



Sumário Executivo

Motorizações alternativas em caminhões e ônibus no Brasil

Contextualização e possíveis trajetórias de inserção

Dezembro 2023

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Marcelo Castello Branco Cavalcanti

Equipe Técnica

Bruno Rodamilans Lowe Stukart

Filipe de Pádua Fernandes Silva

Patricia Feitosa Bonfim Stelling

Suporte Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

MOTORIZAÇÕES ALTERNATIVAS EM CAMINHÕES E ÔNIBUS NO BRASIL: CONTEXTUALIZAÇÃO E POSSÍVEIS TRAJETÓRIAS DE INSERÇÃO

Nota Técnica NT-EPE-DPG-SDB-2023-02

Controle de revisão	Data	Descrição
1.0	21/12/2023	Versão aprovada para divulgação.

Foto da capa: Freepik.

Ficha técnica

(composição dos cargos em 20 de dezembro de 2023)



Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretário Executivo

Efrain Pereira da Cruz

Secretário de Energia Elétrica

Gentil Nogueira de Sá Junior

Secretário de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Vitor Eduardo de Almeida Saback

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Pietro Adamo Sampaio Mendes

Secretário de Planejamento e Transição Energética

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

www.mme.gov.br

Presidente

Thiago Guilherme Ferreira Prado

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Thiago Ivanoski Teixeira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Reinaldo da Cruz Garcia

Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

www.epe.gov.br

Rio de Janeiro, 2023

Sumário Executivo

O Brasil tem registrado nos últimos anos um processo de aceleração da difusão de motorizações alternativas na frota de veículos pesados. As principais tecnologias que integram esse processo são a propulsão elétrica a bateria e a propulsão a gás natural.

A promoção dessas motorizações alternativas tem se intensificado a partir da maior mobilização de empresas em estratégias de sustentabilidade e em compromissos de redução de emissões, assim como pela reorientação de formuladores de políticas públicas e de governos locais em prol de políticas de mobilidade urbana sustentável.

Diante da perspectiva de demanda crescente por essas motorizações alternativas no País, os fabricantes que atuam no mercado nacional têm promovido lançamentos de novos modelos e anunciado planos para o futuro. Com isso, espera-se que a oferta de caminhões e ônibus com propulsão alternativa para os consumidores brasileiros seja cada vez maior ao longo dos próximos anos.

Nesse contexto, este estudo visou identificar possíveis trajetórias de inserção da propulsão elétrica a bateria e da propulsão a gás natural/biometano no mercado brasileiro de caminhões e ônibus até 2050, avaliando os seus impactos sobre a frota circulante, as emissões de gases de efeito estufa e a demanda energética desse segmento. Foram elaboradas três trajetórias, intituladas: (i) Trajetória de Referência; (ii) Trajetória EV+; e (iii) Trajetória GN+.

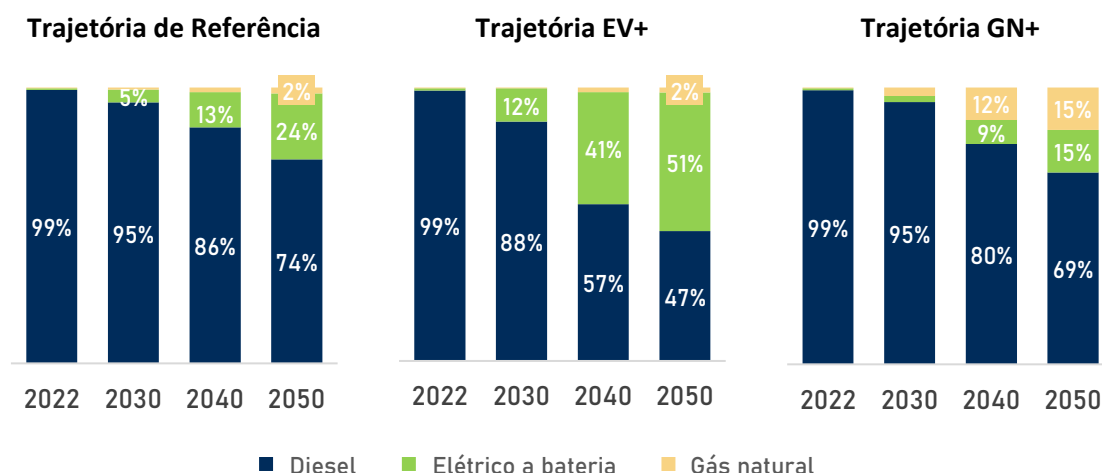
Trajetória de Referência: baseada em um contexto no qual o progresso tecnológico, investimentos na expansão de infraestrutura e desenvolvimento de políticas públicas em prol de motorizações alternativas progridem em linha com as expectativas atuais. Projeta-se a redução de algumas barreiras à adoção dessas tecnologias, sobretudo para a propulsão elétrica a bateria. Apesar desses avanços, o motor a diesel mantém a sua longa hegemonia.

Trajetória EV+: estabelecida em um contexto de ampla convergência de estratégias de fabricantes, fornecedores e clientes, assim como de esforços de governos locais e nacionais e de organizações multilaterais no sentido de maiores desenvolvimentos tecnológicos em prol de veículos elétricos a bateria. Com isso, há um crescimento acelerado da eletrificação para além de nichos de mercado, com avanços em diversas aplicações e categorias de caminhões e ônibus.

Trajetória GN+: fundamentada em um contexto favorável ao gás natural/biometano como combustível de veículos pesados no Brasil, proporcionando ganhos na

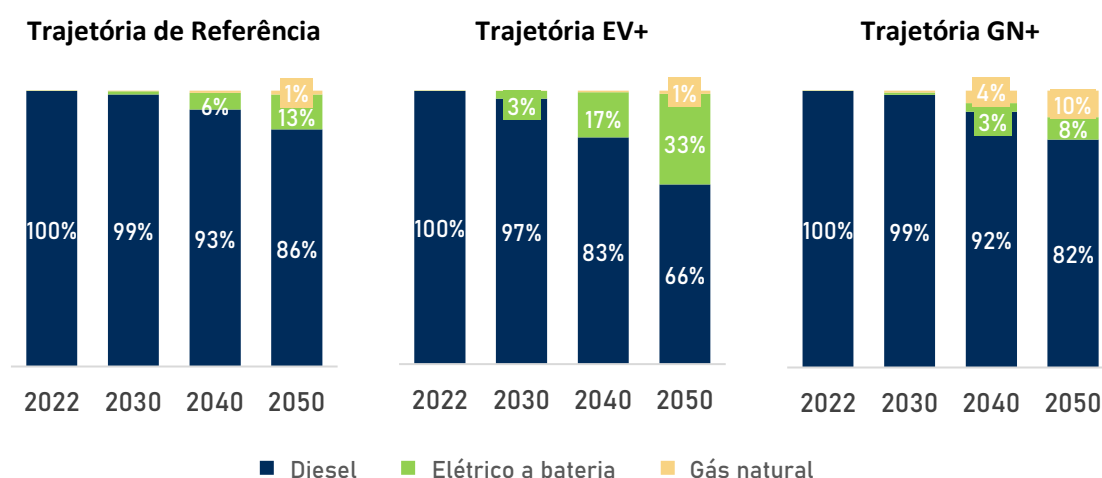
competitividade técnica e econômica dessa propulsão em determinados segmentos do mercado brasileiro de caminhões e ônibus.

Perfil de motorização do licenciamento total de caminhões e ônibus novos no Brasil



As motorizações alternativas avançarão gradualmente nas vendas de caminhões e ônibus novos no Brasil ao longo das próximas décadas. O elétrico a bateria apresenta maior potencial de penetração nesse mercado, em comparação à alternativa do gás natural. Na Trajetória EV+, os elétricos alcançam metade do licenciamento total em 2050, com amplo domínio nas vendas de ônibus novos e progresso expressivo em caminhões. Por sua vez, o desenvolvimento da tecnologia a GNC/biometano pouco prospera além de nichos de mercado, atingindo máxima de 15% do mercado em 2050 na Trajetória GN+. Em que pesem esses avanços, as projeções indicam que os veículos pesados a diesel devem manter a sua hegemonia por um longo período.

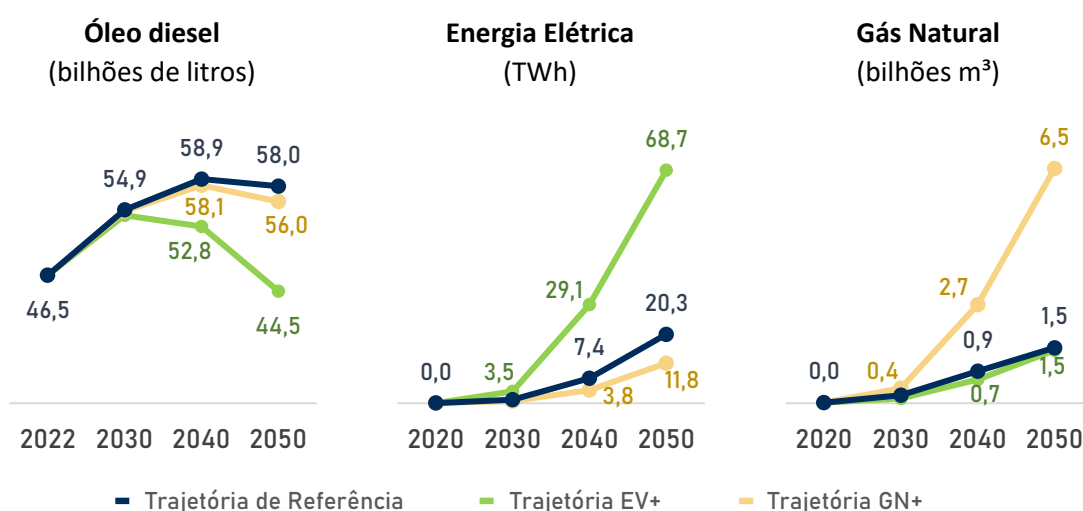
Perfil de motorização da frota circulante de caminhões e ônibus no Brasil



Os avanços do elétrico a bateria e do gás natural na frota circulante acompanham as curvas de penetração dessas tecnologias no licenciamento total, ainda que seus efeitos sejam sentidos de forma muito mais branda.

Na Trajetória de Referência, as motorizações alternativas respondem, em 2050, por 14% da frota circulante de veículos pesados. Grande parte desse avanço é do elétrico a bateria, enquanto a propulsão a gás natural exibe inserção limitada. A frota em 2050 é composta por 479 mil veículos pesados elétricos e 52 mil a gás natural. Na Trajetória EV+, o avanço do elétrico a bateria é mais consistente, alcançando em 2050 mais de 30% da frota circulante de veículos pesados (ultrapassando 1,2 milhão). Por sua vez, na Trajetória GN+, a propulsão a GNC/biometano alcança 10% da frota circulante de veículos pesados em 2050 (360 mil).

Demanda de óleo diesel, energia elétrica e gás natural de veículos pesados no Brasil



Em termos de consumo energético, o motor a diesel segue como a tecnologia dominante em todas as trajetórias. A sua participação na demanda de energia de veículos pesados varia de 84% na Trajetória EV+ a 94% na Trajetória de Referência. Os elétricos a bateria alcançam participação máxima de 13% em 2050 na Trajetória EV+, enquanto o máximo da propulsão a gás natural é de 11% na Trajetória GN+.

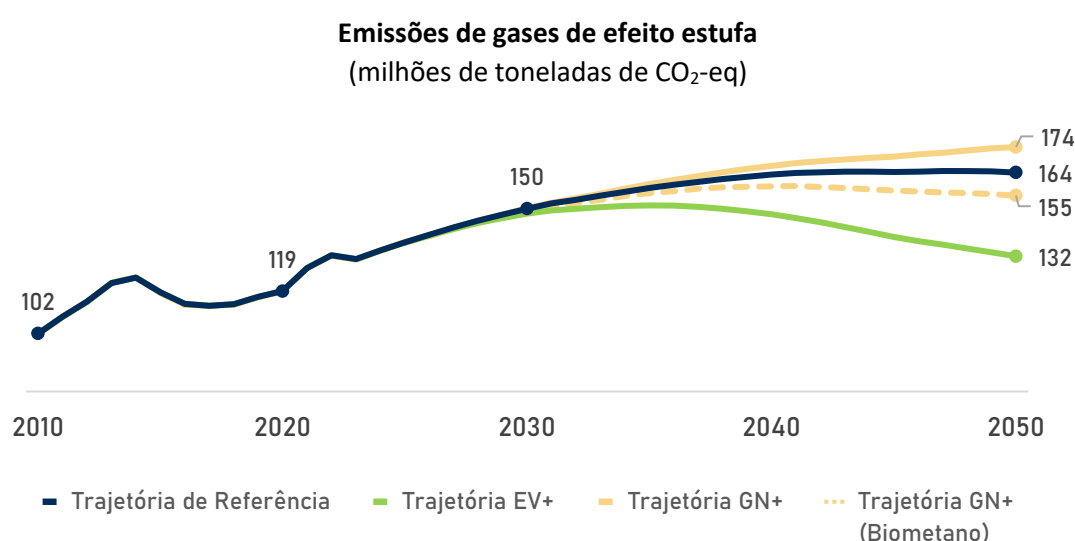
A análise individual das fontes energéticas indica que, a depender do grau de inserção das tecnologias alternativas de motorização na frota brasileira de veículos pesados, a variação do consumo pode ser expressiva.

O consumo de diesel por caminhões e ônibus é 23% menor na Trajetória EV+ do que na Trajetória de Referência, diante da inserção mais acelerada da propulsão elétrica a bateria em detrimento do motor a diesel. Essa redução, de 14 bilhões de litros, é semelhante às importações brutas de diesel realizadas pelo Brasil em 2022, e equivale a cerca de 20% do atual consumo total de óleo diesel do País.

O consumo de energia elétrica por veículos pesados no Brasil é crescente em todas as três trajetórias e alcança a máxima de 68,7 TWh em 2050 na Trajetória EV+, sendo três vezes maior que o estimado na Trajetória de Referência. Esse montante equivale a 12% do consumo final de eletricidade do Brasil em 2022.

A demanda de gás natural da frota brasileira de caminhões e ônibus também é crescente nas trajetórias avaliadas neste estudo, alcançando 6,5 bilhões m³ em 2050 na Trajetória GN+. Essa quantidade é quatro vezes maior que a estimada na Trajetória de Referência, sendo equivalente a 26% da demanda total de gás natural no País e semelhante ao volume médio importado no Gasbol em 2022.

Emissões de gases de efeito estufa da frota circulante de veículos pesados no Brasil



Na Trajetória de Referência, as emissões de gases de efeito estufa da frota circulante de caminhões e ônibus no Brasil aumentam de 132 milhões de toneladas de CO₂-eq em 2022 para 164 milhões de toneladas de CO₂-eq em 2050, o que representa um crescimento de 0,8% a.a. no período.

A Trajetória EV+ alcança o menor nível de emissões de gases de efeito estufa em 2050 dentre as trajetórias avaliadas – 132 milhões de toneladas de CO₂-eq, sendo a mesma quantidade emitida por veículos pesados no Brasil em 2022. As emissões totais dessa trajetória são 20% menores em 2050 em comparação às da Trajetória de Referência.

Por sua vez, a Trajetória GN+ apresenta incremento de 6% nas emissões de gases de efeito estufa em 2050 em relação à trajetória referencial, uma vez que o gás natural de origem fóssil exibe maior intensidade de carbono que o diesel. Alternativamente, caso todo o consumo de gás natural da frota de caminhões e ônibus no Brasil seja realizado sob a forma de biometano, a emissão de gases de efeito estufa seria 5% menor em 2050 do que na trajetória referencial.

