

JUNHO DE 2025

A transição da indústria brasileira para veículos elétricos e seus efeitos em emprego e renda

ANDRÉ CIEPLINSKI (ICCT), PEDRO ROMERO MARQUES (MADE/USP)
E LUIZA NASSIF PIRES (MADE/USP & IE/UNICAMP).



Com apoio de:

ONU 
programa para o
meio ambiente

AVISO LEGAL

As designações empregadas e a apresentação do material nesta publicação não implicam a expressão de qualquer opinião por parte do Secretariado das Nações Unidas quanto ao status legal de qualquer país, território, cidade ou área, ou suas autoridades, nem quanto à delimitação de suas fronteiras ou limites.

A menção de uma empresa comercial ou produto neste documento não implica endosso pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente ou pelos autores. O uso das informações deste documento para publicidade ou propaganda não é permitido. Nomes e símbolos de marcas registradas são usados de maneira editorial, sem intenção de violação das leis de marcas registradas ou direitos autorais.

As opiniões expressas nesta publicação são dos autores e não refletem necessariamente as opiniões do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Lamentamos quaisquer erros ou omissões que possam ter sido cometidos inadvertidamente.

O Conselho Internacional de Transporte Limpo agradece o apoio financeiro da Crux Alliance para conduzir a pesquisa na qual este relatório se baseia. Esta série de documentos técnicos foi desenvolvida com o apoio cofinanciado da União Europeia, no âmbito do Programa EUROCLIMA e com o apoio da ACCIONA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Benjamin Bradlow, Sebastian Galarza e um revisor anônimo, bem como aos nossos colegas do ICCT Aaron Isenstadt, Ana Beatriz Rebouças, Anh Bui, Carmen Araujo, Dan Rutherford, Eamonn Mulholland, Harsimran Kaur, Leticia Pineda, Marcel Martin e Oscar Delgado; e do PNUMA Jone Orbea, Luis Felipe Quirama Londoño, Renata Freitas Chamarelli Mac-Culloch e Vitor Leal Pinheiro, por revisarem este relatório. A revisão deles não implica em um endosso, e quaisquer erros são de responsabilidade dos autores.

Editado por Tomás Francisco Husted e Daniel Aleixo.

Conselho Internacional de Transporte Limpo
Rua Purpurina, 400, Sala 01111
São Paulo – SP, 05435-030

comunicacao@theicct.org | www.icctbrasil.org.br | LinkedIn: ICCT Brasil

© 2025 Conselho Internacional de Transporte Limpo (ICCT) (ID 159)



SUMÁRIO EXECUTIVO

A transição da frota brasileira para veículos elétricos (VEs) tem o potencial de promover o desenvolvimento de uma nova indústria nacional, tanto na montagem final dos veículos quanto na produção de baterias, além de reduções expressivas das emissões de gases de efeito estufa no setor de transportes. Instituída pela Lei Nº 14.902, de junho de 2024, o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), que regulamenta emissões e estabelece incentivos para a produção de veículos de novas tecnologias e baixas emissões, desencadeou uma rodada de investimentos anunciados sem precedentes na indústria automotiva brasileira. Dado o histórico de produção brasileira de biocombustíveis, que representam uma das principais fontes de energia para os veículos a combustão no Brasil, o MOVER permite vislumbrar uma descarbonização do transporte rodoviário fundamentada na coexistência de duas alternativas: VEs e biocombustíveis.

O desenvolvimento de uma indústria nacional de VEs depende da sua capacidade de gerar novos empregos de qualidade, e de fomentar a expansão de uma indústria nacional para seus principais componentes, como motores elétricos e baterias. No entanto, avaliar o potencial de geração de empregos e renda da produção de veículos elétricos é complexo e requer uma análise abrangente. Análises com recortes setoriais específicos, considerando apenas a produção de veículos e autopeças, por exemplo, ignoram que a ampla maioria dos empregos advém das alterações produzidas pela demanda por veículos em toda a estrutura produtiva da economia. Ou seja, os impactos econômicos dependem tanto da produção direta de veículos quanto dos setores (como autopeças e pneus) que fornecem insumos diretamente para a cadeia de valor automotiva, além dos setores que fornecem bens e serviços para estes últimos. Por exemplo, a venda de um veículo elétrico requer a produção de baterias, que por sua vez demanda tanto serviços de pesquisa e desenvolvimento quanto matérias primas.

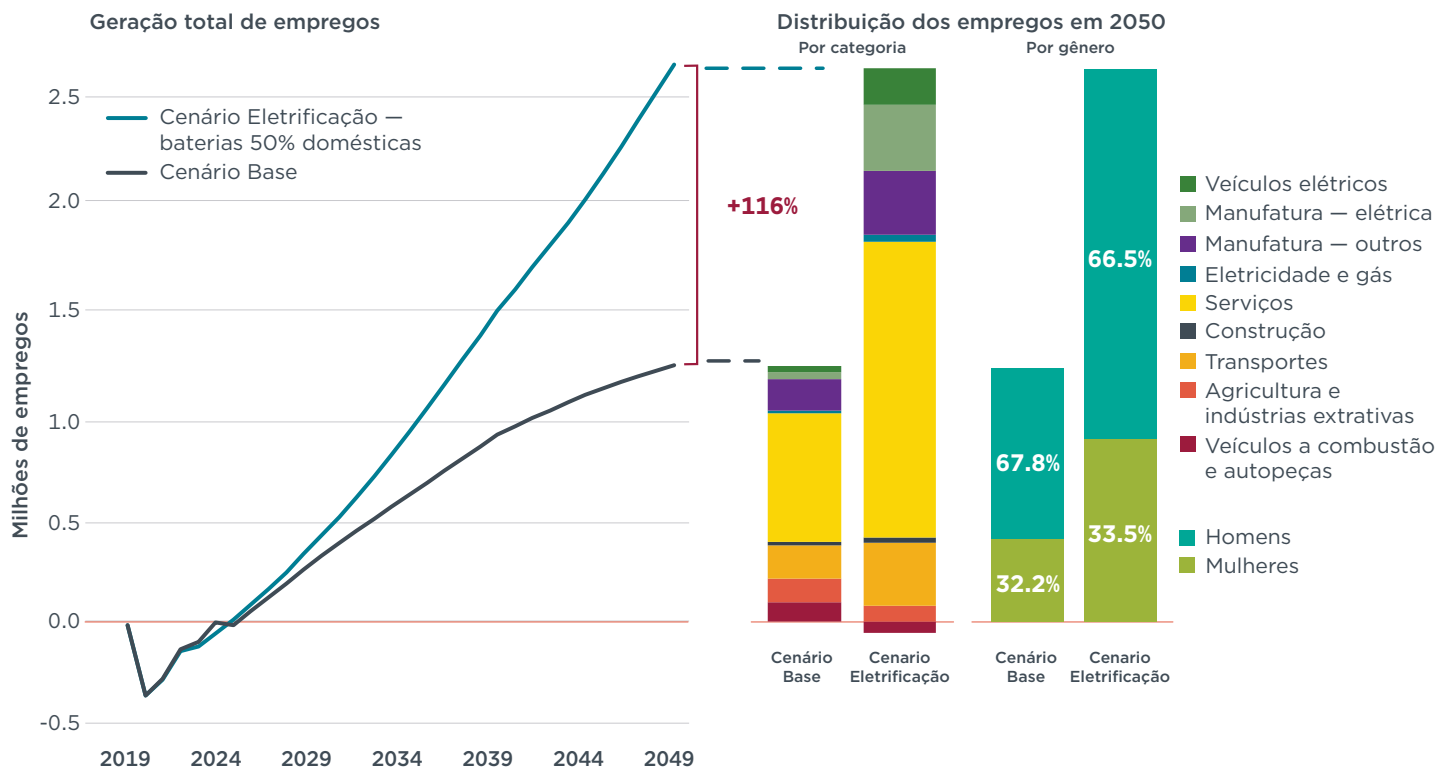
Reconhecendo essas particularidades, este trabalho desenvolve dois cenários distintos para a evolução da frota nacional de veículos até 2050. Procura-se comparar os efeitos, sobre os níveis de emprego e renda, de um aumento ambicioso de VEs (cenário Eletrificação) com um cenário no qual os veículos a combustão dominam as vendas até 2050 (cenário Base). Os dois cenários consideram a produção de veículos leves e pesados, divididos em cinco segmentos: carros de passeio, veículos comerciais leves, caminhões médios, caminhões pesados e ônibus.

Para estimar as consequências econômicas da remodelação da frota de veículos, optou-se pelo emprego de uma metodologia específica—a análise de insumo-produto—que permite observar os vínculos entre todos os setores de uma economia e identificar os impactos de potenciais alterações em sua estrutura. Em particular, optou-se pela inclusão de um setor sintético na matriz de insumo-produto brasileira representativo da indústria de VEs, que é construído de forma a especificar os bens e serviços demandados para sua produção. Este setor sintético viabiliza uma avaliação dos efeitos gerados por alterações na demanda pelos seus bens finais, VEs leves e pesados.

Este trabalho avalia os impactos em emprego e renda da produção de veículos elétricos e a combustão, assim como do consumo de combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade. Para fazer isso, a evolução estimada das vendas de veículos produzidos no Brasil e da demanda por combustíveis e eletricidade é convertida em valor e utilizada para projetar o valor bruto da produção, o valor adicionado (a soma de salários e lucros) e a quantidade de novos postos de trabalho criados entre 2019 e 2050 nos cenários Base e Eletrificação. Estão além do escopo desta análise empregos ligados à manutenção de veículos, à produção de peças de reposição e à infraestrutura elétrica de distribuição e recarga para VEs.

A Figura ES1 sumariza os principais resultados. O painel da esquerda apresenta a evolução do total de novos empregos potencialmente gerados em função das vendas de VEs, combustíveis e eletricidade nos cenários Base (marrom) e Eletrificação (azul). Os dois painéis à direita resumem a distribuição do total de empregos nos dois cenários ao final das simulações (em 2050) por setor e por gênero, respectivamente.

Figura ES1
Evolução e distribuição dos empregos gerados nos cenários Base e Eletrificação



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Os resultados mostram que, assumindo que a produtividade do trabalho e a tecnologia permanecem fixas, o cenário Eletrificação seria responsável por gerar mais do que o dobro de novos empregos do que o cenário Base em 2050, graças à metas mais ambiciosas. Este potencial de geração de empregos se deve a um aumento da demanda agregada, que decorre do crescimento das vendas de veículos elétricos a bateria e da expansão do grau de produção nacional de baterias automotivas. O cenário Eletrificação projeta uma notável expansão dos empregos industriais, tanto na manufatura de VEs como na indústria de transformação, com destaque para o setor de máquinas e equipamentos elétricos, que inclui as baterias e componentes do *powertrain* elétrico. Por outro lado, o mesmo cenário estima uma redução absoluta de empregos na produção de veículos a combustão e uma redução relativa em autopeças, comparado ao cenário Base. Também são estimadas reduções relativas moderadas nos setores de combustíveis, biocombustíveis e agropecuária. A maior geração de empregos nos dois cenários se concentra entre os serviços, categoria composta por 23 setores relativamente intensivos em mão de obra que, em conjunto, correspondiam por 64% dos empregos nacionais ao início das simulações (2019).

Em ambos os cenários, assumindo que a atual distribuição de empregos por gênero em cada um dos setores permanece fixa até 2050, cerca de dois terços dos novos postos de trabalho seriam ocupados por homens, uma distribuição por gênero mais desigual do que a verificada para o total da economia brasileira em 2019, quando homens

ocupavam 60% dos empregos. Esta desigualdade se deve principalmente à expansão de setores que atualmente empregam majoritariamente homens, como produção de veículos elétricos e a combustão (89% da força de trabalho masculina), transportes terrestres (83%), manufatura de equipamentos elétricos (71%) e outros tipos de manufatura (70%).

As simulações também avaliaram a mudança da distribuição da renda gerada, distribuída entre salários e lucros. A parcela de salários na renda gerada é maior no cenário Eletrificação (53%) do que no cenário Base (45%), uma vez que a expansão da produção de VEs resulta em uma maior demanda por bens e serviços de setores com salários maiores e taxas de lucro relativamente menores.

A competitividade internacional da indústria automotiva nacional também desempenha um papel chave, verificado a partir de uma análise de sensibilidade dos resultados. Ao reproduzir uma trajetória decrescente das exportações no cenário Eletrificação igual àquela assumida no cenário Base, o número de empregos gerados no cenário Eletrificação se reduz em 14% para 2050. Tal contração faz com que o montante de novos empregos gerados no cenário Eletrificação só ultrapasse o do cenário Base após 2032. Ainda assim, o saldo final é de 88% mais empregos para o cenário Eletrificação em comparação ao cenário Base ao se considerar uma queda nas exportações.

Tendo em vista o contexto atual da indústria automotiva nacional, bem como seu posicionamento na transição global para veículos zero emissão, esta análise sustenta as seguintes conclusões:

Estabelecer metas corporativas de redução de emissões veiculares mais ambiciosas e introduzir de políticas industriais para desenvolver a capacidade de produção nacional de componentes-chave, especialmente baterias, poderiam fazer parte de um *mix* de políticas eficaz para apoiar a produção de veículos elétricos. O novo programa MOVER apresenta oportunidades para estabelecer metas corporativas ambiciosas de redução de emissões veiculares e estimular a indústria brasileira de VEs. Determinar metas de redução de emissões mais ambiciosas do que as implementadas no último ciclo do programa Rota 2030 tem o potencial de direcionar investimentos para veículos elétricos a bateria. Por sua vez, o aumento da escala das vendas e produção nacional de elétricos pode viabilizar a produção competitiva dos principais componentes do *powertrain* elétrico, principalmente das baterias, aumentando o conteúdo doméstico destes veículos.

Reforçar políticas de fomento a exportações para alavancar o potencial de produção de veículos de baixa emissão no Brasil pode ajudar a mitigar os impactos da transição sobre as exportações e fortalecer a competitividade do Brasil no longo prazo. Os objetivos de eletrificação das frotas de alguns dos principais importadores de veículos nacionais põe em risco as exportações brasileiras atuais, de veículos a combustão. Por outro lado, a intensificação da demanda por elétricos na América Latina, bem como a disponibilidade de lítio e outras matérias primas na região, podem beneficiar as exportações brasileiras, principalmente para mercados que não possuem indústrias automotivas desenvolvidas. O governo pode considerar instrumentos de financiamento de exportações (*trade finance*), incentivos fiscais à exportação e assistência financeira em mercados estrangeiros. Em contrapartida, a produção exclusiva de veículos a combustão ou o início tardio da produção nacional de elétricos e baterias pode resultar na perda de mercados internacionais, no aprofundamento da tendência atual de aumento do conteúdo importado nos veículos nacionais e até no aumento das importações de veículos. No caso brasileiro, tais processos podem implicar uma deterioração da posição do país em relação à balança comercial de importantes economias parceiras na América Latina.

Se a promoção da paridade de gênero na transição para os VEs é um objetivo do governo, programas de capacitação e inclusão profissional, com foco particular na força de trabalho feminina, poderiam ajudar a evitar o agravamento do diferencial salarial existente entre homens e mulheres neste e em outros setores. A remodelação da frota brasileira terá implicações na equidade de gênero nos setores diretamente e indiretamente envolvidos na produção de veículos. Antecipar os impactos de gênero da transição será fundamental para o desenho de políticas públicas gênero-inclusivas destinadas a garantir que o desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil não seja responsável por produzir novas desigualdades no mercado de trabalho ou reproduzir aquelas já existentes, e para a promoção de uma maior inclusão de gênero no mercado de trabalho brasileiro.

ÍNDICE

Sumário executivo	i
O que sabemos sobre a geração de empregos pela indústria de veículos elétricos?...1	
Características da transição global para veículos elétricos	3
Vendas, modelos e segmentos nos maiores mercados.....	3
Metas de eletrificação na América Latina	3
Penetração de veículos elétricos no Brasil	4
A cadeia produtiva de veículos elétricos.....	5
Métodos.....	8
Cenários	8
Análise insumo-produto: Calculando o impacto na estrutura de emprego	14
Resultados	19
Emissões de gases de efeito estufa no transporte rodoviário	19
Empregos	20
Geração de renda e valor adicionado	24
Análises de sensibilidade.....	25
Conclusão e recomendações.....	29
Referências	32

O QUE SABEMOS SOBRE A GERAÇÃO DE EMPREGOS PELA INDÚSTRIA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS?

Não há consenso em relação aos impactos da produção de veículos elétricos (VEs) na geração de empregos. Estudos, pesquisas de opinião e declarações de fabricantes tendem a apresentar conclusões conflitantes, que preveem desde perdas significativas de empregos a aumentos moderados da força de trabalho ocupada como efeito da mudança na frota de automóveis. Há algumas razões para tais discordâncias. Uma delas, por exemplo, consiste na ausência de uma definição única dos setores e empregos que envolvem essa transformação: trata-se de montadoras, autopeças ou todas as indústrias da cadeia produtiva? Outra razão é a diferente localização da produção de componentes-chave para os VE: onde são produzidas baterias? Que efeitos essa distribuição geográfica tem sobre a exportação e a importação de veículos?

Um estudo encomendado pela Associação Europeia de Fornecedores Automotivos (Rennert et al., 2021) conclui que a transição para veículos 100% elétricos pode resultar na perda líquida de 275 mil empregos na Europa até 2040. Para este exercício, no entanto, são considerados apenas empregos gerados na produção de componentes dos *powertrains*¹ como motores a combustão, baterias de tração e motores elétricos. Harrison et al. (2019, p. 5) estimam que a rápida adoção e produção de veículos elétricos pode levar a um aumento líquido de até 590 mil empregos até 2030 na Europa em toda a cadeia de valor de veículos. Entretanto, apesar de encontrar, até 2030, apenas uma pequena variação líquida no total de empregos gerada pela transição para veículos elétricos na Europa, Kuhlman et al. (2021) apontam para perdas setoriais significativas em montagem e produção de autopeças tradicionais, que tendem a ser compensadas nos setores autopeças para elétricos, infraestrutura de recarga e geração de eletricidade.

Em meio à transição da indústria para novas tecnologias, a produção doméstica de componentes-chave (motores elétricos e baterias, por exemplo) torna-se fundamental para os impactos da remodelação da frota de veículos sobre as ocupações. Segundo Barret e Bivens (2021), considerando apenas as indústrias de montagem e de produção de autopeças, se 50% das vendas de veículos fossem de veículos elétricos até 2030, 74 mil empregos nos Estados Unidos seriam perdidos no caso em que não há aumento do conteúdo doméstico nos veículos elétricos. Alternativamente, o mesmo cenário de vendas resultaria em um ganho de 150 mil novas ocupações nos Estados Unidos se houvesse aumento da produção local de baterias e veículos elétricos.

Outro argumento comumente apresentado é que a redução no número de empregos na produção de veículos seria inevitável devido ao menor número de peças e componentes dos elétricos. Entretanto, segundo McElroy (2019), a montagem de dois veículos similares, um elétrico e um a combustão, requereria um número similar de estações e operários na linha de montagem: a bateria automotiva teria quase tantos componentes quanto um motor a combustão. Um relatório contratado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) desmontou dois veículos similares—um EV e um veículo convencional—e detalhou todos os componentes utilizados. Ao final, o número total de componentes do veículo elétrico foi de 1.584, contra 1.307 do similar à gasolina (FEV Consulting, 2023)². Excluindo todos os componentes da bateria e motor a combustão, o total de partes e componentes do veículo elétrico, 1.475, ainda é superior. As montadoras de veículos também não apresentam consenso neste ponto (Levin, 2022). A BMW declarou que não cortará empregos devido à transição para elétricos, mas outros fatores como competição com outras montadoras e mudanças

1 O termo *powertrain*, do inglês, inclui os componentes de um veículo responsáveis pela tração, incluindo motores em veículo a combustão, motores elétricos e bateria em veículos elétricos, transmissão e eixos.

2 O estudo considera o motor a combustão como um único componente.

na composição da força de trabalho podem reduzir o número de vagas (Charette, 2023). Uma pesquisa com 197 executivos e gerentes do setor indicou que 85% esperam manter ou expandir a força de trabalho em função da adoção de novas tecnologias (Rockwell Automation, 2023).

Os resultados brevemente resumidos acima indicam que um estudo sobre as consequências da transição para veículos elétricos sobre a estrutura de emprego beneficiaria de uma análise que seja capaz de capturar efeitos associados a várias partes da cadeia produtiva. Essa análise ampla se faz importante na medida em que há diversos fatores capazes de influenciar a geração de empregos na cadeia produtiva dos veículos elétricos. Esses, por sua vez, podem ser influenciados pelo *mix* de políticas públicas, como, por exemplo, as relacionadas ao conteúdo local da produção e à importação e exportação de veículos.

O presente estudo desenvolve e apresenta um cenário para a eletrificação da frota de veículos brasileira. Os impactos desse cenário na estrutura de empregos são comparados a um cenário base, caracterizado pelo continuado domínio dos veículos a combustão (VCs) nas vendas, aliado à expansão do uso de biocombustíveis. Os efeitos gerados sobre a atividade econômica e os empregos em cada cenário são estimados convertendo as projeções de vendas de veículos e combustíveis em valor monetário e utilizando a uma matriz de insumo-produto nacional para estimar o efeito desta demanda final em todos os setores da cadeia produtiva destes bens, como autopeças, máquinas e equipamentos elétricos, metais, vidro e borracha.

A seção a seguir apresenta uma breve descrição do processo de ampliação das vendas de veículos elétricos no mundo, na América Latina e no Brasil. Em seguida, são descritas as características da produção de veículos elétricos tendo como comparativo a produção de veículos a combustão interna. A seção seguinte descreve a metodologia utilizada para desenvolver os dois cenários mencionados—detalhando a evolução das vendas de veículos por segmento e *powertrain*, das importações e exportações de veículos e da produção doméstica de baterias de tração—e adapta a matriz insumo-produto brasileira para viabilizar os cenários até 2050. Finalmente, a seção de resultados apresenta as estimativas de emissões de gases de efeito estufa associadas a cada cenário, a geração total de empregos e sua distribuição por setores produtivos e gênero, a geração de valor adicionado e sua distribuição entre salários e lucros e análises de sensibilidade quanto ao conteúdo local das baterias e variações nas exportações de veículos. Por fim, são oferecidas considerações de políticas públicas derivadas dos resultados.

CARACTERÍSTICAS DA TRANSIÇÃO GLOBAL PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS

VENDAS, MODELOS E SEGMENTOS NOS MAIORES MERCADOS

A transição para veículos de emissão zero está em curso nos maiores mercados automotivos globais. Impulsionadas por metas de proibição das vendas de veículos a combustão e incentivos a consumidores e produtores, as vendas de elétricos ganharam escala desde 2020. Em 2022, foram vendidos mais de 10 milhões de veículos elétricos globalmente, um aumento de 54% em relação ao ano anterior. Destes, 99% foram veículos leves. Aproximadamente 73% foram elétricos totalmente movidos a bateria, e os 27% restantes foi quase totalmente composta por híbridos plug-in. Cerca de 59% dos VEs foram vendidos na China e 25% na Europa (Chu & Cui, 2023).

Na União Europeia e mais recentemente no Canadá, as proibições de novos veículos leves a combustão a partir de 2035 (Sen & Miller, 2023; Government of Canada, 2023) estão sendo apoiados por políticas de incentivo para a implementação de veículos zero emissão. Na Europa, por exemplo, França e Alemanha ofereceram subsídios de até 5.000 e 4.500 euros, respectivamente (Chu & Cui, 2023). As metas e políticas de incentivo foram acompanhadas por aumentos no *market share* dos elétricos nos maiores mercados de veículos leves. Em 2022, as vendas de carros elétricos atingiram 27% na China, 21% na União Europeia, 7% nos Estados Unidos e 20% no Reino Unido (Chu & Cui, 2023).

Aumentos da escala de produção de veículos elétricos e baterias, bem como o desenvolvimento de químicas de baterias menos-intensivas em matérias primas de alto custo (como cobalto), resultaram em reduções nos preços de VEs. Segundo Chen et al. (2024), carros de passeio, SUVs e pick-ups elétricas devem atingir a paridade de preço com VCs comparáveis já entre 2028 e 2029. Em um cenário pessimista de aumento de preços das principais matérias primas como lítio, níquel e cobalto, esta paridade deve ser atingida em 2032.

As baterias representam grande parte dos custos de produção dos elétricos. Desenvolvimentos tecnológicos e aumentos da escala de produção na fabricação de baterias desempenhará um papel chave na obtenção da paridade de custo entre veículos elétricos e a combustão. Em 2023 os custos de produção das baterias a íon de lítio retomaram a trajetória histórica de queda após um ligeiro aumento em 2022 (Bloomberg NEF, 2023), e espera-se que esta tendência de redução de custos continue nos próximos anos. Estimativas apontam que reduções nos preços das matérias primas e inovações nos processos produtivos, como mudanças nas químicas das baterias e simplificações no processo produtivos, podem resultar em uma redução do custo das baterias de até 40% em 2025 e 60% em 2030, em relação a 2023 (Goldman Sachs, 2024).

METAS DE ELETRIFICAÇÃO NA AMÉRICA LATINA

A ambição de descarbonizar o transporte rodoviário não se restringe aos maiores mercados globais. A América Latina foi responsável por 7% das vendas globais de novos veículos em 2020 e possui taxas de motorização em expansão (Kohli et al., 2022). Nesse contexto, diversos países da região, incluindo alguns dos principais parceiros comerciais do Brasil, possuem metas associadas às vendas de elétricos. Por exemplo, as metas chilenas preveem que 100% das vendas serão de veículos de emissão zero para carros e ônibus urbanos em 2035, e para caminhões e ônibus rodoviários em 2045. A Colômbia projeta que sua frota de carros elétricos chegará a 600 mil até 2030, e que todos os novos ônibus urbanos terão emissão zero em 2035. Outras metas incluem vendas exclusivas de veículos leves de emissão zero na Costa Rica até 2050 e aumentos expressivos dos VEs no Equador até 2040 (Barassa

et al., 2022)³. Em junho de 2022, o governo mexicano anunciou que 50% de todos os veículos produzidos no país serão de emissão zero em 2030, além de ser signatário da declaração da COP26, não-vinculante, que propõe a adoção de carros e vans 100% a emissão zero já em 2040 (Pineda, 2022). Brasil e Argentina, entretanto, não possuem metas de implementação de veículos a emissão zero até o presente momento.

PENETRAÇÃO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS NO BRASIL

A penetração de VEs no Brasil é tímida, mas cresce: em 2023, os veículos leves elétricos a bateria representaram 0,9% do total de venda e, somados aos híbridos plug-in, 2,6%. No primeiro semestre de 2023, foram vendidos 3.778 veículos elétricos a bateria, enquanto entre julho e dezembro do mesmo ano, observou-se um notável aumento nas vendas, que totalizaram 15.532 ou 1,25% das vendas de veículos leves no mesmo período (ABVE, 2024). Na primeira metade de 2024, os VEs representaram 3% das vendas de veículos leves no Brasil, totalizando cerca de 31 mil unidades, valor superior as vendas totais de 2023.

Este aumento está ligado a maior disponibilidade de modelos e, mais recentemente, de VEs com preços menos proibitivos. Segundo o Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (INMETRO, 2023), em 2023, o mercado brasileiro contou com 101 modelos elétricos, representando 9% de todos os modelos ofertados no Brasil e um aumento de 600% frente aos 14 modelos disponíveis em 2020 (INMETRO, 2020). No final de 2023, estavam disponíveis cinco modelos por até R\$ 150 mil (Schaun, 2023). Apesar de significativamente superior ao preço dos VCs mais baratos, que custam em torno de R\$ 60 mil a R\$ 70 mil, este valor de R\$ 150 mil não está distante do preço médio dos carros vendidos no Brasil em 2022, R\$ 130.851 (Rodriguez, 2023), principalmente ao se considerar o menor custo operacional dos elétricos (Morrison & Wappelhorst, 2023, p. 13).

Apesar do recente aumento na demanda, a produção nacional de VEs e de seus componentes ainda é limitada. Atualmente, ônibus e caminhões médios elétricos já são produzidos no país, assim como alguns dos motores elétricos. Carros de passeio e veículos comerciais leves elétricos vendidos no Brasil ainda são importados, mas novos investimentos anunciados viabilizarão a fabricação de elétricos no Brasil a partir de 2025 (Cesar, 2024), com capacidade inicial prevista de 150 mil unidades por ano, o que equivale a cerca de 7% das vendas nacionais de veículos leves em 2023. Na produção de baterias, apenas a montagem final dos *packs* com células importadas e a extração do lítio já ocorrem no país. Apesar de algumas iniciativas nacionais para o desenvolvimento tecnológico necessário para produzir anodos, catodos e células (Chaves et al., 2023), a produção doméstica das etapas de maior valor agregado na cadeia de valor das baterias depende fundamentalmente da escala de demanda local.

A fabricação de VEs é diferente da fabricação de VCs. A substituição dos motores a combustão por elétricos e baterias altera algumas das principais partes e componentes dos veículos, bem como os setores industriais que os fornecem. Outros componentes centrais, como chassi, eixos e suspensão, apesar de mantidos, precisam de novos designs e adequações para suportar um peso maior e acomodar os *packs* de baterias. Essas características também requerem mudanças na força de trabalho e na organização das linhas de montagem. A seguir é apresentada a composição dos custos associados à produção de VEs. São destacados os setores produtivos envolvidos na confecção de cada componente e, assim, na quantidade direta de empregos gerados na produção de VEs.

3 As metas do Equador visam atingir vendas de veículos de emissão zero de 60%-70% para ônibus urbanos, 20%-25% para veículos leves e 30%-40% para caminhões e 2040.

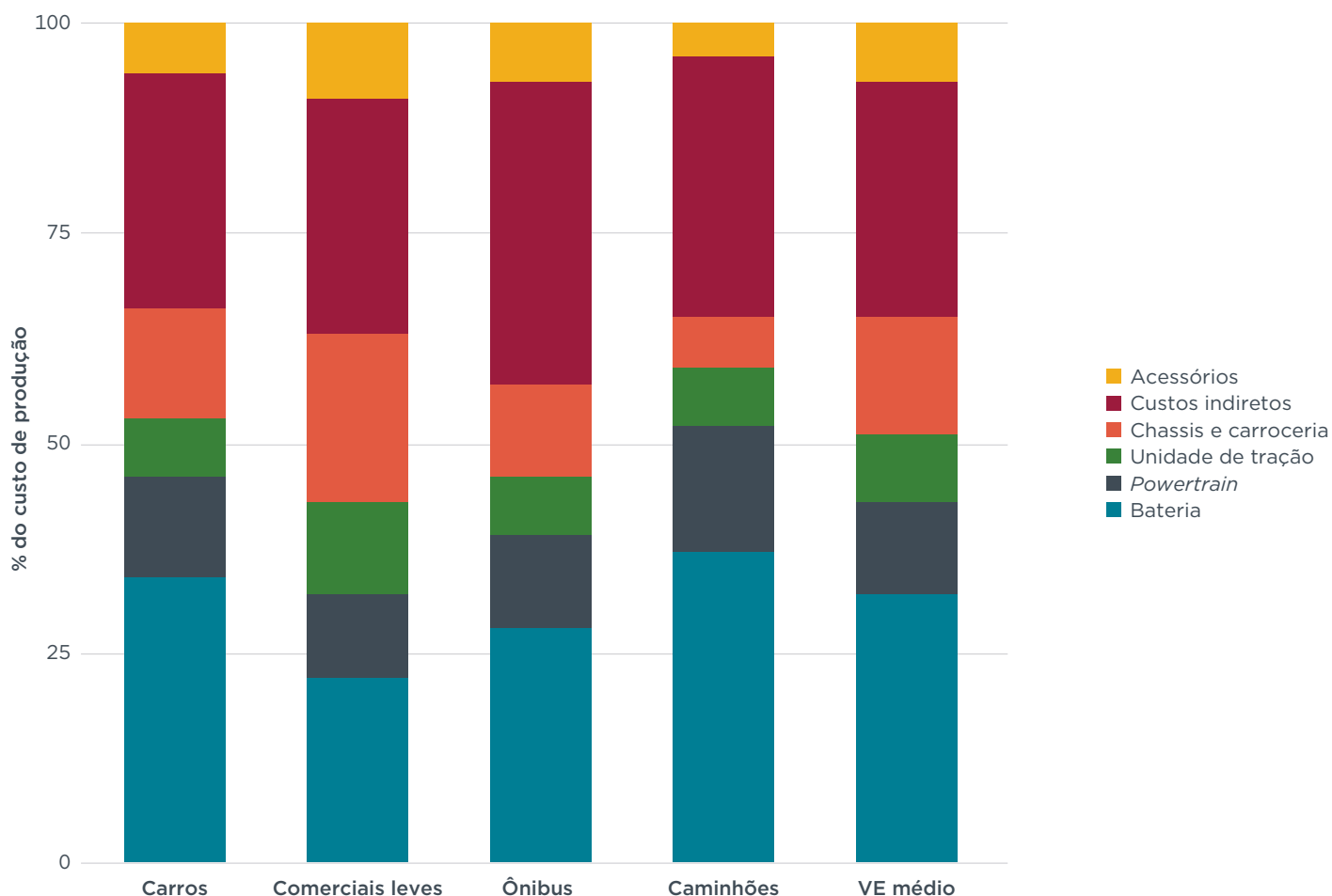
A CADEIA PRODUTIVA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Para examinar a produção de VEs, foram compilados os custos relativos de seus principais componentes alocados em quatro segmentos de veículos. A utilização do custo relativo permite o cálculo dos cenários simulados: uma vez que esses custos são mantidos fixos ao longo do tempo, não é necessário considerar mudanças nos coeficientes técnicos setoriais. A construção do setor de veículos elétricos e o papel dos preços relativos entre VEs e VCs é explicada em detalhes na seção “Análise Insumo-Produto: Calculando o Impacto na Estrutura de Emprego”.

A Figura 1 resume os custos relativos das baterias; de outros componentes do *powertrain*, como motores elétricos, conversores, da unidade de tração, dos chassis e carrocerias; de acessórios; e de custos indiretos que incluem transporte, vendas, salários e margens de lucro. Essas estimativas são baseadas na literatura internacional, tendo como base diferentes países. Os dados apresentam a distribuição percentual destes custos para carros de passeio (Slowik et al., 2022; FEV Consulting, 2023), veículos comerciais leves (Mulholland, 2022), ônibus (EY Parthenon, 2023) e caminhões (Xie et al., 2023; EY Parthenon, 2023).

Figura 1

Custos médios de produção de VEs por segmento e para o VE médio conforme literatura internacional



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

A Figura 1 destaca a importância das baterias na composição dos custos. Elas representam 32% dos custos do veículo médio, variando entre 22% para comerciais leves até 37% para os caminhões. A soma dos custos da bateria com os demais componentes do *powertrain*, ou seja, com as partes que são exclusivas para VEs, totaliza 43% dos custos totais e 59% dos custos diretos.

Uma das estratégias metodológicas utilizadas para se quantificar a relevância econômica da produção de VEs é a associação destes componentes a seus respectivos setores econômicos nas matrizes de insumo-produto nacionais. A seguir, realizamos esta abordagem para o Brasil. Para isso, foram alocados 13 grupos de componentes em setores representados no Sistema de Contas Nacionais (SCN/IBGE). A correspondência entre componentes e setores é apresentada na Tabela A2 do Anexo Metodológico (em inglês)⁴. A partir dela, é possível construir um setor sintético representativo da produção de VEs no país, que permite obter o valor da demanda intermediária por bens e serviços produzidos por outros setores. Esse procedimento inicia com a diferenciação dos componentes do veículo em dois grupos: principais e secundários. Os principais incluem baterias, componentes do *powertrain* elétrico, carroceria e chassi, suspensão, freios, eixos de transmissão, pneus e rodas. Para os componentes secundários, como metal para a carroceria, plásticos e serviços, assumimos que a produção de um VC e de um VE requerem o mesmo valor de insumos intermediários.

Esta abordagem é similar ao adotado por Tamba et al. (2022, p. 3). Reconhecemos que existem diferenças nos componentes entre VCs e VEs. Por exemplo, os VEs têm, em média, mais tecnologia embarcada, de modo que sua demanda por microchips, telas e software provavelmente é maior do que a dos VCs. No entanto, como a maior parte dos custos de produção está concentrada nas indústrias essenciais, esperamos que essa simplificação tenha impacto limitado nos resultados.

Para determinar a demanda intermediária por componentes primários, utilizamos os custos relativos (em %) entre os componentes secundários e cada um dos componentes primários dos VEs. Por exemplo, se sabemos que os custos dos acessórios representam 8% do VE médio e correspondem a R\$ 1.000.000, e a bateria representa 32% dos custos, o custo das baterias em valor será de $0,32/0,08 \times 1.000.000 = \text{R\$ } 4.000.000$. Repetimos esse procedimento para todos os componentes principais e o valor agregado. Para mais informações, consulte a primeira seção do Anexo Metodológico.

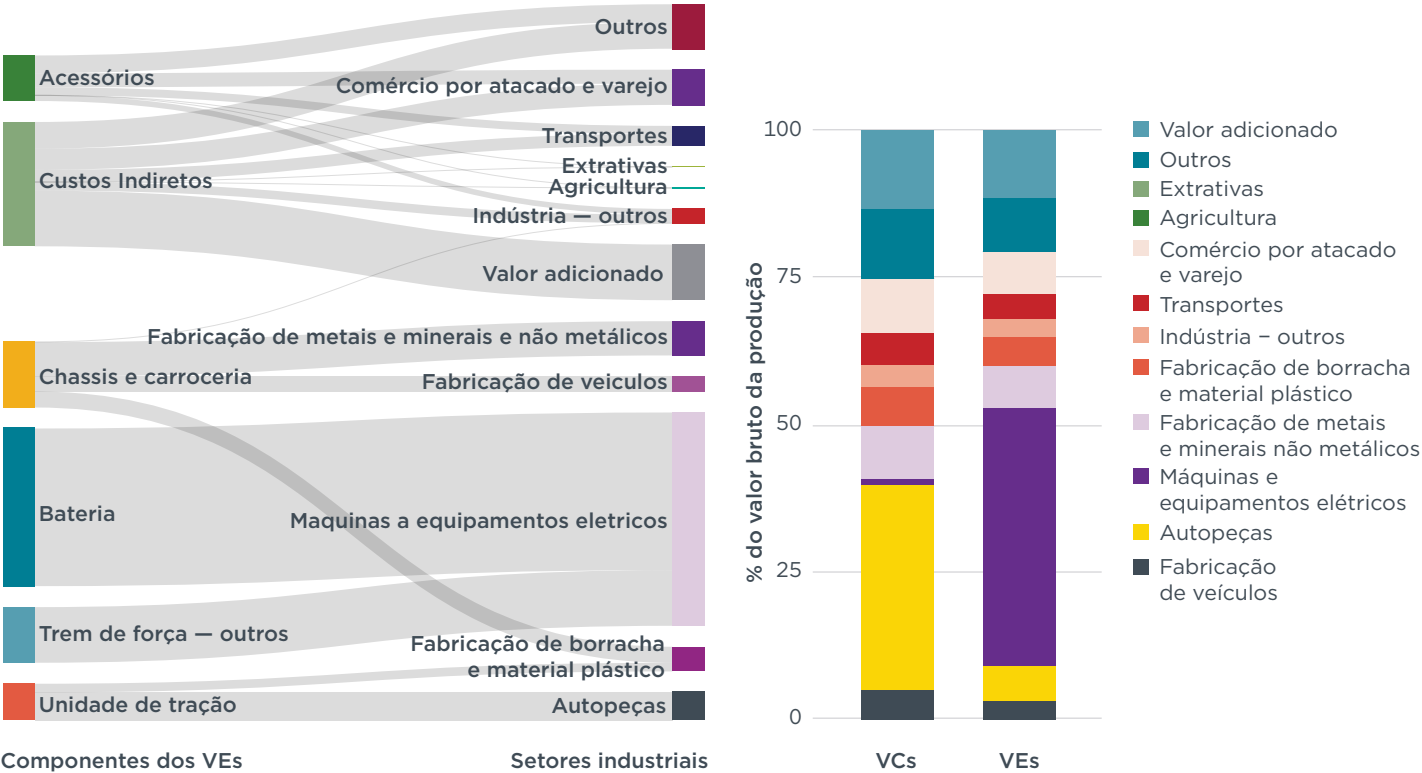
Após definir os custos totais por setor, aplicam-se as mesmas proporções entre conteúdo doméstico e importado observadas no setor tradicional de VCs brasileiro no ano base de 2019, exceto para o conteúdo doméstico das baterias, cuja trajetória faz parte dos cenários simulados e é descrita na próxima seção. Por fim, foi assumida que a razão entre o valor adicionado dos setores de VEs e VCs é de 0,84, seguindo a literatura internacional (Tamba et al., 2022; FEV Consulting, 2023). Este número foi utilizado para ajustar o valor adicionado pelo setor de VCs no ano base da análise (11,6%), indicando que o valor adicionado por veículo elétrico corresponde a 9,7% do valor bruto da produção. Este montante é distribuído entre salários e lucros, seguindo a mesma proporção do setor de VCs.

Os resultados desta alocação de componentes em setores são apresentados no painel esquerdo da Figura 2. Devido aos custos de baterias, motores elétricos, inversores e outros componentes do *powertrain*, cerca de 40% dos custos de produção estão relacionados ao setor de máquinas e equipamentos elétricos. Outros setores responsáveis por uma fatia considerável dos custos totais incluem o comércio por

⁴ O Anexo Metodológico está disponível para download em www.theicct.org, na mesma página onde se encontra este relatório.

atacado e varejo (7,2%), fabricação de metais e minerais não metálicos (7%)⁵, setor tradicional de autopeças (6%) e material plástico e transportes (4,2%).

Figura 2
Alocação dos componentes do veículo elétrico em setores industriais (esquerda) e comparação entre custos de produção de VCs e VEs (direita)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

O painel direito da Figura 2 compara a composição setorial dos custos de um VE a um VC. Observa-se um aumento substancial dos custos em máquinas e equipamentos elétricos no caso dos veículos elétricos, bem como uma redução da demanda de autopeças tradicionais. Entretanto, deve-se notar que esta redução, em valores absolutos, é menor do que na representação percentual da figura, uma vez que o veículo elétrico tende a ser mais caro. Ao todo, 68% dos custos de fabricação de um VE tornam-se demanda por bens industriais, um valor maior do que para VCs (60%).

5 A fabricação de metais e minerais não metálicos inclui os seguintes setores do sistema de contas nacionais: (1) fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos, (2) metalurgia de metais não ferrosos e fundição de metais, (3) produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço e (4) fabricação de produtos de minerais não metálicos.

MÉTODOS

A metodologia para estimar o impacto da expansão na frota de VEs brasileira é explicada em duas partes. Na primeira, são descritas as hipóteses por trás dos dois cenários desenvolvidos neste estudo: cenários Base e Eletrificação. Na segunda, descreve-se a metodologia adotada para simular a quantidade de empregos gerados e o valor da respectiva produção em cada cenário. Uma descrição mais detalhada do método com o código utilizado pode ser encontrada no Anexo Metodológico.

CENÁRIOS

A evolução da frota circulante nacional até 2050, por segmento e tipo de motorização, foi simulada utilizando o modelo *Roadmap* (ICCT, 2022) do ICCT. O modelo utiliza projeções de demanda de veículos, eficiência energética dos motores a combustão e elétricos, curvas de sucateamento e fatores de emissão de combustíveis fósseis, biocombustíveis e da matriz elétrica para calcular a frota circulante, demanda por combustíveis, emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais. Para projetar os dois cenários a seguir, o modelo foi simulado com distribuições distintas das vendas entre VEs e VCs—mantendo igual o número total de vendas—e do uso de combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade. Estas hipóteses estão resumidas nos painéis 1.a e 1.b do Box 1, a seguir⁶. Assim, foram construídos dois cenários representativos para contrastar os efeitos econômicos de uma continuada produção de veículos a combustão junto a um aumento no consumo de biocombustíveis (cenário Base), com uma transição para a produção de elétricos que também considera um maior consumo de biocombustíveis na parcela menor de veículos a combustão (cenário Eletrificação).

A simulação destes cenários projeta a evolução da frota nacional de 2019 a 2050, por segmento e tipo de motorização. Também leva em consideração as emissões associadas ao setor de transporte rodoviário nacional e seu respectivo consumo de combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade. A principal diferença entre o cenário Base e o cenário Eletrificação é a parcela das vendas de veículos novos, por tipo de motorização (elétrico ou a combustão), em cinco segmentos representativos: carros de passeio, veículos comerciais leves, caminhões médios (peso bruto total [PBT] < 15 t), caminhões pesados (PBT > 15 t) e ônibus. As taxas de crescimento das vendas e, portanto, da frota são iguais nos dois cenários.

Com relação ao conteúdo doméstico de produção de baterias, a mesma trajetória foi assumida para ambos os cenários, começando em 21% em 2019, equivalente à parcela do valor da bateria que corresponde à montagem dos *packs* de bateria, *battery management systems* e *battery thermal management* (FEV Consulting, 2023; Ricardo, 2021; UBS, 2017)⁷. Estas são as etapas da produção que já ocorrem em território nacional. O conteúdo nacional das baterias evolui ao longo da análise, atingindo 50% em 2050. A trajetória é apresentada no painel 3 do Box 1.

Os cenários projetam as vendas e uso de todos os veículos no território nacional. No entanto, os impactos econômicos ligados à produção de veículos não dependem do total de vendas, mas da produção nacional de veículos. Portanto, após simular os cenários, também consideramos a evolução das importações e exportações de veículos produzidos domesticamente. Os cenários simulados no modelo *Roadmap* projetam as vendas e a frota nacional de veículos, que inclui importados e exclui a produção nacional exportada. Entretanto, como os empregos domésticos ligados à manufatura de veículos dependem da produção nacional, é necessário excluir a parcela de veículos importados e incluir os exportados nos cenários.

6 Outras aplicações do modelo *Roadmap* para projeção de frotas, demanda energética e emissões a nível global e nacional incluem Sen et al. (2023), Sen e Miller (2022) e Jin et al. (2021).

7 Portanto, exclui inicialmente a manufatura das células das baterias.

Para isso, ao converter as vendas domésticas de veículos em valor, excluímos o percentual de veículos importados em cada segmento. Em seguida, o percentual de exportações de veículos leves e pesados na demanda final foi adicionado. A Seção 3 do Anexo Metodológico detalha a conversão dos resultados retirados do modelo *Roadmap* em valores associados ao número de veículos e ao consumo de combustíveis, além das manipulações ligadas à exclusão das importações e a inclusão das exportações na produção doméstica. A evolução das exportações e importações é projetada em cenários alternativos apresentados do Box 1, a seguir, e discutida da seção “Análises de Sensibilidade”.

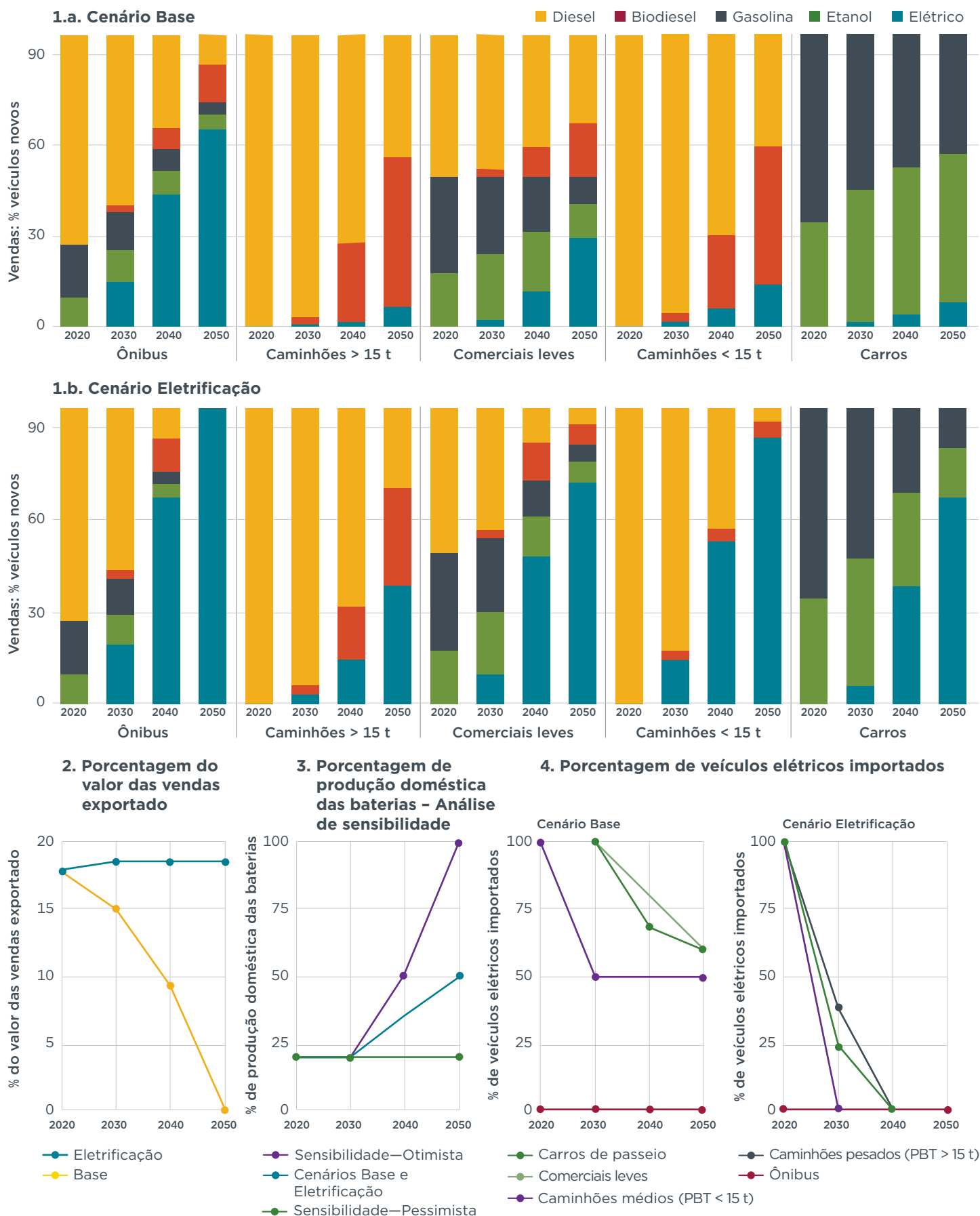
Para garantir a robustez dos resultados obtidos, após simular os resultados principais também foram realizadas análises de sensibilidade para quantificar o impacto de incertezas nas hipóteses adotadas. Essas análises foram feitas a partir de replicações do cenário Eletrificação, utilizando hipóteses alternativas (uma pessimista e uma otimista) para a evolução do conteúdo doméstico da bateria, além de hipóteses alternativas para a evolução das exportações.

Nos cenários desenvolvidos para este estudo não são considerados veículos híbridos e híbridos plug-in. Veículos híbridos, mesmo quando equipados com motores flex, apresentam uma capacidade de mitigação de emissões limitada (Mera et al., 2024) e podem ser vistos, no melhor dos casos, como uma etapa transitória para veículos compatíveis com as metas nacionais de neutralidade climática em 2050. Mesmo híbridos plug-in, com capacidade de utilizar o modo de condução elétrica, em condições reais, resultam em uma redução de emissões muito aquém de sua capacidade (Isenstadt et al., 2022; Plotz et al., 2022). Adicionalmente, a comparação entre elétricos a bateria e veículos a combustão é a mais relevante para compreender o impacto da transição energética em empregos, pois contrasta tecnologias e processos produtivos notadamente distintos. Veículos híbridos, no entanto, possuem uma combinação das tecnologias a combustão e elétrica o que resulta em maior demanda por partes e componentes e, segundo Bauer et al. (2018), uma demanda de mão de obra superior à necessária para a montagem de veículos elétricos e a combustão.

As hipóteses adotadas na projeção dos cenários Base e Eletrificação, bem como as análises de sensibilidade realizadas, são resumidas no Box 1 abaixo e descritas em detalhe nas seções a seguir.

Box 1

Resumo dos cenários Base e Eletrificação



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Cenário Base

O cenário Base representa uma continuidade das principais tendências atuais na produção de veículos e consumo de combustíveis no Brasil. Neste cenário, veículos com motores a combustão interna representam a grande maioria das vendas até 2050, com aumentos moderados das vendas de elétricos.

O painel 1.a do Box 1 apresenta a evolução das vendas, por segmento, neste cenário. Em 2050, as vendas de veículos a combustão ainda representam 92% entre carros de passeio, 70% dos comerciais leves, 86% dos caminhões médios, 93% dos pesados e 33% dos ônibus. O restante das vendas em todos os segmentos é de veículos elétricos, em linha com as projeções para o Brasil do *Stated Policies Scenario* (STEPS), modelado pela Agência Internacional de Energia (International Energy Agency, 2022).

O consumo de combustíveis pelos veículos a combustão no cenário Base resulta num aumento do uso de biocombustíveis. O consumo de etanol hidratado nos veículos leves aumenta de 35,6% em 2020 para 46% em 2030, 52,4% em 2040 e 55,4% em 2050 (Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2020; EPE, 2022). O conteúdo de etanol anidro na gasolina C é mantido fixo e igual aos valores atuais: 27,5%. Entre os VCs, foi assumido que a evolução do consumo de biocombustíveis nos veículos pesados atinge em 2050 os mesmos valores percentuais dos veículos leves. No entanto, veículos pesados que utilizam 100% biocombustíveis precisam ser abastecidos com diesel HVO (*hydrotreated vegetable oil*), diferente do biodiesel produzido no Brasil atualmente e ainda não disponível em escala comercial. Portanto, o cenário base projeta o uso de HVO nos veículos pesados apenas a partir de 2030. O percentual de biodiesel no diesel B também é mantido fixo em 12% até 2050.

A predominância da produção de veículos a combustão no cenário Base contrasta com as metas de eletrificação do transporte tanto nos países desenvolvidos quanto nos maiores parceiros comerciais do Brasil neste setor. Assim, o cenário Base projeta uma perda de competitividade da indústria automotiva nacional, com reduções graduais das exportações e penetração de veículos elétricos importados. As trajetórias das exportações e importações de veículos no cenário Base são apresentadas nos painéis 3 e 4.a do Box 1.

Cenário Eletrificação

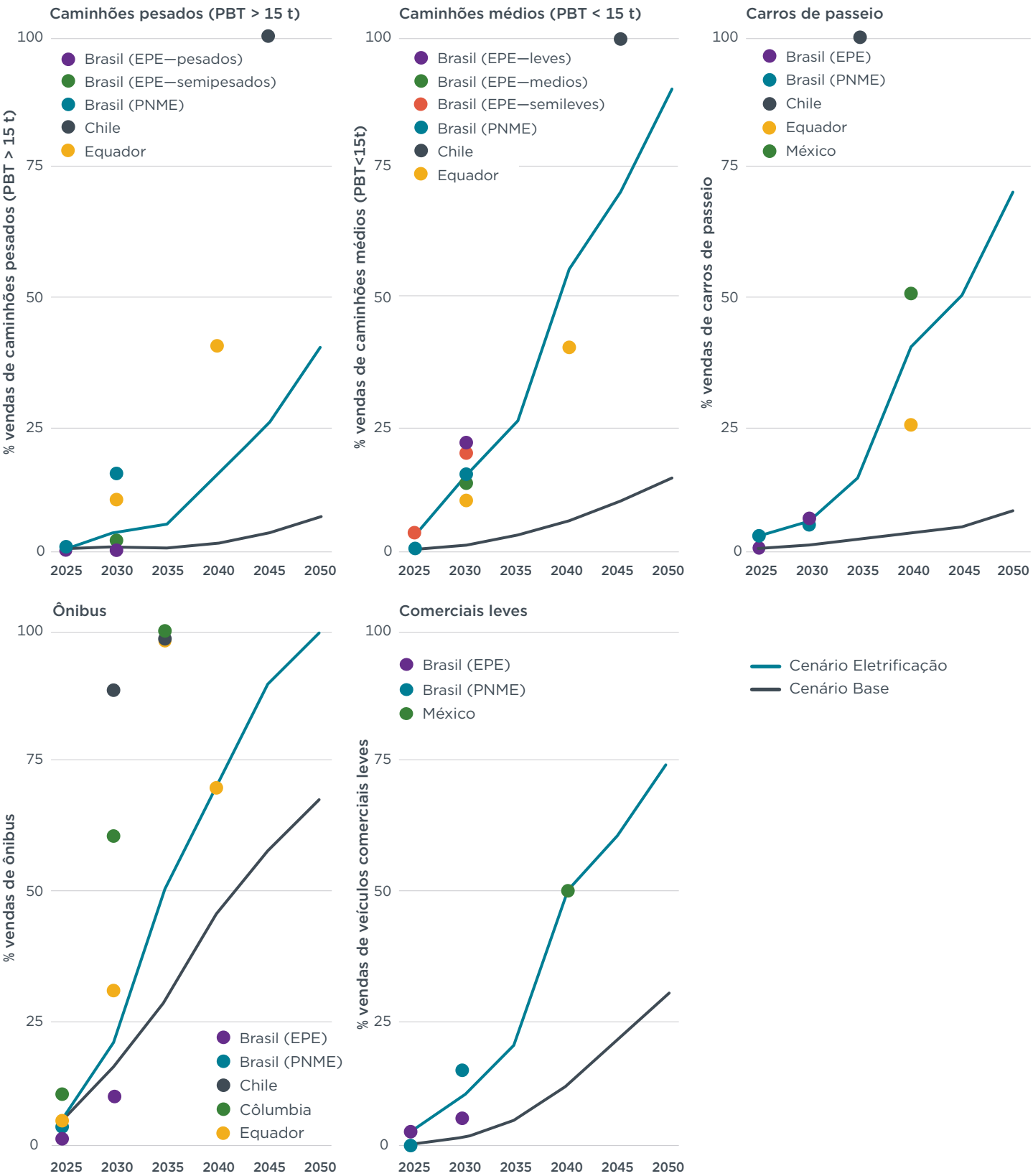
O cenário Eletrificação reflete um aumento ambicioso das vendas de VEs até 2050. Para VCs, aplica-se o mesmo aumento percentual do consumo de biocombustíveis utilizado no cenário Base, porém este aumento incide sobre uma frota menor de veículos a combustão devido ao aumento projetado das vendas de elétricos.

As projeções de vendas de VEs do cenário Eletrificação, em comparação com o cenário Base, são apresentadas na Figura 3 para os cinco segmentos representativos. Essas projeções são baseadas em estudos realizados para o Brasil pelo EPE (2023) e pela Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica (PNME; Barassa et al., 2022) e nas metas declaradas de outros países latino-americanos (Pineda, 2022; Barassa et al., 2022; Kholi et al., 2022). Como o Brasil não possui, até o momento, nenhuma meta definida de eletrificação, utilizamos esses outros países latino-americanos como referência. Apesar de projetar aumentos nas vendas de elétricos, principalmente após 2035, os valores utilizados estão aquém das metas estabelecidas no Chile, México, Colômbia e, em alguns casos, Equador.

No cenário Eletrificação, as vendas de carros de passeio elétricos chegam a 6% em 2030, 40% em 2040 e 70% em 2050. Veículos comerciais leves possuem uma trajetória similar, chegando a 75% de elétricos nas vendas em 2050. Entre os veículos

pesados, os ônibus são o único segmento a atingir 100% de eletrificação em 2050, enquanto os caminhões médios elétricos, majoritariamente urbanos, correspondem a 16% das vendas em 2030, 55% em 2040 e 90% em 2050. Por fim, o segmento de caminhões pesados encontra barreiras maiores para a implementação de veículos elétricos, em particular devido à necessidade de infraestrutura pública de recarga nas estradas, e mesmo no cenário Eletrificação, as vendas de elétricos nesse segmento se limitam a 40% do total em 2050.

Figura 3
Evolução das vendas de veículos elétricos nos cenários Base e Eletrificação



Nota: Dados para o Brasil são de EPE (2023) e da PNME (Barassa et al., 2022). Dados para os outros países são de Pineda (2022), Barassa et al. (2022) e Kholi et al. (2022).

Outra diferença entre os dois cenários é o comportamento projetado do comércio exterior. A evolução destas hipóteses é apresentada nos painéis 3 e 4.b do Box 1. No cenário Eletrificação, assume-se que a escala de vendas viabiliza a produção competitiva de veículos elétricos no país. Portanto, o nível de exportações de veículos é mantido constante, em torno de 18% da receita na indústria nacional até 2050⁸. Por outro lado, essa escala de produção também substitui as importações iniciais de veículos elétricos. A produção nacional responde por 100% das vendas de caminhões médios a partir de 2030. Cerca de um quarto dos carros de passeio e comerciais leves e 35% dos caminhões pesados vendidos em 2030 ainda são importados. A partir de 2040, 100% dos veículos elétricos vendidos no cenário Eletrificação são produzidos localmente.

Análises de sensibilidade

As hipóteses que embasam os dois cenários contêm incertezas que podem afetar os resultados deste estudo. Duas análises de sensibilidade foram utilizadas para quantificar a influência das principais incertezas na determinação dos cenários: o conteúdo doméstico das baterias automotivas e a evolução das exportações. Como estas hipóteses afetam principalmente o cenário Eletrificação, as análises de sensibilidade consideram apenas os efeitos sobre este cenário, em comparação com o cenário Base.

O primeiro exercício ressalta a importância da produção doméstica de baterias para a geração de empregos e renda com as vendas de VEs, uma vez que as importações de componentes correspondem a cerca de um terço dos custos de produção do veículo médio (ver Figura 1). Nesse exercício, os cenários Base e Eletrificação são simulados assumindo o mesmo conteúdo doméstico de produção da bateria, que parte de 21% e chega a 50% em 2050. Além disso, assumimos uma hipótese pessimista (fixando em 21% para todo o período) e otimista (alcançando 100% em 2050) para a produção doméstica de baterias no cenário Eletrificação. As trajetórias do conteúdo doméstico nos cenários principais e análises de sensibilidade são apresentadas no painel 3 do Box 1. As hipóteses de redução de importações, apresentadas no painel 4, tem um impacto menor no cenário Base, pois afetam apenas as importações de veículos elétricos, os quais constituem uma parcela menor das vendas neste cenário.

O segundo exercício de sensibilidade destaca como a redução de exportações prevista no cenário Base contribui para a mudanças na estrutura ocupacional brasileira. Nesta análise, o cenário Eletrificação é simulado novamente, agora com a mesma redução de exportações prevista para o cenário Base.

ANÁLISE INSUMO-PRODUTO: CALCULANDO O IMPACTO NA ESTRUTURA DE EMPREGO

A análise apresentada neste trabalho se limita a avaliar os efeitos em empregos gerados a partir da manufatura de veículos e dos insumos demandados para a produção, bem como a partir da demanda por combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade. Portanto, os resultados não incluem empregos ligados à infraestrutura de distribuição e recarga elétrica, tampouco empregos relacionados ao uso dos veículos como em manutenção e peças de reposição.

Para estimar as implicações econômicas dos cenários Base e Eletrificação ao longo do tempo, foi desenvolvido um modelo de insumo-produto. Em termos simplificados, este arcabouço resume que setores são responsáveis pela produção de bens e serviços (produto) e quais destes são consumidos, seja por outros setores econômicos,

8 Este valor corresponde à média das exportações de 2010 até 2019, antes da pandemia de COVID-19.

para produzir outros bens e serviços (insumo), seja por setores institucionais (famílias, governos e empresas). Desta forma, permite obter um panorama das relações intersetoriais de uma economia. A análise de insumo-produto é viabilizada pela existência de matrizes que organizam esses fluxos, construídas a partir de dados observados na economia. Para vários países, essas matrizes costumam ser disponibilizadas pelos órgãos públicos responsáveis, ainda que com frequências variadas. Como as matrizes são construídas com base em dados anuais, elas representam fotografias da estrutura produtiva de uma economia naquele período, o que limita as possibilidades analíticas do arcabouço. Como será visto a seguir, essa limitação é importante para o exercício aqui realizado, mas isso não invalida a relevância do método para simular, ainda que de forma simplificada, tendências associadas aos diferentes cenários de ampliação das frotas de veículos elétricos no Brasil.

No caso do Brasil, as matrizes oficiais são disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de cinco em cinco anos, com algum atraso. As simulações propostas neste trabalho utilizam como base a matriz de insumo-produto brasileira para o ano de 2019, que foi construída por Passoni-Alves e Freitas (2020) a partir da matriz de insumo-produto de 2015 e das tabelas de recursos e usos de 2019. A matriz utilizada conta com 67 setores produtivos (desagregáveis em 126 atividades) além dos setores institucionais.

Três limitações da análise insumo-produto a seguir merecem maior atenção. A primeira é que, por representar a estrutura produtiva de um país em um determinado ano, a matriz de insumo-produto é uma ferramenta limitada para realizar simulações que consideram mudanças futuras na estrutura produtiva. Neste estudo, a estrutura produtiva original para todos os outros setores da matriz foi mantida ao longo de todo o período simulado, de 2019 a 2050. Portanto, a análise pressupõe rigidez tecnológica, ou seja, não computa eventuais alterações estruturais da produção associadas à incorporação de novas tecnologias ao longo do tempo. Isso reflete na força de trabalho empregada em cada setor, uma vez que a produtividade do trabalho é mantida fixa. Finalmente, não estão sendo consideradas variações intertemporais de preços relativos, efeitos esperados na medida em que se altera a estrutura produtiva.

A segunda limitação diz respeito à variação dos preços relativos entre veículos elétricos e a combustão. As simulações no modelo *Roadmap* assumem que apenas a composição, e não o volume, das vendas entre veículos elétricos e a combustão varia entre os dois cenários. Em outras palavras, assume-se uma substituição de 1 para 1 entre veículos dos dois *powertrains*. Adicionalmente, considera-se o custo maior dos elétricos no ano base ao converter os números de vendas em valor. A relação entre o preço de um veículo elétrico e um a combustão é de 1,45 para carros de passeio, 1,32 para comerciais leves, 1,43 para caminhões médios, 2,47 para caminhões pesados e 3,39 para ônibus (Xie et al., 2023; Slowik et al., 2022; Lutsey & Nicholas, 2018).

Portanto, a produção de uma mesma quantidade de veículos elétricos corresponde a uma demanda final maior do que a produção de veículos a combustão. A hipótese de manter os preços relativos fixos ao longo das simulações, e variar apenas as quantidades, está em linha com a decisão de manter a estrutura produtiva observada na matriz insumo-produto no ano base (2019). Aplicar reduções esperadas do preço relativo entre veículos elétricos e a combustão ao longo do tempo seria equivalente a impor reduções na intensidade de mão de obra no setor de produção de elétricos, e em todos os setores que fornecem seus bens intermediários para este. Em outras palavras, seria equivalente a assumir que a totalidade das reduções de preço dos elétricos é função de novas tecnologias menos intensivas em trabalho, o que seria incompatível com variações de preço em função de preços de matérias-primas das baterias ou das taxas de lucros dos fabricantes.

Em suma, ao projetar os cenários utilizando a estrutura produtiva observada no ano base, também é necessário manter os preços relativos iniciais fixos. Deste modo, as variações projetadas nas vendas de veículos elétricos e a combustão refletem a intensidade de emprego por veículo ao longo das duas cadeias produtivas no ano base. Nota-se que, devido ao maior preço unitário dos elétricos, é possível que o total de empregos gerado por veículo seja maior entre os VEs do que os VCs, embora o número de empregos por valor da produção seja menor.

A terceira limitação é que, assim como outras matrizes de insumo-produto, a matriz brasileira não explicita um setor específico para a fabricação de veículos elétricos. Dessa forma, as informações apresentadas na seção sobre as características da indústria no Brasil foram utilizadas para confeccionar um setor sintético representativo da produção de VEs. Tais informações permitem mapear uma estrutura de custos para o setor sintético, que foi incorporado como o 68º setor na matriz de insumo-produto brasileira. Isto, por sua vez, permite determinar os vínculos de consumo intermediário do setor sintético (isto é, o quanto e de quais setores ele demanda de insumos) e, portanto, estimar o impacto gerado pela produção deste setor sobre a produção de outros setores. Essa é uma premissa básica da análise de insumo-produto, e é a partir dela que se torna possível calcular os impactos econômicos gerados por alterações na demanda como, por exemplo, quantas novas ocupações serão criadas em cada um dos setores e no total da economia.

Todavia, é importante reconhecer que o método do setor sintético permite apenas a suposição de uma estrutura de demanda para o setor dos VE, e não de uma estrutura de oferta. Ou seja, não é possível informar o quanto os 67 setores originais da matriz de insumo-produto demandam do novo setor de VEs. Entretanto, cerca de 94% da demanda total do setor de VCs é originária dos setores institucionais representativos da demanda final (consumo das famílias, consumo do governo, formação bruta de capital fixo, variações de estoque e exportações). Dessa forma pode-se inferir que o setor de VEs, assim como de VCs, não é relevante enquanto fornecedor de insumos intermediários.

No ano 1 da simulação (2019), assume-se que a participação do setor VE é irrelevante em termos de contribuição para o produto da economia. Essa premissa não oferece prejuízo aos resultados obtidos e, pelo contrário, garantem consistência ao modelo de insumo-produto quando é incluído um setor sintético. Mais detalhes sobre esses procedimentos são descritos em Kim et al. (2017; 2019), que propõem o método, e em Marques et al. (2024), que o aplicam para o caso da Amazônia brasileira.

Uma vez incorporado o setor sintético de VEs na matriz, os procedimentos para estimar os impactos econômicos seguem o tradicional cálculo dos multiplicadores do produto e do emprego aplicados ao modelo de insumo-produto, que utiliza a matriz inversa de Leontief (Miller e Blair, 2009, cap. 6). Como o objetivo é simular mudanças na demanda por veículos elétricos ao longo do tempo, são essas alterações que, interagindo com a estrutura de custos do setor sintético, determinam a magnitude e a distribuição setorial dos impactos sobre a economia. Como mencionado, o procedimento consiste em replicar a matriz de insumo-produto de 2019 para os anos seguintes e, nesse caso, considera-se alterações da demanda calculadas a partir dos cenários previamente descritos: Base e Eletrificação. Essas alterações são feitas por meio de imputações na matriz de insumo-produto original.

O impacto da produção sobre o número de pessoas empregadas é condicionado não apenas pela estrutura de custos de um setor, mas também pelos coeficientes de emprego associados a cada um dos setores considerados na matriz de insumo-produto. Estes coeficientes são obtidos pela razão entre o total de pessoas ocupadas no setor e o valor bruto da sua produção. O problema, entretanto, é que a produção de

VEs não costuma estar discriminada enquanto setor específico da matriz de insumo-produto, logo é necessário defini-la a partir de critérios pré-determinados.

Desse modo, além da estrutura de custos completa para novo setor de VEs, que nos permite saber os insumos utilizados na produção dos veículos elétricos, é necessário saber o número de pessoas diretamente empregadas pelo setor. Diversos estudos recentes têm buscado quantificar os possíveis impactos no emprego gerados por processos de substituição de VCs por VEs. Essas investigações procuraram discutir a hipótese anedótica de que a estrutura produtiva associada aos veículos elétricos implica em uma redução nos empregos necessários pela indústria automobilística. A Tabela 1 resume os resultados obtidos por alguns desses estudos, que apresentam variação considerável. Dois deles indicam que a razão entre empregos diretamente associados à produção de VEs e VCs, para um mesmo valor de produção, encontra-se em torno de 60% (Küpper et al., 2020; Suehiro e Purwanto, 2020). Os outros dois indicam uma razão em torno de 80% (Bauer et al., 2018; Jaeger et al., 2021). Para fins desta análise, foram selecionados quatro entre dez estudos que possibilitam a identificação da intensidade de trabalho direta na produção de VEs e a VCs, a partir de diferentes metodologias.

Tabela 1
Relação entre empregos diretos na produção de veículos elétricos e a combustão para mesmo valor bruto da produção

Referência	Proporção dos empregos diretos no setor VE em relação a VC
Bauer et al. (2018)	80,1%
Küpper et al. (2020)	80,1%
Jaeger et al. (2021)	59,0%
Suehiro e Purwanto (2020)	63,3%
Média	70,4%

É com base nesses valores que este estudo define, de antemão, o coeficiente de empregos diretos para o setor de VEs. Ao concebê-lo enquanto um setor sintético separado na matriz de insumo-produto e identificá-lo a partir da estrutura de custos descrita anteriormente, assumiu-se também que seu coeficiente de empregos diretos é uma parcela do coeficiente de empregos diretos do setor de VCs. Para tanto, multiplica-se este coeficiente, identificável na matriz de insumo-produto, pela média da razão entre empregos diretos na produção de VEs e VCs listados na Tabela 1. O valor obtido para o coeficiente de empregos diretos na produção de VEs para o Brasil é de 0,55 empregos por milhão de valor bruto da produção, comparado com um coeficiente de 0,78 para a produção de VCs.

Por fim, para estimar o impacto dos empregos por gênero é necessário desagregar o emprego por setor, disponível nas matrizes insumo produto apenas de forma agregada. Nesse caso, utilizamos a proporção de gênero no mercado de trabalho formal brasileiro segundo dados oficiais da Relação Anual Informações Sociais (RAIS), publicada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (2022), disponível para todos os setores na matriz oficial. Como não existem dados sobre a proporção de gênero no setor de VEs, utilizamos a proporção do setor VC no primeiro ano.

Com a estrutura de custos e o coeficiente de empregos diretos do novo setor de VEs, e com a distribuição dos empregos por gênero em todos os setores, podemos partir para as simulações dos cenários. Como os cenários Base e Eletrificação pressupõem

alteração da demanda por veículos elétricos e por veículos a combustão, os efeitos computados pelo modelo decorrem exclusivamente desses setores e de seus fornecedores de insumos. Isso implica desconsiderar qualquer outra mudança na demanda (e nos preços) associada a setores que não têm relação com a produção de veículos, de combustíveis e eletricidade ao longo do período analisado.

Finalmente, vale destacar que os resultados obtidos a partir da análise dos multiplicadores levam em consideração os efeitos diretos e indiretos, ou seja, que resultam do efeito de mudanças na demanda associadas à produção dos próprios setores e à produção daqueles setores que fornecem insumos, respectivamente. No caso específico do setor de produção de veículos elétricos, por exemplo, o multiplicador indica os empregos diretos gerados neste mesmo setor e os indiretos gerados em todos os setores que fornecem insumos para a produção de veículos elétricos, como baterias, motores elétricos, metais e vidro. São desconsiderados os efeitos induzidos, ou seja, aqueles decorrentes do impacto que aumentos no consumo geram sobre a atividade econômica.

RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados das simulações dos cenários Base e Eletrificação. Primeiro são comparadas as emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida (do poço à roda) da frota nacional brasileira. Em seguida, os resultados principais descrevem a geração de empregos e renda (salários e lucros). Por fim, análises de sensibilidade quantificam o impacto da produção doméstica de baterias e das exportações de veículos sobre a geração de empregos no cenário Eletrificação.

EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO

As emissões de gases de efeito estufa foram estimadas para cada cenário utilizando a metodologia do modelo *Roadmap* (ICCT, 2022). Foram avaliadas as emissões no ciclo de vida (do poço à roda) para garantir uma análise abrangente das emissões originadas na demanda por veículos e transporte, incluindo tanto as emissões de escapamento (do tanque à roda) quanto às emissões de extração, cultivo, transporte e produção dos combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade (do poço ao tanque).

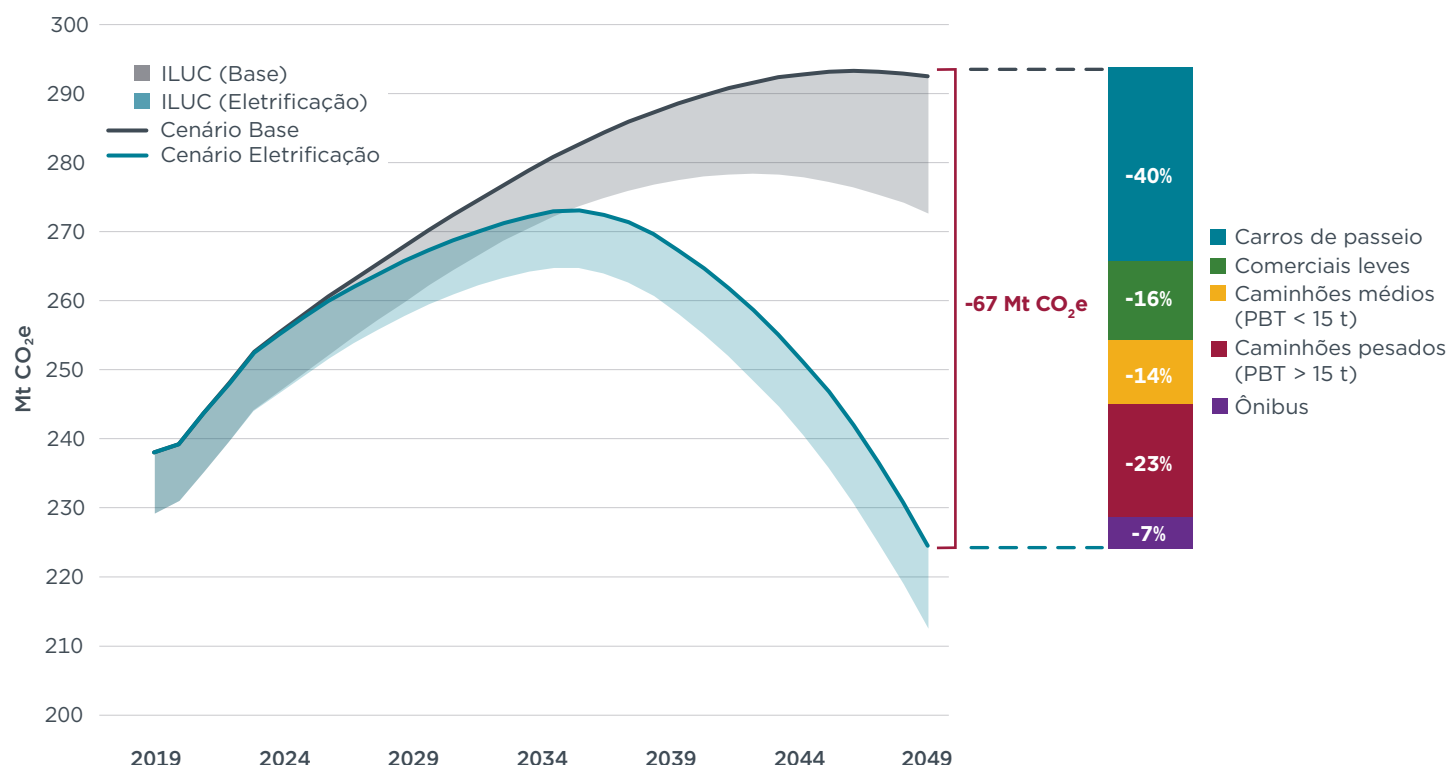
Os resultados são apresentados na Figura 4. O painel esquerdo mostra a variação das emissões entre 2019 e 2050 nos cenários Base e Eletrificação. As áreas sombreadas abaixo de cada cenário indicam a parcela das emissões provenientes de mudanças indiretas no uso da terra (ILUC, do inglês *indirect land use change*) ligadas ao cultivo de biomassa energética. O painel direito da figura decompõe a redução de emissões entre os dois cenários nos cinco segmentos de veículos considerados na análise.

Os resultados apontam uma redução de emissões equivalente a 67 megatoneladas de CO₂ equivalentes no cenário Eletrificação em comparação ao cenário Base para o ano de 2050. Em ambos os cenários se observa primeiro um aumento das emissões devido ao aumento das vendas de veículos e, portanto, da frota circulante nacional: as vendas anuais de carros de passeio, por exemplo, partem de 2,2 milhões de veículos em 2019 e chegam a 5,1 milhões em 2050. As vendas por segmento e *powertrain* são apresentados na Figura 3 e nos painéis 1.a e 1.b do Box 1.

As reduções de emissões no cenário Eletrificação, projetadas a partir de 2036, acontecem concomitantemente ao aumento expressivo das vendas de veículos elétricos em todos os segmentos (ver Figura 3). A maior parcela do potencial de mitigação é atribuída aos carros de passeio, que representam a maioria da frota nacional, seguidos por caminhões pesados, veículos comerciais leves, caminhões médios majoritariamente urbanos e, por fim, ônibus.

Figura 4

Emissões no ciclo de vida (do poço à roda) nos cenários Base e Eletrificação (esquerda) e composição da mitigação de gases de efeito estufa por segmento (direita)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

EMPREGOS

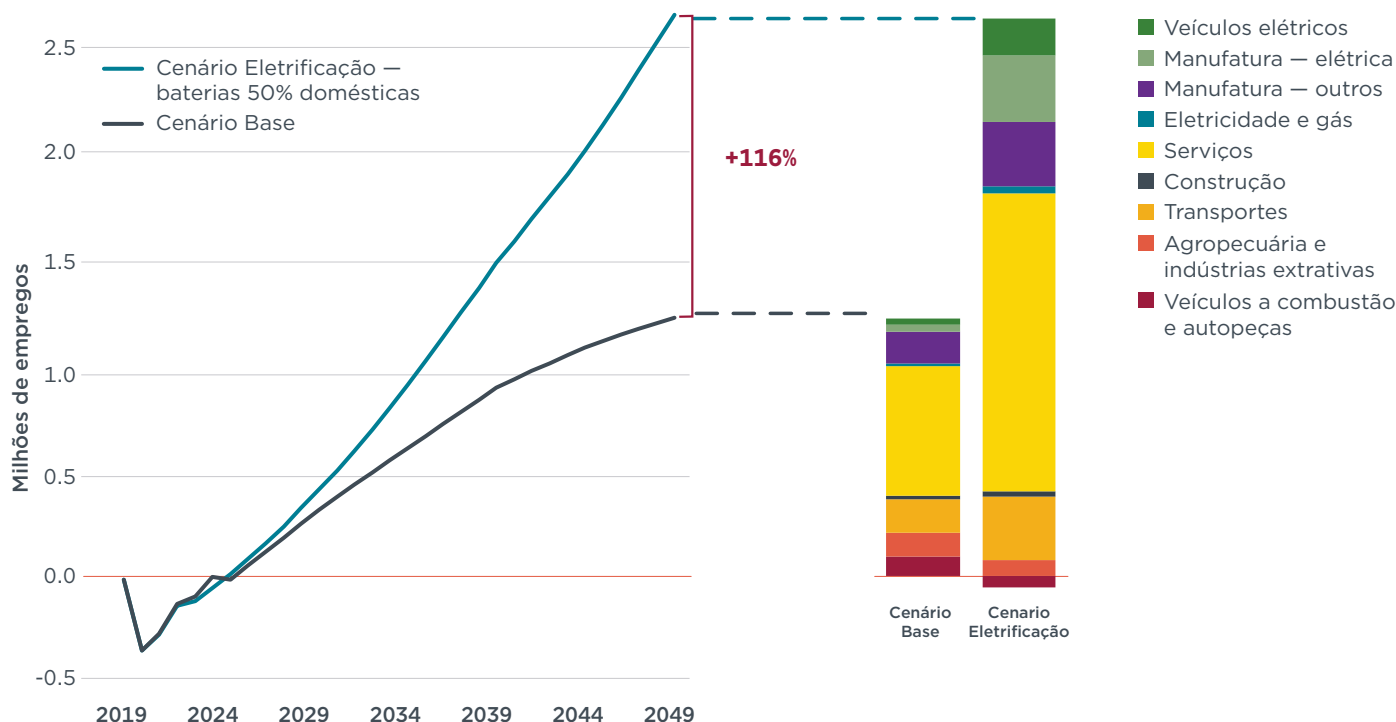
Na Figura 5 estão expressas as trajetórias dos dois cenários simulados em relação à quantidade e ao tipo de ocupação potencialmente criada no período. A trajetória do cenário Eletrificação se descola do cenário Base a partir de 2026, resultando em um potencial de geração de empregos 2,1 vezes maior em 2050, um crescimento de 116%.⁹ A projeção, portanto, sugere que metas mais ousadas de eletrificação são capazes de expandir a capacidade geradora de emprego da indústria automobilística no Brasil, em comparação com cenários que apresentam metas mais conservadoras (no caso, o cenário Base). Como a simulação considera uma proporção de empregos gerados por milhão de valor bruto da produção menor para VEs do que para VCs (VEs tem menor multiplicador), este resultado é consequência de uma estratégia de eletrificação que prevê um aumento significativo na demanda por VEs.

O número total de empregos gerados no último ano (2050) é agregado em nove categorias que incorporam os 68 setores da matriz insumo-produto. A correspondência entre os 68 setores e estas categorias agregadas é listada na Tabela A2 do Anexo Metodológico. A distribuição para os cenários mostra que não há uniformidade: algumas categorias se beneficiam relativamente mais do que outras quando se migra do cenário Base para o cenário Eletrificação. Por exemplo, tanto a produção de veículos elétricos quanto a manufatura de máquinas e equipamentos elétricos empregam relativamente mais no cenário Eletrificação (9,5% e 10,8% do total entre os setores considerados) do que no cenário Base (2,4% e 2,9%, respectivamente).

⁹ A queda inicial em ambas as trajetórias reflete o impacto gerado pela pandemia de COVID-19.

Figura 5

Total de empregos gerados em todos os setores em função das vendas de veículos elétricos, a combustão, combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade (esquerda) e distribuição dos empregos gerados ao final das simulações por setor (direita)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Uma dinâmica similar é observada na produção de veículos a combustão e autopeças, mas nesse caso há perdas de emprego quando se passa de um cenário para o outro. Especificamente, o cenário Eletrificação implica em uma redução da participação relativa dessas categorias¹⁰. Outro fator de destaque no cenário Eletrificação é o encolhimento relativo (menor crescimento) da agropecuária, denotando os efeitos da eletrificação sobre a produção de biocombustíveis: enquanto no cenário Base este setor produz 9,8% do total de empregos, no cenário Eletrificação tal número chega apenas a 3%.

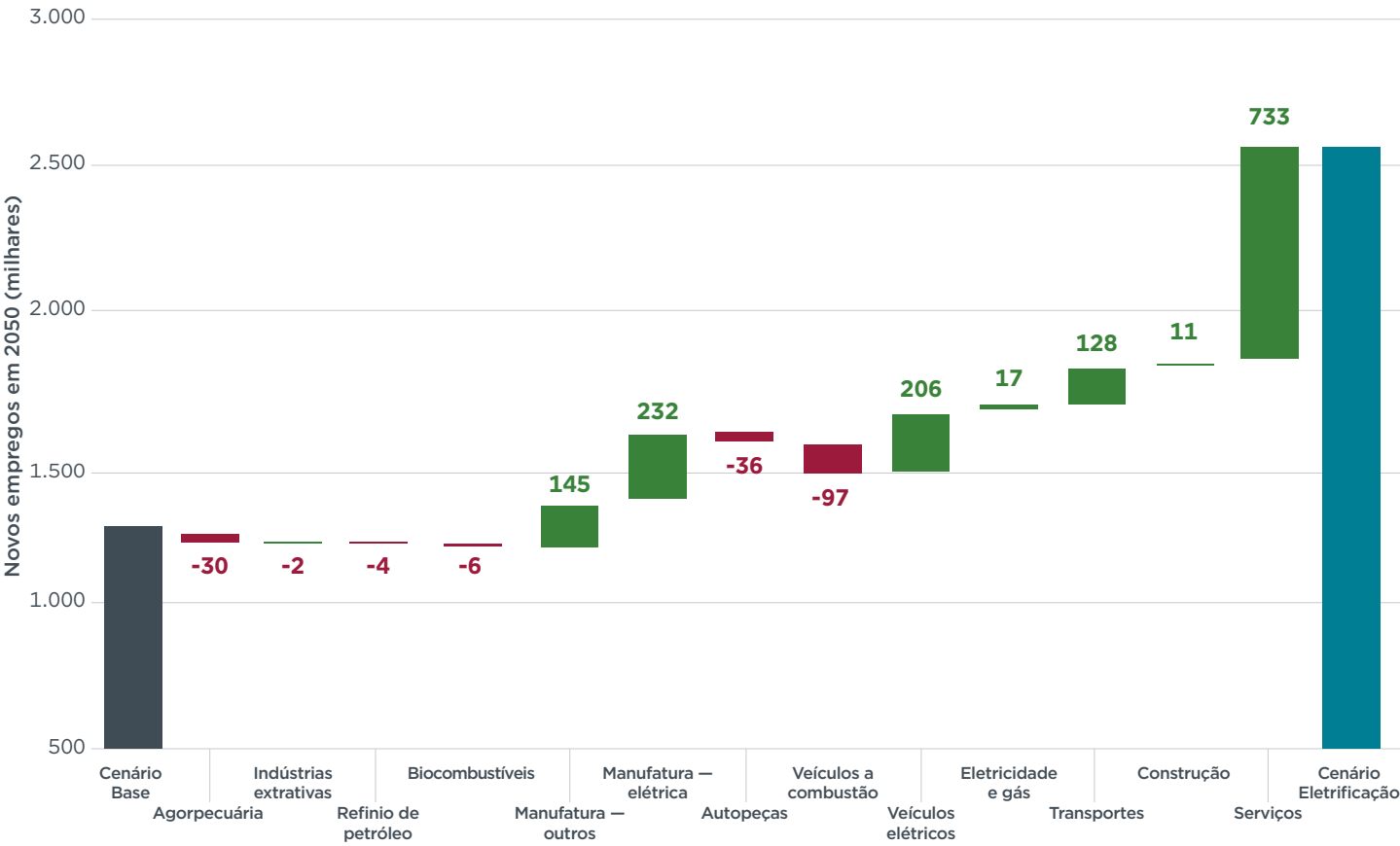
Ainda assim, é importante ressaltar que 78,8% dos novos empregos gerados no cenário Eletrificação se devem a outras categorias apontadas na figura, em especial a que agrega os setores de serviços. Como demonstra a Tabela A2, essa categoria inclui 23 setores da matriz de insumo-produto, como intermediação financeira e seguros, atividades mobiliárias e jurídicas, comércio por atacado e varejo, e atividades profissionais e científicas, como as de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Nesse caso, não há distinção significativa em relação ao que ocorre no cenário Base, em que 77,9% dos empregos gerados estão alocados em serviços. No ano inicial da análise (2019), a categoria serviços correspondia a 64% do total de empregos no país. Nesse sentido, o expressivo aumento de empregos alocados em serviços nos dois cenários é um reflexo do tamanho destes setores na economia brasileira, bem como de sua maior intensidade de mão de obra comparado à média dos setores manufatureiros. Os empregos gerados, portanto, são em grande parte devidos ao efeito da ampliação da demanda associada aos VEs. Como os efeitos diretos (o impacto nas ocupações exclusivamente associadas

¹⁰ Isso pode ser observado na Figura 5 pelo fato de que o número de empregos no setor de VC associado ao cenário Eletrificação é negativo.

ao setor de VEs) são menores do que os efeitos indiretos (o impacto nas ocupações produzido pela demanda de insumos por parte do setor de VEs), esses resultados indicam não só a importância da produção de VEs para o restante da economia, mas delinea os setores mais afetados pela expansão da demanda por esses veículos.

A Figura 6 fornece mais detalhes sobre a distribuição do diferencial de empregos gerados entre os cenários em 2050. Destaca-se a importância dos serviços para o número extra de empregos gerados no cenário Eletrificação, seguido pela manufatura de equipamentos elétricos, produção de veículos elétricos e outros tipos de manufatura. Alternativamente, o crescimento de empregos na fabricação de autopeças, de veículos a combustão e na agropecuária são menores no cenário Eletrificação do que no cenário Base. É interessante notar, porém, que essa redução é menos acentuada nos setores de biocombustíveis e de refino de petróleo (agora apresentados separadamente), que estão diretamente relacionados com a produção de veículos a combustão.

Figura 6
Variação relativa de empregos por setor, entre cenários Eletrificação e Base, ao final das simulações (2050)

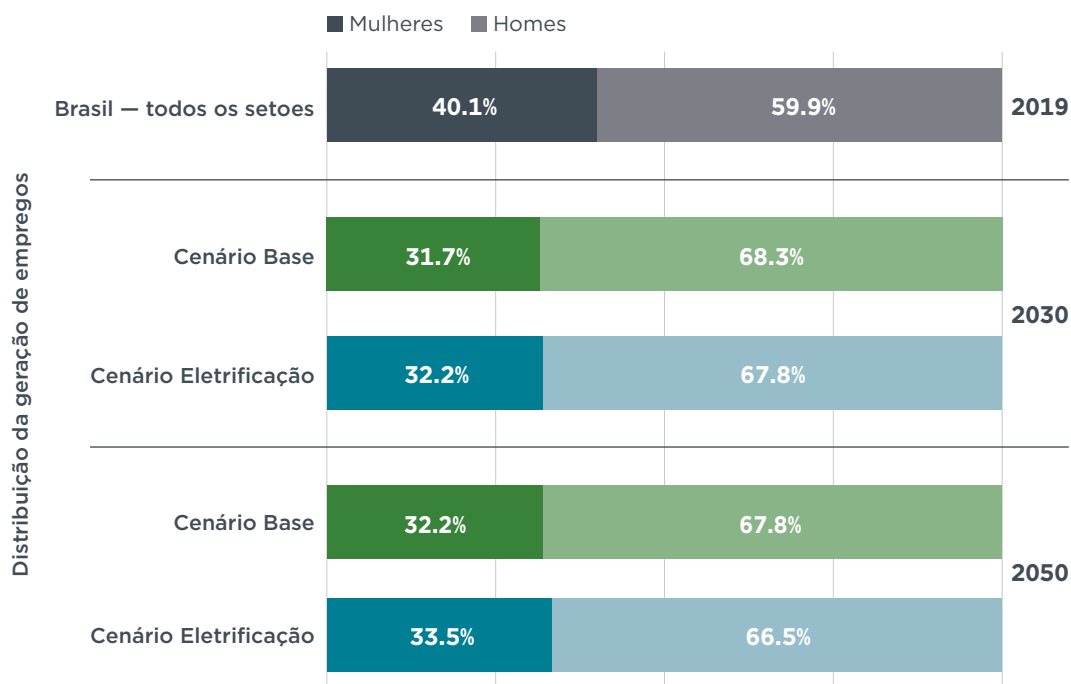


CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

A Figura 7 apresenta a distribuição dos novos empregos por gênero. O gráfico ilustra, na primeira barra horizontal, a distribuição por gênero do total de empregos na economia brasileira em 2019. Em seguida, são apresentadas as distribuições por gênero de novos empregos gerados no cenário Base e Eletrificação, em 2030 e 2050. Pela natureza do exercício, os empregos gerados nos cenários e a mudança na sua distribuição por gênero são limitados às dinâmicas analisadas e, portanto, não refletem mudanças associadas à totalidade da economia brasileira. Logo, não são diretamente comparáveis com a barra que expressa a distribuição do total de empregos no Brasil em 2019.

Figura 7

Distribuição por gênero dos empregos projetados nos cenários Base e Eletrificação em 2030 e 2050 em comparação à distribuição na economia brasileira em 2019



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Os resultados sugerem que cerca de dois terços de todos os novos empregos projetados em ambos os cenários serão ocupados por homens. Apesar de um percentual de empregos ligeiramente maior para mulheres no cenário Eletrificação do que no cenário Base, nos dois casos os novos empregos projetados têm uma distribuição por gênero pior do que a média da economia nacional. Esses resultados desiguais se devem principalmente à expansão de categorias que atualmente empregam majoritariamente homens, como produção de veículos elétricos e a combustão (crescimento de 89%), manufatura de equipamentos elétricos (29%), outros tipos de manufatura (21%) e transportes (16%). Por outro lado, a expressiva expansão do setor de serviços, com uma distribuição de gênero mais equitativa do que a média da economia (54% homens, 46% mulheres), compensa parcialmente essa tendência.

A desigualdade de gênero projetada nos novos empregos sugere que políticas para aumentar a ocupação feminina nos setores estimulados pela venda de veículos, em particular nas indústrias nascentes como fabricação de veículos elétricos e baterias, podem ser necessárias se pretende-se alcançar a paridade de gênero na transição industrial para os veículos elétricos. Ainda assim, deve-se notar que esta análise possui limitações. Assumimos que a distribuição por gênero no setor de veículos elétricos é igual ao setor de veículos a combustão e que a distribuição por gênero de todos os setores permanece fixa até 2050, a não ser graças às mudanças produzidas pelo cenário. Mesmo diante dessas limitações, os resultados são relevantes ao indicar, nos dois cenários, uma geração de empregos concentrada em setores que atualmente empregam relativamente mais homens.

GERAÇÃO DE RENDA E VALOR ADICIONADO

A geração de empregos considerada na seção anterior está diretamente ligada ao aumento do valor da produção de veículos a combustão e elétricos e de combustíveis e eletricidade projetada nos dois cenários. A Figura 8 apresenta a evolução de geração de renda (valor adicionado) na economia (esquerda) e sua divisão entre salários e lucros (direita).¹¹

Os dois cenários projetam aumentos expressivos da renda provenientes do setor automobilístico, após uma queda inicial devida à pandemia de COVID-19. Porém, assim como para a geração de empregos, o cenário Eletrificação projeta um crescimento do valor adicionado 85% superior ao cenário Base em 2050.

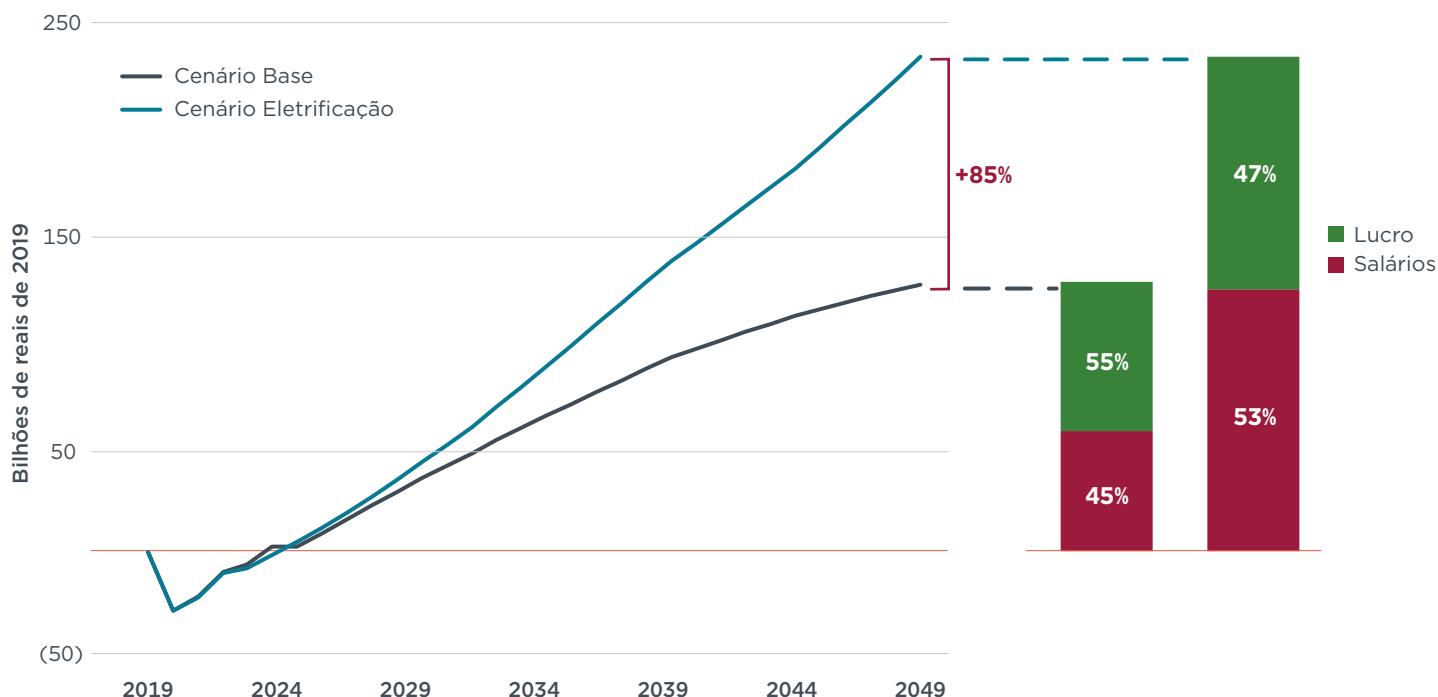
Para desagregar a geração de renda entre salários e lucros, assumimos que a proporção entre salários e lucros no valor adicionado de cada um dos 68 setores estudados permanece fixa ao longo do tempo, ou seja, não foram estimadas variações na distribuição funcional da renda em cada setor. Portanto, as variações projetadas na parcela de salários é uma função da mudança na composição dos setores que mais crescem em cada um dos cenários.

Do total da renda gerada no cenário Eletrificação, 53% é destinada a salários, enquanto no cenário Base esta parcela é de 45% (na matriz de insumo-produto de 2019, esse valor é de 52%). A diferença entre os cenários se deve ao aumento relativo dos empregos em setores industriais com salários médios mais altos. Em particular, a expansão dos setores de produção de veículos elétricos, manufatura de equipamentos elétricos (que inclui baterias) e outros tipos de manufatura são responsáveis pela maior parcela de salários projetada no cenário Eletrificação. É importante ressaltar que, nas condições analisadas aqui, uma expansão que favorece os empregos que hoje são ocupados desproporcionalmente por homens ampliaria a desigualdade salarial de gênero, uma vez que esses empregos têm salários médios mais elevados.

¹¹ Para salários, considera-se o total da remuneração, que inclui salários e contribuições sociais efetivas (FGTS e previdência privada). Os lucros incluem o excedente operacional bruto e rendimento misto bruto.

Figura 8

Total de renda (valor adicionado) gerados, em todos os setores, em função das vendas de veículos elétricos, a combustão, combustíveis fósseis, biocombustíveis e eletricidade (esquerda) e distribuição funcional da renda, entre salários e lucros, ao final das simulações (direita)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

ANÁLISES DE SENSIBILIDADE

Os resultados discutidos acima projetam um maior potencial de geração de empregos e renda no cenário Eletrificação, bem como uma maior parcela dessa renda destinada a salários. Entretanto, estes resultados dependem das hipóteses adotadas em cada cenário (ver Box 1). Em particular, a evolução do percentual de baterias produzidas domesticamente e a redução das exportações no cenário Base tem um efeito direto sobre os resultados. Esta seção avalia como alterações nestas duas hipóteses afetam os resultados do cenário Eletrificação.

Produção doméstica de baterias e multiplicadores de empregos

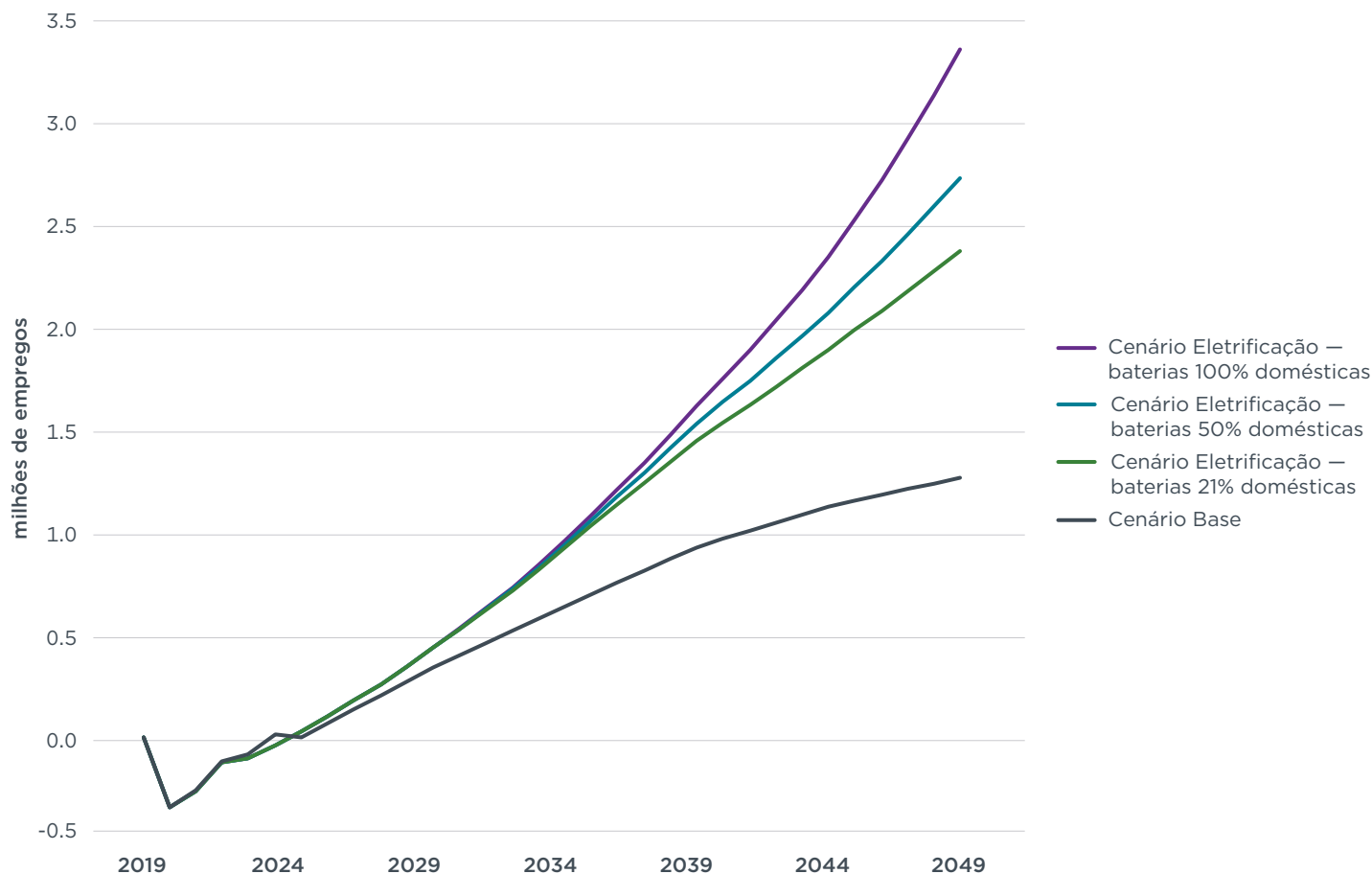
A Figura 9 apresenta a geração total de empregos nos cenários, adicionando duas trajetórias diferentes para a evolução do conteúdo doméstico de baterias no cenário Eletrificação: uma pessimista e outra otimista (as trajetórias são apresentadas no painel 3 do Box 1). O caso pessimista considera que apenas 21% das baterias serão de origem doméstica até 2050, percentual do custo total equivalente a montagem dos *packs* no país com células importadas. O caso otimista assume uma evolução mais rápida da produção doméstica de baterias de tração, atingindo 100% em 2050 em comparação com os 50% dos cenários Base e Eletrificação.

Os cenários plotados na Figura 9 demonstram que o aumento da produção doméstica de baterias gera mudanças significativas na trajetória do cenário Eletrificação. Mesmo no caso pessimista, onde os *packs* de baterias são apenas montados no Brasil, o cenário Eletrificação ainda supera o cenário Base, gerando 1,9 vezes mais empregos, valor 13% inferior ao cenário Eletrificação com 50% de baterias domésticas.

A projeção do cenário Eletrificação com o caso otimista de baterias 100% domésticas estima a geração de 2,6 vezes mais novos empregos em relação ao cenário Base, valor 23% superior ao cenário Eletrificação com 50% de baterias domésticas.

Figura 9

Análise de sensibilidade: total de empregos gerados em todos os setores com diferentes trajetórias para o conteúdo doméstico das baterias (ver Box 1, painel 3)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

Variações no conteúdo doméstico afetam diretamente o número de empregos gerados na produção de veículos. Para avaliar este impacto, os multiplicadores de empregos dos setores de produção de veículos a combustão e elétricos são apresentados na Tabela 2. Os multiplicadores representam o número de empregos associados a cada R\$ 1 milhão (valores de 2019) adicional de demanda final gasto na produção do setor de veículos. São considerados tanto os empregos nos próprios setores de produção de veículos elétricos e a combustão quanto aqueles em setores que fornecem insumos intermediários para a produção destes veículos, como produção de autopeças, metais, baterias e pneus.

Os resultados indicam que o setor de veículos a combustão gera mais empregos (8,0) por milhão de reais de demanda do que o setor de produção de veículos elétricos (7,0), quando 50% das baterias são produzidas no país. Este resultado encontra respaldo na literatura, apontando para uma redução do tamanho da força de trabalho utilizada pela indústria automotiva de elétricos em comparação à de combustão, de forma direta e indireta. Por isso, como se destacou acima, o melhor desempenho do cenário Eletrificação é resultado, principalmente, da ampliação de demanda agregada que decorre do aumento das vendas de elétricos. Não surpreende, portanto, que uma produção exclusivamente doméstica de baterias eleve o multiplicador de empregos do

setor de VEs (8,3), que então supera o multiplicador do setor de VCs. Por fim, no caso pessimista em que 21% da produção das baterias ocorre domesticamente, são gerados cerca de 6,2 novos empregos por milhão de reais.

Tabela 2
Multiplicadores de emprego

	Empregos por R\$ 1.000.000 de valor bruto da produção
Veículos a combustão	8,0
Veículos elétricos - baterias 21% domésticas	6,2
Veículos elétricos - baterias 50% domésticas	7,0
Veículos elétricos - baterias 100% domésticas	8,3

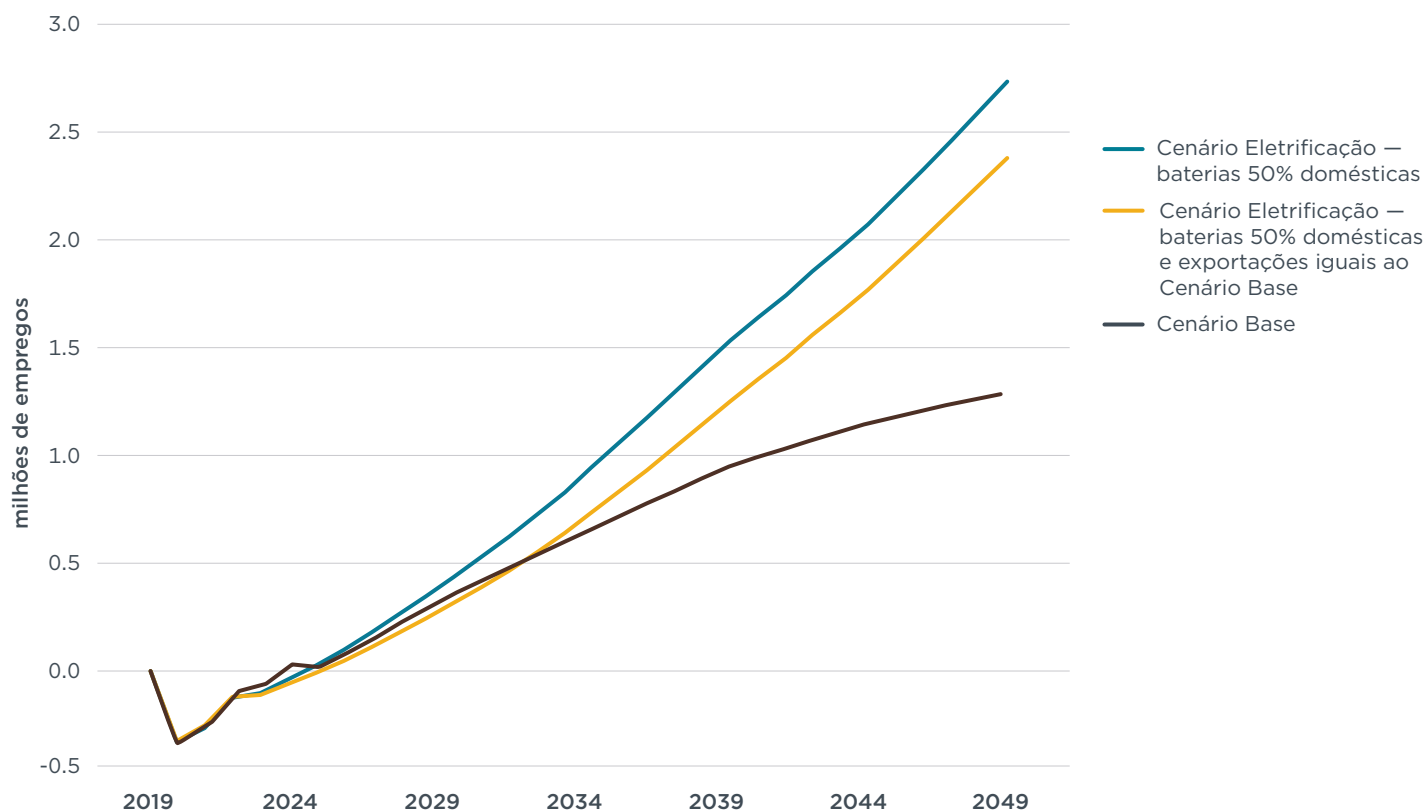
Importações e exportações

Outra questão relacionada ao processo de ampliação da frota de veículos elétricos diz respeito ao impacto associado ao setor externo. Como discutido anteriormente, o cenário Base apresenta uma trajetória descendente para as exportações de veículos (ver painel 2 do Box 1), que reflete a perda de competitividade do setor automotivo brasileiro no exterior e a redução da demanda por veículos a combustão nos principais parceiros comerciais do Brasil. Na Figura 10, esta mesma trajetória das exportações no cenário Base é imputada no cenário Eletrificação. Isso significa assumir que o cenário Eletrificação não é suficiente para evitar uma perda de espaço no mercado internacional, limitando o consumo de veículos elétricos ao mercado doméstico em 2050.

Nessa simulação, uma trajetória decrescente das exportações no cenário Eletrificação reduz o número de empregos gerados neste cenário, sendo 13% menor ao final do período (2050). Apesar do número total de empregos gerados em 2050 ser 88% maior do que no cenário Base, a redução das exportações faz com que os empregos gerados no cenário Eletrificação permaneçam abaixo do cenário Base até 2032. Portanto, a manutenção da competitividade e da capacidade de exportar veículos também tem impacto expressivo na geração de empregos, particularmente no curto prazo.

Figura 10

Análise de sensibilidade: total de empregos gerados em todos os setores com diferentes trajetórias para exportações de veículos (ver Box 1, painel 2)



CONSELHO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE LIMPO [THEICCT.ORG](https://theicct.org)

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho desenvolveu e simulou dois cenários para a evolução da substituição da frota de veículos brasileiros rumo à maior presença de veículos elétricos. Comparou-se, assim, um aumento ambicioso, porém factível, da penetração de veículos elétricos no Brasil (cenário Eletrificação) com um cenário Base, no qual os veículos a combustão compõem a vasta maioria das vendas até 2050. Em ambos os casos se projetou um aumento do uso de biocombustíveis nos veículos a combustão em linha com projeções oficiais (Ministério de Minas e Energia & EPE, 2020; EPE, 2022). A estimativa das vendas de veículos produzidos no Brasil, da demanda por combustíveis e de eletricidade nos cenários Eletrificação e Base foram convertidas em valor, gerando projeções de demanda final utilizadas para estimar o valor da produção, o valor adicionado (salários e lucros) e a quantidade de novos postos de trabalhos criados entre 2019 e 2050. Construiu-se um setor sintético representando as demandas intersetoriais da produção de veículos elétricos, que foi adicionado à matriz de insumo-produto brasileira.

Os resultados sugerem um aumento dos empregos e do valor adicionado (renda) superior no cenário Eletrificação em comparação com o cenário Base. Assumindo que a produtividade do trabalho e a tecnologia permanecem fixas, o número de novos postos de trabalho projetado foi 116% maior enquanto o valor adicionado foi 85% maior no cenário Eletrificação. A melhor performance deste se deve à evolução do conteúdo doméstico das baterias, ao melhor desempenho das exportações quando a produção nacional de elétricos acompanha as metas de eletrificação dos maiores parceiros comerciais do Brasil e ao aumento do valor da demanda final devido às maiores vendas de elétricos, que possibilita um efeito ao longo de toda a cadeia produtiva de veículos elétricos.

Na composição setorial dos empregos gerados, destaca-se a categoria serviços, que agrega 23 setores prestadores de serviço e que, além de ser mais intensivo em empregos, representava 64% do total de empregos no Brasil em 2019. Os serviços representaram quase 80% dos empregos gerados em ambos os cenários. O cenário Eletrificação resultou numa notável expansão dos empregos industriais, tanto na manufatura de veículos elétricos como na indústria de transformação, com destaque para o setor de máquinas e equipamentos elétricos, que inclui as baterias e componentes do *powertrain* elétrico. Por outro lado, o cenário Eletrificação projetou uma redução absoluta de empregos na produção de veículos a combustão e uma redução relativa em autopeças comparado ao cenário Base. Também foram encontradas reduções relativas moderadas da ocupação nos setores de combustíveis, biocombustíveis e agropecuária no cenário Eletrificação.

As simulações também avaliaram a distribuição funcional da renda entre salários e lucros no aumento do valor adicionado. Em particular, devido à maior geração de empregos em setores industriais, a parcela de salários no valor adicionado foi superior no cenário Eletrificação (53%) em comparação ao cenário Base (45%). Entretanto, assumindo que a atual distribuição de empregos por gênero de todos os setores permanece fixa até 2050, estimou-se que em ambos os cenários, cerca de dois terços dos novos postos de trabalho serão ocupados por homens, uma distribuição por gênero mais desigual do que a verificada para o total da economia brasileira em 2019.

O estudo também contou com análises de sensibilidade que avaliaram como certas hipóteses, ao serem consideradas nos cenários, impactam diferentemente os resultados. Primeiro, observou-se o efeito da ampliação do conteúdo de produção doméstica das baterias. Encontrou-se que a produção nacional de baterias automotivas tem um impacto expressivo na criação de empregos. A diferença entre as novas ocupações em um caso otimista (no qual 100% das baterias são domésticas)

e no caso pessimista (no qual considera-se apenas a montagem dos *packs* de bateria no Brasil) é de 42%. Também analisou-se o impacto de uma queda nas exportações de veículos, hipoteticamente motivada por uma perda de competitividade do país no mercado internacional. Como resultado, verificou-se que uma trajetória decrescente das exportações no cenário Eletrificação igual àquela assumida no cenário Base reduz o número de empregos gerados neste cenário em 13% em 2050. Tal redução fez com que o número de novos empregos gerados no cenário Eletrificação permanecesse abaixo do cenário Base até 2032.

Tendo em vista estes resultados e o contexto atual da indústria automotiva nacional, esta análise sustenta as seguintes conclusões e considerações para políticas públicas:

Estabelecer metas corporativas de redução de emissões veiculares mais ambiciosas e introduzir de políticas industriais para desenvolver a capacidade de produção nacional de componentes-chave, especialmente baterias, poderiam fazer parte de um *mix* de políticas eficaz para apoiar a produção de veículos elétricos. O novo programa MOVER apresenta oportunidades para estabelecer metas de redução de emissões mais ambiciosas do que as implementadas no último ciclo do programa Rota 2030 (Cieplinski, 2024) e estimular a indústria brasileira de veículos elétricos. Há, com isso, o potencial de direcionar investimentos para veículos elétricos a bateria. Por sua vez, o aumento da escala das vendas e produção nacional de elétricos pode viabilizar a produção competitiva dos principais componentes do *powertrain* elétrico, como as baterias, aumentando o conteúdo doméstico destes veículos. Alguns exemplos concretos de políticas industriais incluem investimentos e empréstimos para novos entrantes (*seed capital* e *seed loans*), serviços especializados de assistência em marketing, gestão e tecnologia, e fornecimento de garantias, além de uma política comercial que possibilite a transição gradual para uma maior produção doméstica de baterias.

Reforçar políticas de fomento a exportações para alavancar o potencial de produção de veículos de baixa emissão no Brasil poderia ajudar a mitigar os impactos da transição sobre as exportações e fortalecer a competitividade do Brasil no longo prazo. A transição global para veículos elétricos e os objetivos de eletrificação das frotas em alguns dos principais parceiros comerciais do Brasil representam uma oportunidade para a inserção de firmas nacionais nesta cadeia global de valor ou de atração de investimentos estrangeiros. Por outro lado, a produção exclusiva de veículos a combustão ou o início tardio da produção nacional de elétricos e baterias pode resultar na perda de mercados internacionais, no aprofundamento da tendência atual de aumento do conteúdo importado nos veículos nacionais e até no aumento das importações de veículos. No caso brasileiro, tais processos podem implicar uma deterioração da posição do país em relação à balança comercial de importantes economias parceiras na América Latina. Se promover a competitividade das exportações é um objetivo do governo, instrumentos de financiamento de exportações (*trade finance*), incentivos fiscais à exportação e assistência financeira em mercados estrangeiros poderiam ser considerados para promover o desenvolvimento de novas indústrias (Juhász et al., 2023).

Se a promoção da paridade de gênero na transição para os VEs é um objetivo do governo, programas de capacitação e inclusão profissional, com foco particular na força de trabalho feminina, poderiam ajudar a evitar o agravamento do diferencial salarial existente entre homens e mulheres neste e em outros setores. A remodelação da frota brasileira terá implicações na equidade de gênero nos setores diretamente e indiretamente envolvidos na produção de veículos. Antecipar os impactos de gênero da transição será fundamental para o desenho de políticas públicas gênero-inclusivas destinadas a garantir que o desenvolvimento da indústria de veículos elétricos no Brasil não seja responsável por produzir novas desigualdades no mercado de trabalho ou

reproduzir aquelas já existentes, e para a promoção de uma maior inclusão de gênero no mercado de trabalho brasileiro.

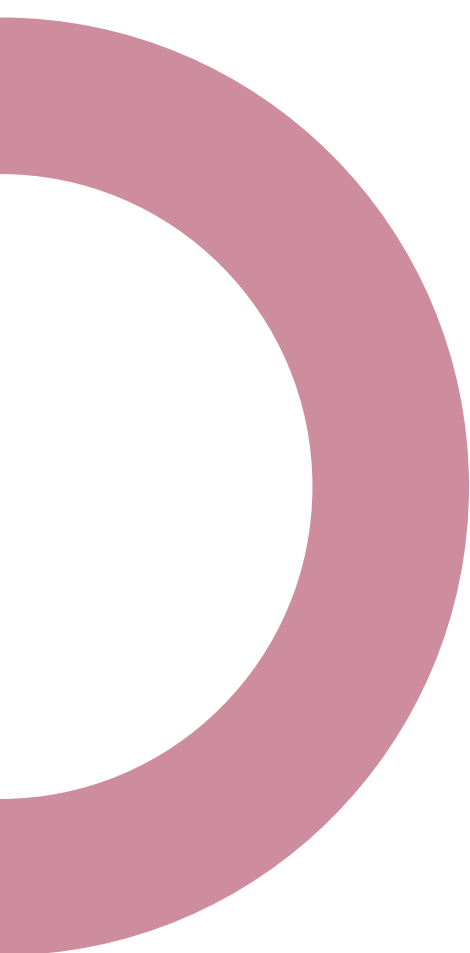
Os resultados deste estudo estão condicionados às limitações metodológicas e aos pressupostos inerentes à utilização da matriz insumo-produto como ferramenta de análise. Ao manter fixa a produtividade do trabalho e a tecnologia, os preços relativos entre veículos elétricos e a combustão e a distribuição de empregos por gênero dos setores, entre outras variáveis, este estudo apresenta simulações baseadas na estrutura produtiva atual da economia brasileira. Pesquisas futuras que modelem os impactos das mudanças nesses fatores—e examinem mais detalhadamente os impactos socioeconômicos da transição, tais como na equidade de gênero—poderiam ajudar a obter uma compreensão mais abrangente dos efeitos econômicos da transição para veículos elétricos no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ABVE. (2024, 3 janeiro). 94 mil eletrificados: 2023 bate todas as previsões. <https://abve.org.br/2023-supera-todas-as-previsoes-94-mil-eletrificados/>
- Alves-Passoni, P., & Freitas, F. (2020). *Estimação de matrizes insumo-produto anuais para o Brasil no Sistema de Contas Nacionais: Referência 2010*. Instituto de Economia/IE, UFRJ. https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13345/5/PPE_v53_n1_Artigo4_estimacao_de_matrizes.pdf
- Barassa, E., Cruz, R. F., Bermúdez-Rodríguez, T., Chaves, A. F., Navarro, A. C. L., Consoni, F. & Tenure, T. M. P. (2022). *Segundo anuário brasileiro da mobilidade elétrica: o Brasil em direção ao mix de tecnologias para descarbonização e digitalização dos transportes*. Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. <https://www.pnme.org.br/biblioteca/2o-anuario-brasileiro-da-mobilidade-eletrica-pnme/>
- Barret, J., & Bivens, J. (2021, 22 de setembro). *The stakes for workers in how policymakers manage the coming shift to all-electric vehicles*. Economic Policy Institute. <https://files.epi.org/uploads/232751.pdf>
- Bauer, W., Riedel, O., Herrmann, F., Borrmann, D., Sachs, C., Schmid, S., & Klötzke, M. (2018). *ELAB 2.0. Wirkungen der fahrzeugelektrifizierung auf die beschäftigung am standort Deutschland. 2. Auflage*. Fraunhofer IAO. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/dd906cb2-3a8e-45bc-ac15-393b0642034f>
- BloombergNEF. (2023, 26 de novembro). Lithium-ion battery pack prices hit record low of \$139/kWh. <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>
- Castro, M. (2023, 21 de dezembro). Nove estados e o DF já dão isenção ou reduzem IPVA para carros elétricos. Veja a lista. *O Globo*. <https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2023/12/20/nove-estados-e-df-ja-dao-isencao-ou-reduzem-ipva-para-carros-eletricos-veja-a-lista.ghtml>
- Cesar, L. (2024). BYD confirma início de obras da fábrica de carros elétricos no Brasil. *Inside EVs*. <https://insideevs.uol.com.br/news/711266/byd-obras-fabrica-carros-brasil/>
- Cieplinski, A. (2024). Metas viáveis para a descarbonização dos veículos leves no programa MOVER. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/o-potencial-de-descarbonizacao-do-programa-mover-explorando-variacoes-nas-vendas-de-veiculos-de-diferentes-tecnologias-ate-2027-jul24>
- Charette, R. (2023, 17 de janeiro). How EVs Are reshaping labor markets. *IEEE Spectrum*. <https://spectrum.ieee.org/the-ev-transition-explained-2658797703>
- Chaves, A. F., Barassa, E., Paula, R. A., Cruz, R. F., & Wolffenbüttel, R. (2023). *3º anuário brasileiro da mobilidade elétrica: Rumo à expansão do mercado, políticas e tecnologias no Brasil*. Plataforma Nacional de Mobilidade Elétrica. <https://pnme.org.br/wp-content/uploads/2023/12/3o-Anuario-Brasileiro-de-Mobilidade-Eletrica.pdf>
- Chen, C., Slowik, P., & Beach, A. (2024). *Investigating the U.S. battery supply chain and its impact on electric vehicles costs through 2032*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/investigating-us-battery-supply-chain-impact-on-ev-costs-through-2032-feb24/>
- Chu, Y., & Cui, H. (2023). *Annual update on the global transition to electric vehicles: 2022*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/global-transition-electric-vehicles-update-jun23/>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2022). *Descarbonização do setor de transporte rodoviário: intensidade de carbono das fontes de energia*. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-708/NT-EPE-DPG-SDB-2022-03_Intensidade_de_carbono_Transporte_Rodoviario.pdf
- Empresa de Pesquisa Energética. (2023). *Estudos do plano decenal de expansão de energia 2032: Eletromobilidade*. https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/Caderno%20de%20Eletromobilidade_PDE%202032_rev2.pdf
- EY Parthenon. (2023, 13 de abril). *Zero emission trucks cost estimation - Índia*. https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/08/ICCT-Final-Report_EY-Parthenon.pdf
- FEV Consulting. (2023, 18 de abril). *Cost and technology evaluation, conventional powertrain vehicle compared to an electrified powertrain vehicle, same vehicle class and OEM*. <https://www.regulations.gov/document/EPA-HQ-OAR-2022-0829-0422>
- Goldman Sachs. (2024, 29 de fevereiro). Lower battery prices are expected to eventually boost EV demand. <https://www.goldmansachs.com/intelligence/pages/even-as-ev-sales-slow-lower-battery-prices-expect.html>
- Government of Brazil. (2022, 21 de março). *Nationally determined contribution (NDC)*. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Updated%20-%20First%20NDC%20-%20%20FINAL%20-%20PDF.pdf>
- Government of Brazil. (2023, 27 de outubro). *Nationally determined contribution (NDC)*. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2023-11/Brazil%20First%20NDC%202023%20adjustment.pdf>

- Government of Canada. (2023, 19 de dezembro). *Canada's electric vehicle availability standard (regulated targets for zero-emission vehicles)*. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/news/2023/12/canadas-electric-vehicle-availability-standard-regulated-targets-for-zero-emission-vehicles.html>
- Harsdorff, M., Montt, G., Rius, A., Bonnet, A., & Luu, T. (2020). *Jobs in green and healthy transport: Making the green shift*. International Labour Organization. <https://www.ilo.org/publications/jobs-green-and-healthy-transport-making-green-shift>
- Harrison, P., Hill, N., Kollamthodi, S., Varma, A., Cerbron, S., Wells, P., ... & Ward, T. (2019). *Fuelling Europe's future: How auto innovation leads to EU jobs*. Cambridge Econometrics. <https://www.camecon.com/wp-content/uploads/2016/10/Fuelling-Europes-Future-How-auto-innovation-leads-to-EU-jobs.pdf>
- INMETRO. (2020). *Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular: Veículos leves 2020*. Instituto Nacional de Metrologia, Brasília. <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular/veiculos-leves-2020/view>
- INMETRO. (2023). *Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular: Veículos leves 2023 - 15º ciclo*. Instituto Nacional de Metrologia, Brasília. <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular/pbe-veicular-2023.pdf/view>
- International Council on Clean Transportation. (2022). *Roadmap model documentation*. <https://theicct.github.io/roadmap-doc/>
- International Energy Agency. (2022). *World energy outlook 2022*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- Isenstadt, A., Yang, Z., Searle, S., & German, J. (2022). *Real world usage of plug-in hybrid vehicles in the United States*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/real-world-phev-us-dec22/>
- Jaeger, J., Walls, G., Clarke, E., Altamirano, J. C., Harsono, A., Mountford, H., ... & Tate, A. (2021). *The green jobs advantage: How climate-friendly investments are better job creators*. World Resources Institute. <https://doi.org/10.46830/wriwp.20.00142>
- Juhász, R., Lane, N. J., & Rodrik, D. (2023). *The new economics of industrial policy*. National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/papers/w31538>
- Kohli, S., Khan, T., Yang, Z., & Miller, J. (2023). *Zero-emission vehicle deployment: Latin America*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/04/EMDE-Latin-America-briefing-A4-v2.pdf>
- Kuhlmann, K., Küpper, D., Schmidt, M., Wree, K., Strack, R., & Kolo, P. (2021). *Is e-mobility a green boost for European automotive jobs?* Boston Consulting Group. <https://web-assets.bcg.com/82/0a/17e745504e46b5981b74fadba825/is-e-mobility-a-green-boost.pdf>
- Küpper, D., Kuhlmann, K., Tominaga, K., Arora, A., & Schlageter, J. (2020). *Shifting gears in auto manufacturing*. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2020/transformative-impact-of-electric-vehicles-on-auto-manufacturing>
- Levin, T. (2022, 23 de agosto). Ford is slashing thousands of jobs as it goes electric. Experts say a tidal wave of layoffs will rock the industry as it undergoes a seismic shift. *Business Insider*. <https://www.businessinsider.com/ev-electric-car-auto-industry-jobs-layoffs-employment-ford-2022-8#:~:text=Both%20Ford%20and%20Volkswagen%20have,than%20an%20engine%20and%20transmission>
- Lutsey, N. & Nicholas, M. (2018). *Electric vehicle costs and consumer benefits in Colorado in the 2020-2030 time frame*. The International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/ev_Colorado_cost_2020_20190613.pdf
- Marlins, C. S., Searle, S. & Baral, A. (2014). *A guide for the perplexed to the indirect effects of biofuels production*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/a-guide-for-the-perplexed-to-the-indirect-effects-of-biofuels-production/>
- Marques, P. R., Nassif-Pires, L.N., Taioka, T., Bergamin, J., & Lima, G.T. (2024). *Amazon green recovery and labour market in Brazil: Can green spending reduce gender and race inequalities?* Levy Economics Institute. https://www.levyinstitute.org/pubs/wp_1041.pdf
- McElroy, J. (2019, 3 de abril). EVs not easier to build, but will cut jobs. *Wards Auto*. <https://www.wardsauto.com/ideaxchange/evs-not-easier-build-will-cut-jobs>
- Medida provisória nº1.205, de 30 de dezembro de 2023. (2023) <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=30/12/2023&jornal=616&pagina=1&totalArquivos=4>
- Ministério de Minas e Energia & Empresa de Pesquisa Energética. (2020). *Plano nacional de energia 2050*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>
- Ministério do Trabalho e do Emprego. (2022). *RAIS - 2022 [Banco de dados]*. <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/estatisticas-trabalho/rais/rais-2022>

- Morrison, K. & Wappelhorst, S. (2023). *Are battery electric vehicles cost competitive? An income-based analysis of the cost of new vehicle purchase and leasing for the German market*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/cost-ownership-battery-electric-gasoline-car-germany-oct23/>
- Mulholland, E. (2022, 11 de janeiro). *Cost of electric commercial vans and pickup trucks in the United States through 2040*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/cost-ev-vans-pickups-us-2040-jan22/>
- Mulholland, E. (2023, February 14). *Europe's new heavy-duty CO₂ standards, explained*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/eu-co2-hdv-standards-explained-feb23/>
- OICA. (2023). *Registrations or sales of new vehicles - passenger cars* [Banco de dados]. https://www.oica.net/wp-content/uploads/pc_sales_2022.pdf
- Pineda, L. (2022, outubro). *What's missing in Mexico's EV strategy?* The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/whats-missing-mexicos-ev-strategy-oct22/>
- Plötz, P., Link, S., Ringelschwendner, H., Keller, M., Moll, C., Bieker, G., Dornoff, J., & Mock, P. (2022, 8 de julho). *Real world usage of plug-in hybrid vehicles in Europe: a 2022 update on fuel consumption, electric driving and CO₂ emissions*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/real-world-phev-use-jun22/>
- Rennert, H., Gasser, K., Rose, P., van Arsdale, S. J., Hertle, L., & Frauenknecht, P. (2021). *Electric vehicle transition impact assessment report 2020 - 2040: A quantitative forecast of employment trends at automotive suppliers in Europe*. European Association of Automotive Suppliers. <https://clepa.eu/wp-content/uploads/2021/12/Electric-Vehicle-Transition-Impact-Report-2020-2040.pdf>
- Ricardo plc. (2021). *E-truck virtual teardown study: Final report*. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/Final-Report-eTruck-Virtual-Teardown-Public-Version.pdf>
- Rockwell Automation. (2023). *Eighth annual state of smart manufacturing report: Automotive edition*. <https://www.rockwellautomation.com/content/dam/rockwell-automation/documents/pdf/campaigns/state-of-smart-2023/8th-State-of-Smart-Manufacturing-Report-Automotive.pdf>
- Rodriguez, H. (2023, 30 de janeiro). Por que preço dos carros vendidos no Brasil aumentou 85% em 5 anos? *Quatro rodas*. <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/por-que-preco-dos-carros-vendidos-no-brasil-aumentou-85-em-5-anos>
- Schaun, A. (2023, 24 de outubro). 5 carros elétricos novos de até R\$ 150 mil para você comprar. *Autoesporte*. <https://autoesporte.globo.com/mercado/noticia/2023/10/5-carros-eletricos-novos-por-ate-r-150-mil-para-voce-comprar.ghtml>
- Sen, A., & Miller, J. (2023). *Vision 2050: Update on the global zero-emission vehicle transition in 2023*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/vision-2050-global-zev-update-sept23/>
- Sen, A., Miller, J., Hillman-Alvarez, G., & Rodrigues, P. F. (2023). *Vision 2050: Strategies to align global road transport with well below 2°C*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/vision-2050-strategies-to-reduce-gap-for-global-road-transport-nov23/>
- Slowik, P., Isenstadt, A., Pierce, L., & Searle, S. (2022, 18 de outubro). *Assessment of light-duty electric vehicles costs and consumer benefits in the United States in the 2022-2035 time frame*. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/ev-cost-benefits-2035-oct22/>
- Suehiro, S., & Purwanto, A. J. (2020). *The influence on energy and the economy of electrified vehicles penetration in ASEAN*. Economic Research Institute for ASEAN and East Asia. <https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/2020-14-Electrified-Vehicle-ASEAN/The-Influence-on-Energy-and-the-Economy-of-Electrified-Vehicle-Penetration-in-ASEAN.pdf>
- Tamba, M., Krause, J., Writzel, M., Raileano, I., Duboz, L., Grosso, M., & Vandyck, T. (2022). Economy-wide impacts of road transport electrification in the EU. *Technological Forecasting & Social Change*, 182, 121803.
- UBS. (2017). *UBS evidence lab electric car teardown - Disruption ahead?* <https://neo.ubs.com/shared/d1ZTxnvF2k/>
- Uyarra, E., Zabala-Iturriagagoitia, J.M., Flanagan, K., Magro, E. (2020). Public procurement, innovation and industrial policy: Rationales, roles, capabilities and implementation. *Research Policy*, 49(1), 103844.
- Xie, Y., Basma, H., & Rodríguez, F. (2023, 2 de março). Purchase costs of zero-emission trucks in the United States to meet future Phase 3 GHG standards. The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/cost-zero-emission-trucks-us-phase-3-mar23/>



www.icctbrasil.org.br

comunicacao@theicct.org

[@theicct.org](https://www.instagram.com/theicct.org)

icct
CONSELHO INTERNACIONAL
DE TRANSPORTE LIMPO