

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO E GÁS
CURSO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO E GÁS

**Análise Operacional de Caminhões a Diesel e a Viabilidade de
Implementação de Caminhões a Gás Natural no Transporte de
Combustíveis em Manaus – AM**

ALEXANDER DOROTEU CHAGAS

**MANAUS – AM
2025**

ALEXANDER DOROTEU CHAGAS
22050645

**Análise Operacional de Caminhões a Diesel e a Viabilidade de
Implementação de Caminhões a Gás Natural no Transporte de
Combustíveis em Manaus – AM**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Universidade Federal do
Amazonas, como parte das exigências para
a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Petróleo e Gás.

Orientador: Prof. Renan Coelho Redig

Co orientadora: Prof. Dra. Joemes de Lima
Simas

Manaus, 02 / 07 / 2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

C433a Chagas, Alexander Doroteu
Análise Operacional de Caminhões a Diesel e a Viabilidade de
Implementação de Caminhões a Gás Natural no Transporte de
Combustíveis em Manaus – AM / Alexander Doroteu Chagas. -
2025.

55 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Renan Coelho Redig.

Coorientador(a): Joemes de Lima Simas.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade
Federal do Amazonas, Faculdade de Tecnologia, Curso de
Engenharia de Petróleo e Gás, Manaus, 2025.

1. Caminhões. 2. GNC - Gás Natural Comprimido. 3. Viabilidade
econômica. 4. Custos Operacionais. I. Redig, Renan Coelho. II.
Simas, Joemes de Lima. III. Universidade Federal do Amazonas.
Faculdade de Tecnologia. Curso de Engenharia de Petróleo e Gás.
IV. Título

ALEXANDER DOROTEU CHAGAS

ANÁLISE OPERACIONAL DE CAMINHÕES A DIESEL E A VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE CAMINHÕES A GÁS NATURAL NO TRANSPORTE DE COMBUSTÍVEIS EM MANAUS – AM

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado a Universidade Federal do
Amazonas, como parte das exigências
para a obtenção do título de Bacharel
em Engenharia de Petróleo e Gás.

Aprovado em _02_ de _julho_ de _2025_.

BANCA EXAMINADORA

Joemes de Lima Simas

Profa. Dra. Joemes de Lima Simas

Documento assinado digitalmente

gov.br

RENAN COELHO REDIG

Data: 10/07/2025 17:09:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Renan Coelho Redig

Documento assinado digitalmente

gov.br

FERNANDO GADELHA DE ABREU

Data: 10/07/2025 19:52:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Fernando Gadelha de Abreu

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela sabedoria e força que me deu ao longo da minha vida e principalmente na graduação.

Aos meus pais, meu profundo reconhecimento por todo apoio incondicional, amor e incentivo em cada etapa dessa jornada.

Ao professor Renan Coelho Redig que auxiliou-me de forma pontual para a realização deste trabalho e pelos valiosos ensinamentos transmitidos nas disciplinas que ministrou ao longo do curso.

A todos os professores do curso de engenharia de petróleo e gás, pelos ensinamentos que me permitiram não somente concluir este curso, mas também ingressar no mercado profissional.

Aos colegas de turma que conheci ao longo da graduação, com os quais compartilhei inúmeros trabalhos e aprendizados, deixo minha gratidão. Em especial, ao Cleandro, Hélio e Ruana, pela parceria durante toda a trajetória e pelas conversas que tornaram mais leve o tempo livre na UFAM.

Ao Grupo Dislub Equador e a Raízen, pelas oportunidades que me deram de colocar em prática o que aprendi em sala de aula, contribuindo de forma significativa para a minha formação como profissional.

RESUMO

Com o mercado cada vez mais exigente, principalmente quando trata-se de reduzir custos, como no caso do transporte rodoviário, buscar alternativas que mitiguem esses custos é de fundamental importância. Com isso, este trabalho de conclusão de curso buscou entender a operação de caminhões movidos a diesel no transporte de combustíveis na cidade de Manaus e avaliar a viabilidade técnica e econômica da substituição por caminhões movidos a gás natural comprimido. A pesquisa em questão, de natureza aplicada e abordagem quantitativa, baseou-se em uma revisão bibliográfica para entender o contexto operacional que envolve esses caminhões a diesel, além disso foi realizado uma coleta e análise de dados reais referentes a uma transportadora local. Com isso comparou-se dois modelos equivalentes de caminhões Scania P-280, sendo um a diesel e outro a GNC, considerando custos fixos (como depreciação, IPVA, seguro e remuneração do capital) e variáveis (como combustível, pneus e manutenção). Os resultados apontaram que o caminhão a GNC, apresentou um menor custo variável, porém, um maior custo fixo resultando em um custo operacional total 2,23% superior ao modelo a diesel. Conclui-se que para adotar-se essa tecnologia exige incentivos e infraestrutura adequada para ser viável no contexto analisado.

Palavras-Chave: Caminhões; GNC; Viabilidade econômica; Custos Operacionais

ABSTRACT

With an increasingly demanding market, especially when it comes to reducing costs—as in the case of road transportation—seeking alternatives that mitigate these costs is of fundamental importance. Accordingly, this course completion work aimed to understand the operation of diesel-powered trucks in the transportation of fuels in the city of Manaus and to assess the technical and economic feasibility of replacing them with trucks powered by compressed natural gas. The research in question, of an applied nature and quantitative approach, was based on a bibliographic review to understand the operational context involving these diesel trucks. Furthermore, real data were collected and analyzed from a local transportation company. Two equivalent models of Scania P-280 trucks were compared—one diesel and one CNG—considering fixed costs (such as depreciation, vehicle tax, insurance, and capital remuneration) and variable costs (such as fuel, tires, and maintenance). The results indicated that the CNG truck presented a lower variable cost, but a higher fixed cost, resulting in a total operating cost 2.23% higher than the diesel model. It is concluded that adopting this technology requires incentives and adequate infrastructure to be viable in the analyzed context.

Keywords: Trucks; CNG; Economic feasibility; Operating costs

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa multimodal do Amazonas	10
Figura 2 - Fluxo logístico do petróleo e seus derivados.....	15
Figura 3 - Relação de combustíveis comercializados no período de 2013 a 2022 .	16
Figura 4 - Volume total de venda de combustível por distribuidora	16
Figura 5 - Quantidade de postos no Brasil	18
Figura 6 - Principais custos de um caminhão	27
Figura 7 - Composição do cálculo do custo operacional	28
Figura 8 - Scania P-280 movido a gás natural comprimido	32
Figura 9 - Comparativo das especificações técnicas do Scania P-280 a diesel e a gás natural comprimido	33
Figura 10 - Distribuição de postos e distribuidoras na cidade de Manaus	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo dos custos fixos mensais	42
Gráfico 2 - Comparativo dos custos variáveis	45
Gráfico 3 - Proporção de custos Scania P-280 (Diesel)	47
Gráfico 4 - Proporção de custos Scania P-280 (GNC)	47
Gráfico 5 - Comparativo do custo total dos 3 cenários	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de portos no estado do Amazonas	11
Tabela 2 - Total de veículos na cidade de Manaus	13
Tabela 3 - Quantidade de postos por bandeira na cidade de Manaus.....	19
Tabela 4 - Principais custos Scania P-280 (Diesel).....	34
Tabela 5 - Principais custos Scania P-280 (GNC).....	36
Tabela 6 - Desvalorização em 5 anos do caminhão Scania P-280 (Diesel).....	39
Tabela 7 - Desvalorização em 5 anos do caminhão Scania P-280 (GNC).....	39
Tabela 8 - Custos Operacionais fixos do Scania P-280 (Diesel).....	41
Tabela 9 - Custos operacionais fixos Scania P-280 (GNC)	41
Tabela 10 - Custos operacionais variáveis Scania P-280 (Diesel).....	43
Tabela 11 - Custos Operacionais variáveis Scania P – 280 (GNC).....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFEAM – Agência de Fomento do Estado do Amazonas
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
CDP – Consulta de Dados Públicos
CIAMA – Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas
CIGÁS – Companhia de Gás do Amazonas
CNPE – Conselho Nacional de Política Energética
CO – Monóxido de Carbono
CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento
DECOPE – Departamento de Estudos Econômicos e Custos Operacionais da NTC & Logística
DPVAT – Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres
FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
GASCOM – Gasoduto Urucu-Coari-Manaus
GAV – Gasolina de Aviação
GEIPOT – Grupo Executivo de Integração da Política de Transportes
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
GNC – Gás Natural Comprimido
GNL – Gás Natural Liquefeito
GNV – Gás Natural Veicular
HC – Hidrocarbonetos
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados
IPVA – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
MME – Ministério de Minas e Energia
MP – Material Particulado
NOx – Óxidos de Nitrogênio
PNL – Plano Nacional de Logística
QAV – Querosene de Aviação
REMAN – Refinaria de Manaus
SO₂ – Dióxido de Enxofre
SPVAT – Seguro Obrigatório para Proteção de Vítimas de Acidentes de Trânsito
TAG – Transportadora Associada de Gás
VBP – Valor Bruto da Produção

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	9
2.1 Objetivos gerais	9
2.2 Objetivos específicos	9
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1 Aspectos gerais dos sistemas de transporte no estado do Amazonas	10
3.1.2 Aspectos gerais dos sistemas de transporte na cidade de Manaus	13
3.3 Bases de distribuição de combustíveis.....	14
3.4 Postos revendedores de combustíveis.....	17
3.5 Diesel.....	19
3.5.1 Motores a diesel	20
3.6 Gás natural	21
3.6.1 Gás natural no Estado do Amazonas.....	22
3.6.2 Comercialização do gás natural no Brasil	23
3.6.3 Uso de gás natural em veículos	24
4 METODOLOGIA	26
4.1 Custos operacionais.....	27
5 RESULTADOS	32
6 CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário de cargas tem uma grande importância para a economia brasileira, sendo responsável pela distribuição de diversos produtos essenciais, como alimentos, mercadorias e combustíveis. Neste caso, o combustível, é o próprio insumo que mantém os veículos desse setor em pleno funcionamento, sendo estes de forma geral veículos movidos a diesel. No entanto ao longo dos últimos anos, o aumento do preço dos combustíveis e em especialmente o diesel, tem impactado diretamente no preço final dos produtos transportados.

Com base nisso ao longo dos anos diversas alternativas têm sido desenvolvidas para buscar reduzir custos no transporte e uma delas que surgiu é o uso de caminhões movidos a gás natural comprimido. De forma geral esses veículos oferecem desempenho semelhante, conforto e menor custo de abastecimento, quando comparado aos veículos convencionais e alguns países já apresentaram sucesso na implementação de veículos que utilizam esse tipo de veículos em sua frota. No entanto em diversos países, enfrenta-se alguns desafios, como a falta de estações de abastecimento, ausência de incentivos fiscais, alto custo relacionado a obtenção dos veículos a gás natural e de desenvolvimento dos motores para esse tipo de combustível. (MEHDI et al, p. 731-750, 2018)

No Brasil, a primeira movimentação para a introdução do gás natural como matriz energética, foi através do Ministério de Minas e Energia (MME), que lançou o primeiro Plano Nacional do Gás (Plangás), no ano de 1987. (Abegás, 2020). Além disso na década de 1980 São Paulo realizou os primeiros testes com ônibus movidos a gás natural, em parceria com IPT, Sabesp, CMTTC e Mercedes-Benz. Em 1991, foi criado o primeiro serviço exclusivo de ônibus a GNV, acompanhado por uma legislação municipal para substituir a frota a diesel em até dez anos. Porém, o projeto não avançou devido à baixa performance em terrenos irregulares, falta de incentivos e escala produtiva limitada. Ainda assim, o Brasil teve papel relevante na América Latina e inspirou iniciativas globais. (GásNet, 2010)

Após diversos casos de sucesso ao redor do mundo do uso do gás natural comprimido no transporte público, a Scania, de forma pioneira através de um projeto brasileiro, lançou no ano de 2019 o primeiro caminhão movido a gás natural e/ou

biometano, onde de acordo com a fabricante, estes possuem um motor de ciclo otto (o mesmo conceito utilizado em veículos movidos a diesel e/ou gasolina), garantindo assim que este tenha um desempenho e força semelhante aos modelos movidos a diesel. (Scania, 2025)

Sabendo do alto potencial para uso do Gás natural em veículos na cidade de Manaus, a possível implementação de caminhões movidos a gás natural para o transporte de combustíveis seria de fundamental importância, visto que esse tipo de caminhão ainda não está presente no sistema logístico da Cidade de Manaus, onde sua implementação poderá trazer uma mudança significativa, do ponto de vista econômico, considerando outros benefícios associados como a redução de emissões e também um menor custo quando comparado ao diesel.

Neste contexto, mostrar através de uma análise operacional dos caminhões movidos a diesel atualmente utilizados no transporte de combustíveis na cidade Manaus e avaliar a possível implementação de caminhões movidos a Gás Natural na cidade de Manaus, mostrando através de dados embasados a viabilidade técnica e econômica, poderá contribuir para um setor logístico mais eficiente e comprometido com o meio ambiente.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivos gerais

Analisar de forma operacional o uso de caminhões movidos a Diesel no transporte de combustíveis na cidade de Manaus e avaliar a viabilidade de implementação de caminhões movidos a gás natural, considerando aspectos técnicos econômicos e operacionais.

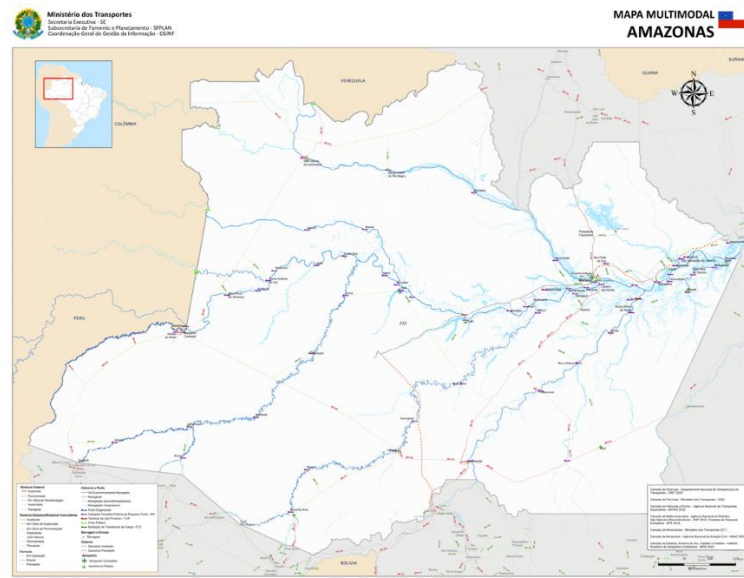
2.2 Objetivos específicos

- Identificar os custos operacionais envolvidos no uso de caminhões a diesel no transporte de combustíveis e estimar os custos operacionais relacionados ao uso de caminhões a gás natural.
- Comparar, com base em dados e gráficos, o desempenho operacional e econômico entre caminhões a diesel e a gás natural.
- Apontar os desafios e oportunidades para a implementação de caminhões movidos a gás natural no sistema logístico de Manaus.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Aspectos gerais dos sistemas de transporte no estado do Amazonas

Figura 1 - Mapa multimodal do Amazonas



Fonte: Ministério dos transportes, 2023

Diferentemente de outras localidades, como os estados das regiões Sul e Sudeste, o sistema de transporte que ganha destaque e predomina no estado Amazonas é o transporte fluvial, onde este é utilizado para o transporte de passageiros, escoamento de produtos e até mesmo a travessia de veículos através de balsas, veículos estes que necessitam fazer travessia para prosseguirem na conhecida rodovia BR – 319, que interliga a Capital de Manaus, ao restante do Brasil. (DAVID, 2019)

De acordo com Ferreira (2016, p.5), “o sistema de transporte fluvial no Amazonas se difere do restante do Brasil e ganha destaque, pois é através deste que é realizado a comunicação e a integração social entre as cidades do Estado, além de que as próprias condições naturais dessa região favorecem esse meio de transporte”.

Embora seja o principal meio de transporte, este ainda enfrenta diversos problemas no estado, como a falta de regulamentação por parte do poder público, apesar das fiscalizações e vistorias realizada pela capitania dos portos em

embarcações, a fim de assegurar a segurança da navegação, da vida humana e a preservação da poluição ambiental (MEDEIROS, 2011).

Observa-se nesse sistema de transporte no estado do Amazonas, a má infraestrutura dos portos, responsável por receber tanto os passageiros e mercadorias. Dos 62 municípios dos estados, apenas 12 deles apresentam algum tipo de projeto, seja este um porto projetado ou com algum projeto de expansão e melhorias, como encontrado na tabela abaixo, de acordo com informações obtidas no site da CIAMA – Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas. (CIAMA, 2025)

Tabela 1 - Relação de portos no estado do Amazonas

MUNICÍPIO	PORTO	SITUAÇÃO
AUTAZES	PORTO DE AUTAZES	PORTO PROJETADO
BORBA	PORTO DE BORBA	PORTO PROJETADO
BOCA DO ACRE	PORTO DE BOCA DO ACRE	PROJETO DE MELHORIA
COARI	PORTO DE COARI	PROJETO DE EXPANSÃO E MELHORIA
EIRUNEPÉ	PORTO DE EIRUNEPÉ	PORTO PROJETADO
ITACOATIARA	PORTO DE ITACOATIARA	PROJETO DE EXPANSÃO E MELHORIA
LABRÉA	PORTO DE LABRÉA	PORTO PROJETADO
MANACAPURU	PORTO DE MANACAPURU	PROJETO DE MELHORIA
MANAUS	PORTO DE MANAUS	DIRETRIZES DE REQUALIFICAÇÃO
MANAUS	PORTO DA MANAUS MODERNA	DIRETRIZES DE REQUALIFICAÇÃO
MANAUS	TERMINAL PESQUEIRO DE MANAUS	PROJETO DE MELHORIA
NOVO AIRÃO	PORTO DE NOVO AIRÃO	PORTO PROJETADO
TABATINGA	PORTO DE TABATINGA	PROJETO DE EXPANSÃO E MELHORIA
TEFÉ	PORTO DE TEFÉ	PROJETO DE MELHORIA

Fonte: CIAMA, 2025

Quando se trata do transporte rodoviário no estado do Amazonas, realizado por carros, motos, ônibus e caminhões, é caracterizado pelo fato de ter uma malha rodoviária reduzida quando comparada a outros estados. Este é suportado por duas rodovias federais, sendo a BR-174 que liga a capital de Manaus ao estado de Roraima e a BR-319, está que para chegar na capital necessita-se de fazer uma travessia através de balsas. (ANTT, 2024)

Ainda existem as rodovias estaduais, que interligam a capital a municípios do

interior como é o caso da AM – 010 (Manaus – Rio Preto da Eva - Itacoatiara), AM – 070 (Manaus – Iranduba – Manacapuru), AM -362 (Manaus – Silves – Itapiranga) e as rodovias que interligam municípios do interior a outros municípios como é o caso da AM – 352 (Manacapuru – Novo Airão). (CIAMA, 2025)

O transporte aéreo no estado do Amazonas, é outro importante meio que ajuda a reduzir tempo no deslocamento da capital a municípios do interior, principalmente quando se trata dos municípios mais distantes, seja esse deslocamento para viagens ou ainda para emergências, onde procedimentos são realizados apenas na capital. Os aeroportos que se destacam dentro do Amazonas são o Aeroporto Internacional Eduardo Gomes – Manaus, Aeroporto Internacional de Tabatinga e os Aeroportos Regionais dos municípios de Coari, Maués, Parintins, São Gabriel da Cachoeira e Tefé. (ANAC, 2025)

De acordo com um levantamento feito pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) aponta que Manaus é a capital brasileira com mais voos para destinos dentro do próprio Estado. Ao todo, são ofertados voos comerciais para 14 localidades: Tabatinga, Parintins, Tefé, Coari, Apuí, Manicoré, Borba, Eirunepé, São Gabriel da Cachoeira, Barcelos, Maués, Carauari, Porto Urucu e Santa Isabel do Rio Negro. (ANAC, 2024).

Por fim, tem-se a presença de uma única dutovia, que se trata do gasoduto Urucu -Coari – Manaus (GASCOM), que possui uma extensão de cerca de 800 km e é operado pela Transportadora Associada de Gás S.A – TAG. (TAG,2025)

O gasoduto é caracterizado pelo seu ponto de recebimento, ou seja, de onde o produto é escoado que neste caso é o Polo de Urucu e possui no total 12 pontos de recebimento, sendo que três destas estão dispostos a receber o gás natural através do gasoduto, mas de acordo com dados oficiais obtidos no site da Transportadora Associada de Gás S.A – TAG, três deles não recebem, sendo estes os municípios de Manacapuru e Iranduba e a Refinaria de Manaus – REMAN. (TAG, 2025)

Com isso no total existem 9 pontos que recebem o gás natural atualmente, que seriam os municípios de Coari, Codajás, Anori, Anamã e Caapiranga, além da capital Manaus, ponto final do gasoduto onde seus pontos de entrega são os *City Gates* Aparecida e Mauá e as Usinas termelétricas de Aparecida e Mauá. (TAG,2025)

3.1.2 Aspectos gerais dos sistemas de transporte na cidade de Manaus

Com uma população com cerca de 2.063.689 pessoas, de acordo com o último censo realizado pelo IBGE no ano de 2022, e com uma área de 11.401,002 km², Manaus é a capital do estado do Amazonas e destaca-se por ser o 5º município com maior participação no PIB do Brasil, valor este que chega a R\$ 103,2 bilhões, impulsionado principalmente pelo Polo Industrial de Manaus.

No que se refere aos sistemas de transporte que impulsionam a economia da cidade, o modal predominante é o rodoviário, onde de acordo com o IBGE, apenas no ano de 2024, a cidade de Manaus contava com uma frota de 951.365 veículos.

Tabela 2 - Total de veículos na cidade de Manaus

TIPO DE VEÍCULO	QUANTIDADE
Automóvel	435.584
Bonde	0
Caminhão	19.065
Caminhão trator	5.137
Caminhonete	98.703
Camioneta	28.500
Chassi plataforma	34
Ciclomotor	2.067
Micro-ônibus	3.296
Motocicleta	282.777
Motoneta	35.884
Ônibus	9.395
Quadriciclo	0
Reboque	4.966
Semi-reboque	15.320
Sidecar	6
Trator de esteira	0
Trator de rodas	115
Triciclo	1.400
Utilitário	9.002

Outros	114
--------	-----

Fonte: IBGE, 2024

Tratando do modal dutoviário, quem ganha destaque é o gasoduto, este administrado pela Companhia de Gás do Amazonas e que possui uma rede com 327 km, rede esta que atende cerca de 23 mil clientes e com um volume distribuído de 5 milhões m³/dia. Essa rede é caracterizada por atender o setor residencial, comercial, indústria e postos de combustível que fornecem o gás natural veicular. (CIGÁS, 2025)

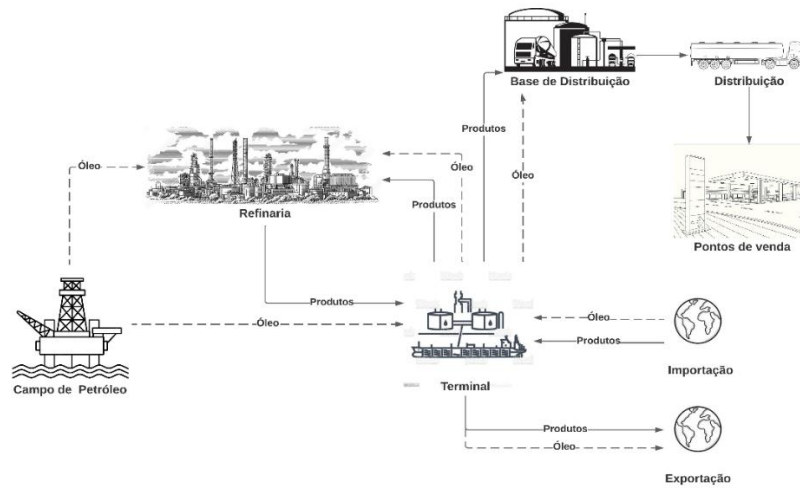
Tem-se também o modal aéreo, atendido de forma principal pelo Aeroporto Internacional Eduardo Gomes. elo principal, muito importante para a cidade de Manaus, devido às características físicas da região. Além da demanda de passageiros, o transporte de carga também é muito importante para a região, principalmente pela presença da Zona Franca de Manaus, que traz como resultado um maior dinamismo industrial para a região metropolitana. (FALCÃO, 2011)

Por fim, o modal fluvial na cidade de Manaus é atendido por portos públicos e privados, com destaque para o Porto de Manaus, maior porto flutuante do mundo. “Este possui capacidade de operar com 4 navios de forma simultânea em qualquer período do ano ou com três navios durante o período da cheia do Rio Negro”. (PORTO DE MANAUS, 2024)

3.3 Bases de distribuição de combustíveis

Uma base de distribuição de combustíveis, também denominado como Terminal de Combustíveis é uma parte importante da cadeia de suprimento de combustíveis, sendo responsável por fornecer os produtos até os mercados consumidores finais. Sua função principal é armazenar e distribuir combustíveis. Um terminal típico que atende ao mercado de combustíveis rodoviários costuma armazenar gasolina comum e premium, diesel, etanol e aditivos. Esses tipos de combustíveis são armazenados em tanques individuais. O número de tanques e a capacidade para cada tipo de combustível dependem da demanda do mercado atendido pelo terminal. (MORIARTY, 2016)

Figura 2 - Fluxo logístico do petróleo e seus derivados



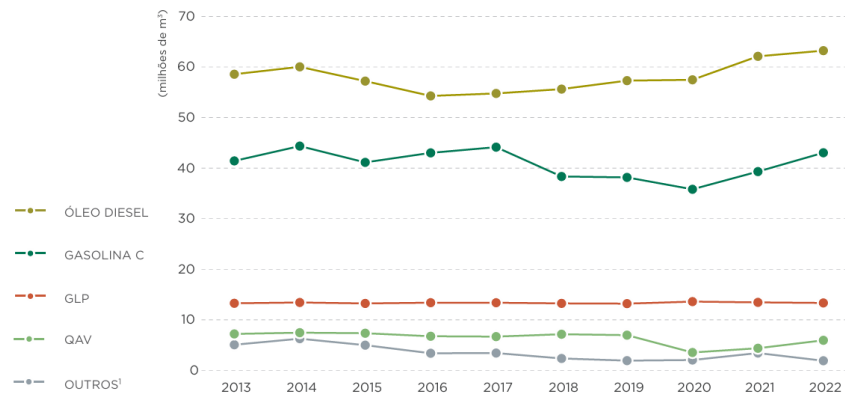
Fonte: Autoria própria, 2025

“Ao fim de 2022, havia no Brasil 292 bases de distribuição de combustíveis líquidos autorizadas pela ANP, divididas da seguinte maneira entre as regiões: 95 no Sudeste, 56 no Sul, 52 no Centro-Oeste, 44 no Nordeste e 45 no Norte. Por sua vez, as unidades da Federação com maior número de bases eram São Paulo (54), Paraná (28), Mato Grosso (28), Bahia (21) e Minas Gerais (25)”. (ANP, 2023)

“A capacidade nominal de armazenamento das bases de distribuição era de 4,1 milhões de m³. Desse total, 2,8 milhões de m³ (66,8%) destinaram-se aos derivados de petróleo (exceto GLP) e dividiram-se pelas regiões nos seguintes percentuais: Norte (14,1%), Nordeste (22,7%), Sudeste (34,6%), Sul (19,3%) e Centro-Oeste (9,3%)”. (ANP, 2023)

“Apesar do crescimento no volume total de vendas nacionais pelas distribuidoras em 2022, alguns derivados apresentaram queda: o GLP recuou 0,8%, a gasolina de aviação (GAV) caiu 5% e o óleo combustível teve forte retração de 44,9%. Em contrapartida, registraram alta o querosene iluminante (58,1%), o QAV (35,9%), a gasolina C (9,5%) e o óleo diesel (1,8%). Ainda assim, a gasolina de aviação e o querosene iluminante representaram menos de 0,1% do total comercializado”. (ANP, 2023)

Figura 3 - Relação de combustíveis comercializados no período de 2013 a 2022

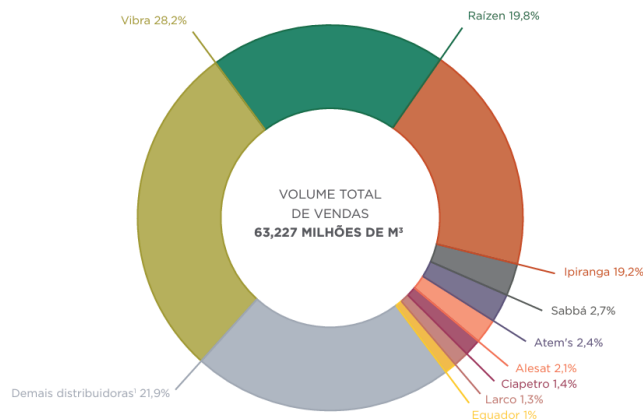


Fonte: Anuário ANP, 2023

Conforme a figura, observa-se que o óleo diesel, entre o período de 2013 a 2022, foi o derivado de petróleo mais vendido no Brasil. Isso se dá principalmente pela matriz de transporte brasileira, predominantemente formada por rodovias, onde trafegam um volume significativo de carros de passeio, caminhões de cargas e transportes de passageiros, sendo o combustível utilizado, na maioria desses veículos, o óleo diesel.

“O mercado de óleo diesel em 2022 foi suprido por 142 distribuidoras, com as quatro empresas líderes em vendas concentrando 69,9% do mercado: Vibra (28,2%), Raízen (19,8%), Ipiranga (19,2%) e Sabbá (2,7%).” (ANP,2023)

Figura 4 - Volume total de venda de combustível por distribuidora



Fonte: Anuário ANP, 2023

De acordo com informações obtidas no site Consulta de Dados Públicos, gerido pela ANP, existem 5 distribuidoras de combustíveis com atividades autorizadas para atuação na cidade de Manaus, sendo elas Atem's Distribuidora de Petróleo, Distribuidora Equador de Produtos de Petróleo, Ipiranga Produtos de Petróleo S.A, Petróleo Sabbá S.A e Vibra Energia S.A. Todas fornecem combustíveis para os postos revendedores da cidade de Manaus, postos revendedores do interior do estado do Amazonas e também para postos revendedores localizados em outros estados como é o caso de Roraima. (CDP, 2025)

Ainda de acordo com o site Consulta de Dados Públicos, existem 2 distribuidoras responsáveis exclusivamente pela distribuição do Gás Liquefeito de Petróleo – GLP na cidade de Manaus, sendo elas Amazongás Distribuidora de Gás Liquefeito de Petróleo LTDA e Sociedade Fogás LTDA. (CDP, 2025)

3.4 Postos revendedores de combustíveis

De acordo com Kenny Rogers, “nos primórdios do automobilismo, antes de existirem os conhecidos postos de combustíveis, os motoristas conseguiam abastecer seus veículos em lojas de ferragens, armazéns e farmácias. Esses combustíveis que eram vendidos por essas lojas eram armazenados em galões ou tanques e os veículos eram abastecidos através de um funil com uma camurça como filtro.” (ROGERS, 2025)

Rogers afirma que, “devido ao risco de incêndio e a uma série de infortúnios, a preocupação pública e os órgãos reguladores exigiram que a venda de combustíveis para estabelecimentos varejistas especializados fosse fora dos centros urbanos”, o que levou à criação de um novo tipo de negócio: os postos de combustíveis. (ROGERS, 2025)

De acordo com Ferreira, “esses primeiros postos de abastecimento priorizavam a praticidade em detrimento da expressão arquitetônica. Já entre os anos de 1920 e 1930, as grandes empresas petrolíferas passaram a enxergar o potencial estético e comercial desses espaços, investindo em identidades visuais próprias para se diferenciar e atrair o público” (FERREIRA, 2025).

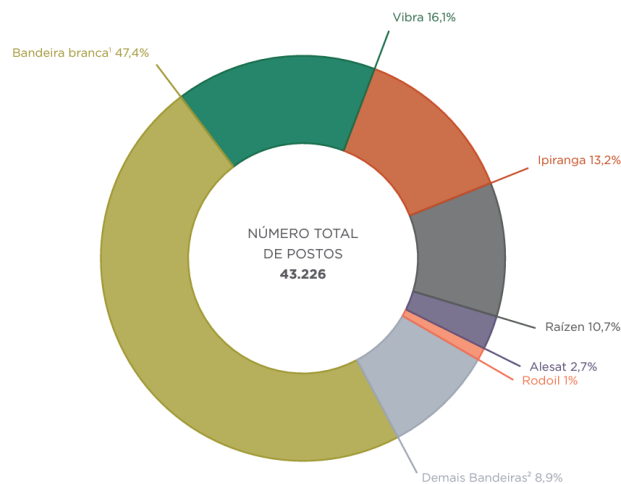
Assim como as bases de distribuição de combustíveis, os postos revendedores de combustíveis no Brasil são regulamentados pela Agência Nacional

do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) devem seguir uma série de legislações e normas estabelecidas por ela. De acordo com dados fornecidos pela ANP, “ao final de 2022, 43.266 postos revendedores de derivados de petróleo operavam no País. Desses, 37,3% estavam localizados no Sudeste, 26,8% no Nordeste, 18,5% na Região Sul, 9,1% no Centro-Oeste e 8,3% na Região Norte. Os estados com maior concentração de postos eram: São Paulo (20%), Minas Gerais (11%), Rio Grande do Sul (7,3%), Bahia (7,4%), Paraná (6,6%) e Rio de Janeiro (4,7%)”. (ANP, 2023, p. 157).

Ainda, segundo a ANP “em âmbito nacional, 42,6% dos postos revendedores se dividiram entre quatro das 64 bandeiras atuantes: Vibra (16,1%), Ipiranga (13,2%), Raízen (10,7%) e Alesat (2,7%)”. (ANP, 2023, p. 157).

“Além disso, os chamados postos de bandeira branca - aqueles que não possuem vínculo com nenhuma distribuidora específica e podem ser abastecidos por qualquer uma - representaram 47,5% do total em funcionamento no país em 2022.” (ANP, 2023, p. 157).

Figura 5 - Quantidade de postos no Brasil



Fonte: Anuário ANP, 2023

De acordo com informações obtidas no site Consulta de Dados Públicos (CDP), no ano de 2025 existem 322 postos de combustíveis em operação na cidade de Manaus, dispostos com as seguintes bandeiras, conforme a tabela. Dentre esses 322 postos apenas 7 deles ofertam o gás natural veicular. (CDP, 2025)

Tabela 3 - Quantidade de postos por bandeira na cidade de Manaus

BANDEIRA	QUANTIDADE DE POSTOS
Atem's	115
Bandeira Branca	35
Equador	50
Ipiranga	28
Raízen	9
RZD Distribuidora	5
Sabbá	42
Vibra	38

Fonte: CDP, 2025

3.5 Diesel

O diesel é um combustível no qual alimenta motores a diesel, aplicado em diferentes tipos de veículos como caminhões, ônibus, transporte ferroviário e navegação marítima. O diesel é caracterizado por possuir hidrocarbonetos com cadeias de 10 a 22 carbonos e a proporção relativa das classes parafínica, naftênica e aromática é um dos fatores que diferenciam os combustíveis diesel uns dos outros. Além disso caracteriza-se por ser um combustível mais fácil e barato de produzir quando comparado a gasolina. (KAISER M.J; MCCALISTER E.W, 2023)

Sob uma ampla definição o diesel possui muitas combinações possíveis de características como volatilidade, qualidade da ignição, viscosidade, gravidade, estabilidade, dentre outras propriedades. Para essas características, cada país estabelece classificações específicas para o tipo de diesel comercializado. (SPEIGHT J, 2019).

No Brasil a classificação dos tipos de diesel comercializado é definida pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Para o óleo diesel de uso rodoviário, existe o diesel S-10 e S-500, usado em veículos automotivos, máquinas agrícolas, máquinas de construção e máquinas industriais. Existe ainda o óleo diesel não rodoviário, conhecido como S-1800 utilizado na mineração a céu aberto, transporte ferroviário e na geração de energia elétrica. Por fim tem-se o óleo diesel marítimo, sendo estes o óleo diesel marítimo do tipo A e do tipo B, utilizados em embarcações. (ANP, 2025)

Outra característica na comercialização do diesel no Brasil é a mistura com o Biodiesel. De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), "o biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de um processo químico denominado transesterificação". De acordo com Speight "o biodiesel e suas misturas podem ser utilizados em motores a diesel sem modificações significativas, e reduzem as emissões de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂) e material particulado (MP), em comparação ao diesel de petróleo."

A mistura do Biodiesel no Diesel no Brasil teve início no ano de 2004, de forma experimental, e entre os anos de 2005 e 2007, a comercialização do diesel com essa mistura passou a ser voluntária, com um teor de 2%. A obrigatoriedade da mistura, teve origem a partir do artigo 2º da lei nº 11.097/2005, introduzindo dessa forma o biodiesel na matriz energética brasileira, sendo que desde o ano de 2008 entrou em vigor a mistura legalmente obrigatória, que tinha como valor na época um teor de 2%. Ao longo dos anos o percentual de teor de biodiesel no diesel apresentou mudanças, onde no período de Abr/2025 a Mar/2026, o teor determinado foi de 14% e a partir de Abr/2026 esse teor será de 15%. (ANP, 2025)

3.5.1 Motores a diesel

Um motor a diesel pode ser definido como uma máquina no qual converte a energia contida no combustível em energia mecânica ou movimento e é um tipo de motor que funciona a partir da combustão interna ou através de um motor de ignição por compressão. (TAN, Y. H.; ABDULLAH, M. O.; NOLASCO-HIPOLITO, C, 2015)

Em motores a diesel, o combustível é injetado no cilindro próximo ao momento em que os pistões comprimiram o ar nos cilindros até o volume mínimo. Os jatos de combustível do bico injetor evaporam e se misturam com o ar em um processo de difusão antes que o combustível possa queimar. A temperatura do ar é suficientemente alta para que a mistura ar-combustível ultrapasse sua temperatura de autoignição, de modo que a combustão se inicia sem uma fonte externa de ignição. (KLIMSTRA J., p.293-304, 2016)

Motores a diesel são classificados como motores de quatro tempos (duas rotações por ciclo) e motores de dois tempos (uma rotação por ciclo). Baseado nos padrões de emissão e as aplicações dos motores, os motores a diesel são classificados como de uso rodoviário, fora de estrada e estacionários. As aplicações

rodoviárias incluem caminhões, ônibus e automóveis. As aplicações fora de estrada incluem uso marítimo, industrial (por exemplo, motores a diesel para compressores), equipamentos de construção, uso agrícola (por exemplo, tratores) e locomotivas. (QIANFAN X., 2011)

3.6 Gás natural

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves no qual contém metano (CH_4) em concentrações de 70 a 98%, etano(C_2H_6), propano(C_3H_8) e butano(C_4H_{10}). Outros compostos encontrados no gás natural são o hélio, CO_2 , sulfeto de hidrogênio e nitrogênio. Caracteriza-se por não ser corrosivo e nem tóxico, sua temperatura de ignição é alta e possui uma taxa de inflamabilidade estreita, o que o torna um combustível fóssil inerentemente seguro quando comparado a outros combustíveis fósseis. O gás natural quando límpido de impurezas é inodoro e incolor e para ajudar na detecção de vazamentos de gás, é adicionado odorantes antes de sua distribuição aos consumidores finais. (VISHNYAKOV V., 2019)

O gás natural chega ao consumidor final por meio do gasoduto, geralmente feito de tubulação de aço com diâmetro entre 20 e 42 polegadas. Pelo fato do gás se deslocar sob alta pressão, existem estações de compressão ao longo do gasoduto para manter a pressão necessária de transporte. Esse transporte caracteriza-se também pela eficiência, visto que a quantidade de energia perdida do ponto de origem até o destino é baixa. (VISWANATHAN B., 2016)

De acordo com a Empresa de Pesquisa energética, no ano de 2019 o Brasil possuía uma malha de gasoduto de transporte com um total de 9409 km. Geralmente esses gasodutos são operados por empresas estatais e privadas, com uma concessão geográfica.

Na cidade de Manaus, a empresa responsável pela distribuição de gás natural é a Companhia de Gás do Amazonas (CIGÁS), possuindo uma concessão de trinta anos que está sendo válido desde 1º de fevereiro de 2010. Atuam também com sistemas de Gás Natural Comprimido (GNC) e/ou Gás Natural Liquefeito (GNL). Possui uma rede de 327 km e que está em expansão. Essa rede atende cerca de 23 mil clientes entre residências, comércio e indústria, sendo distribuídos 5 milhões m^3/dia . (CIGÁS, 2025)

3.6.1 Gás natural no Estado do Amazonas

Quando se trata da exploração do gás natural, o estado do Amazonas ganha destaque por suas grandes reservas, com os principais campos produtores localizados nas bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas. Em 2022, o estado produziu um total de 5,1 bilhões de metros cúbicos, consolidando-se como o maior produtor *onshore* do país, responsável por cerca de 73,4% da produção nacional em terra e por aproximadamente 10,1% do volume total produzido no Brasil. (ANP, 2023)

De acordo com Schenk et al., essas bacias paleozoicas compartilham características geológicas que favorecem a geração e retenção de hidrocarbonetos, como a presença de folhelhos ricos em matéria orgânica do período Devoniano. Utilizando uma metodologia baseada em geologia, o estudo avaliou recursos contínuos não descobertos e tecnicamente recuperáveis de gás natural e petróleo. Entre os destaques, a Bacia do Amazonas concentra cerca de 72% dos recursos contínuos de gás natural estimados, com um volume médio de 33,8 trilhões de pés cúbicos ou ainda 957,33 bilhões de metros cúbicos.

Além disso, conforme o estudo realizado por Schenk et al., as reservas provadas de gás convencional na Bacia do Solimões são estimadas em cerca de 38 bilhões de metros cúbicos, enquanto seus recursos médios de gás não convencional (*shale gas*) alcançam aproximadamente 113 bilhões de metros cúbicos. Em contraste, a Bacia do Amazonas possui reservas convencionais mais modestas, em torno de 7 bilhões de metros cúbicos, mas apresenta um potencial significativo de gás não convencional, estimado em cerca de 934 bilhões de metros cúbicos de *shale gas*.

Um dos campos que se destacam como produtor, é o campo do Azulão localizado na Bacia do Amazonas. Este é operado pela Eneva e tem como principal peça-chave uma unidade de liquefação, uma estação de armazenamento e carregamento de gás natural liquefeito. Esse GNL acaba sendo transportado por caminhões até o estado de Roraima, tendo como principal destino a UTE Jaguarica II, onde esse GNL passa pelo processo de regaseificação e é utilizado na produção de energia elétrica, gerando-se cerca de 117 MW e atendendo mais da metade do consumo da cidade de Boa Vista. (EPE, 2021)

Por fim outro campo de grande relevância é a Província Petrolífera de Urucu,

localizada na Bacia do Solimões, descoberta em 1986 e situada a cerca de 650 quilômetros da capital, Manaus. Considerada a maior província terrestre de petróleo e gás natural do país, Urucu conta com um sistema altamente integrado de produção, processamento e transporte, sendo operada majoritariamente pela Petrobras. Entre os produtos processados no campo, destaca-se o gás natural, que é escoado por meio do gasoduto Urucu–Coari–Manaus. Esse gás é amplamente utilizado na geração de energia elétrica em termelétricas, além de atender ao consumo industrial, comercial e residencial na capital amazonense. (ANP, 2021).

3.6.2 Comercialização do gás natural no Brasil

A comercialização do gás natural no Brasil é regulada pela Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (ANP) e de acordo com a constituição federal, os estados da federação são responsáveis por explorar os serviços de gás canalizado. Quando se trata do comércio internacional de gás natural, compete a ANP autorizar a importação e exportação do gás natural, conforme diretrizes estabelecidas pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). (ANP, 2025)

De acordo com a ANP, “as vendas de gás natural diminuíram 26,2% em 2022, em relação ao ano anterior, totalizando 22,4 bilhões de m³. Dentre todas as regiões do Brasil, a Sudeste continuou sendo a maior consumidora de gás natural do Brasil, totalizando com 62,6% de todo volume comercializado em território nacional. Mesmo com esse total comercializado a região sudeste apresentou uma queda de 21,2%, totalizando 14 bilhões de m³. A região norte nesse mesmo período teve uma diminuição de 25,6% nas vendas, que atingiram pouco menos de 1,6 bilhão de m³(7% do total).” (ANP,2023)

Referindo-se ao consumo próprio, ou seja, quando o gás é utilizado nas áreas de produção, refino, processo e movimentação, “houve queda de 4,1% quando comparado ao ano de 2021. Do total de 9,2 bilhões de m³ consumidos em 2022, 78,5%, ou 7,2 bilhões de m³, corresponderam à Região Sudeste, com queda de 4,3%. A região norte apresentou um decréscimo de 4%, com 208,8 milhões de m³ de consumo ou 2,3% do total.” (ANP, 2023)

No ano de 2022, a oferta interna de gás natural foi de 33,1 bilhões de m³, resultado da produção e importações, desconsiderando nesse caso fatores como ajustes, perda, reinjeção e exportações. Ao todo 67,7% destinaram-se as vendas e

27,7% ao consumo próprio total, enquanto 4,3% foram ofertados como gás natural liquefeito. (ANP, 2023)

3.6.3 Uso de gás natural em veículos

O gás natural é utilizado como combustível para veículos motorizados de duas formas. A primeira forma mais comum seria o gás natural comprimido (GNC), popularmente conhecido no Brasil como gás natural veicular (GNV). A outra forma seria o gás natural liquefeito (GNL). Estima-se que os veículos movidos a gás natural emitam 20% menos gases de efeito estufa quando comparados aos veículos movidos a gasolina e diesel. (VISWANATHAN B., 2016)

Existem três modos básicos de aplicação para motores ou veículos movidos a GN:

- Motores/veículos movidos exclusivamente a GN, que utilizam o gás natural comprimido (GNC) e gás natural liquefeito (GNL).
- Motores/veículos com modo bicomcombustível que utilizam a gasolina e o gás natural, onde motor a gasolina de ignição por centelha é adaptado para operar com ambos os combustíveis.
- Modo bicomcombustível para veículos com motores movidos a diesel, em que os motores originalmente a diesel são modificados para utilizar simultaneamente o gás natural e o diesel.

Ambos os três tipos de motores utilizam cilindros a gás para armazenamento do combustível. No caso dos veículos movidos por modo bicomcombustível (gasolina – gás natural e diesel – gás natural), embora possuam dois sistemas de alimentação, apenas um combustível pode ser utilizado por vez. (CHEN, H.; HE, J.; ZHONG, 2019)

Veículos movidos com motores a gás natural são caracterizados por utilizar um único sistema catalítico para a redução de óxidos de nitrogênio (NO_x). Além disso, como não geram fuligem, mantêm as emissões de material particulado (MP) abaixo do limite de 0,01 g/bhp-h, dispensando o uso de filtros de partículas. Isso traz uma vantagem significativa quando comparado aos motores movidos a diesel, visto que precisam de sistemas múltiplos de pós-tratamento para as emissões de material particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NO_x) para atender aos padrões de emissões. (THIRUVENGADHAM A., 2018)

Ainda assim, de acordo com Thiruvengadham, a indústria de transporte

rodoviário exige alta saída de torque e alta potência em seus motores e os motores a diesel são insuperáveis na entrega dessas características, especialmente no segmento de transporte de carga pesada. A adoção de caminhões movidos a gás natural pelas frotas de transporte de carga tem sido lenta, principalmente devido à menor saída de torque dos motores de ignição por faísca e à menor autonomia causada pela menor densidade energética dos tanques de combustível.

Além disso, em países como o Brasil, de acordo com Luis Guilherme Larizzatti Zacharias et al, no Brasil, os incentivos dados aos veículos a gás natural (GNV's) são essencialmente financeiros (com base no mercado). Incentivos não monetários não são aplicados ao mercado brasileiro de GNV (por exemplo, estacionamento gratuito, isenção de rodízio de veículos, faixas exclusivas, permissão para uso da faixa de ônibus, controle de preços do GNV etc.).

Um desses incentivos financeiros é encontrado na cidade de Manaus, promovida pelo Governo do Estado do Amazonas, por meio da Companhia de Gás do Amazonas (CIGÁS), onde incentivos financeiros são disponibilizados a proprietários de veículos que tenham o interesse de instalar o kit gnv em seus veículos.

4 METODOLOGIA

Este trabalho tem como principal métrica a pesquisa aplicada, pois visou-se investigar a possível vantagem na implementação de caminhões movidos a gás natural na distribuição de combustíveis na cidade de Manaus, usando como parâmetro os dados técnicos, operacionais e econômicos que envolvem o uso de um caminhão movido a diesel.

Para atingir o objetivo proposto e para uma melhor compreensão realizou-se um levantamento bibliográfico de forma a entender tanto os aspectos técnicos dos veículos quanto o ambiente no qual estão inseridos. Utilizou-se diferentes fontes técnicas a partir de informações bibliográficas como livros, artigos e trabalhos científicos, além de informações documentais fornecidas em anuários ou relatórios técnicos por órgãos governamentais como a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A coleta dos dados operacionais foi realizada junto a uma transportadora da região, cuja identidade foi preservada para manter a confidencialidade de informações sensíveis. A partir dos dados obtidos referentes a um mês de operação regular da frota, foi realizada uma projeção para um período de 12 meses, mantendo as mesmas condições operacionais, tais como quilometragem mensal, consumo médio por km/l, custos de manutenção e despesas com mão de obra. Essa abordagem permitiu estimar o custo anual de operação dos caminhões movidos a diesel.

Com base nesses dados, foram definidos os parâmetros de comparação para a análise econômica, adotando-se como referência um caminhão movido a gás natural com modelo equivalente em termos de potência, capacidade de carga e configuração operacional. Essa escolha assegura uma análise justa e proporcional entre os dois tipos de veículos.

A abordagem metodológica fundamenta-se na análise quantitativa, por meio do tratamento dos dados operacionais coletados e dos cálculos realizados. Com esses dados, foram elaborados gráficos e tabelas comparativas que ilustram, de forma clara e objetiva, os custos operacionais totais, o consumo médio e a relação custo-benefício entre caminhões movidos a diesel e a gás natural.

4.1 Custos operacionais

Para entender os custos operacionais que envolvem a utilização de um caminhão a diesel, utilizou-se como base a Norma Manual de Custo Operacional Rodoviário de Carga, fornecido pela CONAB. Para isso tomou-se como base a escolha do veículo semipesado em questão de estudo e utilizou-se a tabela abaixo para obtenção dos principais custos.

Figura 6 - Principais custos de um caminhão

Custos/Modelo	Volkswagen/VW 24.280
Preço do caminhão (R\$)	0,00
Vida útil	0
Valor da carroceria baú (R\$)	0,00
Valor do caminhão (R\$)	0,00
Valor de revenda do caminhão (R\$)	0,00
Valor de revenda da carroceria baú (R\$)	0,00
Juros bancários ao ano (%)	0,00
Salário médio do motorista (R\$)	0,00
Custo médio do IPVA (R\$)	0,00
Seguro obrigatório – DPVAT (R\$)	0,00
Custo de manutenção mensal	0,00
Modelo de pneu	0
Preço de pneus (R\$)	0,00
Preço de recapagem (R\$)	0,00
Preço do combustível – diesel S10 (R\$)	0,000
Consumo de combustível (km/l)	0,0
Preço do óleo de carter – em litros (R\$)	0,00
Capacidade do reservatório – em litros	0,0
Quilometragem entre trocas	0
Preço do óleo de câmbio – em litros (R\$)	0,00
Capacidade do reservatório – em litros	0,0
Quilometragem entre trocas	0
Preço da lavagem de carroceria (R\$)	0,00

Fonte: CONAB, 2018

Além disso tomou-se como necessário obter os custos fixos e variáveis que envolvem a utilização do caminhão semipesado no transporte de combustíveis. Dentre os custos variáveis o combustível é um dos elementos que mais impactam de forma direta na análise econômica operacional e para isso tomou-se como base a seguinte tabela.

Figura 7 - Composição do cálculo do custo operacional

Item	Coefficiente	Valor R\$ 1,00	R\$/Km	Custo Mensal
Custo Fixo				
1. Depreciação	0,000000	0,00	-	0,00
2. Remuneração do capital	0,000000	0,00	-	0,00
3. Salário do motorista	0,000000	0,00	-	0,00
4. Licenciamento – IPVA	0,000000	0,00	-	0,00
5. Seguro obrigatório – DPVAT	0,000000	0,00	-	0,00
6. Seguro do caminhão	0,00	$\sum_{i=1}^6 V_i$	-	0,00
Total – Custo Fixo	-	-	-	0,00
Custo Variável				
7. Custo de manutenção	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
8. Pneus e câmaras	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
9. Óleo de câmbio	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
10. Óleo de carter	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
11. Lavagem e graxas	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
12. Combustível	0,0000000000	0,00	0,0000000000	-
Total – Custo Variável	-	-	0,0000000000	-

Fonte: CONAB, 2018

Para os itens apresentados na tabela acima são consideradas equações onde obtém-se os coeficientes necessários para os devidos cálculos de custos operacionais.

A depreciação refere-se a perda de valor do caminhão ao longo do tempo, devido ao seu uso e desgaste. Para calcular a depreciação, utilizou-se o modelo linear, levando em conta o valor total de aquisição do veículo e seu valor residual após 5 anos de uso. (CONAB, 2025). A equação na qual utilizou-se foi a seguinte:

$$\text{Depreciação mensal} = \frac{(1 - k)}{60} \quad (1)$$

Sendo:

- $k = \frac{L}{P}$

Onde:

- L = Valor de revenda total após 5 anos de uso
- P = Preço total de aquisição do caminhão

“Para remuneração de capital considerou-se a meta de taxa de juros de 13,5%, estabelecida no Departamento de Estudos Econômicos e Custos Operacionais da NTC & Logística (Decope)”. Essa remuneração representa o custo

do dinheiro investido na aquisição do caminhão e para isso utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Remuneração mensal} = \left(\frac{2 + (N + 1) \cdot (k + 1)}{2 \cdot N} \right) \cdot \frac{i}{12} \quad (2)$$

Onde:

- $k = \frac{L}{P}$
- $N = \text{Vida útil do veículo}$
- $i = \text{taxa de juros anual}$

Considerando o salário do motorista este é composto pelo:

- Salário base
- Horas extras (quando aplicável)
- Encargos sociais, calculado em 99,18% sobre o salário base

O percentual referente inclui os encargos trabalhistas, previdenciários e demais obrigações legais.

Calcula-se o custo de licenciamento mensal com base na alíquota de 2% (referente ao estado do Amazonas) e considerando um prazo de vida útil do caminhão de 60 meses. Dessa forma, utiliza-se a seguinte equação:

$$\text{Licenciamento} = \frac{2\% \cdot \sum_{i=1}^5 Vi}{60} \quad (3)$$

Onde:

- $Vi = \text{valor do caminhão no respectivo ano } i \text{ de uso.}$

Referente ao antigo seguro DPVAT (Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres) este foi suspenso no ano de 2020, deixando de ser cobrado no período de 2021 a 2024, onde seu principal princípio era amparar as vítimas de acidentes de trânsito em todo o território nacional, não importando de quem seja a culpa dos acidentes (SUSEP). A partir de janeiro de 2025, este seguro voltaria a ser cobrado com uma nova nomenclatura de SPVAT (Seguro Obrigatório

para Proteção de Vítimas de Acidentes de Trânsito), onde está cobrança foi revogada pelo Presidente da República, Luiz Inacio Lula da Silva, através da lei complementar 211/24. Com isso o valor referente a este seguro não entrou como parâmetro para o cálculo do custo operacional. (Agência Câmara de Notícias, 2025).

Calculou-se o seguro do caminhão, sendo que, segundo a SUSEP, sua principal função é “atender às necessidades dos segurados diante da possibilidade de eles terem prejuízo em razão de danos causados acidentalmente pelo uso de seus veículos ou resultante de ação de terceiros. São seguráveis todos os veículos terrestres de propulsão a motor e seus reboques, desde que não andem sobre trilhos”. Para base de cálculo utilizou-se o valor do veículo e um coeficiente de 3,82% fornecido pela seguradora, onde vale lembrar que o valor do seguro sofre depreciação proporcional ao valor do caminhão em cada ano de uso. A equação referente é a seguinte:

$$\text{Seguro do caminhão} = \frac{3,82\% \cdot \sum_{i=1}^5 Vi}{60} \quad (4)$$

Para os custos variáveis, como manutenção, óleo de câmbio, pneus, óleo do cárter, lavagem, graxa e combustível, utilizaram-se os valores praticados no mercado em 2025, os quais são suscetíveis a variações. Para este caso, foram aplicadas as seguintes equações para a obtenção dos coeficientes.

$$\text{Custo de Manutenção} = \frac{\text{Custo mensal}}{\text{km por mês}} \quad (5)$$

$$\text{Pneus} = \frac{\text{Preço} \cdot \text{Quantidade}}{\text{km por mês}} \quad (6)$$

$$\text{Óleo de cambio} = \frac{\text{Preço}}{\text{km entre trocas}} \quad (7)$$

$$\text{Óleo de carter} = \frac{\text{Preço}}{\text{km entre trocas}} \quad (8)$$

$$\text{Lavagem e graxas} = \frac{\text{Preço}}{\text{km por mês}} \quad (9)$$

$$\text{Combustível} = \frac{\text{Preço do litro}}{\text{Consumo}} \quad (10)$$

Por fim, realizou-se o somatório dos custos operacionais fixos e variáveis, resultando no custo operacional total de um caminhão movido a diesel.

$$\text{Custo operacional total} = \sum \text{Custos Fixos} + \sum \text{Custos variáveis} \quad (11)$$

5 RESULTADOS

Tomando como base a revisão bibliográfica realizada e após a entrevista feita com a transportadora para o levantamento de custos que envolvem a operação dos caminhões movidos a diesel na entrega de combustíveis, definiu-se alguns aspectos específicos para realizar-se o comparativo.

O primeiro aspecto definido foi a escolha do modelo de caminhão que serviria como base para este estudo. Para isso, selecionou-se um caminhão Scania P-280, que já vem de fábrica com um motor preparado para operar exclusivamente com gás natural comprimido. Trata-se de um modelo semelhante ao utilizado pela transportadora, também um Scania P-280, porém movido a diesel. A semelhança entre os dois está na potência, sendo ambos equipados com motores de 280 CV. Optou-se por utilizar como referência o modelo movido a gás natural de fábrica por dois motivos.

Figura 8 - Scania P-280 movido a gás natural comprimido



Fonte: Scania, 2025

O primeiro motivo seria que apesar de existir um incentivo financeiro para converter-se veículos movidos com combustíveis convencionais, este não seria suficiente para cobrir os custos gerados na conversão do sistema de um caminhão, visto que o incentivo dado pelo Governo do Estado do Amazonas chega em torno dos R\$4.000,00 e para converter-se o sistema de um caminhão movido a diesel para gás natural ultrapassaria os R\$10.000,00 a depender do modelo.

O segundo motivo que serviu de base para a escolha é o fato de que veículos convertidos fora da fábrica apresentam uma perda significativa de desempenho, uma vez que seus motores são originalmente preparados para operar a diesel. O caminhão modelo Scania P-280 movido a GNC já vem com o motor preparado para

utilizar gás natural e, segundo a própria fabricante, apresenta desempenho semelhante ao modelo movido a diesel em termos de torque e potência. Dessa forma, o comparativo torna-se mais justo, conforme a metodologia estabelecida na Norma Manual de Custo Operacional Rodoviário de Carga

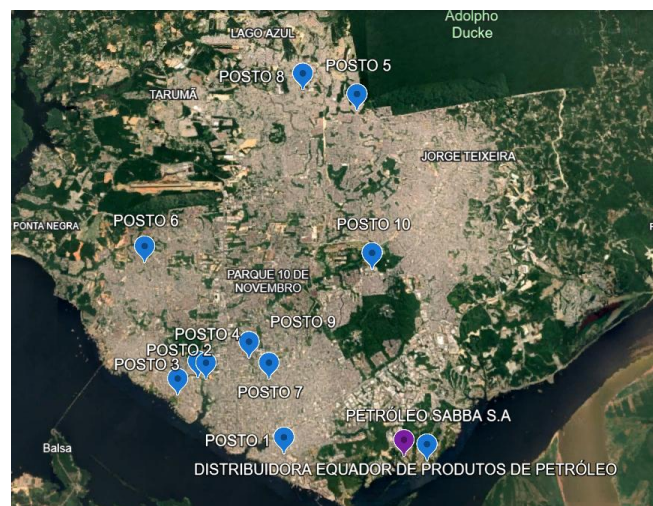
Figura 9 - Comparativo das especificações técnicas do Scania P-280 a diesel e a gás natural comprimido

Potência	Torque	Combustível	Tecnologia de Emissões	PTO do Motor
280 HP	1.400 Nm	Diesel/Biodiesel	SCR	600 Nm
280 HP	1.350 Nm	CNG/LNG	EGR	600 Nm

Fonte: Scania, 2025

Com os dados fornecidos pela transportadora, observaram-se as seguintes características. A primeira delas é a rede de postos, responsável por realizar as entregas diárias de combustíveis. Essa rede conta com cerca de 10 postos bandeirados, distribuídos nas zonas centro-oeste, norte, leste e sul da cidade de Manaus. Além desses postos fixos, a transportadora presta serviços terceirizados para outros postos localizados tanto na cidade quanto no interior. O ponto de partida, onde o caminhão deste estudo fica armazenado, é no próprio posto de combustível, de onde ele sai para realizar entregas nas distribuidoras Distribuidora Equador de Produtos de Petróleo e Petróleo Sabbá S.A.

Figura 10 - Distribuição de postos e distribuidoras na cidade de Manaus



Fonte: Autoria própria, 2025

Conforme a transportadora informou, observou-se que são realizadas em média 3 viagens por dia, totalizando aproximadamente cerca de 200 km rodados diariamente de segunda a sábado, onde o caminhão em específico do estudo anda em uma velocidade média de 60 km/h e tem um consumo de diesel de 2,5 km/l. Estes veículos são abastecidos duas vezes por semana com aproximadamente 400 litros de diesel, volume que corresponde à capacidade total dos tanques.

Tratando-se das manutenções realizadas, são feitas manutenções semanais em uma rede autorizada onde a transportadora do veículo possui vínculo, sendo realizados os devidos ajustes no caminhão conforme demanda, totalizando um gasto aproximado de R\$400 reais, a cada manutenção semanal feita. As trocas de óleo do motor são realizadas a cada 15.000 km, onde são utilizados cerca de 40 litros para troca.

A aquisição deste veículo de modelo Scania P-280, realizou-se no ano de 2023, por um valor aproximado de R\$820.000,00 e mais a carroceria onde é transportado os combustíveis, por cerca de R\$150.000,00, totalizando cerca de R\$ 970.000,00, obtenção está realizada de forma a vista. O tempo de frota dessa transportadora é de 5 anos ao todo por caminhão, onde ao totalizar os 5 anos, este caminhão é revendido e um novo é adquirido, ou seja, este caminhão prestará serviços a transportadora até o ano de 2028.

Tomando-se como base a figura 7, alguns dados não foram utilizados por não serem relevantes, devido a forma como a transportadora adquire e utiliza o caminhão. Neste caso desconsiderou-se itens como recapagem de pneus e juros bancários de financiamento, obtendo-se os seguintes dados.

Tabela 4 - Principais custos Scania P-280 (Diesel)

DESCRIÇÃO	SCANIA P-280 (DIESEL)
Preço do caminhão (R\$)	R\$ 970.000,00
Vida útil	5 anos
Valor da carroceria (R\$)	R\$ 150.000,00
Valor do caminhão (R\$)	R\$ 820.000,00
Valor de revenda do caminhão (R\$)	R\$ 567.404,04
Valor de revenda da carroceria(R\$)	R\$ 100.000,00
Juros bancários ao ano (%)	13,5%

Salário médio do motorista (R\$)	R\$ 6.250,00
Custo médio do IPVA (R\$)	R\$ 13.220,40
Custo de manutenção mensal	R\$ 1.600,00
Modelo de pneu	295/80 R22.5
Preço de pneus (R\$)	R\$ 1800,00 unidade
Preço de recapagem (R\$)	Não considerado
Preço do combustível – diesel S10 (R\$)	R\$ 6,75
Consumo de combustível (km/l)	2,5 km/l
Preço do óleo de carter – em litros (R\$)	R\$ 980,00
Capacidade do reservatório – em litros	32l
Quilometragem entre trocas	10.000 km
Preço do óleo de câmbio – em litros (R\$)	R\$ 1040,00
Capacidade do reservatório – em litros	16l
Quilometragem entre trocas	100.000 km
Preço da lavagem de carroceria (R\$)	R\$ 300,00

Fonte: Autoria própria

Vale ressaltar-se que todos os valores em questão são suscetíveis a mudanças, visto que são dependentes de muitas variáveis, sendo os mais relevantes nesse caso o valor de revenda do caminhão e da carroceria, que está diretamente ligado ao estado de conservação do veículo e da defasagem do veículo no mercado, onde os valores informados são reais e informados como uma média prevista pela tabela FIPE do veículo. Além disso, o preço do combustível, neste caso o diesel encontra-se sempre em constantes mudanças, devido as tendências do mercado nacional e internacional de combustíveis.

Para comparativo de situações, optou-se por comparar o caminhão de modelo Scania P-280 movido a gás natural comprimido, com as mesmas condições operacionais que o modelo Scania P-280 movido a diesel, alterando-se neste caso o valor do caminhão que conseqüentemente alterou o preço final do caminhão, o custo

médio do IPVA e o preço do combustível. Ressalta-se ainda que o valor obtido para o caminhão foi fornecido por uma concessionária revendedora do modelo em questão.

Tabela 5 - Principais custos Scania P-280 (GNC)

DESCRIÇÃO	SCANIA P-280 (GNC)
Preço do caminhão (R\$)	R\$ 1.100.000,00
Vida útil	5 anos
Valor da carroceria (R\$)	R\$ 150.000,00
Valor do caminhão (R\$)	R\$950.000,00
Valor de revenda do caminhão (R\$)	R\$ 622.731,97
Valor de revenda da carroceria(R\$)	R\$ 100.000,00
Juros bancários ao ano (%)	13,5%
Salário médio do motorista (R\$)	R\$ 6.250,00
Custo médio do IPVA (R\$)	R\$ 14.852,31
Custo de manutenção mensal	R\$ 1.600,00
Modelo de pneu	295/80 R22.5
Preço de pneus (R\$)	R\$ 1800,00 unidade
Preço de recapagem (R\$)	Não considerado
Preço do combustível – GNC (R\$)	R\$ 5,75
Consumo de combustível (km/l)	2,5 km/m ³
Preço do óleo de carter – em litros (R\$)	R\$ 980,00
Capacidade do reservatório – em litros	32L
Quilometragem entre trocas	10.000 km
Preço do óleo de câmbio – em litros (R\$)	R\$ 1040,00
Capacidade do reservatório – em litros	16l
Quilometragem entre trocas	100.000 km
Preço da lavagem de carroceria (R\$)	R\$ 300,00

Fonte: Autoria própria

Com todos estes valores registrados pode-se calcular os custos operacionais envolvidos para ambos os caminhões. Com isso começou-se calculando o custo de depreciação mensal para ambos os caminhões através da equação 1, onde obteve-se os seguintes resultados.

SCANIA P-280(Diesel)

$$L = R\$ 667.404,04$$

$$P = R\$ 970.000,00$$

$$K = \frac{667.404,04}{970.000,00} = 0,6880$$

$$\text{Depreciação mensal} = \frac{(1 - 0,6880)}{60} = \frac{0,312}{60} = 0,0052$$

SCANIA P-280(Gás natural comprimido)

$$L = R\$ 722.731,97$$

$$P = R\$ 1.100.000,00$$

$$K = \frac{722.731,97}{1.100.000,00} = 0,6571$$

$$\text{Depreciação mensal} = \frac{(1 - 0,6571)}{60} = \frac{0,343}{60} = 0,0057$$

Para obter o coeficiente referente a remuneração mensal, utilizou-se a equação 2

SCANIA P-280(Diesel)

$$N = 5 \text{ anos}$$

$$i = 13,5\% = 0,135$$

$$K = 0,6880$$

$$\text{Remuneração mensal} = \left(\frac{2 + (5 + 1) \cdot (0,6880 + 1)}{2 \cdot 5} \right) \cdot \frac{0,135}{12}$$

$$\text{Remuneração mensal} = \left(\frac{12,128}{10} \right) \cdot 0,01125$$

$$\text{Remuneração mensal} = 0,0136 \text{ ou } 1,36 \% \text{ ao mês}$$

SCANIA P-280(Gás natural comprimido)

$$N = 5 \text{ anos}$$

$$i = 13,5\% = 0,135$$

$$K = 0,6571$$

$$\text{Remuneração mensal} = \left(\frac{2 + (5 + 1) \cdot (0,6571 + 1)}{2 \cdot 5} \right) \cdot \frac{0,135}{12}$$

$$\text{Remuneração mensal} = \left(\frac{11,943}{10} \right) \cdot 0,01125$$

$$\text{Remuneração mensal} = 0,0134 \text{ ou } 1,34 \% \text{ ao mês}$$

Calculou-se o custo total referente ao salário do motorista baseado no seguinte.

- *Salário base* = R\$ 6.250,00
- *Encargos* = 99,18%

$$\text{Salário} = 6250,00 + (6250,00 \cdot 0,9918)$$

$$\text{Salário} = \text{R\$ } 12.448,75$$

Para calcular o valor relacionado ao licenciamento mensal (IPVA), utilizou-se a equação 3. Vale lembrar que neste caso utiliza-se apenas o preço do caminhão e não considera-se sua carroceria, neste caso o tanque de combustível. Para o modelo a diesel este apresenta uma desvalorização anual de 7,1% e para o modelo a gás natural comprimido este apresenta uma desvalorização anual de 8,1%, ambos os valores fornecidos pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE.

Tabela 6 - Desvalorização em 5 anos do caminhão Scania P-280 (Diesel)

ANO	VALOR
0	R\$ 820.000,00
1	R\$ 761.780,00
2	R\$ 707.693,62
3	R\$ 657.447,37
4	R\$ 610.768,61
5	R\$ 567.404,04

Fonte: FIPE, 2025

$$= \frac{2\% \cdot (761.780 + 707.693,62 + 657.447,37 + 610.768,61 + 567.404,04)}{60}$$

$$\text{Licenciamento mensal} = \frac{66.081,87}{60}$$

$$\text{Licenciamento mensal} = R\$ 1.101,70$$

Tabela 7 - Desvalorização em 5 anos do caminhão Scania P-280 (GNC)

ANO	VALOR
0	R\$ 950.000,00
1	R\$ 873.050,00
2	R\$ 802.332,95
3	R\$ 737.343,98
4	R\$ 677.619,12
5	R\$ 622.731,97

Fonte: FIPE, 2025

$$= \frac{2\% \cdot (873.050 + 802.332,95 + 737.343,98 + 677.619,12 + 622.731,97)}{60}$$

$$\text{Licenciamento mensal} = \frac{74.261,56}{60}$$

$$\text{Licenciamento mensal} = R\$ 1.237,69$$

Para calcular o custo de seguro do caminhão, utilizou-se a equação 4

SCANIA P-280(DIESEL)

$$= \frac{3,8\% \cdot (761.780 + 707.693,62 + 657.447,37 + 610.768,61 + 567.404,04)}{60}$$

$$\text{Seguro do caminhão} = \frac{125.593,56}{60}$$

$$\text{Seguro do caminhão} = R\$ 2.093,23$$

SCANIA P-280(GNC)

$$= \frac{3,8\% \cdot (873.050 + 802.332,95 + 737.343,98 + 677.619,12 + 622.731,97)}{60}$$

$$\text{Seguro do caminhão} = \frac{141.096,96}{60}$$

$$\text{Seguro do caminhão} = R\$ 2.351,62$$

Após obter-se esses valores reuniu-se os mesmos nas tabelas abaixo para obter-se os totais referentes ao custo fixo operacional dos caminhões em questão

Tabela 8 - Custos Operacionais fixos do Scania P-280 (Diesel)

ITEM	COEFICIENTE	VALOR(R\$)	CUSTO MENSAL
Depreciação	0,0052	R\$ 970.000,00	R\$ 5.044,00
Remuneração mensal	0,0136	R\$ 970.000,00	R\$ 13.192,00
Salário do motorista	0	R\$ 12.448,75	R\$ 12.448,75
Licenciamento – IPVA	0	R\$ 1.101,70	R\$ 1.101,70
Seguro	0	R\$ 2.093,23	R\$ 2.093,23
TOTAL	-	-	R\$ 33.879,68

Fonte: Autoria própria

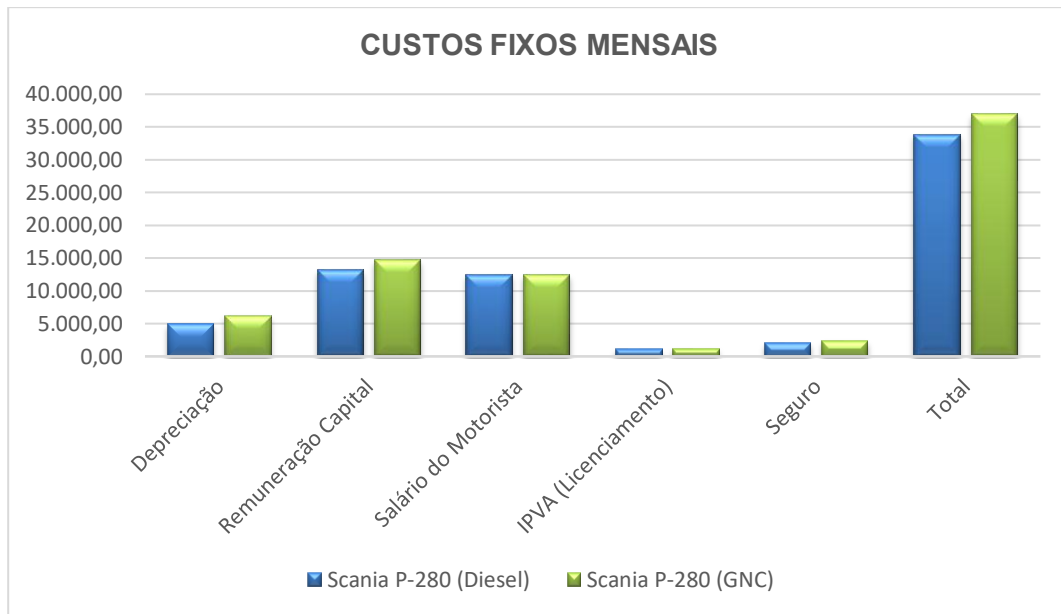
Tabela 9 - Custos operacionais fixos Scania P-280 (GNC)

ITEM	COEFICIENTE	VALOR(R\$)	CUSTO MENSAL
Depreciação	0,0057	R\$ 1.100.000,00	R\$ 6.270,00
Remuneração mensal	0,0134	R\$ 1.100.000,00	R\$ 14.740,00
Salário do motorista	0	R\$ 12.448,75	R\$ 12.448,75
Licenciamento – IPVA	0	R\$ 1.237,69	R\$ 1.237,69
Seguro	0	R\$ 2.351,62	R\$ 2.351,62
TOTAL	-	-	R\$ 37.048,06

Fonte: Autoria Própria

Com os resultados obtidos para ambos os modelos, gerou-se o seguinte gráfico para fins comparativos.

Gráfico 1 – Comparativo dos custos fixos mensais



Fonte: Autoria Própria

Considerando os aspectos operacionais referente a rodagem do caminhão já citados, mensalmente este caminhão roda em média cerca de 5200 km, são feitas 4 lavagens mensais e a cada 90.000 km os pneus são trocados por novos. Referente as manutenções, preços do óleo carter e de cambio, lavagem e preço dos combustíveis, estes encontram-se nas tabelas 1 e 2. Com isso calculou-se os coeficientes para obter-se os custos variáveis.

Para os custos variáveis referente ao Scania P-280 a diesel obteve-se os seguintes custos variáveis, baseado nas equações 5,6,7,8,9 e 10 respectivamente.

$$\text{Custo de Manutenção} = \frac{1600}{5200} = 0,31$$

$$\text{Pneus} = \frac{1800 \cdot 10}{90.000} = 0,20$$

$$\text{Óleo de cambio} = \frac{1040}{100.000} = 0,0104$$

$$\text{Óleo de carter} = \frac{980}{10.000} = 0,098$$

$$\text{Lavagem e graxas} = \frac{300}{1300} = 0,23$$

$$\text{Combustível} = \frac{6,75}{2,5} = 2,70$$

Para os custos variáveis referente ao Scania P-280 movido a gás natural comprimido, o único custo variável no qual calculou-se foi o combustível, visto que apresenta um preço diferente do diesel. Os demais preços mantiveram-se visto que este caminhão em termos de mecânica e funcionamento é semelhante ao modelo movido a diesel.

$$\text{Combustível} = \frac{5,75}{2,5} = 2,30$$

Obtendo-se esses valores registrou-se nas tabelas os valores referentes aos custos variáveis para os devidos cálculos de totais dos custos variáveis de ambos os caminhões.

Tabela 10 - Custos operacionais variáveis Scania P-280 (Diesel)

ITEM	COEFICIENTE	VALOR (R\$ 1,00)	R\$/KM	CUSTO MENSAL
Custo de manutenção	0,31	R\$ 1.600,00	R\$ 0,31	R\$ 496,00
Pneus e Câmaras	0,18	R\$ 1.800,00	R\$ 0,18	R\$ 324,00
Óleo de cambio	0,0104	R\$ 1.040,00	R\$ 0,0104	R\$ 10,82
Óleo de carter	0,098	R\$ 980,00	R\$ 0,098	R\$ 96,04
Lavagem e graxas	0,23	R\$ 300,00	R\$ 0,23	R\$ 69,00

Combustível	2,70	R\$ 6,75	R\$ 2,70	R\$ 14.040,00
TOTAL	-	-	R\$ 3,53	R\$ 15.035,36

Fonte: Autoria própria

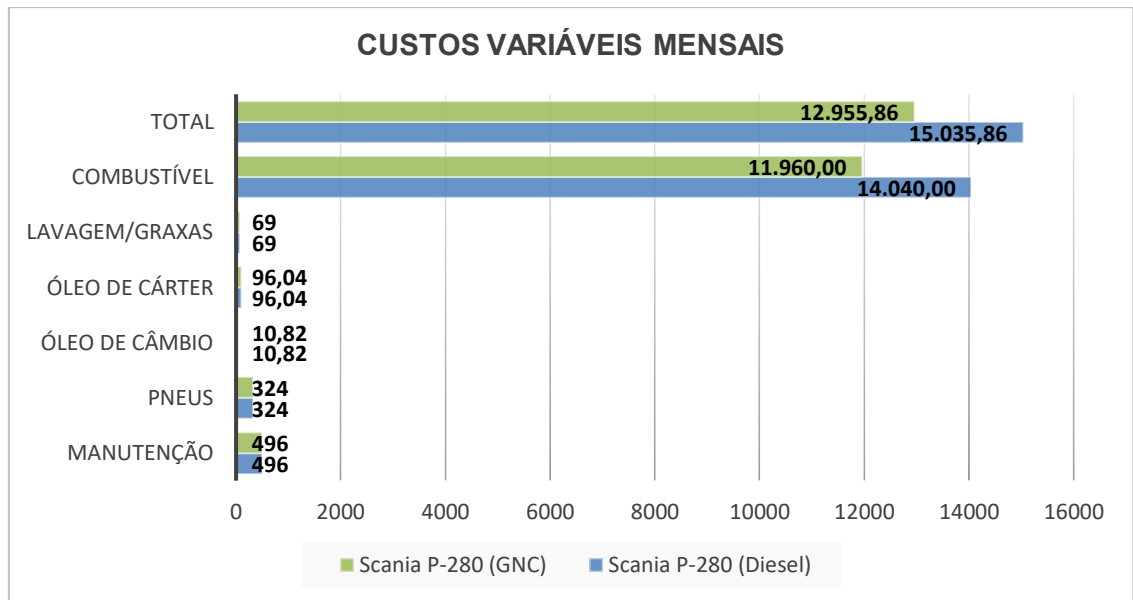
Tabela 11 - Custos Operacionais variáveis Scania P – 280 (GNC)

ITEM	COEFICIENTE	VALOR (R\$ 1,00)	R\$/KM	CUSTO MENSAL
Custo de manutenção	0,31	R\$ 1.600,00	R\$ 0,31	R\$ 496,00
Pneus e Câmaras	0,18	R\$ 1.800,00	R\$ 0,18	R\$ 324,00
Óleo de cambio	0,0104	R\$ 1.040,00	R\$ 0,0104	R\$ 10,82
Óleo de carter	0,098	R\$ 980,00	R\$ 0,098	R\$ 96,04
Lavagem e graxas	0,23	R\$ 300,00	R\$ 0,23	R\$ 69,00
Combustível	2,88	R\$ 5,75	R\$ 2,30	R\$ 11.960,00
TOTAL	-	-	R\$ 3,71	R\$ 12.955,86

Fonte: Autoria própria, 2025

Com os custos fixos e variáveis calculados, pode-se fazer um comparativo através do gráfico e calcular o custo total referente a ambos os caminhões.

Gráfico 2 - Comparativo dos custos variáveis



Fonte: Autoria Própria

Com os dados das tabelas 7 e 9, calculou-se o custo total para o caminhão Scania P-280 a diesel, utilizando a equação 11, onde obteve-se o seguinte resultado.

$$\text{Custo operacional total (diesel)} = \text{R\$ } 33.879,68 + \text{R\$ } 15.035,36$$

$$\text{Custo operacional total (diesel)} = \text{R\$ } 48.915,04$$

Com os dados da tabela 8 e 10, calculou-se o custo total para o caminhão Scania P-280 a gás natural comprimido, utilizando a equação 11, onde obteve-se o seguinte resultado.

$$\text{Custo operacional total (GNC)} = \text{R\$ } 37.048,06 + \text{R\$ } 12.955,86$$

$$\text{Custo operacional total (GNC)} = \text{R\$ } 50.003,92$$

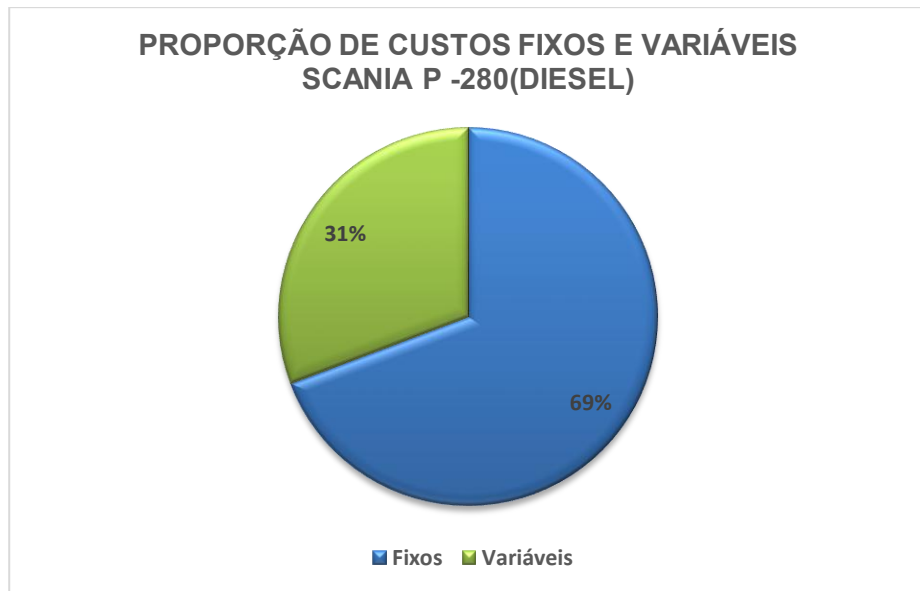
Comparando-se os resultados entre os modelos Scania P-280 movido a diesel e a gás natural comprimido, com base nos dados operacionais reais dessa transportadora presente na cidade de Manaus, pode-se compreender ideias relevantes sobre os custos envolvidos tratando-se do uso de diferentes matrizes energéticas como combustível.

Através dos resultados, revelou-se que, no cenário avaliado, o caminhão movido a gás natural comprimido apresentou um custo operacional total superior ao do caminhão movido a diesel. O custo mensal estimado para o modelo movido a GNC foi de R\$ 50.003,92, enquanto o modelo a diesel apresentou um custo de R\$ 48.915,04, sendo neste caso uma diferença de R\$1.088,88, o que representa aproximadamente 2,23% a mais no custo mensal. Embora pareça ser uma pequena diferença, ganha-se demasiada relevância visto que a frota pertencente a empresa conta com outros 6 caminhões de diferentes modelos e que a cada 5 anos esta frota é renovada.

O principal fator no qual contribuiu-se para esta diferença foram os custos fixos mais elevados associados ao modelo movido a GNC, visto que trata-se de um modelo com um valor de aquisição mais alto – R\$ 1.100.000,00 contra R\$ 970.000,00 do modelo a diesel – o que conseqüentemente acarreta-se uma depreciação mensal mais significativa, além de elevar os valores do IPVA, do seguro e da remuneração do capital investido. Esses fatores quando somados geram um custo fixo mensal de R\$ 37.048,06 para o modelo movido a GNC, contra R\$ 33.879,68, tendo-se neste caso uma diferença de R\$ 3.168,38.

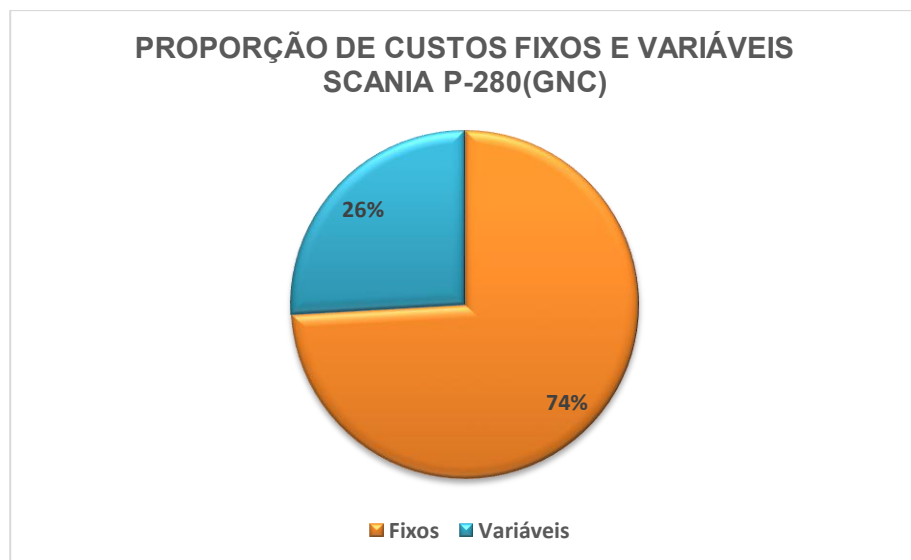
Por outro lado, os custos variáveis referentes ao modelo movido a GNC mostrou-se ser mais vantajoso, especificamente tratando-se dos combustíveis, visto que os demais custos variáveis como manutenção e lubrificantes, são similares entre os modelos devido à equivalência dos componentes mecânicos. Observando-se da perspectiva dos combustíveis, para o modelo a GNC este apresentou um custo mensal de R\$ 11.960,00 contra R\$ 14.040,00, sendo assim uma diferença de R\$ 2.080,00. Este cenário é perceptível nos gráficos, onde mostra-se um comparativo proporcional relacionado a ambos os modelos de caminhões.

Gráfico 3 - Proporção de custos Scania P-280 (Diesel)



Fonte: Autoria própria

Gráfico 4 - Proporção de custos Scania P-280 (GNC)



Fonte: Autoria Própria

Por fim nota-se que para o cenário atual em questão, essa vantagem nos custos variáveis não é suficiente para compensar os custos fixos mais altos referente ao modelo movido a GNC, resultando em um custo mensal superior, onde com isso tal investimento não justifica-se.

Esta perspectiva mudaria caso houvesse uma redução em impostos que incidem sobre o valor do veículo como é o caso do IPI, ICMS, PIS/COFINS e até mesmo o IPVA. Supondo-se neste caso um cenário ideal, considerando-se que o

governo do estado do Amazonas em forma de incentivo zerasse o valor de 2% do IPVA que incide sobre veículos pesados, neste caso especificamente para aqueles movidos a gás natural comprimido, ter-se-ia os seguintes resultados.

Tabela 12 – Custos fixos operacionais Scania P-280(GNC) com isenção no IPVA

ITEM	COEFICIENTE	VALOR(R\$)	CUSTO MENSAL
Depreciação	0,0057	R\$ 1.100.000,00	R\$ 6.270,00
Remuneração mensal	0,0134	R\$ 1.100.000,00	R\$ 14.740,00
Salário do motorista	0	R\$ 12.448,75	R\$ 12.448,75
Licenciamento – IPVA	0	R\$ 0	R\$ 0
Seguro do Caminhão	0	R\$ 2.351,62	R\$ 2.351,62
TOTAL	-	-	R\$ 35.810,37

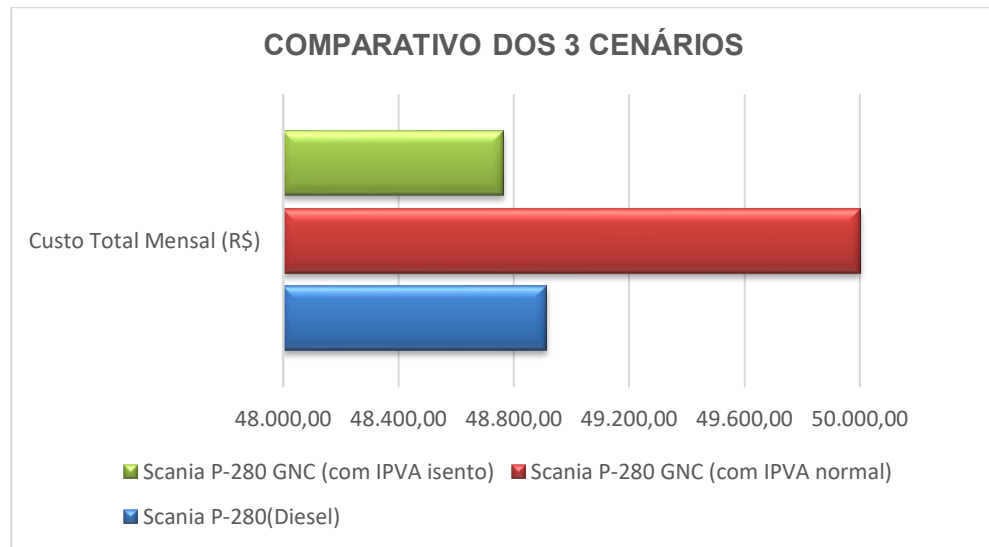
Fonte: Autoria própria

$$\text{Custo operacional total (GNC)} = \text{R\$ } 35.810,37 + \text{R\$ } 12.955,86$$

$$\text{Custo operacional total (GNC)} = \text{R\$ } 48.766,23$$

Observa-se que mesmo com a isenção do IPVA o custo fixo ainda mantém-se maior para o caminhão movido a gás natural comprimido quando comparado com o movido a diesel, mas ressalta-se que os custos variáveis são consideravelmente menores, onde neste caso o custo operacional total para o caminhão movido a GNC apresenta uma diferença de R\$ 148,81 a menos quando comparado ao modelo movido a diesel, o que representa uma diferença de 0,30%.

Gráfico 5 - Comparativo do custo total dos 3 cenários



6 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, concluiu-se que, no cenário atual a implementação de caminhões movidos a gás natural comprimido (GNC) na frota utilizado para o transporte de combustíveis na cidade de Manaus ainda é economicamente inviável, quando comparado ao modelo movido a diesel.

Mesmo que o modelo movido a gás natural comprimido apresentou um custo variável significativamente mais baixo, influenciado principalmente pelo custo do combustível que é significativamente mais baixo quando comparado ao diesel, os custos fixos associados ao modelo movido a gás natural são mais altos, afetado principalmente pelo preço do caminhão, IPVA, seguro e depreciação, fazendo com que o custo operacional total mensal seja superior ao modelo movido a diesel.

Observando-se de forma isolada, apesar de a diferença ser de R\$ 1.088,88 o que parecer ser uma pequena diferença, torna-se relevante para a transportadora visto que ao considerar uma frota composta por 5 caminhões, isto impactaria diretamente na viabilidade econômica da operação, aumentando os custos de forma significativa.

Entretanto, em um cenário com incentivos fiscais adequados, como a isenção do IPVA, essa diferença poderia ser revertida, tornando o modelo movido a gás natural comprimido mais competitivo. Como mostrado nos resultados, apenas com a isenção do IPVA, apresentou-se uma pequena margem de vantagem, o que com certeza com outros incentivos ou isenções aplicadas, essa margem de vantagem seria bem maior.

Portanto, para isso uma política pública e aplicável poderia ser adotada pelo Governo Estadual do Amazonas, através da criação de um programa estadual de incentivo a transição energética no setor de transportes em geral, visto que os caminhões utilizados no transporte de combustíveis são os mesmos utilizados no transporte de outras mercadorias diferenciando-se apenas pela carroceria. Esses incentivos podem ser realizados da seguinte forma:

1. Isenção total ou parcial do IPVA, como já abordado aqui neste trabalho e baseado também em iniciativas similares já aplicadas em outros estados, como São Paulo, que aprovou isenção do IPVA para veículos híbridos e movidos a hidrogênio. Esse tipo de política, quando adaptada à realidade

local, pode acelerar a modernização da frota e reduzir os impactos ambientais.

2. Concessão de créditos fiscais mediante abatimento de tributos incidentes sobre o valor do veículo, como o IPI e o ICMS.
3. Criação de linhas de financiamento específicas para a aquisição de caminhões movidos a gás natural comprimido com taxas reduzidas, por instituições como AFEAM (Agência de Fomento do Estado do Amazonas).

Recomenda-se para estudos futuros realizar um estudo comparativo entre o caminhão movido a gás natural comprimido e caminhões que utilizam outras tecnologias, como os elétricos ou movidos a hidrogênio, considerando, neste caso, os aspectos econômicos, operacionais e ambientais.

Por fim recomenda-se também fazer um estudo que avalie de forma técnica a infraestrutura de abastecimento de gás natural comprimido não somente para a cidade de Manaus, mas sim para o estado do Amazonas como um todo, levando em conta as cidades que são contempladas com o gasoduto. Esse estudo ajudará a avaliar a cobertura atual da rede de postos de abastecimento e os investimentos necessários para garantir suporte logístico e que atenda as demandas das frotas de caminhões movidos a gás natural comprimido.

REFERÊNCIAS

HOSSEINI, Mehdi; DINCER, Ibrahim; OZBILEN, Ahmet. **Expert opinions on natural gas vehicles: research needs for energy policy development.** In: DINCER, Ibrahim et al. (org.). *Exergetic, energetic and environmental dimensions.* Amsterdam: Academic Press, 2018. cap. 3.1, p. 731–750.

DAVID, Robert Carvalho de Azevedo. **ESSE RIO É MINHA RUA:** perspectivas para o transporte fluvial de passageiros no Amazonas. Manaus: 2019.

FERREIRA, Márcio Antônio Couto. **Transporte fluvial por embarcações mistas no Amazonas:** uma análise do trecho Manaus-Coari e Manaus- Parintins. 2016.

MEDEIROS, Juliana Terezinha da Silva. **O transporte fluvial e o direito à dignidade da pessoa humana Amazônia.** Manaus: 2011.

FALCÃO, V. A. **Demanda aeroportuária de Manaus e sua influência para o setor de turismo da região.** *Journal of Transport Literature*, v. 7, n. 1, p. 127–146, 2013.

MORIARTY, Kristi. **High octane fuel:** Terminal backgrounder. Estados Unidos: NREL, fev. 2016

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Anuário Estatístico Brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis: 2023.** Rio de Janeiro: ANP, 2023.

SPEIGHT, J. **Handbook of industrial hydrocarbon processes.** 2. ed. Oxford, England: Gulf Professional Publishing, 2019.

KAYSER, M. J; MCALLISTER, E. W. **Pipeline rules of thumb handbook:** A manual of quick, accurate solutions to everyday pipeline engineering problems. 7. ed. Gulf Professional Publishing, 2009.

TAN, Y. H.; ABDULLAH, M. O.; NOLASCO-HIPOLITO, C. **The potential of waste cooking oil-based biodiesel using heterogeneous catalyst derived from various calcined eggshells coupled with an emulsification technique:** A review on the emission reduction and engine performance. *Renewable and Sustainable Energy*

Reviews, v. 47, p. 589–603, 2015.

KLIMSTRA, J. **Fuel flexible energy generation: Solid, liquid and gaseous fuels**. Cambridge, Inglaterra: Woodhead Publishing, 2015.

XIN, Q. **Diesel Engine System Design**. [s.l.] Woodhead Publishing, 2011.

THIRUVENGADAM, A. et al. Natural gas vehicles in heavy-duty transportation-A review. **Energy policy**, v. 122, p. 253–259, 2018.

VISHNYAKOV, V. et al. **Primer on enhanced oil recovery**. Oxford, Inglaterra: Gulf Professional Publishing, 2019.

VISWANATHAN, B. **Energy sources: Fundamentals of chemical conversion processes and applications**. Londres, Inglaterra: Elsevier Science, 2017.

LARIZZATTI ZACHARIAS, L. G. et al. Natural gas as a vehicular fuel in Brazil: Barriers and lessons to learn. **Energy policy**, v. 167, n. 113056, p. 113056, 2022.

CHEN, H.; HE, J.; ZHONG, X. Engine combustion and emission fuelled with natural gas: A review. **Journal of the Energy Institute**, v. 92, n. 4, p. 1123–1136, 2019.

ABEGÁS. **Gás natural: quando o potencial vai virar realidade**. Rio de Janeiro: ABEGÁS, 2020. Disponível em: <https://www.abegas.org.br/arquivos/76388>. Acesso em: 14 jun. 2025.

GASNET – O Site do Gás Natural. **Gás natural para ônibus: mundo prova que combustível não é defasado**. São Paulo: GasNet, 2010. Disponível em: <https://www.gasnet.com.br/Conteudo/Detalhe/8911>. Acesso em: 10 jul. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES (ANTT). **Informações gerais**. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/informacoes-gerais>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS (ANTAQ). **Competências**. Disponível em: https://www.gov.br/antag/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/copy_of_competencias. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Oleodutos de transporte e transferência**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/armazenamento-e-movimentacao-de-produtos-liquidos/oleodutos-de-transporte-e-transferencia>. Acesso em: 14 jun. 2025.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO AMAZONAS (CIAMA). **Portos**. Disponível em: <https://www.ciama.am.gov.br/portos/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

TRANSPORTADORA ASSOCIADA DE GÁS (TAG). **Urucu-Coari-Manaus**. Disponível em: https://ntag.com.br/arquivos_transp/urucu-coari-manaus/. Acesso em: 14 jun. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados: Manaus – AM. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html>. Acesso em: 14 jun. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Frota de veículos - Manaus (AM)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/pesquisa/22/28120>. Acesso em: 14 jun. 2025.

CIGÁS – Companhia de Gás do Amazonas. **Gás natural**. Manaus: CIGÁS, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cigas-am.com.br/gas-natural>. Acesso em: 14 jun. 2025.

PORTO DE MANAUS. **Porto de Manaus – o coração da Amazônia**. Disponível em: <https://portodemanaus.com.br/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **CDP – Consulta de dados públicos**. Disponível em: https://cdp.anp.gov.br/ords/r/cdp_apex/consulta-dados-publicos%20cdp/home?session=13907641203112. Acesso em: 14 jun. 2025.

ROGERS, K. **The first gas station**. Disponível em: <https://saferack.com/posts/the-first-gas-station/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

FERREIRA, D. B. **The evolution of gas stations: from roadside stops to**

architectural landmarks. Disponível em: <https://www.archdaily.com/1028278/the-evolution-of-gas-stations-from-roadside-stops-to-architectural-landmarks>. Acesso em: 14 jun. 2025.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **30.202 – Norma Manual de Cálculo de Custo Operacional Rodoviário de Carga.** Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/atos-normativos/normas-da-organizacao/operacoes/30-202-norma-manual-calculo-custo-operacional-rodoviario-carga.pdf/view>. Acesso em: 14 jun. 2025.

SCANIA. **Caminhões Scania a gás.** Disponível em: <https://www.scania.com/br/pt/home/products/trucks/gas-truck.html>. Acesso em: 14 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Campo de Rio Urucu.** Brasília: ANP, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/desenvolvimento-e-producao/pd/rio_urucu.pdf. Acesso em: 08 jul. 2025.