



NOTA TÉCNICA

DEMANDA DE ENERGIA DOS VEÍCULOS LEVES: 2023-2032

DEZEMBRO DE 2022

Ministério de
Minas e Energia



Imagens da Capa

1. Divulgação livre. Obtidas em freepik.com

Diretora

Heloisa Borges Bastos Esteves

Coordenação Executiva

Angela Oliveira da Costa

Coordenação Técnica

Angela Oliveira da Costa

Rachel Martins Henriques

Equipe Técnica

Angela Oliveira da Costa

Bruno R. Lowe Stukart

Leônidas Bially O. dos Santos

Marina Damião Besteti Ribeiro

Rachel Martins Henriques

Rafael Barros Araujo

Pesquisadora visitante

Laene Soares

Suporte Administrativo

Sergio Augusto Melo de Castro

Ministério de
Minas e Energia 

Ministro de Estado

Adolfo Sachsida

Secretário-Executivo

Hailton Madureira de Almeida

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento
Energético**

José Guilherme de Lara Resende

Secretário de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

Rafael Bastos da Silva

<http://www.mme.gov.br>



Presidente

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e
Ambientais**

Giovani Vitória Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Thiago Vasconcelos Barral Ferreira (interino)

**Diretora de Estudos do Petróleo, Gás e
Biocombustíveis**

Heloisa Borges Bastos Esteves

Diretora de Gestão Corporativa

Angela Regina Livino de Carvalho

<http://www.epe.gov.br>

■ Identificação do Documento e Revisões



Área de estudo

Diretoria de Estudos do Petróleo, Gás e Biocombustíveis (DPG)

Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (SDB)

Estudo

Demanda de Energia dos Veículos Leves: 2023-2032

Revisão	Data de emissão	Descrição
r0	27/12/2022	Publicação Original

■ Sumário

Introdução	1
1. Licenciamento e Frota Circulante de Veículos Leves	1
1.1. Eletromobilidade.....	4
1.2. Premissas	6
2. Demanda do ciclo Otto.....	10
3. Gasolina automotiva	10
4. Etanol	11
5. Box	12
6. Considerações finais.....	13
Referências bibliográficas	14

■ Lista de Tabelas

Tabela 1 Projeções de demanda de gasolina C e A	11
Tabela 2 Projeções de demanda de etanol hidratado e anidro	11
Tabela 3 Demanda de gasolina C e A para trajetória de nova curva de penetração tecnológica.....	12

■ Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Licenciamento Mensal de Veículos Leves jan/19 – nov/22	2
Gráfico 2 – Licenciamento de híbridos e elétricos e participação no licenciamento total	5
Gráfico 3 – Frota de Veículos Leves 2023 – 2032	8
Gráfico 4 – Participação na frota ciclo Otto.....	8
Gráfico 5 – Evolução da taxa de motorização	9
Gráfico 6 – Demanda Global do Ciclo Otto*	10

Introdução

A projeção de demanda de energia para veículos leves do ciclo Otto (gasolina e etanol automotivos) e híbridos e elétricos, para o horizonte de estudos 2023-2032, foi obtida através de um modelo contábil desenvolvido pela EPE. Para isso, além do cenário econômico, foram considerados diversos aspectos, dentre eles, os relacionados ao licenciamento de veículos leves e a curva de penetração de novas tecnologias, à oferta interna de etanol, ao preço doméstico da gasolina e à preferência do consumidor entre gasolina C (gasolina A + etanol anidro) e etanol hidratado no abastecimento de veículos *flex fuel*. Observe-se que o presente estudo considerou os desdobramentos da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) (BRASIL, 2017) e do Programa Combustível do Futuro (CNPE, 2021). Foram construídas duas trajetórias de penetração de novas tecnologias veiculares no horizonte 2032.

1. Licenciamento e Frota Circulante de Veículos Leves

Em 2021, foram licenciados 1,9 milhão de veículos leves novos no Brasil (ANFAVEA, 2022), 1,1% superior ao observado em 2020, não havendo, portanto, diferença significativa entre os dois valores. Os patamares de venda ao longo de 2021 não retornaram aos volumes comercializados antes da pandemia, mesmo com a leve retomada do ritmo do licenciamento de veículos leves no país ao fim de 2020. O total registrado até novembro de 2022 era 1,5% menor em relação ao mesmo período do ano anterior, com redução das vendas de veículos a gasolina, comerciais leves a diesel e *flex fuel* e a manutenção do crescimento percentual expressivo de licenciamentos de híbridos e elétricos. Este comportamento trouxe novos desafios para a estimativa de unidades licenciadas nesse horizonte de estudos. Note-se que a projeção do licenciamento de veículos leves ora apresentada é coerente com a trajetória de referência do Caderno de Estudo “Premissas econômicas e demográficas” para os próximos 10 anos (EPE, 2022a), que considera o crescimento econômico, abrangendo a recuperação gradual da economia brasileira e a rota de endividamento das famílias. Nesse contexto, projeta-se um incremento da frota nacional circulante de automóveis e comerciais leves, que cresce a uma taxa média anual de 3,2% (2023-2032), e deverá atingir a marca de 53,1 milhões de unidades, sendo 47,3 milhões para o ciclo Otto, ao fim do período.

Cabe ressaltar que a entrada de veículos novos se configura como um fator importante na modificação do perfil da frota, seja em termos de redução da idade média, seja em termos de participação do combustível utilizado e eficiência.

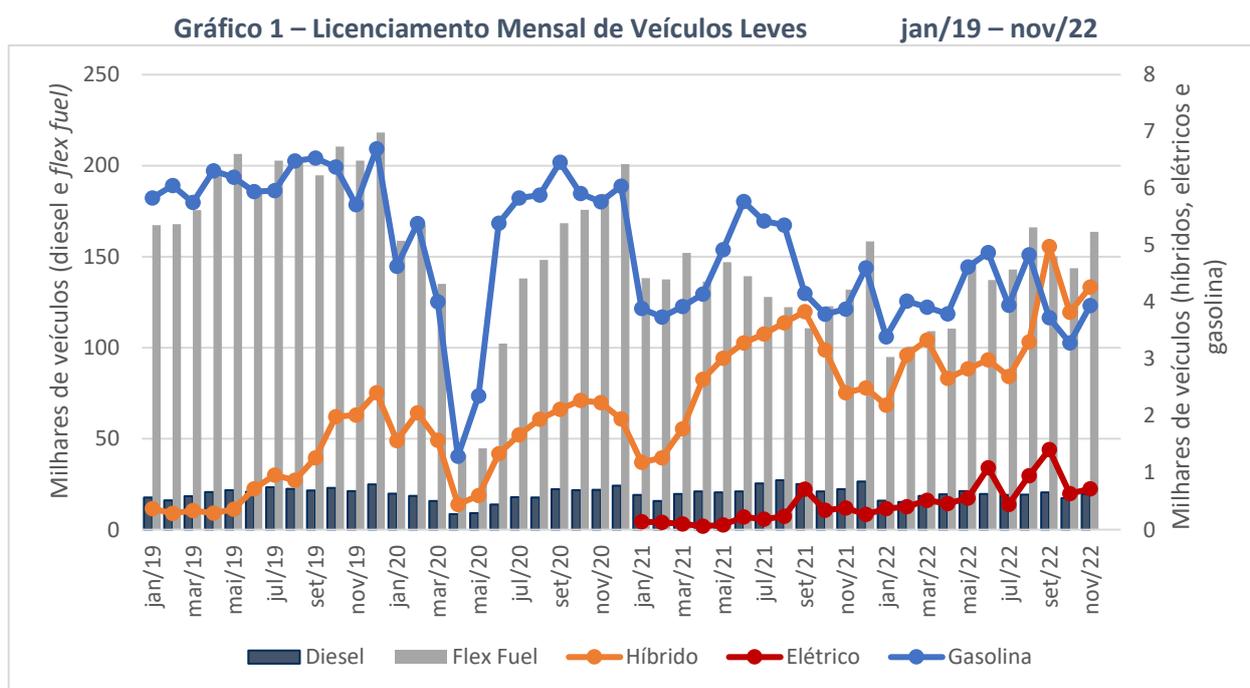
A evolução do perfil de licenciamento das diversas categorias foi definida em função dos avanços tecnológicos obtidos, do crescimento da economia e dos incentivos concedidos através de programas e políticas governamentais. Contemplou-se, ainda, a singularidade do mercado nacional de combustíveis, que disponibiliza etanol hidratado em todos os postos de abastecimento. Além disso, foram considerados os desdobramentos em curso no comportamento dos usuários de veículos, face às experiências de teletrabalho e maior oferta de serviços digitais adquiridos em função do distanciamento social imposto pela pandemia¹. As premissas adotadas consideram que estas práticas devem ter reflexo por todo horizonte deste estudo, variando em intensidade.

¹ Segundo SILBERBERG *et al.* (2020), o principal motivo para as pessoas alterarem o modo de transporte durante a pandemia foi o risco de infecção.

A projeção da demanda considerou, ainda, os impactos advindos do Programa Rota 2030, iniciativa elaborada para a indústria automotiva, cuja duração prevista é de 15 anos (BRASIL, 2018a). Destacam-se dentre os pontos que integram o programa: a meta de aumento de 11% da eficiência energética até 2022, com redução do consumo médio de combustível; redução de IPI para veículos híbridos e elétricos, além de desconto extra para híbridos com motor *flex*; etiquetagem com informações de consumo e itens de segurança. Haverá também incentivo fiscal de até R\$1,5 bilhão por ano, caso as empresas invistam ao menos R\$5 bilhões em pesquisa no Brasil. E ainda, em 2027, haverá uma ampliação do escopo desta política, incluídas novas classificações veiculares (BRASIL, 2018b).

Em 2021, do total de 1,9 milhão de veículos leves novos licenciados no Brasil, na segmentação por porte, 78,8% foram automóveis e 21,2% comerciais leves. No que tange à motorização, foram licenciados majoritariamente automóveis com motores entre 1.0 e 2.0, pelo décimo segundo ano consecutivo, respondendo a 54,3% do total (ANFAVEA, 2022).

O licenciamento dos veículos leves por combustível entre janeiro de 2021 e novembro de 2022 pode ser observado no gráfico 1. A categoria *flex fuel* apresentou a maior participação no licenciamento total, com 82,2%, seguida pelos veículos movidos a diesel com 13,4%, a gasolina com 2,7%, e 1,6% de veículos híbridos e 0,14% elétricos. Apesar da reduzida participação relativa, o total de híbridos e elétricos licenciados em 2021 (34.990 unidades) foi de 19.745 unidades, 77,2% superior ao registrado no ano de 2020 (ANFAVEA, 2022).



Fonte: EPE, base ANFAVEA (2022) Note: Dados até 2020 apresentam híbridos e elétricos agregados.

É possível observar no **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que a venda de híbridos e elétricos apresentou novo crescimento, acima do registrado para veículos *flex fuel* e gasolina. Note-se que a venda de veículos híbridos nos dois últimos meses do gráfico está acima do realizado para os dedicados a gasolina. Os veículos elétricos passaram a ter relevância estatística e os dados foram desagregados dos híbridos para os anos de 2021 e 2022, possibilitando pela primeira vez análise específica para esta categoria.

Em 2021, o licenciamento de veículos leves a diesel, sendo grande parte desses pick-ups médias e veículos utilitários esportivos (ou SUV – *sport utility vehicle*), apresentou aumento relevante (25%,

quando comparado a 2020), alcançando 264 mil, recorde histórico para o Brasil. Observe-se que as vendas dessa motorização permaneciam abaixo de 100 mil por ano desde 2008. Contudo, em 2022 houve redução de vendas destes veículos, possivelmente relacionada à migração do público consumidor para os modelos híbridos e elétricos, que englobam automóveis e comerciais leves. Ressalte-se que os veículos a diesel representam ainda cerca de 12% das vendas, com dados até novembro de 2022.

Cada vez mais presente nos veículos novos, fornecendo dados do automóvel, como controle de combustíveis e conexão com diversos *gadgets*, o percentual de tecnologia embarcada² saltou de 20% em 2000 para 40% em 2020 e deverá atingir cerca de 50% em 2030 (MOBIAUTO, 2021), o que demanda maior quantidade destes equipamentos e consequente impacto no custo do veículo. A recuperação das vendas veiculares, depois da queda acentuada observada no mundo inteiro em 2020, em meio a um *boom* de demanda de jogos, consoles, laptops e televisões, estimulado pelos *lockdowns*, excedeu a capacidade produtiva do setor de semicondutores. Esse problema é particularmente grave para a indústria automobilística, por causa do seu gerenciamento de estoques *just-in-time* e da falta de contratos de longo prazo de suprimento com produtores de microprocessadores (BURKACKY, LINGEMANN, POTOTZKY, 2021).

O Brasil possui matérias-primas para a produção de baterias e semicondutores, o que pode trazer vantagens competitivas ao país frente ao cenário mundial. No entanto, deve-se considerar a implementação de políticas públicas para incentivar a reciclagem de materiais críticos, evitando os impactos ambientais negativos decorrentes de sua disposição inadequada e garantindo a demanda destes nas cadeias de suprimentos de novos produtos. De acordo com a ANFAVEA (2022), a crescente participação de veículos elétricos no país levará a elevadas demandas de recursos, tornando prioridade o estímulo de setores de pesquisa e desenvolvimento nas cadeias de suprimentos e de produção.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores (ABISEMI, 2022), que reúne empresas brasileiras e estrangeiras³, a indústria de semicondutores brasileira atende cerca de 9% da demanda nacional, com mais de 200 milhões de chips (memórias, especialmente) encapsulados anualmente. Ainda de acordo com a ABISEMI, 80% da produção de semicondutores vem da Ásia, como Taiwan e Coreia do Sul. Um dos motivos de Taiwan aparecer como um dos maiores produtores refere-se ao fato de muitas empresas estrangeiras terceirizarem a produção de semicondutores para esse país.

Por outro lado, segundo o relatório “2022 CRITICAL MINERALS STRATEGY” (2022), do governo da Austrália, EUA, Japão e Taiwan aparecem como os maiores produtores de semicondutores do mundo.

²Segundo a indústria automotiva, um automóvel leve de porte médio embarca cerca de 1.000 semicondutores. Desse total, 30% são empregados nos dispositivos de segurança; 25%, em conectividade; 30%, em itens de conforto e conveniência; 15%, no trem de força (MOBIAUTO, 2021).

³ Empresas associadas à ABISEMI: CEITEC S.A: Empresa pública vinculada ao MCTI; SMAR Modular Technologies: Integrante do grupo estadunidense SMART Global Holdings Inc.; Brasil Componentes: 100% brasileira, pertencente ao Grupo Multilaser; UNITEC Semicondutores: Sociedade entre Corporación América, BNDES, IBM Corporation, Maltec e WS In Tec; Hana Micron: Empresa brasileira resultado da fusão entre a sul-coreana Hana Micron e a brasileira PARIT; ADATA: Matriz taiwanesa; Cal-Comp Semicondutores: Empresa integrante do Kinp Group que opera na Ásia, Europa e nas Américas (ABISEMI, 2022).

1.1. Eletromobilidade

O mercado de automóveis se mantém em constante evolução e observa-se uma discussão global acerca da adoção de diferentes tecnologias veiculares e formas de uso. É certo que o setor de transporte passará por alterações significativas no futuro, em um contexto que abrange elementos fundamentais, como a busca da segurança energética, a preocupação com as mudanças climáticas e políticas ambientais. Somam-se a este quadro outras variáveis com inter-relações importantes, como: oscilação de patamar de preços de petróleo, riscos geopolíticos, aparecimento de novas fontes de energia competitivas, expressivas inovações tecnológicas eletroeletrônicas e mudanças de hábitos (MACHADO; COSTA; STELLING, 2018).

Tanto o ritmo de entrada da eletromobilidade nos transportes quanto a predominância das novas rotas tecnológicas automotivas são incertezas críticas que afetam várias cadeias energéticas e industriais, bem como seus *stakeholders* (abrangendo fornecedores de bens e serviços). Citam-se: automobilística, petrolífera, bioenergia, eletricidade, transportes, cidades, consumidores e cidadãos (EPE, 2018).

Dentre os inúmeros desafios a serem superados para maior penetração da eletromobilidade na frota, ressalta-se o *carbon lock-in*. Segundo este conceito, os países industrializados estariam aprisionados em sistemas de energia e transporte baseados em combustíveis fósseis, devido a processos de dependência de caminho (*path dependence*), fomentados por retornos tecnológicos e institucionais crescentes de escala. Desta forma, poderia existir barreiras significativas para uma transformação estrutural deste segmento (GRAMWOK, 2019).

No caso brasileiro, destacam-se entre os obstáculos identificados para maior eletrificação da frota: o custo dos veículos (muito elevado para a realidade nacional⁴); a infraestrutura de recarga (que requer investimentos elevados, arcabouço regulatório, precificação e especificação das instalações) e as baterias (que ainda demandam melhor desempenho e possuem elevados custos de matéria-prima).

Registra-se o direcionamento de alguns estímulos à maior inserção de veículos híbridos e elétricos no Brasil, como a Resolução Comex n 97/2015, que reduziu de 35% para zero a alíquota do Imposto de Importação para carros híbridos, elétricos e movidos a células de combustível (BRASIL, 2015). No início de 2022, o Projeto de Lei nº 403/2022 foi apresentado ao Senado Federal, com o objetivo de zerar o imposto de importação sobre os veículos elétricos e híbridos até dezembro de 2025, uma vez que o Brasil ainda não fabrica veículos desta categoria em grande escala. Segundo a PNME em seu relatório de 2022, os veículos elétricos possuíam isenção na alíquota de IPVA em 4 estados (MA, RN, PE, RS) além do DF e alíquota diferenciada em quatro estados (CE, PR, PI, RJ), naquele ano (PNME, 2022).

Novos lançamentos elevaram as opções de modelos eletrificados e dados atuais apontam a existência de mais de aproximadamente trinta modelos de veículos elétricos em um mercado em que havia apenas um tipo até 2017 (PNME, 2022). Ainda assim, as alternativas existentes possuem valor muito superior ao preço médio de um veículo leve a combustão interna (EPE, 2021). Soma-se a relevância da cidade de São Paulo quanto à aquisição de veículos de alto valor: a capital adota o rodízio veicular com o objetivo de melhorar as condições de trânsito e, desde 2018, os veículos híbridos e elétricos estão excluídos das restrições de circulação, aumentando sua atratividade (SÃO

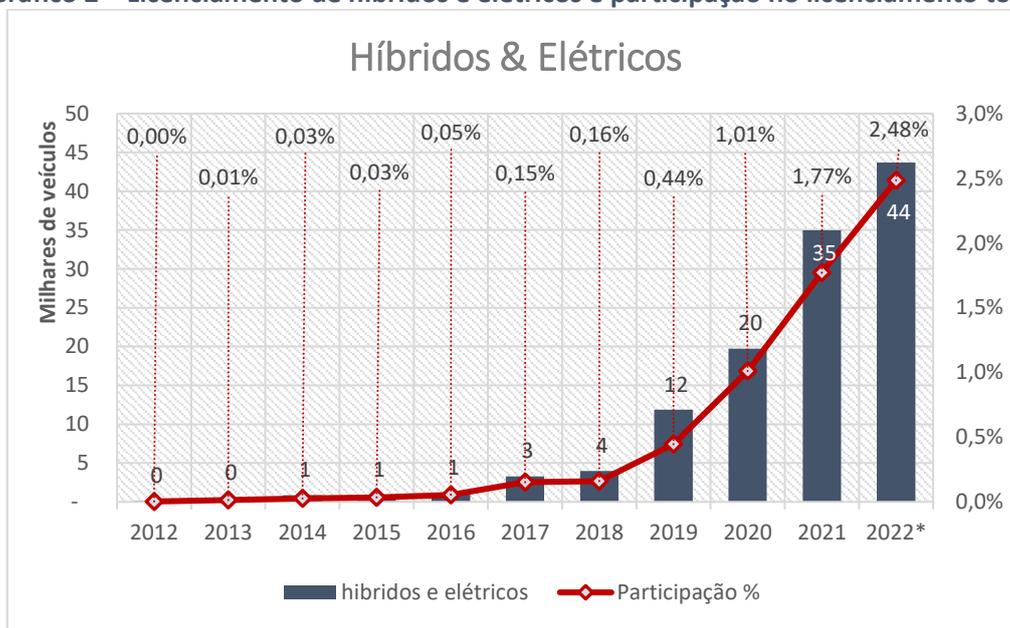
⁴ O PIB *per capita* brasileiro é de US\$ 15 mil e o gasto com automóveis particulares representa 10% da renda familiar (IBGE, 2020). Projeta-se um aumento do PIB *per capita* para US\$ 19 mil ppp 2020 em 2032 (EPE, 2022a). Apenas 5% dos veículos leves vendidos no Brasil custam acima de R\$ 150 mil, mas os automóveis elétricos puros mais vendidos na China custam mais de US\$ 30 mil (EPE, 2021).

PAULO, 2020). Observa-se que empresas do setor automotivo estão investindo crescentemente em veículos híbridos e elétricos. A montadora Toyota iniciou a produção no Brasil do seu modelo híbrido-*flex* em 2019. Já a Nissan possui tecnologia com célula combustível a etanol, que valoriza a infraestrutura existente para abastecimento com o biocombustível e cuja produção consta nas estratégias da companhia para o futuro.

Em 2021, a venda de veículos híbridos e elétricos superou em muito ao observado em 2020, mesmo com os reveses decorrentes da pandemia. Foram comercializadas 35 mil unidades, crescimento de 77% em relação a 2020. O ano de 2020 já havia compilado volume 67% superior a 2019 (19,7 mil contra 11,9 mil). Note-se que os dados até novembro de 2022 já registram cerca de 44 mil veículos híbridos e elétricos vendidos, superior em 25% ao observado ao longo de todo o ano de 2021. Um dos fatores que justificam tal comportamento é a maior diversidade de modelos híbridos no mercado e a manutenção do poder de compra de uma pequena parcela da sociedade.

A evolução anual do licenciamento de veículos híbridos e elétricos e sua participação no total da venda de veículos leves desde 2012 são apresentadas no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Licenciamento de híbridos e elétricos e participação no licenciamento total



Fonte: EPE, ANFAVEA (2022). Nota: *até novembro

Diversos países e empresas estão pressionando ou sendo pressionados para adotar veículos elétricos de forma rápida, com destaque para Europa e China.

A UE tem interesse em desenvolver a indústria automobilística elétrica rapidamente, devido às pressões ambientais e de suas populações e para se manter competitiva nesse mercado no futuro. Comparando o cenário brasileiro com o europeu, pode-se destacar a implementação de incentivos fiscais e isenção de taxas na aquisição de veículos elétricos, buscando aumentar a atratividade desses veículos frente aos convencionais, através de vantagens competitivas aos clientes. Além disso, países da Europa fornecem programas de financiamento para diversos tipos de automóveis elétricos, incluindo bicicletas e motocicletas (ACEA, 2022).

Os incentivos governamentais na China e nos EUA têm sido reduzidos anualmente. Na China o valor se alterou de USD 12mil por unidade (2016) para USD 4mil por unidade (2021). Na Europa, os incentivos foram ainda menores: de USD 8mil por unidade (2016) para USD 3mil por unidade (IEA, 2022).

Segundo IEA (2022), pode-se observar que os veículos com maior inserção no cenário chinês é o BEV, representando 82% dos registros em 2021, sendo os 18% restantes referentes ao PHEV. Nos EUA, 631 mil unidades de veículos elétricos foram registradas, sendo 73,8% representados pelos BEV. Enquanto na Europa, do total de 2.284 mil unidades, quase 54% correspondem aos BEV. Isto demonstra a principal participação da China no cenário de elétricos e na preferência mundial do consumidor em veículos 100% elétricos. Com a diminuição dos incentivos, a explicação pode se dar pelo preço dos combustíveis líquidos em contramão com os incentivos para o uso de eletricidade. Por exemplo, no cenário americano cobra-se USD 0,08 – 0,27/KWh (CELPRESS, 2020), enquanto que no chinês, o custo de eletricidade em postos de carregamento privados é de 0,7 Yuan/KWh (MokoSmart, 2021), cerca de USD 1/kWh.

No cenário brasileiro, o custo médio de energia elétrica em 2021 resultou em um valor por quilômetro que variou de R\$ 0,11 – 0,21 /km rodado, de acordo com a concessionária de energia Enel (2022). Este custo tende a diminuir, dependendo dos incentivos governamentais para inserção de veículos elétricos no país e das características da matriz elétrica futura.

Dentre as vinte principais montadoras mundiais, dezoito anunciaram metas para a produção de veículos elétricos (IEA, 2021). Com isso, o licenciamento de automóveis elétricos deve disparar nos próximos anos. No entanto, a demanda projetada por baterias já supera a sua capacidade atual de produção (RYSTAD ENERGY, 2021). Além disso, a IEA (2021) projeta um aumento de quatro vezes na demanda mineral para tecnologias limpas. Isso deverá causar gargalos produtivos e elevar custos, em um cenário de entrada acelerada de energias renováveis e veículos elétricos, refletindo em um aumento do preço dessas tecnologias ao longo da próxima década, o que dificulta sua adoção em massa por países em desenvolvimento.

No Brasil, devido à boa parte das vendas de veículos serem de tíquete médio baixo e à produção competitiva de biocombustíveis, desacelera-se a urgência de substituir os veículos a combustão interna por veículos elétricos puros. Dentre as dificuldades para aquisição destes veículos no país, destaca-se que o grau de endividamento das famílias. A Confederação Nacional do Comércio (CNC) mostra que o financiamento de veículos corresponde apenas a 9% do endividamento do consumidor (CNC, 2022).

Novos modelos de negócios têm sido oferecidos para os consumidores de veículos elétricos, de forma a aumentar a difusão do acesso a esta tecnologia. Neste sentido, algumas empresas internacionais, como a ONTO (2022) e a ELMO (2022) utilizam de políticas *all inclusive*, que consistem no aluguel de veículos elétricos com custos de manutenção, carregamento, seguro, dentre outros, incluídos no pagamento mensal. Esta apresenta-se como uma alternativa agradável e acessível para quem não pode comprar um elétrico.

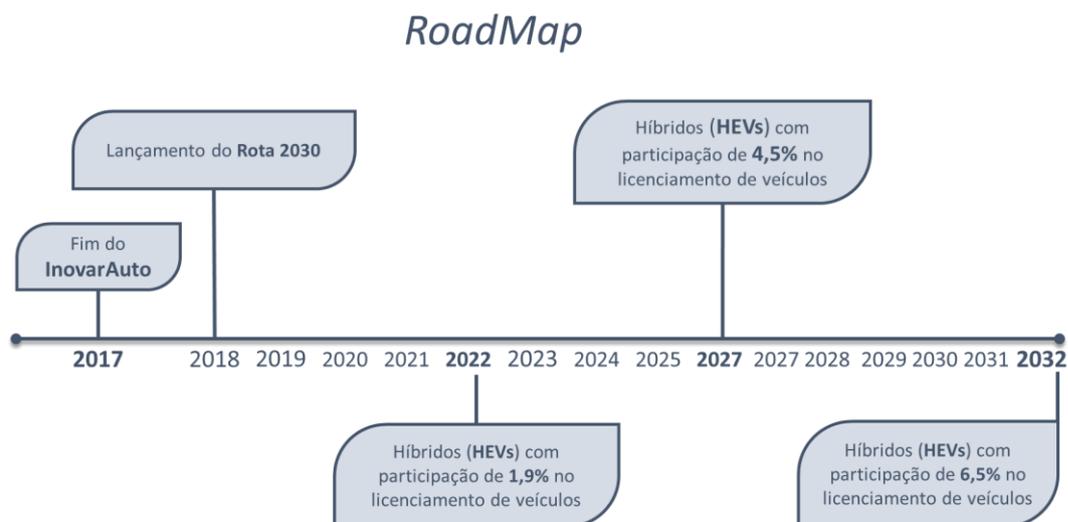
1.2. Premissas

A EPE adota como premissa que, até o final do período, o perfil de vendas de automóveis será majoritariamente a combustão interna e *flex fuel*, e trata os veículos denominados micro-híbridos e mini-híbridos como inovações incrementais dos convencionais, classificando-os na categoria de combustão interna (EPE, 2018). Os veículos *flex fuel*, que correspondiam a 82% da frota em 2021, representarão cerca de 89% em 2032. Considerando a permanência de dificuldades de viabilidade técnico-econômica e o grau dos incentivos governamentais, os veículos híbridos (não *plug in*) continuarão ampliando sua participação no mercado brasileiro, alcançando 6,5% dos licenciamentos

no final do período. Avalia-se, ainda, que a inserção de híbridos *plug in* e elétricos terá pequena significância estatística até 2032⁵.

Com base na particularidade do mercado brasileiro, que possibilitou o desenvolvimento nacional da tecnologia híbrida com motorização *flex fuel*, estima-se que o perfil de licenciamento de novos veículos leves será impactado. Assim, admitiu-se que a produção e o licenciamento de forma mais disseminada dos veículos híbridos pelo parque fabril nacional serão crescentes ao longo do período do estudo. A Figura 1, a seguir, ilustra o *RoadMap* com os marcos para entrada de híbridos no Brasil.

Figura 1 – Road Map dos veículos híbridos



Fonte: EPE

Para a projeção da demanda de ciclo Otto, além das premissas relacionadas ao licenciamento e ao perfil da frota, foram considerados também os seguintes aspectos:

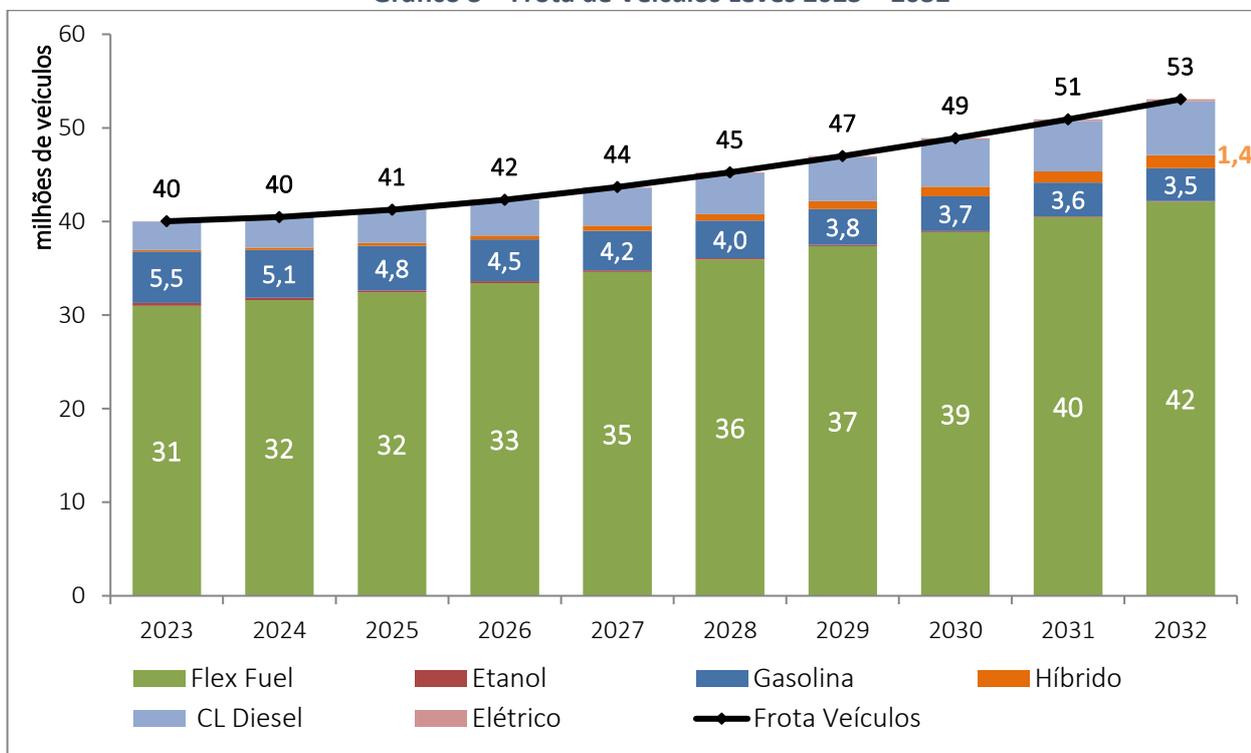
- Evolução da eficiência veicular: admitiu-se um ganho de 1,0% a.a. na eficiência média dos veículos novos que entram em circulação no país. Com o Rota 2030, espera-se que permaneça o estímulo à inserção no mercado nacional de tecnologias já disponíveis internacionalmente, tais como o *stop-start*, o uso de materiais mais leves e melhorias no sistema de propulsão;
- Escolha entre etanol hidratado e gasolina C: a variável preferência do consumidor *flex fuel* é função da evolução do preço relativo entre estes combustíveis que, por sua vez, resulta da comparação entre a projeção da demanda total de combustíveis para a frota nacional de ciclo Otto (medida em volume de gasolina-equivalente) e a projeção da oferta interna de etanol combustível;
- Assumiu-se que o teor de anidro obrigatório adicionado à gasolina A será mantido em 27%, em todo o período de estudo (MAPA, 2015);

⁵ Apesar de não ser estatisticamente significativo, projeta-se aumento das vendas de veículos elétricos para certos nichos. Uma tendência atual, que deve se intensificar ao longo do horizonte de estudo, é a venda de utilitários elétricos de carga. Cada vez mais empresas estão se comprometendo em descarbonizar sua logística interna. Além disso, cidades podem criar restrições para a entrada de veículos de entrega leves a combustão interna em certos horários, o que tende a estimular a venda de elétricos nesse segmento.

- Os automóveis serão os veículos leves predominantes no licenciamento, embora haja uma crescente participação dos comerciais leves (incluindo SUVs).

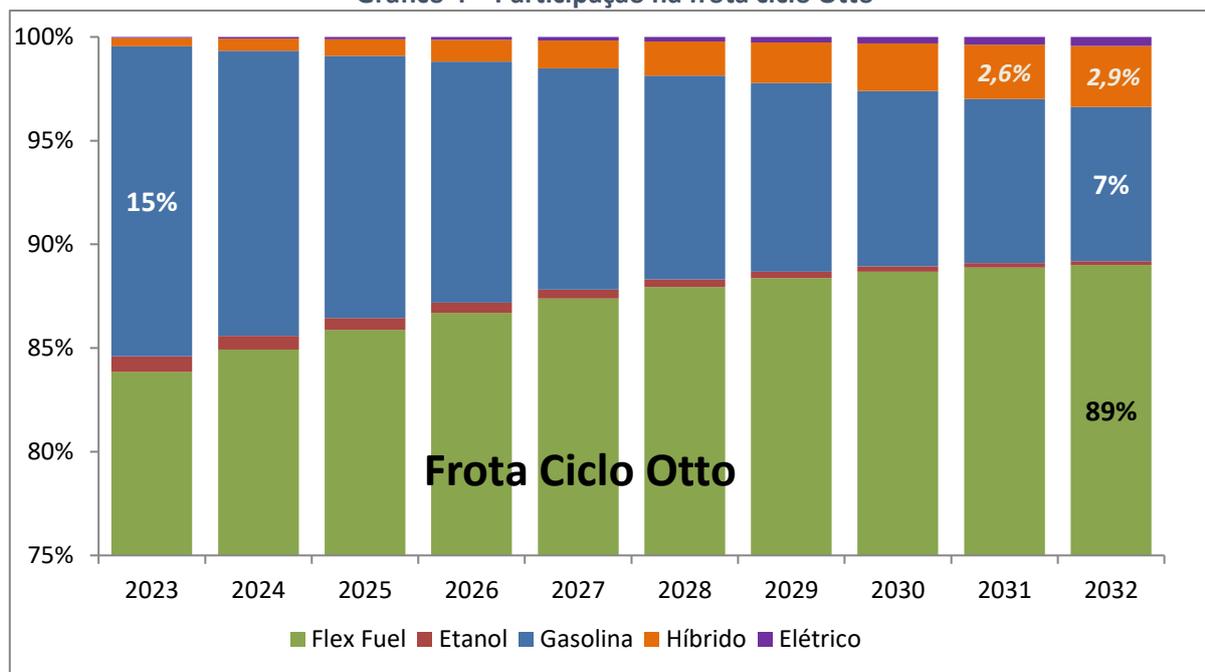
Os gráficos a seguir ilustram a frota total de veículos leves e o perfil da frota ciclo Otto, projetados até 2032.

Gráfico 3 – Frota de Veículos Leves 2023 – 2032



Fonte: EPE

Gráfico 4 – Participação na frota ciclo Otto

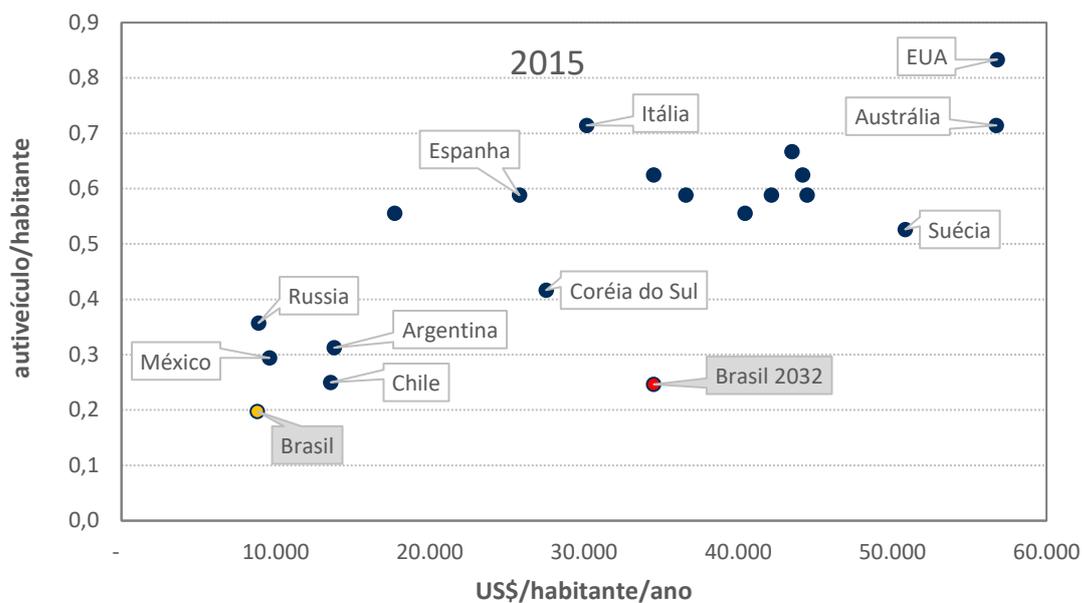


Fonte: EPE

No horizonte de 2032, considera-se que o aumento da renda *per capita* da população (EPE, 2022a) e da taxa de urbanização das cidades, associada ao baixo nível de motorização e a um transporte coletivo ainda deficiente, se refletirá no aumento da posse do veículo individual.

A frota nacional de veículos leves, somada à de ônibus e caminhões, deverá corresponder, no final do período, a cerca de 55,8 milhões de veículos. Como resultado, o nível de motorização evolui de 5,1 habitante/autoveículo, em 2021, para 4,1 habitante/autoveículo em 2032 (ou 0,20 e 0,25 autoveículos/habitantes respectivamente), semelhante ao observado em países como Argentina, Chile e México, em 2015, como ilustra o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Evolução da taxa de motorização

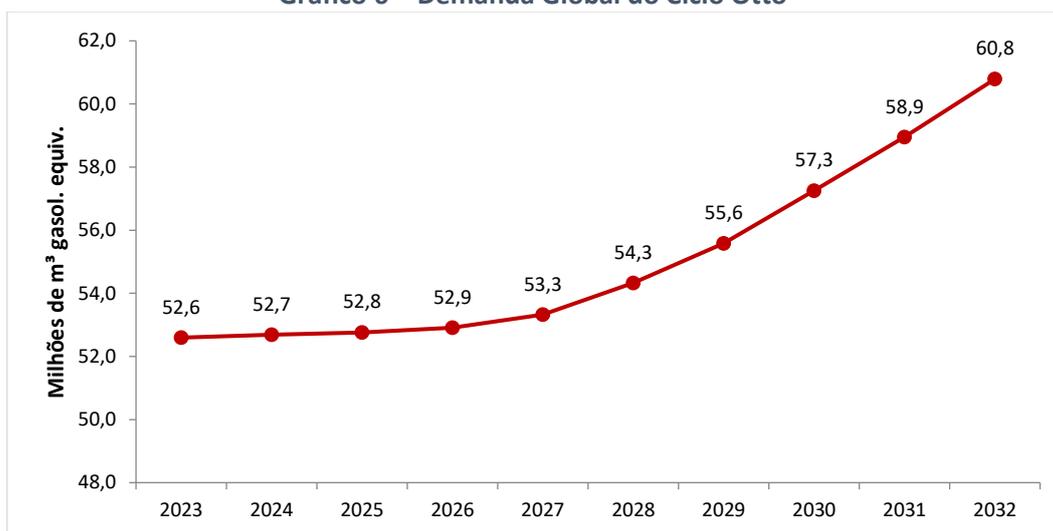


Fonte: ANFAVEA, 2022; EPE, 2022a; WORLD BANK, 2020

2. Demanda do ciclo Otto

Através do modelo contábil desenvolvido pela EPE, projetou-se a demanda energética de veículos leves do ciclo Otto e híbridos/elétricos no horizonte de estudo. Considerando a trajetória de licenciamento e demais premissas descritas anteriormente, obtém-se a curva de demanda global de combustíveis do ciclo Otto. Assim, no período de 2023 a 2032, estima-se um incremento de cerca de 8 milhões de m³ de gasolina equivalente, alcançando 60,8 milhões de m³ em 2032, com uma taxa de crescimento de 1,6% a.a., conforme mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Demanda Global do Ciclo Otto*



Fonte: EPE Nota: *Exclui GNV

3. Gasolina automotiva

O cálculo da demanda de gasolina automotiva utilizou as informações do estudo Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2023 – 2032 (EPE, 2022b). Este documento apresenta três projeções de oferta de etanol, denominadas de Cenários de Crescimento Baixo, Médio e Alto, que se diferenciam basicamente pelo grau de sucesso de políticas governamentais, como o RenovaBio, e pelos esforços do setor com vistas à melhoria dos fatores de produção.

A partir da oferta interna total de etanol combustível, correspondente a cada um desses cenários, calculou-se a respectiva parcela da demanda de veículos *flex fuel* que será atendida por etanol hidratado e aquela que será atendida por gasolina C (gasolina A + etanol anidro).

A demanda de gasolina A, no período avaliado, destina-se tanto ao atendimento à frota dedicada a gasolina, quanto à parcela da frota *flex fuel*, que consome este combustível. Em 2021, esta demanda foi de 28,7 milhões de m³ (EPE, 2022c). Estima-se que, em 2032, o volume deste combustível se encontre entre 23,5 milhões de m³ e 31,5 milhões de m³, para os cenários alto e baixo, respectivamente.

Em relação à demanda nacional de gasolina C, com a adição obrigatória de etanol anidro, as projeções evoluem de 39,7 bilhões de litros em 2021 para 43,1, 37,5 e 32,1 bilhões de litros para os cenários baixo, médio e alto, respectivamente, no final do período. Para o atendimento total da demanda crescente de combustíveis pela frota circulante de veículos do ciclo Otto, considera-se também um crescimento da demanda de etanol hidratado, a taxas mais elevadas, como será mostrado

adiante para cada cenário. A Tabela 1 consolida as projeções de demanda de gasolina C e A.

Tabela 1 Projeções de demanda de gasolina C e A

	Ano	mil m ³ / ano			Variação Período (% a.a.)	
		2023	2027	2032	2021 - 2027	2021 - 2032
Cenário Alto	Gasolina A	27.671	21.266	23.457	-4,9%	-1,8%
	Gasolina C	37.905	29.132	32.133	-5,0%	-1,9%
Cenário Médio	Gasolina A	27.674	23.554	27.397	-3,2%	-0,4%
	Gasolina C	37.910	32.265	37.531	-3,4%	-0,5%
Cenário Baixo	Gasolina A	27.661	25.694	31.451	-1,8%	0,8%
	Gasolina C	37.892	35.198	43.083	-2,0%	0,7%

Fonte: EPE (a partir de EPE, 2022b)

4. Etanol

Este item trata dos biocombustíveis líquidos destinados ao abastecimento de veículos automotores do ciclo Otto: o etanol combustível – hidratado e anidro.

A projeção da demanda de etanol combustível foi elaborada em conjunto com a da gasolina, por meio do modelo de demanda de combustíveis para veículos leves desenvolvido pela EPE, para cada um dos cenários. O comportamento da demanda de gasolina e etanol é determinado a partir das projeções de oferta interna de etanol combustível e de demanda total de combustíveis para a frota nacional ciclo Otto. A demanda de anidro é calculada a partir da demanda de gasolina C e do teor de anidro, pré-estabelecido pela legislação. Assim, determina-se a parcela da demanda de energia a ser atendida por etanol hidratado e, conseqüentemente, a preferência de abastecimento dos usuários de veículos *flex fuel*.

Em 2021, a demanda nacional de etanol hidratado alcançou 17,5 bilhões de litros (EPE, 2022c). Para o período de 2023 a 2032, no cenário médio (referência), estima-se um crescimento de 5,2% a.a., sendo que seu volume em 2032 deverá atingir cerca de 33,2 bilhões de litros.

Para o etanol anidro, o consumo foi de 11,0 bilhões de litros, em 2021 (EPE, 2022c). Projeta-se para este mesmo cenário que, em 2032, a demanda de etanol anidro atingirá o valor de 10,1 bilhões de litros, contraindo a uma taxa de -0,1% a.a. (2023 – 2032).

A Tabela 2 consolida as projeções de demanda de etanol anidro e hidratado para os três cenários de oferta.

Tabela 2 Projeções de demanda de etanol hidratado e anidro

	Ano	mil m ³ / ano			Variação Período (% a.a.)	
		2023	2027	2032	2021 - 2027	2021 - 2032
Cenário Alto	Etanol Anidro	10.234	7.866	8.676	-5,5%	-2,2%
	Etanol Hidratado	20.986	34.458	40.754	11,9%	8,0%
Cenário Médio	Etanol Anidro	10.236	8.712	10.133	-3,9%	-0,8%
	Etanol Hidratado	20.980	30.080	33.225	9,4%	6,0%
Cenário Baixo	Etanol Anidro	10.231	9.503	11.632	-2,5%	0,5%
	Etanol Hidratado	21.006	26.023	25.595	6,8%	3,5%

Fonte: EPE (a partir de EPE, 2022b)

Box 1 – Nova demanda de ciclo Otto

Para o cenário econômico de recuperação mais favorável descrito em EPE (2022a), foi adotada uma nova curva de penetração tecnológica para veículos híbridos e elétricos, considerando o mesmo licenciamento de veículos leves da trajetória de referência. Estima-se que as novas tecnologias veiculares terão entrada mais arrojada do que o proposto no cenário de referência deste estudo, alcançando 26,2% de híbridos e 3,2% de elétricos em 2032. Neste contexto, estima-se um crescimento de 3,2% a.a. da frota nacional de veículos leves, que alcançará 53,1 milhões de unidades em 2032, sendo 47,3 milhões do ciclo Otto e 400 mil veículos elétricos. Assim, a demanda do ciclo Otto no Brasil aumentará a uma taxa de 1,4% a.a. entre 2023 e 2032, atingindo 59,8 bilhões de litros de gasolina equivalente ao final do período, cerca de um bilhão de litros a menos que o cenário de referência. Neste caso, a demanda de gasolina A para o cenário médio atingiria 26,5 milhões de m³ em 2032, o que corresponde a uma retração de 0,5% a.a. no horizonte de estudo. Considerando o mesmo cenário e a manutenção do teor de anidro obrigatório em 27%, esta mesma taxa seria observada para a gasolina C, que passaria de 37,9 bilhões de litros em 2023 para 36,3 bilhões de litros no final do período.

Tabela 3 Demanda de gasolina C e A para trajetória de nova curva de penetração tecnológica

	Ano	Milhões de m ³ /ano			Variação Período (% a.a.)	
		2023	2027	2032	2023 – 2027	2023 – 2032
Cenário o Médio	Gasolina C	37.910	32.198	36.326	-4,0%	-0,5%
	Gasolina A	27.674	23.504	26.518	-4,0%	-0,5%
	Etanol Hidratado	20.980	30.099	33.566	9,4%	5,4%

Fonte: EPE

Nota:* Exclui GNV e Diesel

6. Considerações finais

A construção de cenários de demanda energética de veículos leves do ciclo Otto e híbridos/elétricos é uma ferramenta relevante para que o país possa identificar as oportunidades e ameaças para o abastecimento nacional. Além disso, contribui para que a transição energética no Brasil ocorra com a apropriação adequada de suas riquezas naturais, promovendo-a de forma ainda mais produtiva, sustentável e com baixa emissão de carbono.

Este documento apresentou cenários de demanda do ciclo Otto para duas trajetórias de penetração novas tecnologias. Quando considerado a trajetória de referência e o cenário médio de oferta de etanol, observou-se que, para o atendimento da demanda projetada de 60,8 milhões de m³ de gasolina equivalente em 2032, os volumes de etanol hidratado e gasolina C necessários alcançam 33,2 milhões e 37,5 milhões de m³, respectivamente, ao fim do período. Considerando os cenários de menor e maior disponibilidade de etanol, o volume estimado do hidratado varia entre de 25,6 milhões e 40,7 milhões de m³ e o de gasolina C oscila entre 43,1 milhões e 32,1 milhões de m³ em 2032, respectivamente.

Na análise de sensibilidade que considera a trajetória de penetração de novas tecnologias mais arrojada, a demanda de energia do ciclo Otto atinge 59,8 milhões de m³ de gasolina equivalente, os volumes estimados de etanol hidratado alcançam 33,6 milhões de m³ e de gasolina C 36,3 milhões de m³, para o cenário médio de oferta de etanol em 2032.

Os valores citados acima ilustram o importante papel dos biocombustíveis dentro do cenário de demanda de veículos leves. Os desdobramentos desse estudo mostram-se relevantes para determinar a magnitude e o alcance das políticas públicas direcionadas ao abastecimento do mercado de veículos leves do ciclo Otto e híbridos/elétricos, assim como para o atendimento dos compromissos internacionais do Brasil no âmbito do Acordo de Paris, contribuindo para a maior eficiência sistêmica do planejamento energético do país no médio e longo prazos.

Referências bibliográficas

- 1) ABISEMI – **Associação Brasileira da Indústria de Semicondutores**. Brasília, DF, 2022. Disponível em <https://abisemi.org.br>. Acesso em 25 de novembro de 2022.
- 2) ACEA - EUROPEAN AUTOMOBILE MANUFACTURERS' ASSOCIATION (ACEA). **TAX GUIDE 2022. 2022**. Disponível em: www.acea.auto. Acesso em 25 de novembro de 2022.
- 3) ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário Estatístico 2021**. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.anfavea.com.br>. Acesso em: 21 out. 2022.
- 4) AUSTRALIAN GOVERNMENT. **2022 CRITICAL MINERALS STRATEGY**. [S.l.]: [s.n.], 2022.
- 5) BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a **Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dezembro 2017. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 28 out. 2019
- 6) _____. Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018. **Institui o Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 dezembro 2018a. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 28 out. 2022
- 7) _____. Decreto nº 9.557, de 08 de novembro de 2018. **Dos requisitos obrigatórios e das sanções administrativas para a comercialização e a importação de veículos novos no país**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 novembro 2018b. Disponível em: www.planalto.gov.br. Acesso em: 28 out. 2021
- 8) _____. **Resolução Comex nº97/2015** Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=27/10/2015&jornal=1&pagina=3&totalArquivos=76>. Acesso em 15 out. 2020
- 9) BURKACKY, O; LINGEMANN, S; Pototzky, K. **Coping with the auto-semiconductor shortage: Strategies for success**. Publicado em 27 de maio de 2021 em *McKinsey & Company, Automotive & Assembly*. Disponível em [The semiconductor shortage in autos: Strategies for success | McKinsey](https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/coping-with-the-auto-semiconductor-shortage-strategies-for-success).. Acesso em 01 dez.2021
- 10) CELPRESS. **Levelized Cost of Charging Electric Vehicles in the United States**. Joule. [S.l.]: Elsevier Inc., 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.05.013>. Acesso em 25 de novembro de 2022
- 11) CNC – Condeferação Nacional do Comércio. **Pesquisa de Endividamento e Inadimplência do Consumidor**. outubro/22. ENDIVIDAMENTO CAI EM OUTUBRO, MAS INADIMPLÊNCIA AVANÇA PELO QUARTO MÊS. 2022. p. 1–3. Disponível em: <<https://portal-bucket.azureedge.net/wp-content/2022/11/43e5fb086e4445b4f0c618019c620b1e.pdf>>. Acesso em 25 novembro 2022
- 12) CNPE. Resolução CNPE nº 7, de 20 de abril de 2021. **Institui o Programa Combustível do Futuro e dá outras providências**. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 mai. 2021. Acesso em: 18 de maio de 2021. Disponível em https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/arquivos/2021/ResoluesCNPE7_2021.pdf.
- 13) ELMO – **Elmodrive**. Disponível em <https://elmodrive.com/>. Acesso em 25 novembro 2025
- 14) ENEL – Distribuidora de energia. Disponível em <https://www.enel.com.br/pt/>. Acesso em 25 novembro 2022
- 15) EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Eletromobilidade e Biocombustíveis**. Documento de Apoio ao PNE 2050. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-457/Eletromobilidade%20e%20Biocombustiveis.pdf>. Acesso em 01 dez. 2019.
- 16) _____. **Transição Energética – Eletromobilidade x Biocombustíveis – 19º Simpósio SAE Brasil de Power Train**. Evento virtual, Seção São Paulo Interior, 2021.Em 30 jun.2021

- 17) _____. **Premissas Econômicas e Demográficas – PDE 2032**. Rio de Janeiro, 2022a. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Economia%20-%20cen%C3%A1rios%20para%20os%20pr%C3%B3ximos%20dez%20anos.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2022.
- 18) _____. **Cenários de Oferta de Etanol e Demanda do Ciclo Otto 2023 - 2032**. Rio de Janeiro, 2022b. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-255/topico-653/NT-EPE-DPG-SDB-2022-06_Cenarios_de_oferta_de_etanol_2032.pdf Acesso em: 20 dez. 2022d
- 19) _____. **Balço Energético Nacional 2022. Ano Base 2021**. Rio de Janeiro, 2022c. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Completas> . Acesso em: 01 dez. 2022.
- 20) GRAMWOK, C.; (2019) **O Big Push Ambiental no Brasil – Investimentos coordenados para um estilo de desenvolvimento sustentável**. Perspectivas nº 20/2019. Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL, Nações Unidas) e Fundação Friedrich Ebert Stiftung Brasil (FES), Janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/44506-o-big-push-ambiental-brasil-investimentos-coordenados-estilo-desenvolvimento>. Acesso em: 26 nov. 2019
- 21) IBGE, 2020 – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9050-pesquisa-de-orcamentos-familiares.html?edicao=9063&t=sobre> . Acesso em: 20 dez. 2020.
- 22) IEA – International Energy Agency. **Trends and developments in electric vehicle markets**. – Global EV Outlook 2021 - Technology report, April 2021. Disponível em <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets> . Acesso em 08 dez.2021
- 23) _____. Global EV Outlook 2022 - Securing supplies for an electric future. **Global EV Outlook 2022**, 2022. p. 221. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022%0Ahttps://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>. Acesso em 25 novembro 2022
- 24) _____. **The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions**. – Part of World Energy Outlook— Flagship report , May 2021b. Disponível em <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions> . Acesso em 10 dez.2021
- 25) MACHADO, Giovani V.; COSTA, Angela O. da; STELLING, Patrícia F. B.. **A Estrada à Frente: Oportunidades e Desafios para a Eletromobilidade no Brasil**. Apresentado em Rio Oil & Gas Expo & Conference 2018, Rio de Janeiro, 2018: Organização IBP (IBP1714_18).
- 26) MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 75**, de 5 de março de 2015. Fixa o percentual obrigatório de adição de etanol anidro combustível à gasolina. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 mar. 2015. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>. Acesso em: 13 jun. 2018.
- 27) MOBIAUTO - **Crise de semicondutores vai longe e deixará carros ainda mais caros**. Disponível em <https://www.mobiauto.com.br/revista/crise-de-semicondutores-vai-longo-e-deixara-carros-ainda-mais-caros/913>. Acesso em 13 de dez. 2021
- 28) MOKO SMART. **Overview of China EV Charging Station Industry in 2021**. Disponível em: <http://www.mokosmart.com/ev-charging-station-industry/>. Acessado em 30 de Novembro, 2022.
- 29) ONTO - **The all-inclusive electric car subscription**. Disponível em <https://on.to/>. Acesso em 25 novembro 2022

- 30) PNME – Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. **2º Anuário Brasileiro da Mobilidade Elétrica 2022**. Disponível em <https://www.pnme.org.br/biblioteca/2o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica-pnme/>. Acesso em 13 de dez. 2022
- 31) RYSTAD ENERGY **Battery Materials Whitepaper - Can the battery supply chain meet the expected surge in demand? Junho 2021**. Disponível em: <https://sf-asset-manager.s3.amazonaws.com/97637/11/870.pdf> . Acesso em 13 dez. 2021
- 32) SÃO PAULO – **Mobilidade e Transporte. Rodízio Municipal de Veículos**. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/transportes/autorizacoes_especiais/isenc_ao_de_rodizio/index.php?p=3921 . Acessado em 21 out 2020
- 33) SILBERBERG, M.H.; HAUSLER, S.; HEINEKE, K.; LAVERTY, N.; MÖLLER, T.; SCHWEDHELM, D.; WU, T; . **Five COVID-19 aftershocks reshaping mobility's future** *McKinsey Center for Future Mobility*. Publicado em 17 de setembro de 2020. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/five-covid-19-aftershocks-reshaping-mobilitys-future> . Acesso em 05 out. 2021.
- 34) THE WORLD BANK – **World Bank Open Data**. Disponível em: <https://data.worldbank.org/>. Acesso em 15 out. 2020.