

RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO OBJETO

P2.4 – POLÍTICAS PÚBLICAS TRANSPORTE

Referência: INVESTMINAS/CT/25/2024

Este relatório compõe o Produto 2.4 – Políticas Públicas conforme previsto na Cláusula 6.ª do Contrato INVESTMINAS/CT/25/2024. O objeto foi executado em sua integridade durante o período de maio de 2025 a agosto de 2025, incluindo revisões e ajustes até outubro de 2025



Rota para a descarbonização da economia de Minas Gerais através da promoção de investimentos privados

Políticas Públicas - Transporte



 INVEST
MINAS

 WAY
CARBON

Sumário

ACRÔNIMOS.....	5
INTRODUÇÃO.....	8
CONTEXTUALIZAÇÃO	9
ANÁLISE DE BARREIRAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS PRIORIZADAS	11
Identificação de barreiras: visão geral.....	12
Barreiras financeiras.....	13
Barreiras políticas e regulatórias.....	15
Barreiras tecnológicas	15
Barreiras informacionais	16
Barreiras culturais e sociais	16
MAPEAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM VIGOR.....	17
Análise das políticas públicas	24
TECNOLOGIAS EM FOCO: CONFRONTANDO BARREIRAS E POLÍTICAS	32
Tecnologias incluídas na MACC	32
Tecnologias não incluídas na MACC.....	45
RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS.....	49
PRIORIZAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXO A - Mapeamento e classificação de barreiras.....	82
ANEXO B – Classificação de atores	85
ANEXO C – Mapeamento e classificação de políticas	87



Índice de figuras

Figura 1: Distribuição das barreiras associadas às tecnologias – Transporte	13
Figura 2: Distribuição do número de políticas mapeadas por tipo de instrumento –Transporte	24
Figura 3: Distribuição do tipo de instrumento por âmbito da política –Transporte	26
Figura 4: Distribuição do tipo de instrumento e previsão de recursos –Transporte	27
Figura 5: Distribuição do número de políticas por subsetor – Transporte	29
Figura 6: Dispersão das recomendações de políticas públicas em relação à sua contribuição para a mitigação de emissões e à sua viabilidade em termos da mobilização de atores e financiamento	74

Índice de quadros

Quadro 1: Categorias de barreiras	11
Quadro 2: Levantamento de barreiras para as tecnologias analisadas na MACC	12
Quadro 3: Classificação das políticas mapeadas	18
Quadro 4: Recomendações de políticas públicas - Transporte	51
Quadro 5: Matriz de associação entre recomendações e tecnologias - Transporte	72



ACRÔNIMOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

AFOLU – Agropecuária, Floresta e Outros Usos da Terra

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ASAP – *Action Selection and Prioritisation* (guia de seleção e priorização de ações)

BAU – *Business as Usual* (Cenário Tendencial)

BESS – *Battery Energy Storage Systems* (Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias)

BEV – *Battery Electric Vehicle* (veículos elétricos a bateria)

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CAPEX – *Capital Expenditure* (despesas de capitais)

CBIO – Créditos de Descarbonização

CCS – *Carbon Capture and Storage* (Captura e Armazenamento de Carbono)

CDRU – Combustível Derivado de Resíduos Urbano

CGOBs – Certificado de Garantia de Origem do Biometano

CO₂ – Dióxido de carbono

CO₂e – Dióxido de carbono equivalente

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais

EFC – Estrada de Ferro Carajás

FIOL – Ferrovia de Integração Oeste-Leste

GEE – Gases de Efeito Estufa



GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

GNV – Gás Natural Veicular

HCCI – *Homogeneous Charge Compression Ignition* (Ignição por Compressão de Carga Homogênea)

HVO – *Hydrotreated Vegetable Oil* (Óleo Vegetal Hidratado)

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

MACC – *Marginal Abatement Cost Curve* (Curva de Custo Marginal de Abatimento)

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MS-SOFC – *Metal-Supported Solid Oxide Fuel Cells* (Células de Combustível de Óxido Sólido Suportadas por Metal)

OPEX – *Operational Expenditure* (Despesas Operacionais)

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PDMG – Plano de Descarbonização de Minas Gerais

PHBC – Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono

PLAC-MG – Plano de Ação Climática de Minas Gerais

PNDV – Programa Nacional de Diesel Verde

PNIIGB – Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano

QAV – Querosene de Aviação

REGAP – Refinaria Gabriel Passos

Renovagro – Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis



SAF – *Sustainable Aviation Fuel* (Combustível Sustentável de Aviação)

SBCE – Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa

SEDE – Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais

SEMAD – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

TCO – *Total Cost of Ownership* (Custo Total de Propriedade)

TEC – *Technology Executive Committee* (Comitê Executivo de Tecnologia)

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima)

VPL – Valor Presente Líquido

WRI – *World Resources Institute* (Instituto de Recursos Mundiais)



INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo propor melhorias nas políticas públicas voltadas às tecnologias identificadas no setor de transporte, visando contribuir para a descarbonização do estado de Minas Gerais. Para atender a esse propósito, o conteúdo está organizado em sete seções:

Seção 1: traz uma breve contextualização do projeto Rota;

Seção 2: desenvolve uma análise das principais barreiras e das possíveis soluções para a implementação das tecnologias identificadas, fundamentada em pesquisa bibliográfica abrangendo artigos científicos, normas e relatórios setoriais, bem como nos resultados obtidos na rodada de consulta com atores relevantes e nos debates realizados nos Grupos de Trabalho setoriais do projeto;

Seção 3: apresenta o mapeamento das principais políticas públicas vigentes para o setor de transporte voltadas à transição climática e para a atração de investimentos de baixo carbono no estado de Minas Gerais;

Seção 4: analisa, para as tecnologias de redução de emissões, a relação entre as barreiras identificadas, as possíveis soluções mapeadas e as políticas públicas existentes associadas a cada uma dessas tecnologias;

Seção 5: detalha um conjunto estruturado de recomendações de políticas públicas, com o objetivo de acelerar a transição energética e industrial no estado;

Seção 6: visa estruturar um conjunto ordenado de recomendações, estabelecendo um *roadmap* que indique quais programas, ações, formulações e articulações devem ser priorizados para fortalecer o ambiente institucional, atrair capital e viabilizar tanto a execução de investimentos quanto a adoção das tecnologias definidas como prioritárias;

Seção 7: destaca os principais resultados deste produto e como eles se conectam com as próximas fases da construção do *roadmap* do Rota.



CONTEXTUALIZAÇÃO

O projeto Rota busca definir um *roadmap*, ou roteiro estratégico, a ser seguido para que os investimentos privados necessários para descarbonizar a economia de Minas Gerais possam ser identificados e viabilizados. O *roadmap* se desdobra em quatro macrossetores: Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), Energia, Indústria e Transporte. Suas etapas incluem:

- elaboração de diagnósticos setoriais;
- construção de cenários de descarbonização;
- mapeamento e priorização das principais soluções tecnológicas, por meio da construção da Curva de Custo Marginal de Abatimento (MACC, na sigla em inglês¹);
- identificação de necessidades e oportunidades de investimento;
- construção de propostas de implementação ou revisão de políticas públicas.

A primeira etapa constituiu a elaboração de diagnóstico dos quatro setores do projeto, trazendo uma contextualização das emissões do setor, um *benchmarking* de tecnologias incluídas em planos de descarbonização de estados brasileiros, incluindo o de Minas Gerais, além da identificação de potenciais soluções e barreiras para a redução de emissões em cada setor, a partir das tecnologias identificadas.

Na etapa seguinte, o *roadmap* avançou para a análise de cenários de descarbonização, avaliando as projeções de emissões de gases de efeito estufa (GEE) nos quatro setores considerados. Foi adotado um cenário *Business as Usual* (BAU), que pressupõe a ausência de novas tecnologias e um crescimento econômico projetado (Cenário Base). Em seguida, os resultados foram comparados com diferentes cenários de neutralidade climática modelados pela literatura especializada, permitindo medir o esforço necessário para alinhar o estado a uma trajetória *Net Zero* (Cenários *Net Zero*). Além disso, esses cenários serviram de subsídio para a construção da MACC, ou curva MAC, permitindo avaliar as tecnologias de baixo carbono em termos de seu potencial de redução de emissões e dos custos a elas associados, o que, por sua vez, permite estimar a contribuição dessas tecnologias para o atingimento das metas de descarbonização (parte 1 dessa etapa do projeto). Assim, a elaboração da MACC permitiu a construção do Cenário Rota, que representa os esforços necessários, em termos de tecnologias de mitigação, para deslocar a curva de emissões do Cenário Base até o atingimento das metas apresentadas nos Cenários *Net Zero*.

Além disso, na fase final dessa etapa, está sendo estruturado um portfólio de investimentos estratégicos voltado à implementação do *roadmap* de descarbonização dos setores contemplados pelo projeto. Essa iniciativa inclui o mapeamento do panorama atual de

¹ Curva MAC é uma ferramenta que permite o ranqueamento das iniciativas de descarbonização em termos de custo-efetividade.

investimentos, a avaliação da aderência às curvas MAC, a consolidação de custos e a identificação da demanda por investimentos. O objetivo é estabelecer uma base técnica e financeira sólida para direcionar recursos a tecnologias de baixo carbono em Minas Gerais.

Por fim, a etapa aqui desenvolvida concentra-se na elaboração de um documento técnico que propõe o aprimoramento de políticas públicas voltadas aos setores do projeto Rota. A proposta visa facilitar e incentivar a implementação das soluções tecnológicas identificadas nas fases anteriores, por meio da construção de um ambiente normativo e regulatório mais favorável à atração de investimentos privados essenciais para o alcance das metas de descarbonização do estado.



ANÁLISE DE BARREIRAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS PRIORIZADAS

Este capítulo foi elaborado com base na metodologia de análise de barreiras do *Framework* do Comitê Executivo de Tecnologia da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC/TEC), utilizada para identificar e superar obstáculos à implementação de tecnologias climáticas (UNEP, 2024). Trata-se de uma metodologia padronizada internacionalmente, aplicável a diferentes tecnologias e setores. Ela permite compreender quais barreiras podem afetar a adoção e a ampla difusão das tecnologias climáticas, além de possibilitar a identificação de medidas para a superação dos entraves identificados. Adicionalmente, a metodologia permite o planejamento por etapas, facilitando a captação de recursos internacionais, como os disponibilizados pelo Fundo Verde para o Clima, para o alinhamento entre o desenho de políticas públicas e as necessidades tecnológicas identificadas.

Para a identificação de barreiras, a metodologia adota uma estrutura analítica que as classifica em categorias típicas, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1: Categorias de barreiras

Categoria	Exemplos de Barreiras
Políticas e regulatórias	Falta de regulamentação, ausência de metas setoriais, ausência de incentivos, normativos desatualizados.
Institucionais	Falta de capacidades nos órgãos públicos ou empresas, sobreposição de competências, desarticulação governamental.
Financeiras	Custo elevado de capital, ausência de crédito acessível, risco percebido alto, baixa demanda ou rentabilidade.
Tecnológicas	Inadequação ao contexto local, ausência de infraestrutura de suporte, falta de escala, cadeias desestruturadas.



Informacionais	Falta de dados sobre desempenho, desconhecimento por parte dos agentes, baixa disseminação de informações existentes.
Culturais e sociais	Resistência à mudança, percepção negativa de risco, inércia geracional, hábitos, valores morais conservadores.

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a metodologia de referência, a identificação das principais barreiras associadas a cada tecnologia foi realizada a partir da revisão de literatura especializada, da pesquisa de estudos setoriais e da consulta a especialistas, tendo como objetivo principal o mapeamento dos possíveis obstáculos para a implementação das tecnologias avaliadas. Em seguida, realizou-se uma rodada de consulta com atores relevantes, a partir de reuniões com os Grupos de Trabalho setoriais do projeto, para complementar esse levantamento com a identificação de outras barreiras existentes, de acordo com a perspectiva desses atores. A discussão sobre barreiras é apresentada neste capítulo, ao passo que, nos capítulos posteriores, aborda-se a identificação de políticas e programas vigentes, de modo a dimensionar as possibilidades de construção de medidas habilitadoras que poderiam solucionar ou, ao menos, mitigar as barreiras identificadas. Tal como as barreiras, as políticas e ações habilitadoras também foram objeto de consulta realizada junto aos Grupos de Trabalho, bem como de pesquisa e revisão de literatura.

Identificação de barreiras: visão geral

O processo de identificação e análise de barreiras abrangeu todas as tecnologias contempladas na curva MACC, bem como algumas tecnologias não incluídas na curva. O Quadro 2 apresenta um panorama das tecnologias consideradas no mapeamento de barreiras. Em sequência, é apresentado um panorama geral das barreiras identificadas para o setor de transporte, seguido pelo detalhamento das barreiras agrupadas por categoria. O compilado contendo todas as barreiras identificadas por tecnologia é apresentado no ANEXO A - Mapeamento e classificação de barreiras.

Quadro 2: Levantamento de barreiras para as tecnologias analisadas na MACC

Nome do Setor	Transporte
Tecnologias incluídas na MACC	
Transporte de passageiros	Aumento do uso de biodiesel em ônibus
	Aumento do uso de etanol em veículos leves
	Eletrificação parcial e total de veículos leves
	Eletrificação total de ônibus

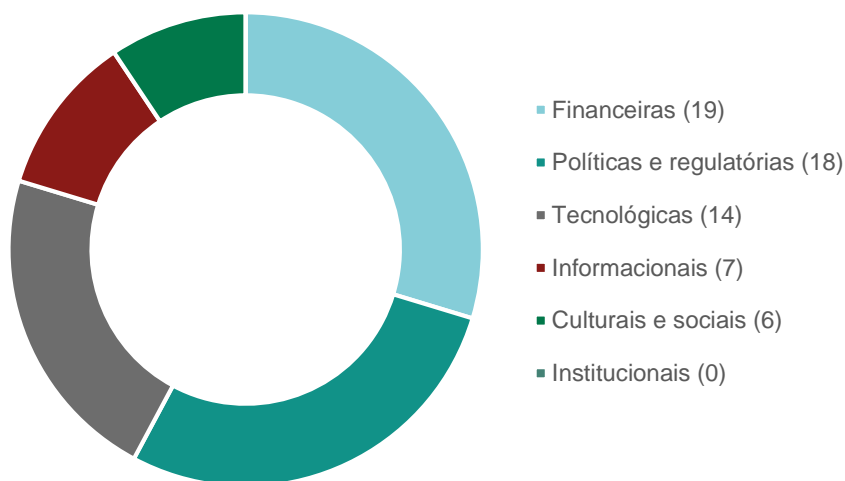


Transporte de passageiros/carga	Ônibus e Caminhão a Gás Natural Veicular (GNV)/Biometano
	Uso de (óleo vegetal hidratado (HVO)em ônibus e caminhões
Transporte de Carga	Aumento do uso de biodiesel em caminhões
	Eletrificação total de caminhões
	Mudança de modal
	Substituição do querosene de aviação por combustível sustentável de aviação (SAF, na sigla em inglês)
	Caminhão a hidrogênio
Tecnologias não incluídas na MACC	
Transporte de passageiros/carga	Eletrificação a pilha de combustível movida a etanol
	Uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus
	Eletrificação a pilha de combustível movida a hidrogênio e uso de hidrogênio
Transporte de Carga	Eletrificação de ferrovia

Fonte: Elaboração própria.

No setor de transporte, as barreiras financeiras, políticas e regulatórias e tecnológicas figuram entre as mais relevantes nas categorias analisadas, seguidas pelas barreiras culturais e sociais, como observado na Figura 1. Não foram identificadas barreiras de natureza institucional.

Figura 1: Distribuição das barreiras associadas às tecnologias – Transporte



Fonte: Elaboração própria.

Barreiras financeiras

As barreiras financeiras identificadas estão associadas à fatores econômicos que limitam a adoção das tecnologias de mitigação no setor de transporte. Entre elas, destacam-se os



elevados investimentos relacionados à expansão da infraestrutura necessária para a operação de veículos elétricos e híbridos, bem como de veículos movidos a GNV e biometano. Tal infraestrutura inclui pontos de recarga de veículos, reforço nas redes de distribuição de energia elétrica e rede de distribuição de GNV/biometano.

Outro aspecto relevante diz respeito à necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, fundamentais para viabilizar tecnologias emergentes, como o uso veicular de biometano e hidrogênio. Esses investimentos se fazem necessários para o aprimoramento das tecnologias, visando o aumento da segurança operacional e da eficiência desses combustíveis.

Para apoiar o entendimento das barreiras financeiras existentes, foi realizada uma análise técnica baseada nos resultados obtidos no produto P2.3 (Necessidades e oportunidade de investimento – parte 1) para a Curva de Custo Marginal de Abatimento (MACC), a qual permite comparar tecnologias segundo seu custo por tonelada de CO₂e evitada².

As tecnologias com maiores barreiras financeiras são:

- HVO em caminhões: VPL negativo de R\$ 33,62 bilhões e custo marginal de R\$ 807,97/tCO₂e;
- HVO em ônibus: VPL negativo de R\$ 7,67 bilhões e custo marginal de R\$ 809,69/tCO₂e;
- caminhões a GNV/biometano: VPL negativo de R\$ 5,80 bilhões e custo marginal de 577,04/tCO₂e;
- substituição do querosene de aviação por SAF: VPL negativo de R\$ 3,15 bilhões e custo marginal de R\$ 637,58/ tCO₂e.

Já as tecnologias de melhor relação custo-benefício são:

- eletrificação total de caminhões: VPL de R\$ 18,20 bilhões e custo marginal negativo de R\$ 801,32 /tCO₂e;
- eletrificação total de veículos leves: VPL de R\$ 1,22 bilhões e custo marginal negativo de R\$ 224,87 /tCO₂e;

² No contexto da MACC, o custo marginal de abatimento de uma tecnologia é obtido a partir do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), que representa a soma dos fluxos de caixa futuros, positivos e negativos, trazidos a valor presente por meio de uma taxa de desconto anual. Para tecnologias que apresentam VPL negativo e, conseqüentemente, custo marginal de abatimento positivo, os custos superam os benefícios econômicos ao longo do tempo e, mesmo na hipótese de redução significativa das emissões, elas apresentam maiores barreiras financeiras. Por outro lado, soluções tecnológicas com VPL positivo e custo marginal de abatimento negativo possuem potencial de gerar algum ganho financeiro para seus implementadores, seja por meio de redução de custo, seja por geração de receita adicional.



- eletrificação parcial de veículos leves: VPL de R\$ 0,06 bilhões e custo marginal negativo de R\$ 25,31 /tCO₂e;
- aumento no uso de etanol em veículos leves: VPL de R\$ 0,97 bilhões e custo marginal negativo de R\$ 11,49 /tCO₂e.

Apesar da relação de custo-benefício positiva para a eletrificação de veículos, o diagnóstico setorial (P2.1) destacou que as tecnologias ainda possuem entraves financeiros, pois demandam investimentos significativos em infraestrutura de suporte e custo de aquisição superior dos veículos elétricos e híbridos, em comparação às versões a combustão, limitando sua adoção em larga escala.

Barreiras políticas e regulatórias

A necessidade de desenvolvimento de políticas públicas específicas configura-se como a principal barreira política e regulatória enfrentada pelas tecnologias do setor de transporte. Tal necessidade se refere tanto à ausência de arcabouço regulatório voltado às tecnologias mais emergentes, quanto a necessidade de melhorias regulatórias que aumentem a atratividade de algumas tecnologias. Apesar da existência de iniciativas de apoio indireto para a adoção de combustíveis alternativos convencionais, como o biodiesel, em que as normas vigentes estabelecem um percentual de mistura obrigatório junto ao diesel, observa-se a falta de mecanismos regulatórios e de incentivos mais robustos que promovam a competitividade dos combustíveis alternativos avançados, como o HVO e o querosene de aviação sustentável, frente às suas alternativas fósseis.

Barreiras tecnológicas

As barreiras tecnológicas identificadas para as tecnologias consideradas evidenciam a necessidade de maior maturação e desenvolvimento para alcançar ampla adoção no setor de transporte. Algumas tecnologias, como o etanol e o biodiesel, já são amplamente utilizadas no Brasil, mas ainda apresentam menor eficiência, comparativamente às alternativas fósseis, devido ao menor poder calorífico. Também foram identificadas barreiras tecnológicas decorrentes do baixo conteúdo local dos componentes utilizados na cadeia produtiva, limitações de infraestrutura de suporte ou ainda desvantagens relacionadas ao tempo de recarga. Esse é o caso das tecnologias que envolvem eletrificação de frota ou o uso de GNV e biometano.

Outras tecnologias, como o SAF, ainda se encontram em fase de testes e necessitam de aprimoramento tecnológico para que seja possível alcançar maior nível de prontidão e escala de produção. Em relação aos biocombustíveis, é identificado que a grande variabilidade de tipos de biomassa e rotas de produção interferem diretamente na qualidade e na viabilidade do combustível, reforçando a necessidade de maior amadurecimento tecnológico.



Barreiras informacionais

As barreiras informacionais envolvem a baixa disseminação de conhecimento sobre o estágio atual e avanços no desenvolvimento dos biocombustíveis, incluindo as diferenças entre os diversos tipos, suas características específicas e usos potenciais no setor de transporte. Além disso, é observada relativa desconfiança por parte do público em relação às informações disponíveis e divulgadas sobre veículos elétricos, frequentemente percebidas como tendenciosas, o que compromete a aceitação e a difusão dessa tecnologia.

Barreiras culturais e sociais

As barreiras culturais e sociais no setor de transporte são, em parte, decorrentes das barreiras tecnológicas e informacionais. Primeiro, é identificada uma resistência na adoção das alternativas que apresentam uma eficiência menor, frente à alternativa fóssil, como o etanol. Segundo, há uma falta de confiança nos selos e mecanismos de certificação de biocombustíveis, além da preços mais elevados para os seguros de veículos que utilizam combustíveis como GNV e biometano, o que amplia a rejeição à adoção desses veículos.



MAPEAMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS EM VIGOR

Este capítulo apresenta o mapeamento das principais políticas públicas vigentes para o setor de transporte, em Minas Gerais, voltadas à transição climática e para a atração de investimentos de baixo carbono. Após a identificação das principais barreiras à implementação das tecnologias contempladas nos cenários de descarbonização e na MACC, compreende-se que a superação desses desafios está fortemente condicionada à capacidade de articulação e cooperação entre os diversos atores envolvidos, tanto do setor público quanto do setor privado.

As condições para uma ação conjunta e coordenada entre os diversos agentes resultam de múltiplos fatores, entre os quais se destaca o arcabouço regulatório e os instrumentos de políticas públicas. Esses elementos são fundamentais para estruturar e organizar um ambiente favorável à realização dos investimentos necessários ao cumprimento das trajetórias previstas nos cenários de descarbonização do estado.

Para os fins deste estudo, as políticas públicas mapeadas são compreendidas como instrumentos que organizam os arranjos institucionais de implementação das tecnologias, orientando e condicionando as interações entre os atores (PIRES; GOMIDE, 2014). Segundo essa abordagem, a capacidade de implementação não é um recurso fixo ou estático. Ao contrário, ela é moldada pelos instrumentos que regulam os arranjos institucionais, ou seja, pelas “regras do jogo” materializadas por regulações, dispositivos normativos e políticas de incentivo, entre outros mecanismos. A depender da configuração desses instrumentos, certas capacidades podem ser ativadas, enquanto outras podem ser desmobilizadas (PIRES; GOMIDE, 2021).

Por exemplo, em um arranjo envolvendo fundos estaduais que financiam projetos de descarbonização e municípios responsáveis por sua implementação, os instrumentos adotados influenciam diretamente a forma como os atores se posicionam e mobilizam recursos estratégicos, o que, por sua vez, resulta em diferentes padrões de desempenho. Nesse contexto, políticas de repasse que estabelecem critérios excessivamente rigorosos de elegibilidade e monitoramento, embora desejáveis do ponto de vista da conformidade no uso de recursos públicos, podem gerar efeitos adversos. Entre eles, destaca-se a não execução dos recursos disponíveis, decorrente da dificuldade das administrações públicas subnacionais em atender a todas as exigências normativas. Esse cenário é comum em investimentos de grande porte tanto no Brasil (GOMIDE; PEREIRA, 2018) quanto em outros países da América Latina (FRANK; MARTÍNEZ-VÁSQUEZ, 2016).



Portanto, dispor de uma visão panorâmica dos principais elementos que compõem o ambiente institucional é um dos primeiros passos para compreender as lacunas que dificultam o enfrentamento das barreiras identificadas no capítulo anterior.

O levantamento foi estruturado a partir de uma abordagem multidimensional para o setor de transporte. Para cada política identificada, foram analisados os seguintes eixos:

- caracterização da política;
- caracterização do instrumento;
- aspectos econômico-financeiros;
- aspectos temáticos e tecnológicos relacionados à redução de emissões de GEE.

O mapeamento teve como ponto de partida as referências utilizadas nos diagnósticos setoriais desenvolvidos no âmbito do diagnóstico setorial (P2.1). A partir dessas referências iniciais, foi conduzida uma busca ativa por documentos normativos, planos, programas, diretrizes e políticas públicas disponíveis em fontes como sites institucionais de órgãos governamentais federais e estaduais, centros de pesquisa e outras plataformas relevantes. Esse processo foi facilitado pela recorrência de referências cruzadas nos próprios documentos analisados, o que permitiu ampliar o escopo das políticas mapeadas. Ainda que o esforço de levantamento tenha buscado representar de forma abrangente o conjunto de normas e instrumentos com potencial de influenciar direta ou indiretamente a implementação das tecnologias previstas nos cenários de descarbonização, a alta complexidade e diversidade de cadeias produtivas e tecnologias envolvidas torna inviável, no escopo deste estudo, uma identificação exaustiva das políticas existentes, bem como uma análise aprofundada e detalhada de cada uma delas.

O objetivo, portanto, é oferecer um panorama geral que sirva de base para a formulação de diretrizes e recomendações estratégicas voltadas à implementação do *roadmap* proposto pelo projeto Rota. Nesse sentido, a identificação de grandes tendências e padrões mais claramente observáveis nas políticas públicas analisadas constitui um subsídio relevante para orientar a atuação dos atores estatais na construção de um ambiente institucional mais habilitador, tanto para a atração de capital quanto para a execução dos projetos financiados.

Com o intuito de organizar a análise em meio ao elevado número de políticas identificadas, foi proposta uma classificação tipológica com base nas categorias e critérios definidos no Quadro 3.

Quadro 3: Classificação das políticas mapeadas

Classificação	Categorias	Descrição
---------------	------------	-----------



Âmbito da Política	Federal	Políticas elaboradas pelos poderes Executivo e Legislativo da União, com abrangência e aplicação em todo o território nacional.
	Estadual	Políticas elaboradas pelos poderes Executivo e Legislativo do estado de Minas Gerais, com abrangência e aplicação em todo o território estadual.
	Municipal	Políticas planejadas e executadas pelos poderes Executivo e Legislativo de municípios do estado de Minas Gerais, direcionadas a atender as necessidades locais.
Tipo de instrumento	Políticas Estruturantes	Políticas que estão associadas ao estabelecimento de bases para outras políticas, organizando e fortalecendo instituições e capacidades.
	Políticas Regulatórias	Políticas por meio das quais o Estado estabelece regras para o funcionamento das atividades produzidas externamente a ele.
	Políticas Distributivas	Políticas que envolvem a distribuição de recursos não finitos, destinados a grupos específicos. Possuem natureza pouco conflitante.
	Políticas Redistributivas	Políticas que envolvem a distribuição de recursos finitos, de natureza intrinsecamente conflitante, visto que os ganhos de um grupo representam perdas para outros grupos.



Etapa ou Ciclo	Formulação	Etapa de definição de objetivos, diretrizes e estratégias, incluindo a elaboração de planos, programas e instrumentos normativos.
	Implementação	Etapa de execução das atividades planejadas, incluindo a mobilização de recursos e acompanhamento de resultados alcançados.
Abrangência da Política na tecnologia	Diretamente	A política define metas, ações, regula ou financia programas que promovem a adoção ou uso da tecnologia
	Indiretamente	A política cria ambiente ou condições favoráveis à tecnologia, sem incentivá-la diretamente.
Alinhamento Orçamentário	Há previsão de recursos	Política, programa ou ação tem recursos previstos e alocados no PPA (Plano Plurianual) ou LOA (Lei Orçamentária Anual)
	Não há previsão de recursos	Não existe previsão no PPA ou LOA de recursos orçamentários específicos para a execução das atividades planejadas.
	Não envolve aplicação direta de recursos	Política, programa ou ação não demanda recursos orçamentários para serem executadas.
Instrumento Econômico-Financeiro	Política Fiscal	Trata de incentivos fiscais, subsídios, isenções e outras formas de incentivo que envolvam a arrecadação de tributos.
	Política Orçamentária	Trata da alocação direta de recursos públicos para execução das atividades previstas.



Fonte: Elaboração própria.

As políticas mapeadas neste estudo foram classificadas em seis grupos, cada um acompanhado de suas respectivas categorias. Essas classificações são detalhadas a seguir:

Classificação 1: essa classificação refere-se ao âmbito da política, refletindo a esfera de atuação e as competências definidas pela Constituição Federal de 1988. No nível federal, foram agrupadas as políticas que estabelecem ou definem planos, programas e estratégias de abrangência nacional, com aplicação dispersa no território brasileiro. No nível estadual, foram incluídas as políticas cuja aplicação é restrita ao estado de Minas Gerais e que foram desenhadas por seus próprios órgãos governamentais.

Algumas das políticas listadas nessa categoria são adaptações estaduais de políticas originalmente estabelecidas pela União. É o caso da Lei Estadual nº 15.976, de 13 de janeiro de 2006, que institui um conjunto de incentivos para o biodiesel, seguindo a norma que introduziu o biodiesel na matriz energética brasileira, criada pela Lei Federal nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Nesse sentido, é importante destacar que as versões estaduais de leis e políticas públicas não podem contrariar o disposto na legislação federal correspondente, sendo permitida apenas a ampliação de seu escopo ou o estabelecimento de restrições adicionais. Por fim, algumas políticas mapeadas desenvolvem-se no âmbito municipal e foram incluídas neste levantamento devido ao seu potencial de replicabilidade, tanto por outros municípios de Minas Gerais quanto como referência para a eventual formulação de uma política estadual equivalente.

Classificação 2: essa classificação adotada diz respeito ao tipo do instrumento empregado, seguindo a classificações usuais da área de políticas públicas (LOWI, 1972; MARQUES; FARI, 2013). As políticas então foram agrupadas nas seguintes categorias, com as devidas adaptações para este estudo:

- políticas estruturantes;
- políticas regulatórias;
- políticas distributivas;
- políticas redistributivas.

As políticas estruturantes, conceitualmente próximas das políticas constitutivas, estão associadas à criação e transformação das regras mais gerais do jogo político. São responsáveis por organizar competências, atribuições e diretrizes amplas que conferem autoridade e sustentação a políticas mais específicas. Essas políticas se caracterizam por seu potencial de influenciar, de forma estrutural e de longo prazo, a dinâmica de distribuição de recursos. Entre seus efeitos, destaca-se a capacidade de redefinir critérios de elegibilidade e acesso a outras políticas públicas.



A segunda tipologia contempla as políticas regulatórias, introduzidas pelo poder público com o objetivo de estabelecer normas, padrões ou regras para o funcionamento de atividades conduzidas por terceiros, ou ainda para criar incentivos e induzir determinados comportamentos.

Já as políticas distributivas, por sua vez, envolvem a mobilização de recursos considerados não finitos ou ilimitados em direção a grupos específicos. Nesse tipo de política, os resultados tendem a configurar jogos de soma positiva, em que os ganhos de um grupo não implicam perdas para outros.

Por fim, as políticas redistributivas referem-se à alocação de recursos escassos, transferidos de um grupo para outro, caracterizando jogos de soma zero. Nesse caso, os ganhos obtidos pelos beneficiários representam, necessariamente, perdas para outros atores. Essa característica confere às políticas redistributivas um potencial de conflito mais elevado quando comparadas às distributivas (MARQUES; FARIA, 2013).

Classificação 3: essa classificação refere-se à análise da etapa ou ciclo em que se encontra cada política pública mapeada. Em termos gerais, o ciclo de políticas públicas é tradicionalmente dividido em cinco fases:

- identificação do problema ou formação da agenda;
- formulação da política;
- tomada de decisão;
- implementação;
- avaliação.

Neste estudo, adotou-se uma abordagem simplificada, com a utilização de apenas duas categorias: formulação e implementação. Essa escolha baseia-se na percepção de que nem sempre é possível enquadrar uma política pública de forma exclusiva em uma única etapa do ciclo. Diversos autores, como (HOWLETT, 2013) e (MARQUES; FARIA, 2013), destacam que o ciclo de políticas públicas funciona como um modelo analítico simplificado, útil para fins de compreensão e organização do processo, embora não represente com precisão a complexidade e a interconexão que marcam as diferentes fases da política na realidade.

Dessa forma, as etapas de formação de agenda e formulação foram agrupadas em uma única categoria, de modo a abranger tanto políticas em fase de discussão interna em órgãos públicos, como ministérios, secretarias e agências, quanto aquelas já formalizadas como projetos de lei e em tramitação nas casas legislativas. Do mesmo modo, as etapas de implementação, monitoramento e avaliação foram reunidas, considerando-se que, uma vez em execução, as políticas públicas costumam passar por processos contínuos de acompanhamento, o que dificulta a distinção clara entre essas fases.



A etapa de formulação diz respeito ao processo político-administrativo de criação de soluções para problemas públicos. Essa fase não está restrita a um único ator, sendo comum a atuação simultânea de múltiplos agentes na construção de propostas que convergem para resultados comuns. Em alguns casos, inclusive, a formulação pode ocorrer mesmo sem uma definição precisa do problema a ser enfrentado. A implementação, por sua vez, corresponde à etapa em que esforços, conhecimentos e recursos são mobilizados para colocar a política pública em prática e alcançar seus objetivos (HOWLETT, 2013).

Classificação 4: essa classificação refere-se à abrangência da política e teve como objetivo identificar se a intervenção da política pública nas tecnologias avaliadas é central ou secundária. Para isso, foram adotadas duas categorias: direta, quando a política busca regular, incentivar, financiar ou estabelecer mecanismos voltados especificamente à implementação de determinada tecnologia; e indireta, quando a tecnologia é abordada de forma mais genérica ou tangencial, beneficiando-se pontualmente de condições favoráveis criadas por políticas mais amplas ou de incentivos cruzados.

Classificação 5: essa classificação trata do alinhamento orçamentário das políticas públicas. Para essa análise, foram realizadas buscas nas principais peças orçamentárias: o Plano Plurianual (PPA) 2024-2027, no âmbito da União, e o Plano Plurianual de Ação Governamental (PPAG) 2024–2027 e a Lei Orçamentária Anual (LOA) de 2025, ambos do estado de Minas Gerais. Com base nesses documentos, definiram-se três categorias:

- há previsão de recursos: quando a política ou programa está formalmente incorporado nas peças orçamentárias, com recursos identificados para sua execução;
- não há previsão de recursos: quando não foram localizados programas, ações ou subações aderentes à política mapeada;
- não envolve aplicação direta de recursos: nos casos em que a execução das atividades previstas independe de alocação orçamentária específica.

Classificação 6: essa classificação busca identificar o instrumento econômico-financeiro associado à execução da política. A política fiscal, tradicionalmente definida como o campo de atuação governamental voltado à arrecadação de tributos e à execução de gastos públicos (GADELHA, 2017), foi aqui detalhada em duas categorias distintas:

- política fiscal: restrita às ações que envolvem incentivos fiscais, subsídios ou isenções tributárias;
- política orçamentária: abrange os dispêndios públicos destinados à execução direta de políticas por meio da alocação de recursos orçamentários.

Com base nos critérios adotados para cada uma dessas classificações, foi possível sistematizar as informações sobre as políticas públicas mapeadas, permitindo um

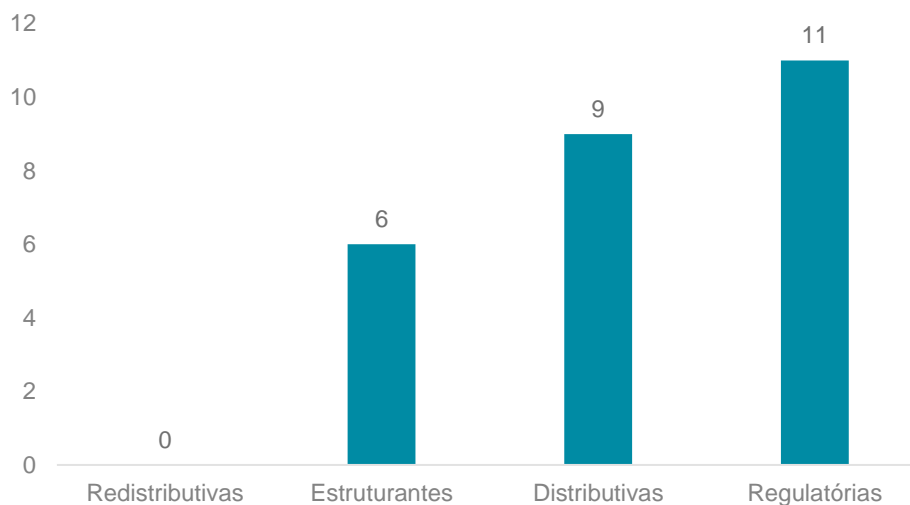


aprofundamento analítico e uma organização clara das iniciativas, conforme apresentado a seguir.

Análise das políticas públicas

A consolidação das políticas para o setor de transporte resultou em um total de 26 iniciativas, que configuram uma estratégia de descarbonização do setor ancorada principalmente em instrumentos regulatórios, complementados por incentivos econômicos e, em menor grau, por reformas institucionais. Do total de políticas identificadas para o setor, observa-se um equilíbrio entre as classificadas como distributivas e regulatórias e um menor número de políticas estruturantes, conforme observado na Figura 2.

Figura 2: Distribuição do número de políticas mapeadas por tipo de instrumento – Transporte



Fonte: Elaboração própria.

A predominância de instrumentos regulatórios e distributivos no setor sugere uma estratégia governamental que combina incentivos econômicos voluntários com a definição de regras normativas, buscando tanto estimular a adoção de tecnologias sustentáveis quanto estabelecer parâmetros de controle e segurança jurídica. Essa abordagem reflete a tentativa de equilibrar indução e regulação em um setor historicamente dependente de combustíveis fósseis e com forte impacto nas emissões.

No campo das políticas regulatórias, a Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024) representa um marco ao integrar programas como o RenovaBio e o Programa Nacional de Diesel Verde, estabelecendo diretrizes para a produção e uso de combustíveis sustentáveis, como o diesel verde e o biometano, além de revisar os percentuais de mistura de etanol na gasolina. Em nível estadual, a Política de Incentivo ao Consumo do Etanol (Lei nº



24.652/2024) reforça esse movimento ao priorizar o abastecimento da frota pública com etanol, promovendo coerência entre políticas federais e estaduais.

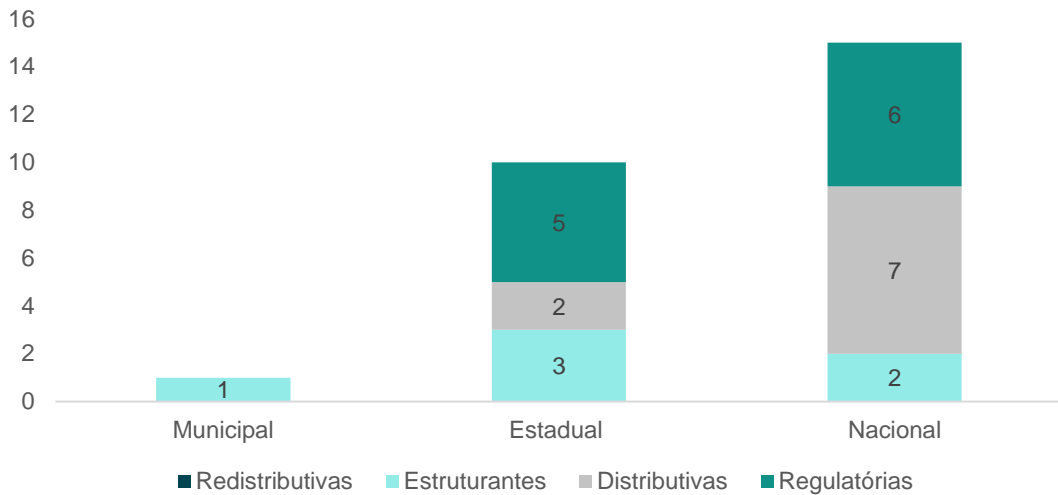
Entre os instrumentos distributivos, destaca-se o Pró-Alcool (Decreto nº 76.593/1975), uma política que teve papel central na consolidação do etanol como alternativa ao petróleo, que instituiu um programa nacional de incentivo à produção de álcool, oferecendo incentivos fiscais e crédito subsidiado para produtores e montadoras. Mais recentemente, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) prevê o direcionamento de R\$ 94,2 bilhões até 2026 para o modal ferroviário, sinalizando uma tentativa de reorientar a matriz de transporte para opções de menor intensidade de carbono.

Já os instrumentos estruturantes, embora menos numerosos, são fundamentais para organizar a atuação pública de forma integrada e de longo prazo. Alguns exemplos são a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes e o Estatuto da Metrópole, que estabelecem diretrizes amplas para o desenvolvimento urbano sustentável e a gestão metropolitana, criando condições institucionais para a integração entre mobilidade, uso do solo e emissões.

O mapeamento das políticas para o setor de transporte resultou em uma predominância de políticas nacionais, seguidas pelas estaduais e apenas uma política municipal, conforme observado na Figura 3. A política municipal refere-se ao Plano de Logística de Cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), uma política estruturante que define diretrizes, programas e ações para o planejamento integrado da logística de cargas, com foco em desenvolvimento econômico, mobilidade, meio ambiente e governança.



Figura 3: Distribuição do tipo de instrumento por âmbito da política –Transporte



Fonte: Elaboração própria.

As políticas nacionais concentram-se majoritariamente em instrumentos distributivos e regulatórios, refletindo a capacidade da União de mobilizar recursos e estabelecer diretrizes com abrangência nacional. O Plano Nacional Integrado de Infraestruturas de Gás e Biocombustíveis (Decreto Federal nº 12.153/2024), por exemplo, busca estruturar o planejamento da infraestrutura de gás natural e biometano, promovendo segurança energética e atração de investimentos. Já o Programa Pro-Álcool (Decreto Federal nº 76.593/1975) ilustra como subsídios federais podem impulsionar rotas alternativas de combustível, com impactos duradouros na matriz energética nacional.

As políticas estruturantes nacionais são a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes e o Estatuto da Metrôpole, já mencionadas anteriormente, e estabelecem marcos conceituais e normativos que orientam o planejamento urbano e a integração entre políticas setoriais, influenciando diretamente a formulação de políticas estaduais e municipais.

No âmbito estadual observa-se uma predominância de instrumentos regulatórios, voltados à normatização do mercado e à adaptação de diretrizes nacionais ao contexto local. A Resolução SEDE nº 34/2023, por exemplo, estabelece critérios para a comercialização de biometano em Minas Gerais, enquanto a Resolução SEDE nº 60/2024 busca garantir a competitividade do GNV frente à gasolina, por meio da prorrogação de políticas tarifárias diferenciadas. Ambas refletem o esforço estadual em viabilizar a transição energética com base em instrumentos regulatórios adaptados à realidade regional.

As políticas distributivas são a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde (Lei nº 24.940/2024), em âmbito estadual, que articula incentivos fiscais e creditícios para estimular a produção e o uso de hidrogênio e biometano, especialmente no



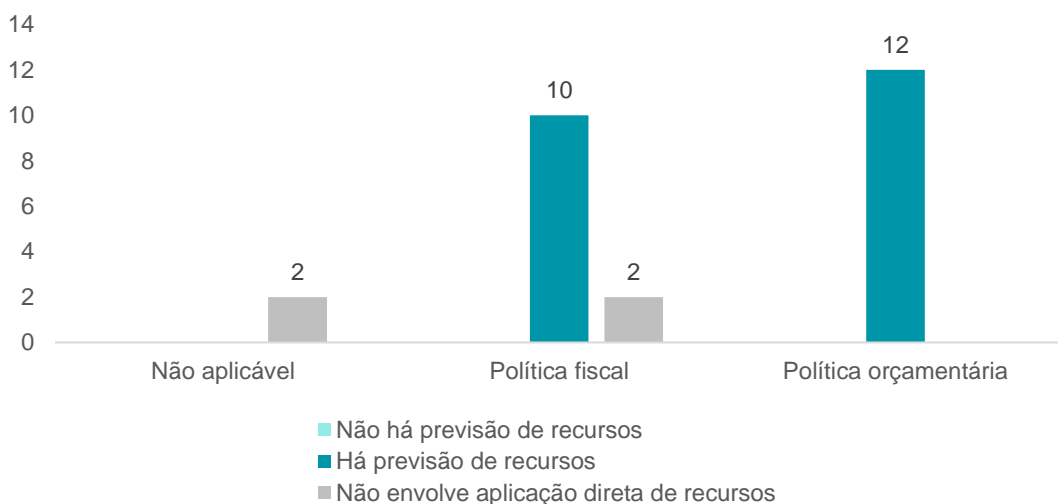
transporte público, e o Proálcool, em âmbito nacional, que estabeleceu incentivos fiscais e empréstimos bancários com juros abaixo da taxa de mercado para produtores de cana-de-açúcar e indústrias automobilísticas que desenvolvessem carros movidos a álcool.

As políticas estruturantes estaduais, por sua vez, compreendem o PDMG, que forneceu as bases técnicas para o PLAC-MG por meio de cenários setoriais de mitigação, o próprio PLAC-MG e a Política Estadual de Apoio ao Biodiesel e Óleos Vegetais (Lei nº 15.976/2006).

Cabe destacar que programas federais como o RenovaBio, o MOVER (Programa Mobilidade Verde e Inovação) e a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono estabelecem diretrizes regulatórias e incentivos econômicos que moldam o comportamento do mercado e orientam investimentos em tecnologias limpas. Essas iniciativas são complementadas por políticas estaduais, como o PLAC-MG e a Política Estadual do Biogás e do Biometano (Lei nº 24.396/2023), que adaptam os objetivos nacionais às especificidades regionais, reforçando a necessidade de coordenação entre os níveis de governo para garantir coerência e efetividade na transição energética.

Em relação ao grau de maturidade das políticas, a avaliação pode se dar a partir de uma combinação entre a etapa do ciclo em que cada iniciativa se encontra e a existência de previsão orçamentária explícita. Todas as 26 políticas mapeadas para o setor de transporte estão em fase de implementação, sendo que 22 delas possuem previsão de recursos, enquanto quatro não envolvem a aplicação direta de recursos, conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Distribuição do tipo de instrumento e previsão de recursos –Transporte



Fonte: Elaboração própria.

As políticas que não envolvem aplicação direta de recursos são:



- Carta Brasileira para Cidades Inteligentes;
- Decreto Estadual nº 48.566/2023 (Isenção ou redução ICMS);
- Estatuto da Metrópole (Lei nº 13.089/2015);
- Renovabio (Lei nº 13.576/2017).

Essas quatro políticas são instrumentos predominantemente estruturantes ou regulatórios, sem necessariamente exigirem execução direta via orçamento público. A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, por exemplo, atua como diretriz nacional para transformação digital e sustentabilidade urbana, sem vinculação orçamentária específica. O Estatuto da Metrópole estabelece bases legais para a gestão integrada em regiões metropolitanas, sendo operacionalizado por meio de planos e programas locais, que podem ou não ter recursos vinculados diretamente à lei. O Decreto Estadual nº 48.566/2023, por sua vez, que reduz a alíquota de ICMS sobre o querosene de aviação, é um instrumento de política fiscal que atua pela renúncia de receita. Já o Renovabio opera por meio de mecanismos de mercado, como os Créditos de Descarbonização (CBIO), e do mandato compulsório de mistura de biocombustíveis, dispensando a alocação orçamentária tradicional. Por sua vez, não foram mapeadas políticas sem previsão explícita de recursos.

Um detalhamento maior da caracterização das políticas mapeadas revela um número igual de políticas orçamentárias e fiscais, enquanto duas não se enquadram nessa tipologia (a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes e o Estatuto da Metrópole, ambas mencionadas nos parágrafos anteriores).

As políticas fiscais incluem o Renovabio, que, conforme já mencionado, promove a certificação da produção eficiente de biocombustíveis e a utilização de CBIOs, além de instituir o mandato compulsório de mistura de biocombustíveis. Também fazem parte dessa classificação o Programa Nacional do Bioquerosene (Lei nº 14.248/2021), que prevê incentivos fiscais e financiamento especial para projetos com biomassas, e a Resolução SEDE nº 34/2023, que regula a comercialização de biometano em Minas Gerais.

Entre as políticas orçamentárias, destacam-se a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), que orienta o planejamento e a gestão da mobilidade urbana no país, e a Política Estadual do Biogás e do Biometano (Lei nº 24.396/2023), que prevê o aumento do uso de biometano no transporte público estadual.

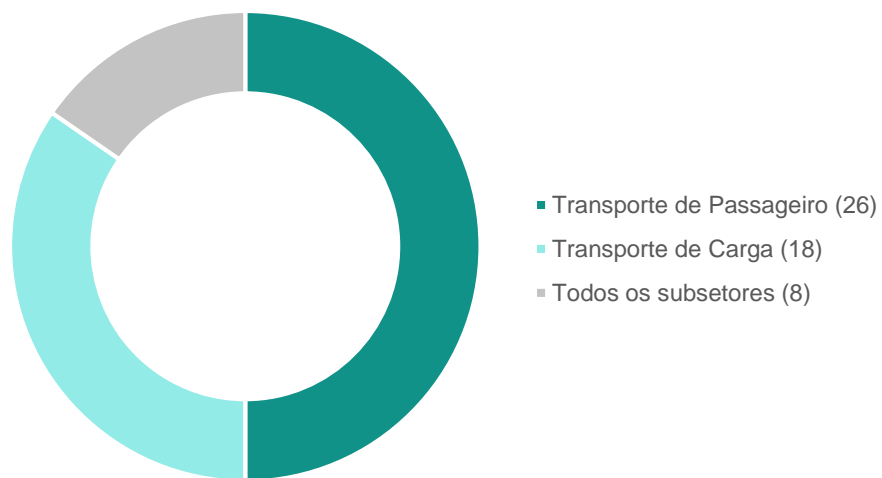
A predominância de políticas com previsão de recursos sugere uma orientação voltada à implementação das políticas do setor, enquanto a relevância dos instrumentos orçamentários e fiscais reforça o papel do estado como indutor da transição, por meio de incentivos financeiros e mecanismos de estímulo à adoção de práticas sustentáveis para promover a descarbonização dos transportes.



No que diz respeito às tecnologias de mitigação para o setor, ressalta-se que uma mesma política pode estar relacionada a mais de uma tecnologia. Das 26 políticas identificadas para o setor de transporte, cinco são aplicáveis a mais de uma tecnologia. Levando isso em conta, apresenta-se na sequência o número de políticas por modalidade de transporte a que se aplicam as tecnologias, totalizando 52 ocorrências.

A maioria das políticas está relacionada às tecnologias do subsetor de transporte de passageiros, seguidas pelas que se direcionam a tecnologias do transporte de carga e pelas iniciativas relacionadas às tecnologias das duas modalidades, caracterizadas assim com a categoria “Todos os subsetores”, conforme destacado na Figura 5.

Figura 5: Distribuição do número de políticas por subsetor – Transporte



Fonte: Elaboração própria.

O subsetor transporte de passageiros concentra o maior número de políticas mapeadas, refletindo a prioridade atribuída à mobilidade urbana sustentável, com foco na descarbonização da frota leve. As principais estratégias mapeadas para esse tema se relacionam à mudança de modal³, seguido pelo aumento do uso do biometano/GNV e pelo aumento do uso de etanol em veículos leves, o que sugere uma tentativa de diversificação da matriz energética do transporte urbano de passageiros.

Em relação ao transporte de carga, as políticas mapeadas focam na substituição do querosene de aviação por combustíveis sustentáveis de aviação (SAF, na sigla em inglês), na

³ A mudança de modal em transporte de passageiros não entrou na MACC.



maior participação de caminhões a hidrogênio e na maior participação de caminhões a GNV/biometano no licenciamento de veículos novos. Essas iniciativas respondem à necessidade de reduzir as emissões em segmentos de alta intensidade energética, como o transporte rodoviário e aéreo de cargas.

A categoria “todos os subsetores”, por sua vez, abrangem políticas que impactam simultaneamente passageiros e cargas, com foco em tecnologias e instrumentos de governança. O Programa Rota 2030, por exemplo, tinha como objetivo a modernização e a competitividade da indústria automobilística até 2030. O instrumento foi posteriormente substituído pelo MOVER (Lei Federal nº 14.902/2024), que instituiu requisitos obrigatórios para a comercialização de veículos novos produzidos no país e para a importação de veículos novos, além de um regime de incentivos à realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento para as indústrias de mobilidade e logística. Tais programas são exemplos de políticas nacionais que promovem a descarbonização da logística e a inovação tecnológica em toda a cadeia automotiva. Já o Plano Nacional de Logística 2035 e o PLAC-MG propõem ações integradas para diferentes modais, incluindo metas de eletrificação e uso de biocombustíveis em múltiplos segmentos, reforçando o alinhamento entre o planejamento federal e estadual.

Por fim, dentre as relações observadas entre as tecnologias e as políticas mapeadas⁴, a maioria (31) possui relação direta com tecnologias específicas, ou seja, foram desenhadas com foco explícito em determinada solução tecnológica, tais como veículos elétricos, biocombustíveis ou hidrogênio, e têm como objetivo principal viabilizar sua adoção ou expansão. Alguns exemplos são a Lei nº 11.097/2005, que promoveu a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, e a Lei nº 13.576/2017, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio). Já uma menor fração (21) apresenta relação indireta, o que significa que, embora não tenham como foco uma tecnologia específica, podem impactá-la positivamente ao criar condições institucionais, regulatórias ou financeiras que favorecem sua implementação. Por exemplo, a Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), estabelece diretrizes gerais para o planejamento e a gestão da mobilidade urbana, incluindo o desenvolvimento sustentável dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade, mas não inclui uma tecnologia específica.

⁴ Nesse parágrafo a descrição da relação entre tecnologias e políticas ainda considera que uma mesma política pode estar relacionada a mais de uma tecnologia. Com isso, a mesma política pode ter impacto direto em uma tecnologia e indireto em outra. Por isso a soma dos números apresentados nesse caso é a mesma do gráfico imediatamente anterior, que diz respeito ao número de políticas por tema.



Como síntese geral, a partir das políticas mapeadas e das análises realizadas, observa-se que:

- a transição energética em transporte tem se apoiado principalmente em instrumentos regulatórios, orçamentários e fiscais, com alguma predominância do nível federal e uma orientação tecnológica voltada à descarbonização do segmento de passageiros. Essa base institucional e financeira tem contribuído para a expansão de programas que promovem o etanol, biodiesel, GNV e, mais recentemente, SAF e hidrogênio, refletindo uma estratégia de incentivo à adoção de combustíveis alternativos e tecnologias de menor intensidade de carbono;
- embora haja avanços relevantes, a presença ainda limitada de instrumentos estruturantes pode restringir a capacidade de coordenação e acompanhamento da transição no longo prazo, mantendo o setor apoiado em um arcabouço legal com origens anteriores ao atual contexto climático e tecnológico. A menor incidência de mecanismos voltados à governança, definição de metas e indicadores pode dificultar a integração entre políticas setoriais e o fortalecimento de uma trajetória sustentável e adaptável.



TECNOLOGIAS EM FOCO: CONFRONTANDO BARREIRAS E POLÍTICAS

O presente capítulo tem como objetivo analisar, para as tecnologias de redução de emissões, a relação entre as barreiras identificadas, as possíveis soluções mapeadas e as políticas públicas existentes associadas a cada uma dessas tecnologias. A análise tem como foco o mapeamento da capacidade de enfrentamento dessas barreiras por meio de instrumentos políticos já implementados ou em formulação. Dessa forma, busca-se ressaltar lacunas no endereçamento político, ou seja, barreiras que demandariam maiores esforços de formulação e implementação de políticas públicas.

A análise está estruturada por subseções correspondentes às respectivas tecnologias de redução de emissões, distinguindo aquelas listadas e não listadas na MACC.

Tecnologias incluídas na MACC

Transporte de passageiros

Aumento do uso de biodiesel em ônibus

A tecnologia aumento do uso de biodiesel em ônibus representa o aumento da mistura regulamentada (% em volume) de biodiesel no diesel comercial. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 3,4 MtCO₂e (1,6% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 72,2 R\$/tCO₂e (1,7% de todas as tecnologias com custos positivos em transporte).

Para essa tecnologia, ressalta-se a barreira de natureza político-regulatória relacionada à ausência de políticas públicas específicas que subsidiem ou apoiem diretamente o aumento do uso de biodiesel nesse modal. Embora, de acordo com a Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.933/2024), exista a obrigatoriedade nacional de mistura de biodiesel ao diesel fóssil, essa medida é aplicada de forma genérica a todo o diesel comercializado, sem foco específico para sua implementação, fiscalização e alocação de recursos com relação ao transporte coletivo urbano, de forma semelhante ao que ocorre para o aumento do uso de biodiesel em caminhões.

O PLAC-MG e o PDMG propõem incentivos para o uso de biocombustíveis para substituir combustíveis fósseis até 2050 e a substituição gradual da gasolina e do diesel fóssil por biocombustíveis, chegando a 50% em 2050, comparativamente a 2025. No entanto, nenhuma delas apresenta diretrizes ou ações específicas voltadas exclusivamente ao uso de biodiesel



em ônibus urbanos. Essa ausência evidencia uma oportunidade regulatória, especialmente considerando a competência municipal de gerenciamento do transporte coletivo urbano, o que, em paralelo, amplia o espaço de atuação do governo estadual por meio de recursos regulatórios. Diante da barreira apresentada, algumas estratégias podem ser sugeridas para enfrentá-la, como a proposição de políticas públicas estaduais que incluam subsídios ao uso de biodiesel em ônibus e exigências contratuais em licitações de transporte público.

Aumento do uso de etanol em veículos leves

A tecnologia aumento do uso de etanol em veículos leves tem como objetivo promover o aumento da participação do etanol hidratado frente à gasolina comum nas vendas de combustíveis e o aumento da mistura regulamentada (% em volume) de etanol anidro na gasolina. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 84,8 MtCO₂e (39,3% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento negativo de 11,5 R\$/tCO₂e (ou seja, os benefícios financeiros superam os investimentos necessários).

Apesar do elevado custo-benefício, a tecnologia apresenta barreiras de natureza tecnológica, devido ao menor rendimento energético do etanol em comparação à gasolina. Esse fator contribui para a resistência da população ao seu uso, o que, por sua vez, caracteriza uma barreira cultural e social.

No que se refere às políticas públicas existentes, nota-se um contexto de amplo incentivo, com a presença de instrumentos que tratam diretamente da tecnologia. Entre eles, destacam-se o Decreto nº 76.593/1975 (Proálcool), que criou incentivos fiscais e crédito facilitado para produtores de cana e montadoras, promovendo o desenvolvimento de veículos movidos a álcool como alternativa ao petróleo, e a Lei Estadual nº 24.652/2024 (Política Estadual de Incentivo ao Consumo do Etanol), a qual prioriza o abastecimento de veículos da frota estadual com etanol. Por outro lado, o PLAC-MG aborda a tecnologia indiretamente, ao promover a redução do uso de combustíveis fósseis no estado por meio de incentivos à utilização de biocombustíveis no geral.

A análise da interação entre barreiras e políticas revela que, no caso da barreira cultural, há um alinhamento mais claro com as políticas existentes, em especial a Lei Estadual nº 24.652/2024. A priorização do etanol na frota pública, estabelecida pela lei, pode contribuir para a mudança de percepção da população ao funcionar como uma estratégia de demonstração. No entanto, para solucionar a barreira tecnológica evidenciada, é necessário fomento à pesquisa aplicada com o objetivo de desenvolvimento de motores mais eficientes para o etanol, como por meio de programas de cooperação entre universidades e editais de fomento à inovação tecnológica. Essa ação não encontra respaldo direto nas políticas analisadas, o que evidencia a necessidade de maior endereçamento político para tal.



Eletrificação parcial e total de veículos leves

As tecnologias de eletrificação parcial e total de veículos leves envolvem a maior participação de veículos híbridos flex (HEV) e de veículos elétricos a bateria (BEV), respectivamente, no licenciamento de veículos novos nas categorias de automóveis e comerciais leves. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação da eletrificação parcial de veículos leves resultou em um potencial de mitigação de 2,3 MtCO_{2e} (1,1% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento negativo de 25,3 R\$/tCO_{2e} (ou seja, os benefícios financeiros superam os investimentos necessários). Já a implementação da eletrificação total de veículos leves resultou em um potencial de mitigação de 5,4 MtCO_{2e} (2,5% do total estimado para transporte), com um custo marginal de abatimento negativo de 224,9 R\$/tCO_{2e} (ou seja, os benefícios financeiros superam os investimentos necessários).

Apesar disso, as tecnologias de eletrificação parcial e total de veículos leves compartilham barreiras políticas e regulatórias, devido à inexistência de um marco legal nacional consolidado e de linhas de financiamento estruturadas e contínuas, o que compromete o incentivo à adoção dessas tecnologias. As barreiras tecnológicas incluem a escassez de padrões tecnológicos e a baixa disponibilidade local dos componentes da cadeia produtiva, além da limitação da infraestrutura elétrica, como a baixa disponibilidade de pontos de carregamento e o tempo elevado de recarga.

Entre as barreiras financeiras, em que pese o benefício evidenciado pelo custo marginal de abatimento estimado no Produto P2.3, o alto custo de aquisição dos veículos elétricos e híbridos, bem como a necessidade de investimentos em infraestrutura de apoio, são entraves para ampla adoção de veículos elétricos e híbridos. (BRASIL, 2021; ROVERE *et al.*, 2023).

As políticas públicas existentes que dialogam com essas tecnologias incluem, como mencionado, o Projeto de Lei nº 702/2023 (Política Estadual de incentivo a veículos elétricos e híbridos), ainda em tramitação, o PDMG, que prevê a eletrificação da frota veicular com base no aumento da participação de veículos elétricos (carros e motos) na demanda por transporte, estimando que esses veículos representem 10% do consumo energético do setor de transporte rodoviário de passageiros em 2050 (no Cenário *Net Zero* estimado pelo estudo à época), e o PLAC-MG, que estabelece a meta de alcançar 900 mil veículos movidos por propulsão alternativa à combustão até 2050 na frota veicular registrada no Estado.

A análise da interação entre barreiras e políticas revela que, embora existam instrumentos normativos em desenvolvimento, ainda há lacunas que podem ser exploradas para a elaboração de políticas públicas, especialmente no que se refere à operacionalização das ações propostas. Diante das barreiras apresentadas, algumas estratégias podem ser sugeridas para enfrentá-las, como a aprovação do projeto de lei em tramitação, a criação de incentivos fiscais e subsídios diretos para aquisição de veículos elétricos, o estímulo à



instalação de fornecedores locais de baterias e motores elétricos e o fomento à pesquisa aplicada por meio de parcerias com universidades. Essas soluções dialogam com as políticas públicas existentes, mas demandam maior detalhamento e implementação efetiva para que possam superar os obstáculos identificados.

Eletrificação total de ônibus

A eletrificação total de ônibus possui como objetivo a maior participação de ônibus elétricos a bateria no licenciamento de veículos novos. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 8,0 MtCO₂e (3,7% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 106,8 R\$/tCO₂e (2,5% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte).

As barreiras financeiras referem-se à necessidade de investimentos em infraestrutura de suporte, redes de recarga rápida e subestações elétricas, além do custo elevado dos veículos elétricos em comparação aos modelos a combustão. A barreira política e regulatória está relacionada à ausência de políticas públicas específicas para subsidiar ou apoiar a mobilidade elétrica urbana com foco em transporte coletivo. No campo informacional, observa-se a presença de vieses e a baixa qualidade das informações divulgadas sobre veículos elétricos para transporte de passageiros, o que contribui para a formação de percepções negativas por parte do público. Por fim, a barreira tecnológica envolve limitações na infraestrutura elétrica atual no estado de Minas Gerais, tempo elevado de espera para carregamento do veículo e a baixa disponibilidade de pontos de carregamento.

Atualmente, em âmbito estadual, tem-se o Projeto de Lei nº 702/2023 (Política Estadual de incentivo a veículos elétricos e híbridos), o qual propõe incentivos fiscais e obrigatoriedade de pontos de recarga elétrica em rodovias, estacionamentos públicos e privados. A análise da interação entre barreiras e políticas revela que, embora existam propostas em andamento, como o PL nº 702/2023, ainda há lacunas significativas. A ausência de políticas públicas já implementadas limita a capacidade de enfrentamento das barreiras identificadas, especialmente as de natureza financeira e regulatória. Além disso, o estado também possui capacidade de atuação sobre a barreira informacional, por exemplo, por meio de campanhas educativas e de comunicação. Já a barreira tecnológica apresenta maiores entraves, com exigência de articulação com empresas do setor elétrico, como a CEMIG, para a melhoria da infraestrutura.

Transporte de passageiros/carga

Ônibus e Caminhão a GNV/Biometano

As tecnologias de ônibus a GNV/Biometano e caminhões a GNV/Biometano especificam o aumento da participação no licenciamento de veículos novos por ônibus e caminhões,



respectivamente, com motores movidos a gás, queimando mistura de GNV e biometano. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação da tecnologia de ônibus a GNV/Biometano resultou em um potencial de mitigação de 2,2 MtCO₂e (1,0% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 576,4 R\$/tCO₂e (13,7% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte). Já a implementação da tecnologia de caminhões a GNV/Biometano resultou em um potencial de mitigação de 10,0 MtCO₂e (4,7% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 577,0 R\$/tCO₂e (13,8% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte).

Ambas as tecnologias compartilham um conjunto diversificado de barreiras. A barreira política e regulatória refere-se à necessidade de aprimoramento de marcos regulatórios e fiscais para a tecnologia, com foco na redução de custos ao consumidor final (os custos elevados tornam a tecnologia pouco atrativa frente a outras opções de combustíveis). A barreira financeira é associada à necessidade de investimentos significativos para o aprimoramento tecnológico e à adequação da infraestrutura de distribuição para viabilidade de utilização do combustível. No campo tecnológico, destacam-se a limitação da malha de gasodutos e a baixa disponibilidade do combustível nos postos de abastecimento, além de problemas técnicos relacionados à mistura de combustíveis nos motores.

Por fim, a barreira de natureza cultural e social associada à tecnologia de caminhões a GNV/biometano (considerando que caminhões, em sua maioria, são de propriedade privada, ao contrário dos ônibus urbanos que geralmente integram frotas públicas) está relacionada à insegurança do consumidor quanto à confiabilidade da tecnologia e ao possível aumento no custo do seguro, decorrente da modificação do motor original.

As políticas públicas existentes que dialogam com essa tecnologia incluem a Lei Estadual nº 24.396/2023 (Política Estadual do Biogás e do Biometano), que prevê o incremento da participação desses combustíveis na matriz energética estadual, e a Resolução SEDE nº 34/2023, que estabelece critérios para a comercialização e distribuição de biometano em Minas Gerais. Além disso, o PLAC-MG também contempla a tecnologia de maneira indireta, ao promover o uso de biocombustíveis, incluindo o biometano, como estratégia de descarbonização do setor de transporte.

A análise da interação entre barreiras e políticas públicas existentes revela que, para as barreiras financeira e tecnológica, existe compatibilidade com o avanço regulatório. Por exemplo, é disposto na Lei Estadual nº 24.396/2023 o incremento em bases econômicas da participação do biogás e do biometano na matriz energética estadual. Nesse contexto, em busca de maior articulação entre a operacionalização das políticas e as barreiras apontadas, propõe-se a diversificação dos investimentos realizados, voltando-os não apenas para a produção do biogás, mas também para o desenvolvimento tecnológico na área e adequação da infraestrutura.



Além disso, como parte da Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.933/2024), o Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CJOB) está em fase de regulamentação pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), com previsão, a partir de 2026, que produtores e importadores de gás natural deverão comprovar a aquisição de CJOBs para cumprir metas de descarbonização. Nesse contexto, o Governo de Minas Gerais pode vir a propor políticas públicas, focadas na operacionalização, que dialoguem com tais medidas, de forma a incentivar a produção, comercialização e aquisição de biometano com CJOBs, em articulação com as ações propostas pelo governo federal e com a resolução das barreiras percorridas.

A superação da barreira cultural e social exige um aprofundamento da articulação intersetorial por parte do estado de Minas Gerais, que não é abordada de forma específica pelas políticas analisadas, evidenciando uma lacuna importante. Embora não seja de responsabilidade exclusiva do governo alterar diretamente a percepção de insegurança dos consumidores, ele pode atuar como agente articulador, promovendo parcerias com instituições educacionais, organizações da sociedade civil e o setor privado. A combinação dessas articulações com iniciativas de educação ambiental e campanhas de conscientização pode fortalecer as estratégias já propostas de redução de custos e ampliar a aceitação de soluções sustentáveis.

Uso de HVO em ônibus e caminhões

As tecnologias que promovem o uso de HVO em ônibus, no transporte de passageiros, e em caminhões, no transporte de cargas, se baseiam no aumento da mistura regulamentada (% em volume) de HVO no diesel comercial. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação do uso de HVO em ônibus resultou em um potencial de mitigação de 9,5 MtCO₂e (4,4% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 809,7 R\$/tCO₂e (19,3% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte), o maior custo estimado para o setor. Já a implementação do uso de HVO em caminhões resultou em um potencial de mitigação de 41,6 MtCO₂e (19,3% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 808,0 R\$/tCO₂e (19,3% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte), segundo maior custo estimado para o setor.

A tecnologias apresentam barreira política e regulatória, que se refere à ausência de políticas públicas específicas que subsidiem ou apoiem diretamente o uso de HVO em caminhões e ônibus. Embora o HVO esteja incluído nominalmente como “diesel verde” no contexto da Lei nº 13.576/2017 (RenovaBio), não há regulamentação específica que o trate de forma destacada, o que limita sua visibilidade e incentivo de uso e produção. A barreira tecnológica está associada à interferência que diferentes tipologias de insumo, com variedade de composição química, exercem sobre a qualidade do HVO. Com relação à barreira financeira, o elevado custo de abatimento observado para ambas as tecnologias de acordo com os resultados do Produto P2.3 se devem ao elevado preço do HVO em relação ao diesel mineral,



sendo 250% mais caro no início do período analisado e ainda 100% mais caro ao fim, mesmo considerando a curva de aprendizado e ganhos de escala.

A barreira informacional é um dos principais entraves ao uso do HVO em veículos de propriedade privada, como caminhões, sendo mais evidente do que no transporte público, no caso dos ônibus. Essa barreira está associada ao desconhecimento por parte dos usuários e operadores sobre as diferenças entre o HVO e o biodiesel convencional, o que dificulta o processo de tomada de decisão. Complementarmente, observa-se que a barreira cultural/social está vinculada à desconfiança em relação aos selos de certificação de sustentabilidade, fator que pode comprometer a aceitação da tecnologia.

As políticas públicas existentes que dialogam com essa tecnologia incluem o PLAC-MG, que trata indiretamente do uso de HVO ao propor a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, e o PDMG, que também contempla metas de ampliação do uso de combustíveis renováveis. No entanto, nenhuma política identificada trata diretamente do HVO como tecnologia específica, o que evidencia uma lacuna regulatória a ser suprida. A ausência de regulamentação específica e de incentivos voltados exclusivamente ao HVO limita a capacidade de enfrentamento das barreiras identificadas e representa oportunidade de atuação política.

Diante das barreiras apresentadas, algumas estratégias podem ser sugeridas para enfrentá-las, como a proposição de políticas públicas estaduais de subsídio ao uso de HVO em ônibus e caminhões, com a criação de incentivos fiscais e inclusão em linhas de financiamento verde. Também está sob o campo de atuação do Governo de Minas Gerais a proposição de campanhas de educação ambiental e comunicação pública que busquem ampliar o conhecimento técnico sobre os biocombustíveis avançados, esclarecer os critérios de certificação e fortalecer a confiança do consumidor. Por exemplo, a divulgação de informações como a não necessidade de adaptação de veículos a diesel para utilização de HVO (BRASIL, 2022; LUCANTONIO *et al.*, 2023), devido à similaridade de estrutura química, poderia vir a aumentar a aceitação da tecnologia.

Transporte de carga

Aumento do uso de biodiesel em caminhões

A tecnologia aumento do uso de biodiesel em caminhões especifica o aumento da mistura regulamentada (% em volume) de biodiesel no diesel comercial. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 14,8 MtCO₂e (6,9% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 72,1 R\$/tCO₂e (1,7% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte).



Para essa tecnologia, foram identificadas barreiras de diversas naturezas. Primeiro, a barreira de natureza política e regulatória é evidenciada pela ausência de políticas públicas específicas voltadas ao incentivo direto do uso de biodiesel em caminhões. Embora haja avanços regulatórios no Brasil, como a obrigatoriedade da mistura mínima de biodiesel ao diesel fóssil no diesel comercializado (Lei nº 15.976/2006, Lei do Combustível do Futuro), essas medidas ainda carecem de direcionamento para o setor de transporte rodoviário de carga. Além disso, enfrentam desafios quanto à efetiva implementação, fiscalização e alocação de recursos, o que limita seu impacto prático no setor.

Em paralelo, a barreira tecnológica está associada ao prejuízo na eficiência dos veículos ao afetar a eficiência e desempenho dos motores, como resultado do aumento do uso de biodiesel nos caminhões. Ademais, é importante considerar a barreira cultural e social, visto que essa medida pode enfrentar resistência por parte do público, devido à desconfiança em relação aos selos de certificação do biodiesel e ao aumento dos custos necessários para adaptação dos motores e aquisição de veículos compatíveis (barreira financeira) para adoção da tecnologia. Essa percepção negativa do público sobre o aumento do uso de biodiesel é agravada pela barreira informacional existente, marcada pela falta de conhecimento sobre os avanços tecnológicos e ambientais associados ao uso de biodiesel.

No contexto das políticas públicas que, embora não tratem diretamente da tecnologia, possuem interfaces relevantes com a temática, destacam-se quatro instrumentos normativos. O PLAC-MG propõe metas de descarbonização para o setor de transporte, incentivando o uso de biocombustíveis para substituir combustíveis fósseis até 2050. O PDMG propõe uma substituição gradual da gasolina e do diesel fóssil por biocombustíveis a partir de 2025, chegando a 50% em 2050. A Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024) estabelece diretrizes para a política de incentivo à produção e ao uso de combustíveis sustentáveis e a Lei Estadual nº 15.976/2006 é uma política de apoio à produção e à utilização do biodiesel e de óleos vegetais, embora sem registros recentes de execução orçamentária ativa, conforme registros da Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG).

A análise das barreiras em relação às políticas existentes revela que, embora haja um arcabouço normativo que dá diretivas mandatórias à adoção do biodiesel e biocombustíveis no geral, essas políticas tendem a ser mais genéricas, sem detalhar ações específicas voltadas à superação das barreiras apontadas com relação ao uso de biodiesel por caminhões. Em particular, as barreiras de natureza informacional, cultural e financeira apontadas, as quais impactam a adoção de biodiesel nesse segmento, configuram áreas em que o estado de Minas Gerais possui maior possibilidade de intervenção. A ausência de políticas públicas específicas para essas barreiras representa, portanto, uma oportunidade de formulação dessas políticas.



Diante das barreiras apresentadas, algumas estratégias podem ser sugeridas para enfrentá-las, como a proposição de políticas públicas de subsídio ao uso de biodiesel em caminhões, regulamentações sobre a qualidade dos insumos e atração de biorefinarias para região. Nesse contexto, tais soluções dialogam parcialmente com as políticas existentes, mas demandam maior detalhamento e operacionalização para que possam efetivamente superar os obstáculos identificados. A existência de políticas nacionais e estaduais que tratam do biodiesel de forma genérica pode ser vista como uma base sobre a qual políticas mais específicas poderiam ser construídas.

Eletrificação total de caminhões

A tecnologia de eletrificação total de caminhões tem como objetivo a maior participação no licenciamento de veículos novos por caminhões semi-leves e leves elétricos a bateria. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 22,7 MtCO₂e (10,5% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento negativo de 801,3 R\$/tCO₂e (o melhor desempenho entre todas as tecnologias para transporte).

Apesar do custo de abatimento negativo, a eletrificação total de caminhões enfrenta uma barreira financeira que se refere à necessidade de elevados investimentos iniciais em infraestrutura de suporte, como a instalação de carregadores domiciliares, redes de recarga rápida em locais públicos e construção de subestações elétricas. Já a barreira política e regulatória está relacionada à ausência de políticas públicas específicas que subsidiem ou apoiem diretamente a eletrificação de caminhões. O reduzido arcabouço político relacionado à eletrificação de caminhões é semelhante ao verificado no caso da eletrificação de ônibus, exemplificado pelo Projeto de Lei nº 702/2023, que institui a Política Estadual de Incentivo a Veículos Elétricos e Híbridos e ainda se encontra em fase de tramitação.

A ausência de políticas públicas já consolidadas compromete a capacidade de enfrentamento dos entraves identificados, especialmente no que diz respeito aos investimentos necessários em infraestrutura de apoio. Diante desses desafios, algumas estratégias podem ser propostas, como a aprovação do Projeto de Lei nº 702/2023, a criação de subsídios diretos para a aquisição de caminhões elétricos, a obrigatoriedade de pontos de recarga em rodovias e o fortalecimento da infraestrutura elétrica estadual. Tais medidas dialogam com o arcabouço normativo existente, mas exigem maior detalhamento e operacionalização para maior efetividade.

Mudança de modal

A tecnologia mudança de modal é listada na MACC com enfoque na transferência de cargas do modal rodoviário para o ferroviário. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 5,0 MtCO₂e (2,3% do total



estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 157,0 R\$/tCO₂e (3,7% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte).

A barreira financeira enfrentada pela tecnologia está relacionada aos altos custos de implementação de novos trechos ferroviários e à possível dificuldade de manutenção da demanda, considerando a expansão e modernização de sistema de transportes de cargas para o transporte ferroviário. De acordo com o relatório do Produto P2.3, esse custo relativamente elevado se deve principalmente ao substancial CAPEX necessário para a implantação e/ou ampliação da malha ferroviária do estado.

Com relação à barreira cultural e social, observa-se uma resistência à realização de investimentos no transporte ferroviário de cargas, tendo em vista a priorização histórica do modal rodoviário. Por fim, a barreira tecnológica é decorrente da ausência de interoperabilidade entre os sistemas ferroviários, o que dificulta a circulação contínua de composições por trechos sob diferentes concessões. Além disso, a limitada diversificação das cargas transportadas compromete a atratividade econômica do modal ferroviário.

Dentro desse tema, algumas medidas regulatórias em desenvolvimento são importantes para o contexto da tecnologia, como o Plano Nacional de Ferrovias e o Projeto de Lei nº 2.222/2020. Atualmente em fase de elaboração pelo Ministério dos Transportes, o Plano Nacional de Ferrovias ainda não foi regulamentado. Sua finalidade será atuar como instrumento operacional do Plano Setorial de Ferrovias (dimensão tática) e do Plano Nacional de Logística (dimensão estratégica), com foco na viabilização de investimentos voltados à expansão de novas linhas, bem como à renovação e modernização da infraestrutura ferroviária existente.

Em nível estadual, destaca-se o Plano Estadual de Logística e Transportes de Minas Gerais (PELT-MG), instituído pela Resolução SEINFRA nº 41/2024. O PELT-MG é uma ferramenta estratégica que orienta o planejamento e a tomada de decisões no setor de transportes. O plano identificou oportunidades de melhoria na infraestrutura logística mineira, considerando a viabilidade técnica, econômica e gerencial dos empreendimentos propostos.

Diante das barreiras apresentadas, algumas estratégias podem ser sugeridas para enfrentá-las, como a retomada da elaboração do Plano Nacional de Ferrovias e a operacionalização de medidas previstas no Projeto de Lei nº 2.222/2020 (como a isenção de impostos para o transporte ferroviário intermunicipal de cargas).

Substituição do querosene de aviação por SAF

A substituição do querosene de aviação por SAF se baseia no aumento da mistura regulamentada (% em volume) de SAF no querosene de aviação. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 4,9



MtCO₂e (2,3% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 637,6 R\$/tCO₂e (15,2% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte), tecnologia com o terceiro maior custo para o setor.

A barreira política e regulatória enfrentada pela tecnologia se deve à ausência de normas bem definidas e diretrizes objetivas sobre o tipo e a quantidade de SAF a ser misturado ao querosene de aviação, além da necessidade de incentivos financeiros à indústria de biocombustíveis avançados. A barreira financeira está associada ao custo do SAF, o qual é aproximadamente cinco vezes superior ao preço do combustível convencional (MCTI;GIZ, 2022), além do custo elevado das refinarias e da ausência de mecanismos de financiamento. A barreira tecnológica, por sua vez, diz respeito à baixa prontidão e escala de produção da tecnologia, que ainda se encontra em fase de testes, sem produção nacional suficiente para atender à demanda. Por fim, as barreiras informacional e cultural e social estão relacionadas à falta de conhecimento do consumidor final sobre o combustível e à percepção negativa associada ao seu custo.

As políticas públicas que dialogam com o uso de combustíveis sustentáveis na aviação incluem o Decreto Estadual nº 48.566/2023, que reduz a alíquota de ICMS sobre o querosene de aviação e incentiva sua substituição gradual por alternativas mais sustentáveis, a Lei nº 14.248/2021, que institui o Programa Nacional do Bioquerosene e fomenta a pesquisa, produção e uso do bioquerosene a partir de biomassas, com apoio de recursos federais e incentivos fiscais, além do PDMG, que estabelece metas progressivas para a substituição de combustíveis fósseis, como gasolina, diesel e QAV, por biocombustíveis. Para o diesel e a gasolina, o PDMG previa que até 50% da demanda energética desses combustíveis seja atendida por alternativas de origem renovável até 2050, incluindo biodiesel, diesel verde e gasolina de biomassa. No caso do QAV, a meta era substituir integralmente o combustível fóssil por bioquerosene em voos domésticos até 2050.

O PLAC-MG também tem relação direta com a tecnologia e, embora esteja alinhado ao PDMG, adota uma abordagem mais conservadora quanto à substituição do QAV por bioquerosene. O plano estabelece metas graduais para substituição do QAV por bioquerosene em voos domésticos, prevendo que o bioquerosene alcance participação de 10% na demanda energética até 2030, 30% até 2040 e 60% até 2050.

Em âmbito nacional, a Lei Combustível do Futuro (nº 14.993/2024) estabelece o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o qual tem como objetivo incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso energético de SAF na matriz energética brasileira. De acordo com o Programa, em linha com os compromissos assumidos pelo Brasil junto à Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), operadores aéreos devem reduzir gradualmente suas emissões GEE em suas operações domésticas, a partir de 2027, por meio da utilização de SAF.



Complementando esse arcabouço, as Resoluções ANP nº 778/2019 e 779/2019 definem especificações técnicas e obrigações de controle de qualidade para querosenes de aviação.

A análise da interação entre as barreiras e as políticas públicas voltadas ao uso de SAF revela um cenário de avanços iniciais, porém com lacunas regulatórias a serem ultrapassadas para garantir a viabilidade e a escalabilidade da tecnologia no Brasil. Por exemplo, a ausência de regulamentações específicas sobre a obrigatoriedade de uso, proporção e critérios técnicos de mistura com SAF limita a efetividade das políticas existentes, especialmente no que se refere à operacionalização das metas propostas. Do ponto de vista financeiro, apesar da previsão de incentivos fiscais, ainda faltam mecanismos robustos de financiamento, como linhas de crédito específicas, garantias públicas e subsídios diretos à cadeia produtiva.

Nesse cenário, destaca-se a importância da implementação e proposição de políticas públicas que visem a expansão da Lei nº 14.248/2021 (Programa Nacional do Bioquerosene), com integração e operacionalização do ProBioQAV (Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação) e fomento de incentivos financeiros e fiscais para produtores de SAF nacionais. Em âmbito estadual, propõe-se a expansão do Decreto nº 38.566/2023 para inclusão do SAF como parte da política de incentivos de Minas Gerais, além da extensão do benefício fiscal para a cadeia produtiva de SAF na região (usinas, distribuidoras). No aspecto cultural e social, a falta de conhecimento do consumidor final e a percepção negativa sobre o custo do SAF reforçam a importância de campanhas de conscientização e educação ambiental voltadas à aviação sustentável.

Caminhão a hidrogênio

A tecnologia caminhão a hidrogênio objetiva a maior participação no licenciamento de veículos novos por caminhões semipesados e pesados a hidrogênio, para o transporte regional de cargas. No Cenário Rota (Produto P2.3), a implementação dessa tecnologia resultou em um potencial de mitigação de 1,2 MtCO₂e (0,5% do total estimado para transporte), com custo marginal de abatimento de 379,3 R\$/tCO₂e (9,0% de todas as tecnologias com custos positivos para transporte).

A barreira política e regulatória enfrentada pela tecnologia de caminhões a hidrogênio se devem à necessidade de políticas de incentivos fiscais que aumentem a competitividade do hidrogênio de baixo carbono em relação a outras formas de hidrogênio e combustíveis fósseis. A barreira financeira é decorrente da necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento, tanto na área de produção e logística do combustível quanto no aprimoramento tecnológico dos veículos, incluindo estudos que embasem a formulação de incentivos fiscais para viabilizar investimentos. Por fim, a barreira tecnológica está associada aos desafios para garantir um transporte eficiente do hidrogênio de baixo carbono, equilibrando custos logísticos com a preservação da pureza do combustível. Soma-se a isso



o baixo nível de maturidade tecnológica dos veículos movidos a hidrogênio, que ainda demandam avanços em desempenho, escalabilidade e compatibilidade com a infraestrutura existente. Esses fatores também contribuem para a barreira financeira, devido aos altos custos de aquisição e à necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento.

As políticas públicas existentes que dialogam com essa tecnologia diretamente incluem a Lei Estadual nº 24.940/2024, que estabelece os objetivos e diretrizes da Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde, com foco na ampliação do uso desses combustíveis na matriz energética estadual, no fomento à sua cadeia produtiva e na integração com outras fontes renováveis, a Lei Federal nº 14.948/2024, que institui a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, e a Lei nº 14.990/2024, que cria o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), ambos com foco em desenvolvimento, regulação e atualização legislativa para impulsionar o setor de hidrogênio no país. O PLAC-MG prevê a promoção da descarbonização do setor de transporte por meio da ampliação de veículos movidos à propulsão alternativa à combustão, como é o caso de veículos movidos a hidrogênio de baixo carbono, com a meta de alcançar 900 mil veículos registrados no estado até 2050.

A análise da interação entre barreiras e políticas revela que há um alinhamento inicial entre os instrumentos normativos e as barreiras identificadas, especialmente no que se refere ao combustível. A existência de políticas públicas específicas e recentes, tanto em nível estadual quanto federal, indica um ambiente regulatório favorável à promoção do hidrogênio de baixo carbono. No entanto ainda há uma lacuna de políticas voltadas diretamente à tecnologia (os caminhões a hidrogênio, especificamente). Portanto, a efetividade das políticas existentes depende da operacionalização dos marcos regulatórios já aprovados, com definição de metas, previsão orçamentária clara e, sobretudo, da formulação de instrumentos específicos para viabilizar a adoção dos veículos movidos a hidrogênio.

Com relação à barreira tecnológica, por exemplo, o Governo de Minas Gerais, em parceria com Universidades e a Gasmig (Companhia de Gás de Minas Gerais) pode propor ações concretas de pesquisa aplicada e desenvolvimento de soluções logísticas. Segundo a IRENA (2022), considerando distâncias curtas e médias, a utilização da infraestrutura de gasodutos já existente para o transporte de gás natural é uma alternativa promissora para o transporte de hidrogênio de baixo carbono, desde que tecnicamente e economicamente viável.

Considerando o potencial estratégico da infraestrutura dutoviária para o transporte de hidrogênio e a integração logística no estado de Minas Gerais, propõe-se a formulação de políticas públicas estaduais voltadas ao mapeamento e ao aproveitamento das redes dutoviárias existentes, por meio de estudos de viabilidade técnica e econômica. Além disso, também podem ser desenvolvidos projetos piloto de rotas logísticas, com infraestrutura de abastecimento para caminhões movidos a hidrogênio.



Tecnologias não incluídas na MACC

Eletrificação a pilha de combustível movida a etanol

A eletrificação por pilha de combustível movida a etanol é uma alternativa promissora para a descarbonização do transporte leve, especialmente no Brasil, onde há infraestrutura consolidada para distribuição de etanol. A tecnologia utiliza células de combustível de óxido sólido (SOFC), que convertem o hidrogênio presente no etanol em eletricidade, viabilizando o abastecimento em postos convencionais e reduzindo a dependência de baterias ou hidrogênio puro.

Apesar do potencial, a tecnologia ainda apresenta baixa maturidade, com projetos em fase de protótipo e desafios técnicos como desempenho, escalabilidade, compatibilidade com células metálicas (MS-SOFC) e durabilidade frente a ciclos térmicos. Ainda assim, essa tecnologia possui sinergias com outras rotas de eletrificação do setor de transporte, como a eletrificação total de veículos leves e o uso de hidrogênio de baixo carbono em veículos, que também enfrentam desafios relacionados à infraestrutura e ao custo de insumos. Além disso, compartilha com o uso de etanol em veículos leves a vantagem de utilizar um combustível renovável amplamente disponível, embora com menor rendimento energético.

No campo das políticas públicas, algumas iniciativas podem ser utilizadas para promover essa tecnologia. O PDMG, por exemplo, prevê a eletrificação da frota veicular, incluindo tecnologias de célula a combustível, e o PLAC-MG estabelece metas para ampliar a participação de veículos movidos por propulsão alternativa à combustão.

Nesse contexto, para superar as barreiras e viabilizar essa tecnologia, propõe-se o fomento à pesquisa aplicada e projetos-piloto em parceria com universidades e centros tecnológicos, a criação de linhas de financiamento específicas para tecnologias emergentes e a articulação com montadoras e institutos de pesquisa para acelerar a maturação e posicionar Minas como referência em inovação sustentável no transporte.

Uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus

O uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus urbanos é uma alternativa relevante para a descarbonização do transporte público. Projetos-piloto como o da Shell Brasil, Raízen, Hytron, USP e Senai demonstram viabilidade técnica, com produção de hidrogênio a partir de etanol e abastecimento de veículos em ambiente controlado (BNDES, 2022). Apesar disso, a tecnologia enfrenta barreiras significativas. A principal delas é a baixa maturidade tecnológica, evidenciada pela ausência de dados operacionais e comparativos robustos. Além disso, há desafios econômicos relacionados ao custo de produção do hidrogênio, que varia entre US\$ 0,65/kg (cenário otimista) e US\$ 1,25/kg (cenário pessimista), conforme estudo identificado



na literatura (CHIAPPINI, 2025). A infraestrutura de armazenamento e distribuição também representa um obstáculo, especialmente em contextos urbanos.

A tecnologia possui sinergia com outras rotas de descarbonização do setor, como o uso de biometano em ônibus, que também busca substituir combustíveis fósseis por alternativas renováveis, e a eletrificação por pilha de combustível a hidrogênio, que compartilha desafios tecnológicos e de infraestrutura semelhantes. Essa convergência reforça a importância de soluções integradas para substituição de combustíveis fósseis no transporte coletivo.

Do ponto de vista regulatório, o PLAC-MG prevê a promoção da descarbonização do setor de transporte por meio da ampliação de veículos movidos à propulsão alternativa à combustão, com meta de alcançar 900 mil veículos registrados até 2050. A Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde (Lei Estadual nº 24.940/2024), por sua vez, oferece diretrizes para ampliação da frota movida a combustíveis alternativos. Em nível nacional, destacam-se a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei nº 14.948/2024) e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei nº 14.990/2024), que oferecem instrumentos de incentivo e certificação.

Para viabilizar a tecnologia, recomenda-se que o Governo de Minas Gerais, em articulação com universidades e empresas como a Gasmig, fomenta pesquisa aplicada voltada à logística de distribuição e armazenamento de hidrogênio. Além disso, é essencial a criação de linhas de financiamento específicas para projetos-piloto e a capacitação técnica de operadores e gestores públicos, visando acelerar a curva de aprendizado e ampliar a aceitação da tecnologia.

Eletrificação a pilha de combustível movida a hidrogênio e uso de hidrogênio de baixo carbono em veículos leves

A eletrificação por meio de pilhas de combustível movidas a hidrogênio representa uma alternativa promissora para a descarbonização do transporte leve, ao combinar hidrogênio com oxigênio para gerar eletricidade e água como subproduto. Essa tecnologia tem como principal vantagem a elevada autonomia dos veículos e a rápida recarga, além de não emitir poluentes locais. No entanto, a tecnologia ainda apresenta baixa maturidade e enfrenta barreiras estruturais relevantes. O caso do Toyota Mirai ilustra essas limitações: apesar da autonomia superior a 1.300 km, sua comercialização está restrita a regiões com infraestrutura consolidada, como Japão e Califórnia, e o custo do hidrogênio aumentou significativamente, comprometendo sua competitividade (FERONI *et al.*, 2024).

Do ponto de vista econômico, o custo total de propriedade (TCO) dos veículos a hidrogênio é superior ao de alternativas convencionais, refletindo os altos custos de produção, armazenamento e distribuição do combustível (TNA_BRAZIL, 2021). O custo de abatimento



por tonelada de CO₂ também é elevado, o que limita sua atratividade em políticas de mitigação.

Quanto às políticas públicas, assim como no caso do uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus, apresentado anteriormente, destacam-se iniciativas como a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde (Lei nº 24.940/2024), que estabelece diretrizes para ampliar o uso do hidrogênio na matriz energética estadual. Em âmbito nacional, a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei nº 14.948/2024) e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei nº 14.990/2024) oferecem incentivos fiscais e mecanismos de certificação.

Para viabilizar essa rota, é necessário fortalecer a infraestrutura de abastecimento, fomentar a produção nacional de equipamentos e articular parcerias com universidades e centros de pesquisa. A criação de corredores verdes com hidrogênio de baixo carbono e o aproveitamento da infraestrutura de gás natural existente podem acelerar a adoção. Políticas como a Lei Estadual nº 24.940/2024 e os programas federais de incentivo ao hidrogênio oferecem base regulatória para apoiar o desenvolvimento da tecnologia.

Eletrificação de ferrovia

A eletrificação de ferrovias de carga é uma solução com potencial para reduzir significativamente o consumo de diesel e as emissões do setor ferroviário, ao permitir o uso de energia elétrica renovável e a recuperação de energia por frenagem regenerativa. No entanto, sua inclusão na MACC foi inviabilizada pela baixa maturidade dos projetos em andamento e pela limitada priorização governamental. Estudos como os da eletrificação da Estrada de Ferro Carajás (EFC), conduzido pela Vale S.A., e a discussão do projeto que visa a implementação da Ferrovia de Integração Oeste-Leste (FIOL) – Trecho 1 (Ilhéus-Barreiras) ainda estão em fase preliminar, sem dados operacionais consolidados.

O principal entrave é o alto custo de implementação, com CAPEX até 18% superior ao de ferrovias diesel-elétricas, especialmente em projetos com geração própria de energia. Apesar disso, o OPEX pode ser reduzido em até 55% ao longo de uma década, indicando viabilidade econômica no longo prazo (CEBDS, 2016).

A tecnologia possui sinergia com tecnologias inseridas na MACC, como a mudança modal do transporte rodoviário para ferroviário, que compartilha o objetivo de reduzir emissões por meio da substituição de modais mais intensivos em carbono, e com outras rotas de eletrificação de veículos leves e pesados, que também dependem da expansão da infraestrutura elétrica e da oferta de energia renovável.

Embora não haja políticas específicas para eletrificação ferroviária, algumas iniciativas podem ser mobilizadas. O Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais (PEF Minas), por exemplo,



também pode ser articulado para incluir a eletrificação como critério de priorização de projetos. Em âmbito federal, os recursos do Novo PAC direcionados ao modal ferroviário representam uma oportunidade concreta de financiamento.

Para superar as barreiras, recomenda-se que o Governo de Minas Gerais, em articulação com o governo federal, priorize a eletrificação em novos projetos ferroviários *greenfield*, com exigência de estudos de viabilidade técnica e econômica. Também é essencial fomentar linhas de crédito específicas para eletrificação ferroviária, com apoio de bancos públicos e multilaterais. Por fim, a criação de incentivos fiscais e regulatórios para concessionárias que adotem sistemas elétricos pode acelerar a transição do setor.



RECOMENDAÇÕES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

A transição para uma economia de baixo carbono representa um dos maiores desafios contemporâneos, exigindo não apenas inovação tecnológica, mas também um ambiente institucional robusto, capaz de sustentar mudanças estruturais em larga escala. Em setores estratégicos como AFOLU, Energia, Indústria e Transporte, persistem barreiras técnicas, econômicas, regulatórias e culturais que limitam a adoção de soluções sustentáveis, mesmo quando sua viabilidade técnica já está demonstrada. A superação dessas barreiras demanda políticas públicas articuladas, que combinem instrumentos regulatórios, financeiros, logísticos e de capacitação, promovendo um ecossistema favorável à inovação e à descarbonização.

Este capítulo apresenta um conjunto estruturado de recomendações voltadas ao governo de Minas Gerais, com o objetivo de auxiliar o direcionamento dos esforços de mitigação no estado. As propostas foram elaboradas com base em diagnósticos setoriais detalhados e organizadas em torno de ações habilitadoras, tecnologias associadas, impactos esperados, atores envolvidos e horizontes temporais. A abordagem adotada busca fomentar sinergias entre políticas públicas, apoiar a atração de investimentos, fortalecer capacidades institucionais e ampliar a aceitação social das transformações necessárias. Ao integrar diferentes dimensões da política climática, as recomendações aqui reunidas oferecem um roteiro estratégico para alinhar o desenvolvimento econômico do estado aos compromissos de sustentabilidade e neutralidade de carbono.

Para o setor de transporte, a descarbonização passa pela formulação de políticas públicas específicas para cada modal e tecnologia. A predominância de combustíveis fósseis ainda é sustentada pela ausência de instrumentos regulatórios e incentivos adequados, o que freia a inovação e a adoção de alternativas como biodiesel, hidrogênio, eletrificação veicular, combustíveis sustentáveis de aviação (SAF) e o óleo vegetal hidrotratado (HVO). A superação dessas barreiras requer ações como ajustes regulatórios, capacitação de órgãos responsáveis pelo licenciamento ambiental, metas de adoção e incentivos fiscais. Além disso, o desenvolvimento de regulamentações técnicas é essencial para garantir segurança jurídica, compatibilidade entre tecnologias e confiança dos consumidores. A atuação coordenada de órgãos reguladores, governos e setor privado é fundamental para acelerar a modernização e atrair investimentos.

Outro eixo fundamental é o enfrentamento das barreiras financeiras e estruturais. O alto custo inicial das tecnologias limpas e a infraestrutura insuficiente para abastecimento e logística limitam sua expansão. Medidas como subsídios, isenções tributárias e linhas de crédito direcionadas podem tornar essas soluções mais competitivas. Simultaneamente, é necessário investir em redes de recarga, corredores de hidrogênio, gasodutos e modernização ferroviária.



A articulação entre diferentes esferas de governo e o setor privado é indispensável para viabilizar esses projetos. A resistência cultural também representa um desafio, sendo importante promover campanhas educativas, ações demonstrativas e capacitação técnica para ampliar a aceitação pública e o engajamento político. Essas ações contribuem para criar um ambiente favorável à inovação e à adoção de tecnologias sustentáveis.

Por fim, o fortalecimento da cadeia produtiva nacional e a integração institucional são pilares estratégicos. A dependência de importações encarece projetos e gera vulnerabilidades, tornando urgente o apoio à indústria local, metas de conteúdo nacional e estímulo à pesquisa aplicada. A revisão e operacionalização de marcos normativos já existentes podem acelerar a implementação de políticas e garantir maior previsibilidade aos investidores. A criação de comitês multissetoriais e consórcios regionais é uma resposta à fragmentação entre setores e níveis de governo, promovendo maior coerência e eficiência nas políticas públicas. Em conjunto, essas iniciativas apontam para uma transição sustentável e integrada, que alia inovação tecnológica, inclusão social e competitividade econômica de outras cadeias.

O Quadro 4 resume as recomendações de políticas públicas para o setor.



Quadro 4: Recomendações de políticas públicas - Transporte

Recomendação	Contexto e barreiras	Tecnologias associadas	Ações habilitadoras	Impactos esperados	Atores envolvidos
Formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia	Ausência de instrumentos regulatórios e incentivos mantém domínio de fósseis e freia inovação	Caminhões e ônibus movidos a biodiesel, mudança de modal (ferrovias), mobilidade elétrica, SAF, HVO	Políticas específicas, exigências ambientais em licitações, incentivos fiscais e metas de adoção	Adoção acelerada, modernização, redução de emissões e atração de investimentos	SEMAD, SEINFRA, ALMG, Ministério dos Transportes, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, governos municipais, consórcios municipais, instituições de ensino e pesquisa, empresas do setor privado, associações setoriais
Desenvolvimento e aprimoramento de regulamentações técnicas	Lacunas regulatórias geram insegurança, dificultam compatibilidade e comprometem desempenho	Biodiesel, HVO, SAF, hidrogênio, eletrificação veicular	Normas técnicas específicas, certificações confiáveis, alinhamento a padrões internacionais	Segurança jurídica, expansão segura, confiança de consumidores e investidores	SEMAD, FEAM, CEMIG, CNPE, Ministério das Cidades, Ministério dos Transportes, concessionárias ferroviárias, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, empresas do setor privado, associações setoriais
Subsídios e incentivos fiscais para redução de barreiras financeiras	Alto custo inicial limita adoção; tecnologias limpas enfrentam desvantagem frente às fósseis	Biodiesel, HVO, SAF, eletrificação de ônibus e caminhões, hidrogênio	Isonções tributárias, subsídios diretos, linhas de crédito verde, integração federativa	Redução de custos, competitividade, expansão da infraestrutura e atração de capital privado	SEF, SEDE, ALMG, Ministério das Cidades, Ministério dos Transportes, instituições financeiras, associações setoriais
Investimentos em infraestrutura para viabilização tecnológica	Infraestrutura insuficiente limita expansão; redes logísticas e abastecimento são precários	Mobilidade elétrica, GNV, biometano, hidrogênio, mudança de modal (ferrovias)	Rede de recarga, gasodutos, corredores de hidrogênio, modernização ferroviária	Viabilização operacional, segurança de abastecimento, redução de emissões e competitividade	SEINFRA, SEDE, Ministério das Cidades, Ministério dos Transportes, concessionárias de transporte, concessionárias ferroviárias, Gasmig, CEMIG, FAPEMIG, operadoras logísticas, empresas do setor privado, associações setoriais, instituições financeiras, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor
Campanhas educativas e comunicação pública para superar barreiras culturais	Resistência pública, mitos e desinformação dificultam aceitação das tecnologias limpas	Biodiesel, etanol, GNV/ biometano, HVO, SAF, mudança de modal (ferrovias), mobilidade elétrica	Campanhas segmentadas, capacitação técnica, ações demonstrativas e comunicação pública	Maior aceitação, apoio social, demanda por tecnologias limpas e engajamento político	SEGOV, SEMAD, SECOM, CEMIG, Ministério dos Transportes, governos municipais, consórcios intermunicipais, associações de municípios, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, instituições de ensino e pesquisa, empresas do setor privado, associações setoriais, sociedade civil, mídia, entidade do terceiro setor

Fomento à pesquisa aplicada e inovação tecnológica	Dependência externa, falta de escala industrial e baixa capacitação técnica	Etanol, GNV, biometano, hidrogênio, SAF, eletrificação	Editais de P&D, consórcios de inovação, protótipos, cooperação internacional	Inovação local, redução de custos, geração de empregos e autonomia tecnológica	FAPEMIG, SEDE, CEMIG, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, instituições financeiras, instituições de ensino e pesquisa, empresas do setor privado, associações setoriais
Aproveitamento de marcos normativos existentes	Marcos legais existem, mas não são operacionalizados; falta de integração entre esferas	SAF, etanol, biodiesel, hidrogênio, GNV/biometano	Revisão de leis, alinhamento de metas, ajustes em decretos e integração de programas	Coerência regulatória, aceleração da implementação, previsibilidade para investidores	SEMAD, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, governos municipais, consórcios intermunicipais, associações de municípios, empresas do setor privado, associações setoriais
Fortalecimento da cadeia produtiva e nacionalização de componentes	Importações encarecem projetos e geram vulnerabilidade; falta de produção local	Eletrificação veicular, HVO, SAF, mudança de modal (ferrovias)	Incentivos à indústria nacional, metas de conteúdo local, apoio à inovação	Redução de custos, geração de empregos, autonomia tecnológica e inserção global	SEDE, SEF, FAPEMIG, instituições de ensino e pesquisa, CEMIG, CNPE, instituições financeiras, empresas do setor privado, associações setoriais
Integração intersetorial e articulação institucional	Falta de coordenação entre setores e níveis de governo reduz eficiência e gera conflitos	Todas as tecnologias do setor de transporte	Comitês multi-institucionais, integração federativa, consórcios regionais	Políticas coerentes, otimização de recursos, maior legitimidade e confiança	SEMAD, SEDE, SEINFRA, SECOM, SEGOV, CEMIG, Gasmig, Ministério dos Transportes, Ministério das Cidades, , governos municipais, associações de municípios, consórcios municipais, órgãos fiscalizadores e reguladores do setor, concessionárias de transporte, instituições de ensino e pesquisa, operadoras logísticas, operadores de transporte, empresas do setor privado, associações setoriais, entidades do terceiro setor, sociedade civil

Fonte: Elaboração própria.



Formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia

A transição para um sistema de transporte de baixo carbono exige a formulação de políticas públicas direcionadas a cada modal e tecnologia, contemplando desde combustíveis alternativos até soluções de infraestrutura. A ausência de instrumentos específicos para caminhões e ônibus movidos a biodiesel, ferrovias, hidrogênio, mobilidade elétrica, SAF e HVO (diesel verde) pode acabar preservando a predominância de combustíveis fósseis e adiando a adoção de inovações. Sem exigências ou incentivos claros, contratos de concessão e compras públicas tendem a manter padrões convencionais, inviabilizando ganhos ambientais.

No transporte ferroviário, políticas específicas podem viabilizar investimentos e modernização. Medidas como benefícios fiscais estaduais já mostraram impacto. O estado do Pará, por exemplo, atraiu projeto de R\$ 7 bilhões ao isentar ICMS de operações ferroviárias. Em Minas Gerais, o PL 2.222/2020 propôs isenção semelhante, que poderia destravar projetos estratégicos e expandir a malha (ALMG, 2020).

Em relação ao hidrogênio, Minas Gerais já avançou com a sanção da Lei nº 24.940/2024, que institui a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e Verde. O próximo desafio é converter essas diretrizes em planos de ação com metas concretas de implementação. No campo da mobilidade elétrica, políticas estaduais podem impulsionar tanto a aquisição de veículos quanto a instalação de pontos de recarga. No estado, o PL nº 702/2023 propõe incentivos fiscais e obrigações de infraestrutura para acelerar esse processo (ALMG, 2023).

O SAF e o HVO carecem de reconhecimento regulatório em nível estadual, embora a Lei Federal 14.993/2024 tenha criado programas nacionais específicos. Incorporar essas tecnologias em políticas locais permitirá ampliar seu uso. Em síntese, cada modal e tecnologia demanda políticas sob medida, combinando subsídios, exigências contratuais e incentivos regulatórios, para superar a inércia de mercado e acelerar a descarbonização.

Tecnologias associadas:

- aumento do uso de biodiesel em ônibus e em caminhões;
- mudança de modal (ferrovias);
- eletrificação de veículos;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- uso de HVO em ônibus e em caminhões.

Ações necessárias:

- criar e implementar políticas específicas para cada modal e tecnologia (biodiesel, ferrovias, hidrogênio, mobilidade elétrica, SAF, HVO);
- definir exigências ambientais em licitações;
- oferecer incentivos fiscais e subsídios;

- estabelecer metas concretas de adoção;
- alinhar políticas estaduais aos programas federais.

Atores envolvidos:

- SEMAD;
- SEINFRA;
- ALMG;
- Ministério dos Transportes;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- governos municipais;
- consórcios municipais;
- instituições de ensino e pesquisa;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais.

Impactos esperados:

- aceleração da adoção de tecnologias limpas;
- modernização da infraestrutura de transporte;
- redução de emissões no setor;
- atração de investimentos;
- fortalecimento da competitividade de operadores locais.

Desenvolvimento e aprimoramento de regulamentações técnicas

A consolidação de tecnologias sustentáveis no setor de transporte depende de marcos regulatórios e normas técnicas claras, capazes de garantir eficiência, segurança operacional e previsibilidade para investidores e operadores. A ausência ou fragmentação dessas regulamentações cria incertezas, dificulta a compatibilidade tecnológica e pode comprometer a performance de equipamentos e combustíveis. Cada tecnologia, como biodiesel, HVO, SAF, hidrogênio e eletrificação veicular, apresenta desafios específicos que exigem padrões adaptados às suas características.

No caso do biodiesel, mesmo com especificações de qualidade estabelecidas pela Resolução ANP nº 920/2023, persistem problemas de compatibilidade com motores em misturas elevadas. A instabilidade química e a suscetibilidade à oxidação exigem controle rigoroso (teor de impurezas, estabilidade oxidativa) e aditivos adequados (PAULA, 2023). Certificações confiáveis, como selos de qualidade ou certificação de emissões do RenovaBio, aumentam a confiança no uso do biodiesel em frotas.



O HVO, regulado inicialmente pela Resolução ANP nº 842/2021, apresenta vantagens técnicas, permitindo uso em motores diesel convencionais sem ajustes (OLIVEIRA, 2020). No entanto, a regulamentação ainda está em evolução, sendo necessário definir metodologias de teste, certificação da matéria-prima e normas de mistura, como previsto na Lei 14.993/2024. Para o SAF, embora normas já incluam o combustível nas especificações JET-A/JET-A1 (CASTRO, 2025), a estrutura regulatória brasileira ainda está em desenvolvimento quanto aos procedimentos operacionais, logísticos e de certificação para o SAF, especialmente no que diz respeito à rastreabilidade da matéria-prima e à análise de ciclo de vida (ACV) exigida pela Lei 14.993/2024.

No hidrogênio, a Lei 14.948/2024 delegou à ANP a regulação da cadeia de produção e uso, mas persistem lacunas técnicas em segurança e eficiência, especialmente para transporte, armazenamento e aplicações energéticas. Essas lacunas precisam ser preenchidas com base em padrões internacionais.

A eletrificação veicular requer interoperabilidade total da infraestrutura de recarga. Normas ABNT/IEC já existem, mas ainda há variações de plugues e protocolos. Propostas como o PL 702/2023 em Minas podem uniformizar especificações e garantir compatibilidade em todos os pontos de recarga (ALMG, 2023).

Tecnologias associadas:

- aumento do uso de biodiesel em ônibus e em caminhões;
- eletrificação de veículos;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- uso de HVO em ônibus e em caminhões;
- caminhão a hidrogênio.

Ações necessárias:

- atualizar e detalhar normas técnicas específicas para biodiesel, HVO, SAF, hidrogênio e recarga veicular;
- estabelecer padrões nacionais e estaduais de segurança, qualidade e interoperabilidade;
- implementar certificações confiáveis de produtos e equipamentos;
- alinhar regulamentos a padrões internacionais.

Atores envolvidos:

- SEMAD;
- FEAM;
- CEMIG;



- CNPE;
- Ministério das Cidades;
- Ministério dos Transportes;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- concessionárias ferroviárias;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais.

Impactos esperados:

- maior segurança jurídica;
- redução de falhas operacionais;
- expansão segura e padronizada das tecnologias sustentáveis;
- confiança de consumidores e investidores.

Subsídios e incentivos fiscais para redução de barreiras financeiras

O custo inicial elevado de aquisição e operação continua sendo um dos principais entraves à difusão de tecnologias limpas no transporte. Sem mecanismos que reduzam essa diferença em relação às alternativas fósseis, a adoção em escala tende a ser lenta, especialmente em segmentos de alto CAPEX, como ônibus elétricos, produção de combustíveis sustentáveis e implementação de novas rotas energéticas. Embora programas nacionais e estaduais avancem em algumas frentes, ainda há necessidade de políticas mais direcionadas e abrangentes para equalizar custos e acelerar a transição.

No biodiesel, o mandato obrigatório (B12, com meta de B15 até 2026) garante demanda mínima, mas o uso voluntário acima desses patamares, como B100 em frotas cativas, enfrenta barreiras financeiras. Operar uma frota urbana integralmente com biodiesel puro implicaria custos adicionais significativos, podendo impactar o orçamento público ou tarifas locais. Incentivos tributários e bonificações em licitações podem internalizar os benefícios ambientais e viabilizar economicamente essa opção.

Para HVO e SAF, a disparidade de preços em relação a seus equivalentes fósseis é ainda maior (BIODIESELBR, 2021). Sem apoio público, a produção comercial em escala permanece inviável. Linhas de financiamento verde, garantias públicas e subsídios diretos podem cobrir parte do custo inicial até que ganhos de escala reduzam preços. Programas como o ProBioQAV e o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV), previstos na Lei 14.993/2024, podem ser aliados se articulados a incentivos fiscais estaduais e mecanismos de créditos de carbono.



A eletrificação de frotas de ônibus e caminhões também requer estímulos significativos. Isenções de IPVA e ICMS, subsídios diretos e financiamento de infraestrutura de recarga, medidas já propostas no PL 702/2023 em Minas, podem aumentar a atratividade do investimento. Para o hidrogênio, regimes especiais como o Rehidro e o PHBC já preveem incentivos federais, mas precisam ser complementados por ações estaduais, como linhas de crédito dedicadas e integração a programas de desenvolvimento regional.

Tecnologias associadas:

- aumento do uso de biodiesel em ônibus e em caminhões;
- eletrificação de veículos;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- uso de HVO em ônibus e em caminhões;
- caminhão a hidrogênio.

Ações necessárias:

- estruturar subsídios e incentivos fiscais para biodiesel, HVO, SAF, eletrificação e hidrogênio;
- implementar isenções e créditos tributários;
- criar linhas de financiamento verde;
- integrar incentivos estaduais e federais;
- regulamentar e operacionalizar leis já aprovadas.

Atores envolvidos:

- SEF;
- SEDE;
- ALMG;
- Ministério das Cidades;
- Ministério dos Transportes;
- instituições financeiras;
- associações setoriais.

Impactos esperados:

- redução do custo de capital;
- aumento da competitividade das tecnologias limpas;
- expansão acelerada da infraestrutura e produção;
- atração de investimentos privados.



Investimentos em infraestrutura para viabilização tecnológica

A adoção de tecnologias sustentáveis no transporte depende diretamente de uma infraestrutura robusta e adaptada a cada modal. Sem abastecimento confiável, rede logística adequada e instalações de apoio, mesmo soluções maduras enfrentam limitações para se expandir. A experiência internacional demonstra que infraestrutura e tecnologia devem evoluir de forma coordenada. Veículos elétricos precisam de eletropostos e rede elétrica dimensionada; hidrogênio requer plantas de produção e distribuição específicas; combustíveis como GNV, biometano, HVO e SAF dependem de cadeias logísticas dedicadas; e ferrovias exigem modernização e integração física e operacional.

Na mobilidade elétrica, é fundamental expandir a rede de recarga pública e privada, reforçando a capacidade da distribuição elétrica. Propostas como o PL 702/2023 em Minas Gerais, que prevê obrigatoriedade de carregadores em rodovias e estacionamentos coletivos, somam-se a iniciativas como a da Cemig SIM, que já opera eletropostos-piloto (CASARIN, 2020). Contudo, a escala precisa crescer rapidamente, com corredores de recarga rápida, interoperabilidade de sistemas e integração a *smart grids*.

Para GNV e biometano, o desafio está na limitada rede de gasodutos e na baixa oferta de biometano. É necessário ampliar a infraestrutura de compressão, distribuição e purificação, incluindo soluções móveis (GNC/GNL) e plantas próximas a aterros e propriedades rurais.

Para o hidrogênio, a criação de corredores de abastecimento e o aproveitamento da malha de gás natural para futuras misturas ou conversões demandam investimentos e adaptações técnicas, além de regulamentação. Armazenamento seguro e rotas logísticas eficientes são essenciais para viabilizar o uso em transporte pesado.

Já nas ferrovias, a prioridade é eliminar gargalos como descontinuidades de bitola e ausência de integração entre redes, além de investir em terminais intermodais e diversificação de cargas. Planos como o PEF mineiro e o Plano Nacional de Ferrovias indicam que a expansão e modernização do modal é estratégica para competitividade logística e redução de emissões.

Tecnologias associadas:

- eletrificação de veículos;
- caminhões e ônibus a GNV/biometano;
- caminhão a hidrogênio;
- mudança de modal (ferrovias).



Ações necessárias:

- expandir infraestrutura de recarga elétrica;
- ampliar rede de GNV/biometano;
- criar corredores e bases de hidrogênio;
- modernizar e integrar malha ferroviária;
- assegurar interoperabilidade e gestão inteligente das redes.

Atores envolvidos:

- SEINFRA;
- SEDE;
- Ministério das Cidades;
- Ministério dos Transportes;
- concessionárias de transporte;
- concessionárias ferroviárias;
- Gasmig;
- CEMIG;
- FAPEMIG;
- operadoras logísticas;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais;
- instituições financeiras;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor.

Impactos esperados:

- viabilização operacional de tecnologias limpas;
- maior segurança de abastecimento;
- redução de emissões;
- aumento da competitividade logística.

Campanhas educativas e comunicação pública para superar barreiras culturais

A adoção de tecnologias sustentáveis no transporte não depende apenas de viabilidade técnica ou financeira, mas também de superar barreiras culturais, percepções negativas e desinformação. Em diversos modais e combustíveis, persistem mitos e resistências que retardam a aceitação, mesmo quando as soluções já estão disponíveis e competitivas. Campanhas educativas, comunicação transparente e uso de fontes confiáveis são



ferramentas estratégicas para transformar a percepção pública, engajar atores-chave e criar demanda social por alternativas de baixo carbono.

Para o biodiesel, a desconfiança de usuários e mecânicos sobre qualidade e impacto mecânico pode ser reduzida com divulgação dos avanços técnicos, certificações (RenovaBio) e estudos de desempenho em frotas. Para o etanol, campanhas devem destacar benefícios ambientais, econômicos e de desempenho, reforçando iniciativas como “Na Hora de Abastecer, Escolha o Etanol” para gerar confiança pelo exemplo (ALMG, 2024).

Com relação ao GNV/biometano, é fundamental comunicar a evolução tecnológica (motores de fábrica, kits de 5ª geração) e associar o biometano à economia circular. O HVO requer esclarecimento de sua identidade como fonte renovável de alta qualidade, seguro e compatível com motores atuais, enquanto o SAF deve ser popularizado junto ao setor aéreo e formadores de opinião, demonstrando resultados de voos com redução de emissões.

Já o modal ferroviário precisa resgatar seu valor estratégico, revertendo a percepção de obsolescência por meio de narrativas de eficiência, segurança e sustentabilidade. Na mobilidade elétrica, campanhas e ações de experimentação pública ajudam a desmistificar preocupações sobre autonomia, clima e origem da energia.

Tecnologias associadas:

- aumento do uso de biodiesel em ônibus e em caminhões;
- aumento do uso de etanol em veículos leves;
- caminhões e ônibus a GNV/biometano;
- eletrificação de veículos;
- uso de HVO em ônibus e em caminhões;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- eletrificação de veículos;
- mudança de modal (ferrovias).

Ações necessárias:

- desenvolver campanhas segmentadas por tecnologia;
- divulgar dados técnicos e certificações;
- realizar programas de capacitação para mecânicos e gestores;
- promover ações demonstrativas e uso de frotas públicas como vitrine;
- implementar estratégias de comunicação digital e presencial.

Atores envolvidos:

- SEGOV;



- SEMAD;
- SECOM;
- CEMIG;
- Ministério dos Transportes;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- governos municipais;
- consórcios intermunicipais;
- associações de municípios;
- instituições de ensino e pesquisa;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais;
- sociedade civil;
- mídia;
- entidade do terceiro setor.

Impactos esperados:

- redução de resistências culturais;
- maior aceitação e confiança nas tecnologias limpas;
- aceleração da demanda e adoção;
- apoio social às políticas e investimentos sustentáveis.

Fomento à pesquisa aplicada e inovação tecnológica

A superação de barreiras técnicas em tecnologias de transporte limpo exige investimentos contínuos em pesquisa aplicada e inovação, com foco na adaptação ao contexto brasileiro e na redução de custos. Parcerias entre governo, universidades e setor produtivo são essenciais para acelerar a maturidade e a aplicação comercial de soluções de baixo carbono.

Para o etanol, pesquisas como a do motor dedicado E100 desenvolvido pela UFMG mostram ganhos de eficiência equivalentes ao diesel, demonstrando o potencial de inovações acadêmicas levadas à escala industrial (GAZETA DO POVO, 2017). O avanço de motores dedicados, híbridos *flex* e integração com eletrificação pode posicionar o etanol como vetor competitivo na transição energética. Para GNV/biometano, há espaço para melhorar motores dedicados, explorar tecnologias como ignição por compressão de carga homogênea (HCCI, na sigla em inglês) e desenvolver soluções logísticas descentralizadas e inovadoras para distribuição, viabilizando o uso em veículos leves e pesados.

Com relação ao hidrogênio, é estratégico desenvolver rotas de produção mais eficientes, soluções de armazenamento e transporte e aplicações como células a combustível e motores



de combustão dedicados. A cooperação internacional e o fomento a projetos-piloto são fundamentais para consolidar capacidades nacionais.

O SAF demanda inovação em processos, matérias-primas e logística, aproveitando a biomassa abundante no Brasil. Consórcios entre indústria, setor aéreo e instituições de pesquisa podem estruturar uma cadeia competitiva e certificada nacionalmente.

Já para a eletrificação, a prioridade é desenvolver tecnologias adaptadas ao mercado brasileiro, incluindo padronização de recarga, novos modelos de veículos acessíveis e produção local de componentes estratégicos. Pesquisas em baterias, reciclagem e integração com a matriz elétrica renovável são cruciais para escalabilidade e resiliência.

Tecnologias associadas:

- aumento do uso de etanol em veículos leves;
- caminhões e ônibus a GNV/biometano;
- caminhão a hidrogênio;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- eletrificação de veículos.

Ações necessárias:

- lançar editais temáticos de P&D para descarbonização dos transportes;
- apoiar consórcios de inovação;
- financiar protótipos e testes de campo;
- criar incentivos à produção local de tecnologias desenvolvidas;
- estimular cooperação internacional em áreas estratégicas.

Atores envolvidos:

- FAPEMIG;
- SEDE;
- CEMIG;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- instituições financeiras;
- instituições de ensino e pesquisa;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais.



Impactos esperados:

- aumento da eficiência, redução de custos e adaptação das tecnologias ao contexto nacional;
- fortalecimento da base tecnológica brasileira;
- aceleração da transição energética no transporte;
- geração de propriedade intelectual e empregos qualificados.

Aproveitamento de marcos normativos existentes

O Brasil e Minas Gerais já dispõem de um conjunto robusto de marcos legais e planos estratégicos voltados à transição energética e climática. O desafio está em traduzi-los em ações concretas, integradas e alinhadas às particularidades de cada tecnologia de transporte sustentável.

No âmbito federal, destacam-se a Lei nº 14.993/2024 (Combustível do Futuro), que criou programas como o ProBioQAV e o PNDV, fortaleceu o RenovaBio e instituiu os CGOBs, e a Lei nº 14.948/2024 (Marco Legal do Hidrogênio), que define categorias, critérios de certificação e incentivos. A articulação estadual pode incluir incentivos fiscais, alinhamento de metas e integração dos programas a políticas locais.

No âmbito estadual, instrumentos como o PLAC-MG e o PDMG, além da Lei Estadual de Incentivo ao Etanol e decretos de ICMS para combustíveis limpos, fornecem diretrizes que podem ser operacionalizadas em programas e orçamentos anuais. A harmonização entre políticas federais e estaduais aumenta a segurança regulatória e a atratividade para investimentos.

Entre os exemplos práticos estão: ampliar os decretos estaduais de isenção de ICMS para incluir o SAF, em consonância com o ProBioQAV; utilizar o RenovaBio como referência para premiar usinas com alto desempenho ambiental; e alinhar os editais de transporte público às metas federais para veículos limpos.

Tecnologias associadas:

- substituição do querosene de aviação por SAF;
- aumento do uso de biodiesel em ônibus e em caminhões;
- aumento do uso de etanol em veículos leves;
- caminhões e ônibus a GNV/biometano;
- caminhão a hidrogênio.



Ações necessárias:

- revisar marcos normativos federais e estaduais;
- identificar pontos de convergência com tecnologias sustentáveis;
- estabelecer metas específicas, cronogramas e mecanismos de monitoramento;
- ajustar leis e decretos existentes para contemplar novas tecnologias;
- criar grupos de trabalho para integração de políticas.

Atores envolvidos:

- SEMAD;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- governos municipais;
- consórcios intermunicipais;
- associações de municípios;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais.

Impactos esperados:

- maior coerência e integração regulatória;
- aceleração da implementação de tecnologias sustentáveis;
- otimização de recursos públicos;
- aumento da previsibilidade e estabilidade para investidores.

Fortalecimento da cadeia produtiva e nacionalização de componentes

A dependência de componentes e insumos importados encarece projetos, gera atrasos e aumenta a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos das tecnologias de transporte sustentável no Brasil. Fortalecer a produção nacional é estratégico para reduzir custos, gerar empregos e aumentar a autonomia tecnológica.

Na eletrificação veicular, células de bateria, semicondutores de potência e motores elétricos de ímã permanente são majoritariamente importados. A instalação de fábricas no Brasil, especialmente em estados com vocação mineral como Minas Gerais (lítio, grafite), pode ser viabilizada com incentivos fiscais, créditos de ICMS e apoio a startups e programas de inovação.

Para os biocombustíveis avançados (HVO, SAF), é necessário estimular a instalação de biorrefinarias e fornecedores locais de insumos, como catalisadores e enzimas, aproveitando a produção interna de soja, sebo bovino e cana-de-açúcar. Políticas de incentivo e



compromissos de demanda podem atrair fabricantes internacionais e fomentar a indústria nacional.

Já para o transporte ferroviário, a nacionalização de sistemas de sinalização, tração elétrica e material rodante leve pode reduzir custos e prazos. Compras públicas garantidas e linhas de financiamento específicas fortalecem fornecedores locais.

Tecnologias associadas:

- eletrificação de veículos;
- uso de HVO em ônibus e em caminhões;
- substituição do querosene de aviação por SAF;
- mudança de modal (ferrovias).

Ações necessárias:

- mapear elos estratégicos da cadeia com potencial competitivo nacional;
- criar incentivos fiscais e financeiros para instalação de fábricas e fornecedores;
- estabelecer metas de conteúdo local em projetos públicos;
- apoiar inovação e desenvolvimento de tecnologias nacionais.

Atores envolvidos:

- SEDE;
- SEF;
- FAPEMIG;
- instituições de ensino e pesquisa;
- CEMIG;
- CNPE;
- instituições financeiras;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais.

Impactos esperados:

- redução de custos e prazos de implantação;
- geração de empregos qualificados;
- maior resiliência da cadeia de suprimentos;
- inserção do Brasil na cadeia global de valor de tecnologias limpas.



Integração intersetorial e articulação institucional

A transição para transportes sustentáveis exige coordenação entre setores e níveis de governo, dado seu caráter transversal e envolvendo energia, meio ambiente, desenvolvimento econômico, transporte e agricultura. A ausência de mecanismos de governança compartilhada leva a esforços isolados e menor eficiência das políticas.

No nível estadual, o governo pode assumir papel de articulador intersetorial por meio de comitês ou grupos de trabalho permanentes que reúnam secretarias de Transportes, Desenvolvimento Econômico, Meio Ambiente, Energia e Fazenda, além de concessionárias e agências reguladoras. Essa integração permite alinhar incentivos fiscais, tarifas de energia para eletropostos, licenciamento ambiental e planejamento da rede elétrica, evitando conflitos e gargalos.

A articulação deve incluir municípios, responsáveis pelo transporte urbano, consórcios regionais, universidades, centros de pesquisa, setor privado e sociedade civil, aproveitando sua capacidade de implementar projetos-piloto, desenvolver tecnologias e ampliar o alcance de campanhas educativas.

No plano interfederativo, a integração com políticas e regulamentações federais é essencial para evitar sobreposições ou lacunas. Estados podem alinhar incentivos e exigências a programas como o ProBioQAV (SAF), PNDV (HVO), PNH2 (hidrogênio) e mecanismos como CGOBs (biometano), complementando-os com ações locais, como incentivos fiscais adicionais e facilitação de licenciamento.

Tecnologias associadas:

- todas as tecnologias do setor.

Ações necessárias:

- criar comitês permanentes multi-institucionais para coordenação de políticas de transporte sustentável;
- estabelecer convênios e câmaras técnicas com o governo federal e outros estados;
- integrar políticas estaduais aos programas e metas nacionais para cada tecnologia;
- estimular consórcios intermunicipais para projetos regionais.

Atores envolvidos:

- SEMAD;
- SEDE;
- SEINFRA;



- SECOM;
- SEGOV;
- CEMIG;
- Gasmig;
- Ministério dos Transportes;
- Ministério das Cidades;
- governos municipais;
- associações de municípios;
- consórcios municipais;
- órgãos fiscalizadores e reguladores do setor;
- concessionárias de transporte;
- instituições de ensino e pesquisa;
- operadoras logísticas;
- operadores de transporte;
- empresas do setor privado;
- associações setoriais;
- entidades do terceiro setor;
- sociedade civil.

Impactos esperados:

- políticas mais coerentes e complementares;
- otimização de recursos;
- redução de conflitos regulatórios;
- maior confiança de investidores;
- maior alcance e legitimidade social das iniciativas.



PRIORIZAÇÃO DAS RECOMENDAÇÕES

O sentido de urgência imposto pela crise climática evidencia a necessidade de adotar uma ampla gama de estratégias capazes de acelerar a transição para uma economia de baixo carbono, articulando medidas de mitigação e adaptação climática em múltiplos setores. Em um cenário ideal, todas as medidas necessárias seriam implementadas simultaneamente. No entanto, a realidade é marcada por restrições de natureza institucional, capacidade técnica limitada e restrições orçamentárias.

Essa seção visa construir um ordenamento de recomendações, definindo um *roadmap* de quais programas, ações, formulações e articulações precisam ser priorizados para fortalecer um ambiente institucional que atraia capital e viabilize a execução de investimentos e a adoção das tecnologias priorizadas.

Reconhecendo o desafio de uma implementação simultânea das medidas necessárias, o C40 *Cities Climate Leadership Group* desenvolveu ferramentas que permitem a elaboração, avaliação, classificação e priorização de ações climáticas. A elaboração da priorização tem como inspiração a metodologia do C40 para classificação do critério de "poder/competência" (ou "*power to act*"), que integra a análise de viabilidade de ações climáticas no contexto urbano. A metodologia é detalhada em diversos documentos disponíveis no *C40 Knowledge Hub*⁵ (C40, 2025).

Essa abordagem avalia a autoridade legal e institucional que um município possui para implementar ações climáticas específicas. Ou seja, avalia em que medida há competência legal, institucional e prática para implementar uma ação climática ou política pública. Para isso, aplica-se um sistema de pontuação que gera uma matriz de pontuações conforme o nível de autonomia do ente para implementar a ação.

Apesar de inspirada nos princípios do C40, estabelecidos no *Climate Action Planning Framework*, essa metodologia foi customizada em algumas aplicações no Brasil (inclusive em projetos apoiados por C40, GIZ, ICLEI ou WRI) para refletir melhor a realidade multinível da

⁵ Essa metodologia pode ser especialmente encontrada em dois documentos: *Climate Action Planning Framework – C40 Knowledge Hub*, que fornece uma estrutura abrangente para o planejamento de ações climáticas, incluindo a avaliação da capacidade de implementação das cidades. Acesse em: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Climate-Action-Planning-Framework?language=en_US. E no *Action Selection and Prioritisation (ASAP) Tool – C40 Knowledge Hub*, ferramenta que auxilia as cidades na seleção e priorização de ações climáticas, considerando critérios como autoridade de implementação. Acesse em: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Action-Selection-and-Prioritisation-ASAP-Tool?language=en_US



governança climática brasileira. Assim, sua adoção permite a comparação padronizada de várias ações climáticas, permitindo a priorização daquelas com maior poder de execução e menor complexidade institucional.

Além do *Climate Action Planning Framework*, também foi considerado o guia de seleção e priorização de ações (ASAP, na sigla em inglês), que visa oferecer uma ferramenta metodológica que permita apoiar governos locais na seleção, avaliação e priorização de ações climáticas. O objetivo da metodologia não é o de fornecer uma lista única e definitiva de prioridades, mas sim o de hierarquizar ações com base em múltiplos critérios, promovendo escolhas mais estratégicas e transparentes, ampliando a chance de implementação efetiva (C40, 2025).

O processo de priorização apresentado pela metodologia baseia-se na avaliação de três categorias: benefícios primários, cobenefícios e viabilidade. Os benefícios primários são aqueles relacionados ao potencial de mitigação e adaptação climática, ou seja, contribuem tanto para a redução de emissões quanto para a redução de riscos. Os cobenefícios são aqueles que ultrapassam os benefícios climáticos diretos, como a geração de novos postos de trabalho, a redução do custo de vida ou a melhoria da qualidade do ar (C40, 2025). Por sua vez, a viabilidade diz respeito à facilidade ou dificuldade em implementar determinada ação. Ela está baseada em uma gama de fatores que envolvem custo, competência legal para implementação, prontidão tecnológica e aceitação.

A aplicação da metodologia segue com a atribuição de uma pontuação para cada ação considerada por categoria, o que permite uma melhor comparação do desempenho das ações não apenas entre as categorias, mas também dentro de uma mesma categoria (C40, 2025).

No âmbito do projeto Rota, optou-se por adotar uma versão adaptada da metodologia de priorização do C40, com o intuito de alinhar os critérios avaliação às especificidades do projeto, preservando o sentido original da metodologia. Assim, o benefício considerado esteve diretamente relacionado à contribuição de cada recomendação para o objetivo de mitigação estabelecido no Cenário Rota, mensurado em termos percentuais de participação das tecnologias associadas a cada recomendação.

Com relação à viabilidade, foi estabelecido conjuntamente o custo das tecnologias vinculadas a cada recomendação, entendido como um fator determinante para a capacidade de implementação, e a diversidade de atores envolvidos na execução das recomendações, uma vez que a presença de múltiplos agentes atua tanto na ampliação de legitimidade do processo quanto na ampliação da complexidade envolvida na implementação, em função da necessidade de articular e compatibilizar interesses, competências e capacidades distintas.

Assim, a matriz de pontuações fundamenta-se em um conjunto de critérios que permite o aproveitamento dos produtos anteriores, com destaque para os parâmetros estimados na



MACC que permitem observar o custo marginal de abatimento para cada tecnologia e sua respectiva contribuição nos cenários de mitigação. Além disso, a adaptação propõe a simplificação dos critérios de poder e competência, tomando como referência as informações geradas no capítulo anterior, que detalha as recomendações e identifica os atores envolvidos. Com base nesse conjunto de critérios, a metodologia proposta divide-se em duas dimensões de pontuação que qualificam cada recomendação, conforme apresentado a seguir.

A) Contribuição da recomendação ao objetivo de mitigação

Potencial de mitigação

Corresponde à soma das contribuições das tecnologias vinculadas à determinada recomendação no total acumulado de mitigação do Cenário Rota para o setor. Quanto maior a relevância dessas tecnologias na proporção de GEE evitados nesse cenário, maior será a contribuição das ações e dos atores envolvidos para o plano de mitigação, por meio da viabilização e implementação das tecnologias associadas às recomendações.

B) Viabilidade

Grau de autonomia

O Grau de autonomia é definido de forma inversamente proporcional à diversidade de atores envolvidos na implementação das ações associadas a cada recomendação, permitindo atribuir pontuações que reflitam diferentes níveis de complexidade na articulação entre eles, como os atores privados, sociedade civil, poderes legislativo e judiciário, agências reguladoras, outros níveis de governo. Ressalta-se, contudo, que a diversidade de atores não deve ser entendida como um aspecto negativo. Pelo contrário, iniciativas públicas que envolvem mais amplamente atores diferentes tendem a ser mais inclusivas e representativas. No entanto, a efetiva inclusão de atores diversos, posicionados em diferentes organizações e setores da sociedade, cujos interesses podem ser eventualmente divergentes ou conflitantes em determinados aspectos, tenderia a demandar maiores recursos de comunicação, articulação e formalização de instrumentos de coordenação. Essa necessidade adicional de mobilização de recursos configura-se, portanto, como um elemento sensível para dimensionar viabilidade de implementação das recomendações e de conduzir o planejamento de ações futuras.

A diversidade de atores foi esquematizada em três níveis que representam o grau de proximidade ao estado de Minas Gerais.



- O primeiro nível engloba as instituições que se encontram predominantemente sob autoridade administrativa direta do governo estadual, como secretarias e órgãos estaduais;
- O segundo nível engloba as instituições públicas e atores estatais que não estão subordinados diretamente ao governo estadual ou que possuem autonomia administrativa. Esse grupo demanda articulação e cooperação, incluindo as relações com outras esferas de governo (União e os municípios), órgãos reguladores, Poder Judiciário, Poder Legislativo, além de instituições de ensino e pesquisa;
- O terceiro nível engloba as instituições que não são compostas essencialmente por atores que seguem a lógica estatal, abrangendo o setor privado, sociedade civil, instituições financeiras e demais atores de interesse privado.

Grau de atratividade econômica

É definido de forma inversamente proporcional ao custo marginal das tecnologias atreladas à recomendação. Quanto maior o custo marginal, maiores tendem a ser os recursos governamentais necessários para fomentar a adoção das tecnologias pelos atores privados, cujas decisões geralmente se orientam com base em rentabilidade e perspectiva de ganhos ao se tratar de inovação tecnológica e de investimentos. Dessa forma, recebem maior pontuação as recomendações atreladas predominantemente a tecnologias de baixo ou mesmo de custo marginal negativo, que indicam uma relação custo-benefício atrativo envolvendo a adoção da tecnologia inovadora.

Considerando que os critérios de potencial de mitigação e de atratividade econômica dizem respeito às tecnologias e não diretamente às recomendações a serem priorizadas, foi elaborada uma matriz que relaciona as tecnologias e recomendações, permitindo atribuição indiretas desses critérios. Em outras palavras, a viabilidade e a contribuição de cada recomendação são inferidas a partir das tecnologias a que estão associadas. Dessa forma, ganham as recomendações vinculadas a tecnologias com maior potencial de mitigação e menores custos estimados na MACC⁶. O Quadro 5 apresenta as associações entre tecnologias e recomendações que foram previamente demonstradas no capítulo anterior.

⁶ As recomendações foram definidas a partir do mapeamento de barreiras e de políticas públicas de forma específica para cada tecnologia, de modo que cada recomendação apresenta correspondências mais alinhadas com determinadas tecnologias do que com outras. Naturalmente, é razoável reconhecer que esforços direcionados ao aprimoramento de políticas públicas e à melhora do ambiente institucional, visando atrair investimentos, geram benefícios amplos e indiretos para todas as tecnologias do setor. Porém, foca-se nas associações diretas e mais evidentes entre as recomendações e as tecnologias, aplicando, assim, uma correspondência mais estrita de sorte a enfatizar diferenciais de prioridade entre elas.



Quadro 5: Matriz de associação entre recomendações e tecnologias - Transporte

Tecnologia/Recomendação	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aumento do uso de etanol em veículos leves									
Eletrificação parcial de veículos leves									
Eletrificação total de veículos leves									
Ônibus a biometano/GNV									
Aumento do uso de biodiesel em ônibus									
Uso de HVO em ônibus									
Eletrificação total de ônibus									
Aumento do uso de biodiesel em caminhões									
Uso de HVO em caminhões									
Caminhões a GNV/biometano									
Eletrificação total de caminhões									
Substituição do querosene de aviação por SAF									
Mudança de modal									
Caminhão a hidrogênio									

Fonte: Elaboração própria.

Os números apresentados no quadro referem-se às seguintes recomendações: (1) Formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia; (2) Atualizar regulamentações técnicas e padrões operacionais; (3) Estruturar subsídios e incentivos fiscais; (4) Investir em infraestrutura logística e energética para tecnologias emergentes; (5) Implementar campanhas educativas e superar barreiras culturais; (6) Fomentar P&D e produção nacional de tecnologias sustentáveis; (7) Integrar marcos normativos federais e estaduais às políticas locais; (8) Fortalecer cadeia produtiva e nacionalizar componentes estratégicos; (9) Articular políticas intersetoriais e coordenação institucional.

Após a definição das associações entre recomendações e tecnologias, bem como a classificação dos atores envolvidos em categorias que permitam inferir sua diversidade, os resultados de cada um dos três critérios foram normalizados em uma escala 0 a 1 pelo método min-max⁷. Essa etapa garante a comparabilidade entre critérios, gerando escalas

⁷ A normalização Min-Max é um processo que ajusta os valores de uma variável para caberem em uma nova escala, geralmente entre 0 e 1. Para isso, identifica-se primeiro qual é o menor e qual é o maior valor da variável. O menor valor passa a ser representado como 0 e o maior como 1. Os demais valores são colocados proporcionalmente entre esses dois extremos. A ordem dos dados não muda, apenas a escala, tornando comparável as escalas de indicadores medidos em diversas unidades de medida.



homogêneas que possibilitam a agregação e permitem interpretar as pontuações de forma direta: quanto mais próximo de 1, maior a contribuição positiva do critério para a agregação. A dimensão da contribuição apresenta apenas 1 único indicador e, portanto, não envolve agregação. Já a dimensão de viabilidade é composta por dois indicadores: (i) grau de autonomia, dado pela diversidade de atores envolvidos, e (ii) o grau de atratividade econômica, dado pelo custo marginal das tecnologias associadas à recomendação. Nesse caso, a consolidação se dá a partir de média simples entre ambos.

A avaliação bidimensional permite visualizar com clareza as recomendações. Quando ambas as pontuações se aproximam de 1, tais recomendações tendem a apresentar maior potencial de:

- maximizar as condições para que os atores públicos avancem no objetivo central de mitigação;
- minimizar os esforços de articulação necessários para a interação entre diferentes atores.

Ressalta-se que o método de ordenação das recomendações com base nos critérios elencados não esgota todos os aspectos relevantes que poderiam ser considerados para fins de priorização. Existem dimensões de complexidade que não se expressam exclusivamente pela diversidade de atores ou pelo custo das tecnologias envolvidas. Da mesma forma, os benefícios socioambientais não se limitam à contribuição das tecnologias ao Cenário Rota. Trata-se, portanto, de uma simplificação que busca aproveitar as informações levantadas e passíveis de sistematização dentro dos limites deste estudo, o qual abrange um universo amplo e diverso de tecnologias. Por isso, exige-se certo grau de simplificação para gerar visões sintéticas e sumarizadas de um conjunto tão abrangente de informações.

A Figura 6 retrata a dispersão das recomendações abordadas no capítulo anterior com base nas duas dimensões. As recomendações foram classificadas conforme sua posição relativa no gráfico, priorizando aquelas que se encontram mais distantes da origem dos eixos, ou seja, que apresentam simultaneamente alta contribuição e alta viabilidade. Por exemplo, a recomendação 9 foi priorizada em relação às recomendações 1 e 3 porque ela apresenta o maior impacto potencial em termos de abatimento das emissões, mesmo enfrentando maior complexidade institucional. Embora sua viabilidade seja considerada abaixo da média, devido à alta diversidade de atores e à necessidade de articulação intersetorial, sua contribuição para a mitigação das emissões é maior, o que justifica sua liderança na hierarquia. Já a recomendação 1, apresenta viabilidade alta, com menor diversidade de atores e maior autonomia decisória. No entanto, sua contribuição para a mitigação é abaixo da média.

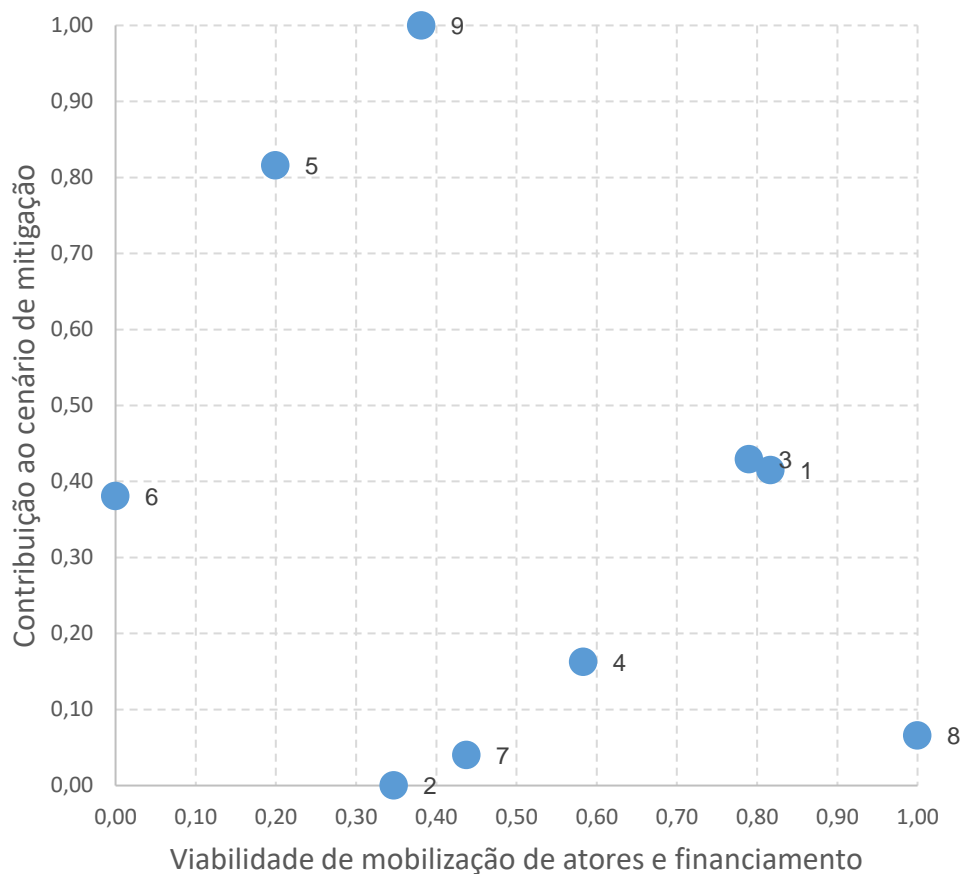
Nesse sentido, a priorização não se baseia em um único critério, mas sim na avaliação conjunta das duas dimensões, ponderando os *trade-offs* entre impacto potencial e



complexidade de implementação. Recomendações com pontuação intermediária ou baixa em uma das dimensões foram posicionadas em sequência, respeitando a lógica de maximização dos benefícios e minimização dos esforços de articulação.

A seguir, é avaliada individualmente cada recomendação.

Figura 6: Dispersão das recomendações de políticas públicas em relação à sua contribuição para a mitigação de emissões e à sua viabilidade em termos da mobilização de atores e financiamento



Fonte: Elaboração própria.

Os números apresentados no gráfico referem-se às seguintes recomendações: (1) Formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia; (2) Atualizar regulamentações técnicas e padrões operacionais; (3) Estruturar subsídios e incentivos fiscais para tecnologias limpas; (4) Investir em infraestrutura logística e energética para tecnologias emergentes; (5) Implementar campanhas educativas e superar barreiras culturais; (6) Fomentar P&D e produção nacional de tecnologias sustentáveis; (7) Integrar marcos normativos federais e estaduais às políticas locais; (8) Fortalecer cadeia produtiva e nacionalizar componentes estratégicos; (9) Articular políticas intersetoriais e coordenação institucional.



Articular políticas intersetoriais e coordenação institucional (9)

Contribuição mais alta do conjunto. Viabilidade abaixo da média: diversidade de atores elevada amplia a complexidade de arranjos e a atratividade econômica é intermediária.

Formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia (1)

Contribuição abaixo da média, mas viabilidade alta, ancorada em baixa diversidade de atores (maior autonomia decisória) e em atratividade econômica intermediária do conjunto tecnológico vinculado.

Estruturar subsídios e incentivos fiscais (3)

Contribuição intermediária. Viabilidade alta: diversidade de atores baixa facilita desenho e execução; a atratividade econômica é abaixo da média, o que justifica o papel de incentivos para destravar adoção em escala.

Fortalecer cadeia produtiva e nacionalizar componentes estratégicos (8)

Contribuição muito baixa. Viabilidade é a mais alta do conjunto: baixa diversidade de atores e atratividade econômica superior das tecnologias associadas favorecem implementação.

Implementar campanhas educativas e superar barreiras culturais (5)

Contribuição entre as mais altas. Viabilidade baixa: diversidade muito elevada implica mobilização social ampla e tecnologias associadas apresentam atratividade econômica bastante baixa.

Investir em infraestrutura logística e energética para tecnologias emergentes (4)

Contribuição baixa. Viabilidade intermediária: diversidade de atores acima da média requer governança dedicada, compensada por atratividade econômica relativamente superior às demais recomendações de baixo impacto direto. Priorizar como habilitadora.

Integrar marcos normativos federais e estaduais às políticas locais (7)

Contribuição baixa. Viabilidade abaixo da média: diversidade moderada e atratividade econômica das tecnologias vinculadas abaixo da média.

Fomentar P&D e produção nacional de tecnologias sustentáveis (6)



Contribuição abaixo da média. Viabilidade a mais baixa do conjunto: diversidade máxima de atores e atratividade econômica inferior limitam difusão no curto prazo.

Atualizar regulamentações técnicas e padrões operacionais (2)

Contribuição a mais baixa entre as recomendações. Viabilidade abaixo da média: diversidade de atores elevada aumenta a necessidade de coordenação e as tecnologias associadas têm atratividade econômica inferior.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada de barreiras e políticas públicas voltadas à promoção de tecnologias priorizadas no Cenário Rota no setor de transporte revela um conjunto de possibilidades de ação do estado de Minas Gerais. A transição para uma economia de baixo carbono exige uma abordagem sistêmica, que articule regulação, financiamento, infraestrutura, capacitação e engajamento social.

As recomendações para o setor de transporte apontam caminhos estratégicos para acelerar a descarbonização e promover a modernização da mobilidade. No eixo político-regulatório, destaca-se a necessidade de formulação de políticas públicas específicas por modal e tecnologia, contemplando desde combustíveis alternativos até soluções de infraestrutura. Essa abordagem é essencial para romper a dependência de combustíveis fósseis e estimular a adoção de soluções como biodiesel, mobilidade elétrica, SAF e HVO.

Além disso, a regulamentação técnica deve ser desenvolvida e aprimorada para garantir segurança jurídica e compatibilidade entre tecnologias. Muitos marcos legais são recentes, como os que regulam HVO e hidrogênio, exigindo detalhamento operacional, logístico e técnico para sua ampla adoção no país. Normas claras e alinhadas a padrões internacionais fortalecem a confiança de consumidores e investidores, além de facilitar a integração com cadeias globais de valor.

O aproveitamento de marcos normativos existentes, por sua vez, representa uma oportunidade estratégica. A tradução em ações concretas e integradas, alinhadas às particularidades de cada tecnologia, pode acelerar sua implementação e oferecer previsibilidade ao mercado. Ademais, a integração entre esferas governamentais é fundamental para garantir coerência entre políticas, otimizar recursos e ampliar a legitimidade das ações.

No contexto econômico, subsídios e incentivos fiscais são instrumentos-chave para a superação de barreiras financeiras. Isenções tributárias e linhas de crédito verde tornam tecnologias inovadoras mais competitivas e viáveis. Em paralelo, investimentos em infraestrutura, como redes de recarga, corredores de hidrogênio e modernização ferroviária, são indispensáveis para garantir a operacionalização das soluções sustentáveis.

Além disso, o fortalecimento da cadeia produtiva, com foco na nacionalização de componentes e no apoio à indústria local, contribui para a redução de custos e aumento da competitividade. Já o fomento à pesquisa aplicada e inovação tecnológica, por meio de parcerias entre governo, universidades e setor produtivo, é essencial para acelerar a maturidade das soluções adaptá-las ao contexto nacional.



Por fim, a capacitação técnica e o engajamento social são pilares fundamentais para consolidar a transição. Campanhas educativas, ações demonstrativas, projetos de pesquisa e a formação de núcleos técnicos são instrumentos eficazes para ampliar a aceitação pública e fortalecer a governança local.

A priorização das recomendações foi orientada por critérios de contribuição para a mitigação de emissões e viabilidade de implementação, considerando o custo marginal das tecnologias e a diversidade de atores envolvidos. Nesse contexto, destacam-se como prioritárias as ações voltadas à articulação intersetorial e coordenação institucional, por seu elevado impacto na descarbonização, ainda que demandem maior esforço de governança. Também se sobressaem as recomendações de formulação de políticas específicas por modal e tecnologia, e de estruturação de subsídios e incentivos fiscais, que apresentam alta viabilidade e capacidade de destravar investimentos em soluções sustentáveis.

Além disso, recomendações com menor impacto direto, como o fortalecimento da cadeia produtiva e a atualização de regulamentações técnicas, ainda devem ser tratadas como habilitadoras, por contribuir indiretamente para a adoção das tecnologias. Porém, sua execução pode se dar em fases subsequentes, articuladas a medidas estruturantes já em curso.

A combinação entre ações de alto impacto e medidas estruturantes permitirá ao estado de Minas Gerais construir uma trajetória de descarbonização mais eficiente e resiliente, alinhando esforços regulatórios, financeiros e institucionais. Essa abordagem estratégica maximiza os benefícios climáticos e minimiza os riscos de fragmentação e ineficiência na implementação das políticas públicas.

Em síntese, a descarbonização do setor exige uma abordagem sistêmica, que vá além da simples adoção de tecnologias. A combinação entre regulação eficaz, incentivos econômicos, capacitação técnica, infraestrutura adequada e engajamento social pode transformar os desafios identificados em oportunidades de desenvolvimento sustentável. Minas Gerais tem condições de liderar esse processo, posicionando-se como referência nacional na transição para uma economia de baixo carbono, inovadora e inclusiva.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMG. **Estado pode conceder isenção de ICMS para setor ferroviário - Assembleia Legislativa de Minas Gerais.** [s. l.], 2020. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2020/12/01_ccj_isencao_ferrovias.htm. Acesso em: 24 set. 2025.

ALMG. **PL 702 de 2023 - Texto original - Assembleia Legislativa de Minas Gerais.** [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/atividade-parlamentar/projetos-de-lei/texto/?tipo=PL&num=702&ano=2023>. Acesso em: 24 set. 2025.

ALMG. **Lei cria a política estadual de incentivo ao consumo do etanol - Assembleia Legislativa de Minas Gerais.** [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Lei-cria-a-politica-estadual-de-incentivo-ao-consumo-do-etanol/>. Acesso em: 24 set. 2025.

BIODIESELBR. **HVO custa mais de R\$ 9 por litro.** [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/cana/hvo-custa-mais-de-r-9-por-litro-280721>. Acesso em: 24 set. 2025.

BNDES. **Hidrogênio de baixo carbono: oportunidades para o protagonismo brasileiro na produção de energia limpa.** Rio de Janeiro, RJ: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2022. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/22665/1/PRLiv_Hidrog%C3%AAnio%20de%20baixo%20carbono_215712.pdf. Acesso em: 13 ago. 2025.

BRASIL. **Relatório de avaliação de necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil:** Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

BRASIL, M. da C., Tecnologia e Inovações (MCTI). **Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

C40. **Action Selection and Prioritisation (ASAP) tool.** [s. l.], 2025. Disponível em: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Action-Selection-and-Prioritisation-ASAP-Tool?language=en_US. Acesso em: 14 ago. 2025.

CASARIN, R. **Cemig SIM implementa três eletropostos em Belo Horizonte.** [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/mobilidade-eletrica/cemig-sim-implementa-tres-eletropostos-em-belo-horizonte>. Acesso em: 24 set. 2025.

CASTRO, M. de. ANP atualiza normas para QAV, SAF e diesel verde. *In:* Eixos. 8 ago. 2025. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-e-bioenergia/biocombustiveis/anp-atualiza-normas-para-querosene-de-aviacao-qav-saf-e-diesel-verde/>. Acesso em: 24 set. 2025.

CEBDS. **Estudo de Melhoria e Desenvolvimento de sistemas de Transporte de Cargas por Malha Ferroviária Eletrificada.** Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: https://cebds.org/wp-content/uploads/2023/06/CEBDS_Estudos-Ferrovia-Eletrificada_2016.pdf. Acesso em: 13 ago. 2025.

CHIAPPINI, G. **USP testa conversão de etanol em hidrogênio e rendimento no abastecimento de veículos.** [s. l.], 2025. Disponível em:



<https://www.udop.com.br/noticia/2025/02/20/usp-testa-conversao-de-etanol-em-hidrogenio-e-rendimento-no-abastecimento-de-veiculos.html>. Acesso em: 13 ago. 2025.

Climate Action Planning Framework. . . . , [s. d.]. Disponível em: https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Climate-Action-Planning-Framework?language=en_US. Acesso em: 14 ago. 2025.

FERONI, W.; BARBOSA, I.; DOS SANTOS, R.; HUNT, J.; ROMERO, O. Tecnologia do Hidrogênio para a descarbonização do setor de transporte: análise do Toyota Mirai com o software Advisor. *In*: 2024, **Anais [...]**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://doi.org/10.29327/conemi24.900339>

GADELHA, S. R. de B. Política Econômica e Programação Financeira. <http://www.enap.gov.br/>, 2017. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/jspui/handle/1/3170>. Acesso em: 31 jul. 2025.

GAZETA DO POVO. **“Super motor” 1.0 a etanol rende 185 cv e consome menos que a gasolina.** [s. l.], 2017. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/automoveis/super-motor-10-a-etanol-rende-185-cv-e-consome-menos-que-a-gasolina-0z153drxej15n0029u63kzf78/>. Acesso em: 24 set. 2025.

HOWLETT, M. **Política pública: seus ciclos e subsistemas uma abordagem integral.** 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

IRENA. **Global hydrogen trade to meet the 1.5°C climate goal: Part II – Technology review of hydrogen carriers.** , 2022. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2022/Apr/IRENA_Global_Trade_Hydrogen_2022.pdf . Acesso em: 1 ago. 2025.

LUCANTONIO, S.; DI GIULIANO, A.; ROSSI, L.; GALLUCCI, K. Green Diesel Production via Deoxygenation Process: A Review. **Energies**, v. 16, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16020844>. Acesso em: 24 set. 2025.

MARQUES, E. C.; FARIA, C. A. P. de. **A política pública como campo multidisciplinar.** 1ª edição ed. São Paulo, SP : Rio de Janeiro, RJ: Editora UNESP ; Editora Fiocruz, 2013.

MCTI; GIZ. **Análise Econômica de Diferentes Rotas de Produção de Combustíveis Sustentáveis de Aviação.** , 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-combustivel-do-futuro/analise-economica-diferentes-rotas-de-producao-de-saf.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2025.

OLIVEIRA, A. G. de. **Diesel renovável hidrogenado - HVO - será regulamentado pela Agência Nacional do Petróleo – ANP - Oficina Brasil | Reparador Diesel.** [s. l.], 2020. Disponível em: <https://oficinabrasil.com.br/noticia/reparador-diesel/diesel-renovavel-hidrogenado-hvo-sera-regulamentado-pela-agencia-nacional-do-petroleo-anp>. Acesso em: 24 set. 2025.

PAULA, A. de. Especialista em energia e propulsão analisa o impacto nos motores do aumento do biodiesel no diesel. *In*: Instituto Combustível Legal. 2023. Disponível em: <https://institutocombustivellegal.org.br/especialista-em-energia-e-propulsao-analisa-o-impacto-nos-motores-do-aumento-do-biodiesel-no-diesel/>. Acesso em: 24 set. 2025.

ROVERE, E. L. L.; DUBEUX, C. B. S.; WILLS, W.; MITTRANY, R. C. C.; REIS, C. B. **Projeto Decarboost: Viabilização de investimentos na transição para uma sociedade de baixo**



carbono em países latino-americanos. [S. l.: s. n.]. Disponível em: https://www.centroclima.coppe.ufrj.br/images/documentos/Plano_Mitiga%C3%A7%C3%A3o_Sector_Transporte_-_Estrat%C3%A9gia_Descarboniza%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 1 ago. 2025.

TNA_BRAZIL. **Relatório de avaliação de necessidades tecnológicas para implementação de planos de ação climática no Brasil: mitigação.** Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2021. *E-book*. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/tna_brazil/arquivos/pdf/relatorio-de-avaliacao-de-necessidades-tecnologicas-para-implementacao-de-planos-de-acao-climatica-no-brasil-mitigacao.pdf. Acesso em: 13 ago. 2025.

UNEP-CCC. **TNA Step by Step - A guidebook for countries preparing Technology Needs Assessments and Action Plans (2nd edition).** [S. l.]: 4 United Nations Environment Programme – Copenhagen Climate Centre, 2024. Disponível em: <https://tech-action.unepccc.org/wp-content/uploads/sites/2/2025/01/tna-step-by-step-guidebook-2024.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2025.



ANEXO A - Mapeamento e classificação de barreiras

Tecnologia	Tipo de barreira mapeada					
	Política e regulatória	Institucional	Financeira	Tecnológica	Informacional	Cultural e social
Tecnologias Incluídas na MACC						
Aumento do uso de biodiesel em ônibus	Políticas existentes apenas apoiam indiretamente o biodiesel ^[P2.1]	-	-	-	-	-
Aumento do uso de etanol em veículos leves	-	-	-	Poder calorífico inferior comparado ao da gasolina ¹	-	Menor rendimento do etanol gera maior resistência do público ^[P2.1]
Eletrificação parcial e total de veículos leves	Inexistência de um marco legal consolidado e de linhas de financiamento estruturadas ^[P2.1]	-	Veículos híbridos ou elétricos possuem preços mais elevados ^[P2.1]	Baixo conteúdo local dos componentes da cadeia produtiva ^[P2.1] , tempo de recarga e infraestrutura limitada ^[GT]	Informações divulgadas são percebidas como viesadas ^[GT]	-
Eletrificação total de ônibus	Ausência de política pública específica ^[P2.1]	-	Necessidade de investimentos em infraestrutura de suporte ^[P2.1]	-	-	-

^[P2.1] Fonte: P2.1 – Diagnóstico setorial Transporte

¹ INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (Inmetro). Inmetro lança a nova tabela do Programa de Etiquetagem Veicular com novos modelos para 2025. Brasília: Inmetro, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/inmetro-atualiza-tabela-do-programa-de-etiquetagem-veicular-com-novos-modelos-para-2025>.

^[GT] Fonte: Consulta aos Grupos de Trabalho



Ônibus e Caminhão a GNV/Biometano	Necessita de melhorias regulatórias para aumentar a atratividade [P2.1]	-	Faltam investimentos em P&D e infraestrutura de distribuição [P2.1]. Custo elevado [GT]	Malha de gasodutos limitada. Mistura de combustíveis nos motores	-	Público não sente segurança e elevação no preço dos seguros [GT]
Uso de HVO em ônibus e caminhões	Ausência de política pública específica e de regulamentação e licenciamento ambiental inadequado [GT]	-	-	Tipo de insumo interfere na qualidade [GT]	Diferença entre biodiesel e HVO não é conhecida [GT]	Falta de confiança nos selos de certificação [GT]
Aumento do uso de biodiesel em caminhão	Políticas existentes apenas apoiam indiretamente o biodiesel [P2.1]	-	Aumento nos custos operacionais [GT]	Há prejuízo na eficiência dos veículos [GT]	Falta conhecimento sobre o avanço no biodiesel [GT]	Público tem visão negativa e não confia nos selos de certificação [GT]
Eletrificação total de caminhões	Ausência de política pública específica [P2.1]	-	Necessidade de investimentos em infraestrutura de suporte [P2.3]	-	-	-
Mudança de modal	-	-	Alto investimento inicial [P2.2] e falhas na conectividade entre os modais [GT]	Necessita integração física e tarifária entre os modais [P2.1]	-	Cultura favorece investimento no modal rodoviário [GT]

[P2.1] Fonte: P2.1 – Diagnóstico setorial Transporte

[GT] Fonte: Consulta aos Grupos de Trabalho

[P2.3] Fonte: P2.3 –Necessidades e Oportunidades de investimento – Transporte (Parte 1)



Substituição do querosene de aviação por SAF	Necessita de regulamentação ^[P2.1] e definição da quantidade a ser misturada ^[GT]	-	Custo superior ao fóssil ^[P2.1] . Investimento de risco e ausência de incentivos ^[GT]	Baixa prontidão e escala de produção ^[P2.1] , ainda em fase de testes ^[GT] .	-	Consumidor não conhece o combustível e pode ser afetado pelo custo ^[GT]
Caminhão a hidrogênio	Necessita de políticas de incentivo para aumento da competitividade ^[P2.2]	-	Carece de P&D para embasar a formulação de incentivos ^[P2.1] .	Dificuldade de transporte do combustível ^[P2.1] .	-	-
Tecnologias não incluídas na MACC						
Eletrificação a pilha de combustível movida a etanol	Ausência de política pública específica ^[P2.1]	-	Tecnologia demanda investimentos elevados ^[P2.1]	Tecnologia em estágio inicial de desenvolvimento ^[P2.1]	-	-
Uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus	Necessita de políticas específicas de incentivo ^[P2.3]	-	Carece de P&D para embasar a formulação de incentivos ^[P2.1]	Ausência de dados operacionais e comparativos ^[P2.1]	-	-
Eletrificação a pilha de combustível movida a hidrogênio e uso de hidrogênio	Ausência de política pública específica ^[P2.1]	-	Tecnologia demanda investimentos elevados ^[P2.1]	Baixa maturidade e necessidade de P&D ^[P2.1]	-	-
Eletrificação de ferrovia	Limitações estruturais à expansão ferroviária no Brasil ^[P2.1]	-	Alto custo para expansão da infraestrutura ^[P2.1]	Necessidade de maturação tecnológica ^[P2.1]	-	-

^[P2.1] Fonte: P2.1 – Diagnóstico setorial Transporte

^[P2.3]] Fonte: P2.3 –Necessidades e Oportunidades de investimento – Transporte (Parte 1)



ANEXO B – Classificação de atores

Atores	Classificação	Atores	Classificação
ALMG	1	Associações de produtores	3
CEMIG	1	Associações setoriais	3
CIMC	1	Concessionárias de transporte	3
EMATER-MG	1	Concessionárias ferroviárias	3
EPAMIG	1	Cooperativas de catadores	3
FAPEMIG	1	Empresas do setor privado	3
FEAM	1	Empresas públicas compradoras	3
Gasmig	1	Entidades do terceiro setor	3
IMA	1	FAEMG	3
Invest Minas	1	FIEMG	3
SEAPA	1	Instituições financeiras	3
SECOM	1	Mercados de carbono	3
Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais (SEE-MG)	1	Mídia	3
SEDE	1	Entidades do terceiro setor	3
SEF	1	Operadoras logísticas	3
SEGOV	1	Operadores de transporte	3
SEINFRA	1	Organizações da sociedade civil	3
SEMAD	1	Petrobras	3
Associações de municípios	2	Produtores rurais	3
CNPE	2	SENAI	3
Congresso Nacional	2	Sindicatos industriais	3
Consórcios municipais	2	Sociedade civil	3
Embrapa	2		
EPE	2		
Governos municipais	2		
Instituições de ensino e pesquisa	2		
MAPA	2		
MCTI	2		
MDA	2		
MDIC	2		
MDR	2		



Atores	Classificação	Atores	Classificação
Ministério da Fazenda	2		
Ministério das Cidades	2		
Ministério dos Transportes	2		
MMA	2		
MME	2		
Órgãos fiscalizadores e reguladores do setor	2		



ANEXO C – Mapeamento e classificação de políticas

No setor de transporte, foram identificadas políticas para biocombustíveis, logística e descarbonização de frotas. Instrumentos regulatórios e distributivos coexistem, com ênfase para leis federais como o RenovaBio e a Lei do Combustível do Futuro. A maioria das políticas possui previsão de recursos e está integrada ao planejamento nacional (PPA, LOA). As tecnologias associadas incluem biodiesel, etanol, biometano e soluções logísticas para transporte de carga e passageiros. A abrangência varia entre universal e focalizada, e o âmbito é predominantemente nacional.

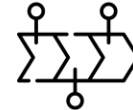


Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 13.576/2017 (Renovabio)	2017

Contextualização:

Visa cumprir compromissos climáticos, expandir a produção de biocombustíveis e garantir previsibilidade no mercado de combustíveis. Seus principais objetivos incluem a certificação da produção eficiente de biocombustíveis e a utilização de Créditos de Descarbonização (CBIO) para incentivar a redução de emissões. Também institui o instrumento de mandato compulsório, que obriga acréscimo gradual de porcentagem de biocombustíveis em combustíveis não renováveis.

Caracterização do instrumento



Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Nacional	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Não há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Geral (Biocombustíveis)(d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 dez. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13576.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 14.993/2024 (Lei do Combustível do Futuro)	2024

Contextualização:

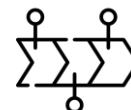
A lei integra iniciativas e medidas adotadas no âmbito da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), do Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover), do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) e do Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve). Institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Nacional

**Tipo de Instrumento**

Regulatórias

**Etapa**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Geral (Biocombustíveis) (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 14.993, de 8 de outubro de 2024. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui programas nacionais relacionados à descarbonização. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/14993.htm. Acesso em: 26 jun. 2025. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Carta Brasileira para Cidades Inteligentes	2020

Contextualização:

A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes constitui uma estratégia nacional para orientar o desenvolvimento das cidades brasileiras por meio da transformação digital e da sustentabilidade. O documento trata do uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para ampliar o acesso a serviços públicos, como transporte e saneamento básico, incluindo a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. Além disso, promove o incentivo ao uso de energia e tecnologias limpas, bem como de tecnologias inovadoras para o setor de transporte e à adoção dos princípios de economia circular pela indústria, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável.


Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Nacional	Estruturantes	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Não há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Não aplicável

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Mudança de modal (transporte de passageiros) (i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte: BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Carta Brasileira para Cidades Inteligentes: versão para consulta pública. Brasília: MDR, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr>. Acesso em: 26 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Decreto Estadual nº 48.566/2023 (Isenção ou redução ICMS)	2023
Contextualização: O instrumento reduz a alíquota do ICMS sobre o querosene de aviação, incentivando a substituição gradual por combustíveis mais sustentáveis.		

Caracterização do instrumento



Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Estadual	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Não há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Substituição do querosene de aviação por SAF (i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Decreto nº 48.566, de 26 de janeiro de 2023. Concede isenção ou redução de base de cálculo do ICMS na saída de querosene de aviação com destino a empresa de transporte aéreo regular. Secretaria da Fazenda de Minas Gerais, 2023. Disponível em: https://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/legislacao_tributaria/decretos/2023/d48566_2023.html. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Decreto nº 76.593/1975 (ProAlcool)	1975
<p>Contextualização: O Proálcool estabeleceu incentivos fiscais e empréstimos bancários com juros abaixo da taxa de mercado para produtores de cana-de-açúcar e indústrias automobilísticas que desenvolvessem carros movidos a álcool.</p>		

Caracterização do instrumento



Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Nacional	Distributivas	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Aumento do uso de etanol em veículos leves (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975. Institui o Programa Nacional do Alcool e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 nov. 1975. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei Estadual nº 15.976/2006 (Política estadual de apoio à produção e à utilização do biodiesel e de óleos vegetais)	2006
Contextualização:		Promove a produção e utilização de biodiesel, integrando o estado ao esforço nacional de introdução do biodiesel na matriz energética.

Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Estadual	Estruturantes	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Biocombustíveis (Geral) (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Lei nº 15.976, de 13 de janeiro de 2006. Institui a Política Estadual de Apoio à Produção e à Utilização do Biodiesel e de Óleos Vegetais. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/15976/2006/>. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei Estadual nº 24.652/2024 (Política Estadual de Incentivo ao Consumo do Etanol)	2024

Contextualização:

A lei prioriza o abastecimento de veículos da frota estadual com etanol, promovendo um combustível mais sustentável e menos poluente.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Estadual

**Tipo de Instrumento**

Regulatórias

**Etapa**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Aumento do uso de etanol em veículos leves (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Lei nº 24.652, de 8 de janeiro de 2024. Cria a política estadual de incentivo ao consumo do etanol, denominada "Na Hora de Abastecer, Escolha o Etanol". Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/24652/2024/>. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 11.097/2005 (Introdução do biodiesel na matriz energética brasileira)	2005
<p>Contextualização: Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências.</p>		

Caracterização do instrumento



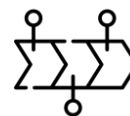
Âmbito

Nacional



Tipo de Instrumento

Regulatórias



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Biocombustíveis (Geral) (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 jan. 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm. Acesso em: 26 jun. 2025

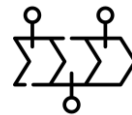


Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 12.587/2012 (Política Nacional de Mobilidade Urbana)	2012

Contextualização:

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) estabelece orientações para o planejamento e a gestão da mobilidade urbana no país, com base em princípios que visam garantir o acesso universal à cidade de forma sustentável, priorizando o transporte público coletivo, a acessibilidade universal e a segurança nos deslocamentos urbanos.

Caracterização do instrumento



Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Nacional	Distributivas	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Mudança de modal (transporte de passageiros) (i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12587.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 13.089/2015 (Estatuto da Metrópole)	2015
<p>Contextualização:</p> <p>O Estatuto da Metrópole estabelece diretrizes para o planejamento, a gestão e a execução das funções públicas de interesse comum em regiões metropolitanas e em aglomerações urbanas. O normativo trata de questões relacionadas ao planejamento, à gestão e à execução dessas funções, de forma integrada entre os estados e municípios, como aquelas relativas ao setor de transporte.</p>		

Caracterização do instrumento



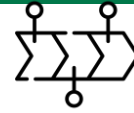
Âmbito

Nacional



Tipo de Instrumento

Estruturantes



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Não há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Não aplicável

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Mudança de modal (transporte de passageiros) (i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 jan. 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113089.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 14.248/2021 (Programa Nacional do Bioquerosene)	2021
<p>Contextualização:</p> <p>Fomenta a pesquisa, produção e uso de bioquerosene, visando à sustentabilidade da aviação brasileira. Art. 3º A pesquisa, a produção, a comercialização e o uso energético do bioquerosene produzido a partir do emprego de biomassa devem ser fomentados mediante: a destinação de recursos de agências e bancos de fomento federais, em condições especiais, para projetos nessa área; e incentivos fiscais concedidos pelo governo federal.</p>		

Caracterização do instrumento



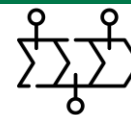
Âmbito

Nacional



Tipo de Instrumento

Distributivas



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Substituição do querosene de aviação por SAF (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

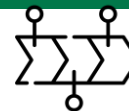
Fonte:

BRASIL. Lei nº 14.248, de 25 de novembro de 2021. Estabelece o Programa Nacional do Bioquerosene para o incentivo à pesquisa e o fomento da produção de energia à base de biomassas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 nov. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14248.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 14.902/2024 (Programa MOVER)	2024
<p>Contextualização:</p> <p>Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover). O programa estimula investimentos em novas rotas tecnológicas e aumenta as exigências de descarbonização da frota automotiva brasileira, incluindo carros de passeio, ônibus e caminhões. O objetivo desse programa é ampliar as ações de mobilidade verde e descarbonização, expandindo os princípios do Rota 2030.</p>		

Caracterização do instrumento



Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Nacional	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Descarbonização na logística (Geral) (d)
--

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Lei nº 14.902, de 27 de junho de 2024. Institui o Programa Mobilidade Verde e Inovação (Programa Mover); altera o Decreto-Lei nº 1.804, de 3 de setembro de 1980; e revoga dispositivos da Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 jun. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14902.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	PDMG	2022

Contextualização:

No setor de biocombustíveis, três medidas foram consideradas prioritárias no Cenário *Net Zero*:

- uso de resíduos agroflorestais em sistemas de cogeração para produção de energia em plantas de biodiesel;
- captura de carbono associada à tecnologia de produção de etanol de cana;
- captura de carbono associada à rota FT-BtL.

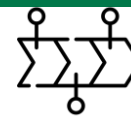
Também são apontadas as soluções finais de descarbonização propostas para o transporte ferroviário de cargas, em específico para essa tecnologia: substituição gradual da gasolina e do diesel fóssil por biocombustíveis a partir de 2025, chegando a 50% da demanda energética em 2050.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Estadual

**Tipo de Instrumento**

Estruturantes

**Etapas**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Aumento do uso de biodiesel em caminhão (i); Substituição do querosene de aviação por SAF (d); Eletrificação total de veículos leves (d); Eletrificação parcial de veículos leves (d); Aumento do uso de biodiesel em ônibus (i); Mudança de modal (transporte de passageiros) (d); Uso de HVO em caminhões (i); Uso de HVO em ônibus (i); Eletrificação a pilha combustível movido a etanol (i); Eletrificação a pilha combustível movido a hidrogênio (i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

CENERGIA/PPE/COPPE/UFRJ. Plano de Descarbonização para o Estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050: relatório síntese da modelagem setorial para o Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro: Cenergia/PPE/COPPE/UFRJ, 2022



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Plano de logística de cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)	2022

Contextualização:

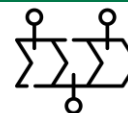
O plano visa definir as diretrizes, instrumentos, ações e projetos voltados a proporcionar o acesso amplo e democrático às oportunidades que as cidades oferecem. O eixo Logística de Cargas aborda o fluxo de cargas e de caminhões que circulam na RMBH, e suas interações com os demais eixos com foco na promoção do desenvolvimento econômico competitivo da RMBH e do estado de MG através do transporte eficiente e sustentável de cargas.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Municipal

**Tipo de Instrumento**

Estruturantes

**Etapa**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Descarbonização na logística (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

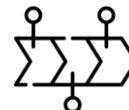
AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE; SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E MOBILIDADE. Plano de logística de cargas da Região Metropolitana de Belo Horizonte: Plano de Mobilidade da RMBH. Belo Horizonte: Escritório de Mobilidade, set. 2022.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	PLAC-MG	2023

Contextualização:

O PLAC-MG prevê, na ação 2, a promoção da descarbonização no setor de transporte de carga e passageiros. A subação 1 tem como objetivo incentivar a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis no estado, por meio de políticas de estímulo ao seu uso. Entre as metas estabelecidas, destaca-se o aumento da participação dos biocombustíveis na matriz energética estadual: 10% até 2030 e 50% até 2050.

Caracterização do instrumento**Âmbito****Tipo de Instrumento****Etapa**

Estadual

Estruturantes

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Aumento do uso de biodiesel em caminhão (i); Uso de HVO em caminhões (i); Caminhões a GNV/biometano (i); Uso de Bio-GNL em caminhões (i); Substituição do querosene de aviação por SAF (d); Uso de hidrogênio de baixo carbono em caminhões (d); Aumento do uso de etanol em veículos leves (i); Incentivo no uso de biometano no GNV (i); Ônibus a GNV/ biometano/ (i); Aumento do uso de biodiesel em ônibus (i); Mudança de modal (Transporte de Passageiros) (d); Uso de HVO em ônibus (i); Uso de Bio-GNL em ônibus (i); Uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus/ veículos leves (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano Estadual de Ação Climática de Minas Gerais: sumário executivo. Belo Horizonte: SEMAD, 2023.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Plano Estratégico Ferroviário de Minas Gerais (PEF Minas)	2020
Contextualização: Desenvolvido pela Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade (SEINFRA) em cooperação com a Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários (ANTF), este plano avalia a viabilidade de projetos ferroviários.		

Caracterização do instrumento



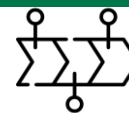
Âmbito

Estadual



Tipo de Instrumento

Distributivas



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Eletrificação de trens de carga (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. Lei nº 23.748, de 22 de dezembro de 2020. Dispõe sobre a política estadual de transporte ferroviário e o Sistema Estadual de Transporte Ferroviário e dá outras providências. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/LEI/23748/2020/>. Acesso em: 26 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Plano Nacional de Logística (PNL) 2035	2021

Contextualização:

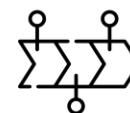
O PNL desenvolve estratégias para otimizar a logística de transporte, promovendo a integração de diferentes modais e a redução de emissões.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Nacional

**Tipo de Instrumento**

Distributivas

**Etapa**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Descarbonização na logística (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Ministério dos Transportes. Plano Nacional de Logística 2035. Brasília: ONTL – Observatório Nacional de Transporte e Logística, 2021. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/planejamento/plano-nacional-de-logistica/plano-nacional-de-logistica-2035/>. Acesso em: 26 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Recursos do Novo PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) direcionados ao modal ferroviário	2023
Contextualização: Com o Novo PAC, os projetos ferroviários foram elencados como prioridade pelo governo federal, e contam com um investimento previsto de R\$94,2 bilhões até 2026.		

Caracterização do instrumento



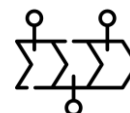
Âmbito

Nacional



Tipo de Instrumento

Distributivas



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Eletrificação de trens de carga (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº 11.632, de 11 de agosto de 2023. Institui o Programa de Aceleração do Crescimento – Novo PAC. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 14 ago. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11632.htm. Acesso em: 26 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Resolução SEDE nº 60/2024	2024

Contextualização:

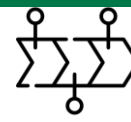
A Política de Margem Variável no contexto do Gás Natural Veicular (GNV) em Minas Gerais ajusta semanalmente o preço do GNV com base nos preços da gasolina e do diesel, garantindo que o GNV seja sempre uma opção mais econômica. Oferece descontos significativos para veículos leves e frotas pesadas, tornando o GNV competitivo e incentivando seu uso. Isso beneficia os consumidores com economia e promove a sustentabilidade ao reduzir as emissões de poluentes. A Resolução SEDE 34 prorroga essa política para até o final de 2025.

Caracterização do instrumento**Âmbito**

Estadual

**Tipo de Instrumento**

Regulatórias

**Etapa**

Implementação

Caracterização econômico-financeira**Alinhamento orçamentário**

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão

Incentivo no uso de biometano no GNV (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Gás natural: Governo de Minas prorroga política de margem variável do combustível até o fim de 2025. Cidades e Minerais, [s.l.], 2025. Disponível em: <https://cidadeseminerais.com.br/politica/gas-natural-governo/>. Acesso em: 30 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Resoluções ANP nº 778/2019 e 779/2019	2019
<p>Contextualização:</p> <p>A Resolução ANP nº 778/2019 estabelece as especificações dos querosenes de aviação fóssil, alternativo e suas misturas, bem como as obrigações quanto ao controle da qualidade a serem atendidas pelos agentes econômicos que comercializam esses produtos em território nacional. Já a Resolução ANP nº 779/2019 atualiza as definições de querosene de aviação C (QAV-C) e querosene de aviação alternativo e veda a importação de QAV-C, alterando as Resoluções ANP nº 17/2006 e 18/2006.</p>		

Caracterização do instrumento



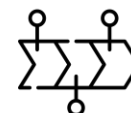
Âmbito

Nacional



Tipo de Instrumento

Distributivas



Etapa

Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário

Há previsão de recursos

Instrumento econômico-financeiro

Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Substituição do querosene de aviação por SAF (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Publicadas novas resoluções da ANP sobre combustíveis de aviação. 8 abr. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/publicadas-novas-resolucoes-da-anp-sobre-combustiveis-de-aviacao. Acesso em: 26 jun. 2025.



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Decreto nº 12.153/2024 (Plano Nacional Integrado das Infraestruturas de Gás Natural e Biometano (PNIIGB))	2024
<p>Contextualização:</p> <p>O PNIIGB abrangerá as instalações de escoamento, de processamento, de estocagem e de transporte de gás natural, assim como a distribuição por gás natural comprimido (GNC) e gás natural liquefeito (GNL) e as instalações para produção do biometano e posterior transporte.</p>		

Caracterização do instrumento

Âmbito	Tipo de Instrumento	Etapa
Nacional	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Ônibus a GNV/biometano(i)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

BRASIL. Decreto nº 12.153, de 26 de agosto de 2024. Altera o Decreto nº 10.712, de 2 de junho de 2021, que regulamenta a Lei nº 14.134, de 8 de abril de 2021, sobre atividades relativas ao transporte de gás natural. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 27 ago. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2024/Decreto/D12153.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei Estadual nº 24.940/2024 (Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde)	2024
<p>Contextualização: A lei estabelece os objetivos e diretrizes para a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde, com foco em ampliar o uso desses combustíveis na matriz energética estadual, fomentar sua cadeia produtiva e promover a sinergia com o uso de outras fontes renováveis.</p>		

Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Estadual	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Uso de hidrogênio de baixo carbono em caminhões (d); Uso de hidrogênio de baixo carbono em ônibus/ veículos leves (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte: MINAS GERAIS. Lei nº 24.940, de 26 de julho de 2024. Estabelece objetivos para a política estadual do hidrogênio de baixo carbono e do hidrogênio verde. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/24940/2024/>. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei Estadual nº 24.396/2023 (Política Estadual do Biogás e do Biometano)	2023
<p>Contextualização:</p> <p>A lei prevê o aumento na utilização do biometano em serviços de transporte público no estado. A legislação estabelece, ainda, o incremento, em bases econômicas, sociais e ambientais, da participação do biogás e do biometano na matriz energética estadual e a promoção da sinergia entre a gestão eficiente dos resíduos sólidos e industriais e a geração de energias renováveis.</p>		

Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Estadual	Distributivas	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Não há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política orçamentária

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Caminhões a GNV/biometano (d); Uso de Bio-GNL em caminhões (d); Ônibus a GNV/biometano (d);
Uso de Bio-GNL em ônibus (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Lei nº 24.396, de 13 de julho de 2023. Dispõe sobre a Política Estadual do Biogás e do Biometano. Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/legislacao-mineira/texto/LEI/24396/2023/>. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Lei nº 14.948/2024 (Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono) e Lei nº 14.990 (Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono)	2024
<p>Contextualização: A Lei nº 14.948/2024 Institui a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono; a Lei nº 14.990/2024 Institui o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC) e altera a Lei nº 14.948/2024.</p>		

Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Nacional	Distributivas	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Uso de hidrogênio de baixo carbono em caminhões (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte: BRASIL. Lei nº 14.990, de 27 de setembro de 2024. Institui o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC) e altera a Lei nº 14.948, de 2 de agosto de 2024. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 set. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/114990.htm. Acesso em: 26 jun. 2025



Setor	Política Pública	Ano de publicação
Transporte	Resolução SEDE nº 34/2023 (Condições e critérios para comercialização e distribuição de biometano no Estado)	2023
Contextualização: Estabelece as condições e critérios para a comercialização e distribuição de biometano por redes estruturantes e redes de gás canalizado no estado de Minas Gerais.		

Caracterização do instrumento

 Âmbito	 Tipo de Instrumento	 Etapa
Estadual	Regulatórias	Implementação

Caracterização econômico-financeira

Alinhamento orçamentário	Há previsão de recursos
Instrumento econômico-financeiro	Política fiscal

Tecnologias associadas e respectivo grau de associação à política pública em questão



Ônibus a GNV/biometano (i); Caminhões a GNV/biometano (i); Incentivo no uso de biometano no GNV (d)

Nota: As tecnologias identificadas com (d) referem-se àquelas diretamente associadas à política pública em questão, enquanto (i) indica tecnologias cuja associação com a política ocorre de forma indireta.

Fonte:

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Resolução SEDE nº 34, de 5 de setembro de 2023. Dispõe sobre as condições e critérios para comercialização e distribuição de biometano por redes estruturantes e redes de gás canalizado no Estado. Diário Oficial de Minas Gerais, 6 set. 2023. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=449408>. Acesso em: 26 jun. 2025.



Bruna Araujo

bruna.araujo@waycarbon.com

Felipe Rocha

felipe.rocha@waycarbon.com

Laise Mondo

laise.mondo@waycarbon.com

Letícia Gavioli

leticia.gavioli@waycarbon.com

Nathalia Pereira

nathalia.pereira@waycarbon.com

Luiz Oliveira

luiz.oliveira@waycarbon.com

Pamela Silva

pamela.silva@waycarbon.com

Cecília Lorette

cecilia.loretti@waycarbon.com

