/2016/04/TNO-report\\_LNG\\_fact\\_analysis.pdf](https://www.nationaallngplatform.nl/wp-content/uploads/2016/04/TNO-report_LNG_fact_analysis.pdf)

