

# RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO OBJETO

## *P2.3 – NECESSIDADES E OPORTUNIDADES DE INVESTIMENTO (PARTE 2)*

**Referência: INVESTMINAS/CT/25/2024**

Este relatório compõe o Produto 2.3 – Necessidades e Oportunidades de Investimento (Parte 2), conforme previsto na Cláusula 6.ª do Contrato INVESTMINAS/CT/25/2024.

O objeto está sendo executado em sua integralidade durante o período de janeiro a novembro de 2025.



**INVEST  
MINAS**

**WV**CARBON

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

*Necessidades e Oportunidades de Investimento –*

*(Parte 2)*



# Sumário

ACRÔNIMOS.....	10
INTRODUÇÃO.....	18
CONTEXTUALIZAÇÃO .....	19
NECESSIDADES DE FINANCIAMENTO.....	21
PANORAMA DA OFERTA DE FINANCIAMENTO CLIMÁTICO .....	24
Mapeamento das principais fontes e modalidades de financiamento .....	24
Fundos Climáticos Internacionais (FCIs).....	25
Fundo Verde para o Clima (GCF).....	25
Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF).....	30
Fundos de Investimento Climático (CIF).....	32
Fundo de Parceria Climática Global (GCPF).....	38
Atuação dos órgãos de fomento.....	39
Bancos Multilaterais de Desenvolvimento.....	40
Banco Mundial .....	40
Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) .....	44
Novo Banco de Desenvolvimento (NDB).....	47
Banco Europeu de Investimento (BEI) .....	48
Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe (CAF).....	49
Fundo Financeiro para o Desenvolvimento da Bacia do Prata (FONPLATA).....	50
Banco de Desenvolvimento Alemão (KfW).....	51
Outras instituições multilaterais relevantes .....	52
Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) e a Proparco.....	52
Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ).....	53
Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) .....	54
Sistema Nacional de Fomento .....	55
Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).....	55
Banco do Nordeste do Brasil (BNB) .....	57
Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) .....	59
Bancos comerciais.....	60



Atores não financeiros relevantes em Minas Gerais .....	62
Invest Minas .....	62
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) .....	63
<i>Benchmarks</i> Institucionais Relevantes.....	65
Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes) .....	65
Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX Brasil).....	66
Estrutura, desafios e oportunidades .....	66
Recomendações e caminhos estratégicos .....	72
AFOLU: <i>Roadmap</i> de investimentos .....	74
Energia: <i>Roadmap</i> de investimentos .....	78
Indústria: <i>Roadmap</i> de investimentos .....	82
Transporte: <i>Roadmap</i> de investimentos.....	85
Plano de trabalho.....	90
Consulta ao Setor Produtivo.....	92
Resultados da consulta.....	94
Energia .....	96
Conhecimento e uso das tecnologias.....	96
Fatores de produção .....	98
Condições de demanda .....	100
Elos da cadeia relacionados.....	101
Estratégia, estrutura e rivalidade .....	102
Indústria.....	102
Conhecimento e uso das tecnologias.....	103
Fatores de produção .....	105
Condições de demanda .....	107
Elos da cadeia relacionados.....	108
Estratégia, estrutura e rivalidade .....	109
AFOLU .....	109
Conhecimento e uso das tecnologias.....	110
Fatores de Produção.....	112



Condições de demanda .....	113
Elos da cadeia relacionados.....	114
Estratégia, estrutura e rivalidade .....	115
Transporte .....	115
Conhecimento e uso das tecnologias.....	116
Fatores de produção .....	116
Condições de demanda .....	118
Elos da cadeia relacionados.....	119
Estratégia, estrutura e rivalidade .....	119
Seleção de Oportunidades para Investimento .....	120
<b>ESTUDOS DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA .....</b>	<b>122</b>
Estudo de caso 1 - Uso do hidrogênio de baixo carbono na indústria de aço.....	124
Contextualização .....	124
Premissas adotadas .....	130
Avaliação econômico-financeira .....	135
Análise de sensibilidade e possíveis cenários.....	137
Modelos de negócio e financiamento .....	142
Barreiras de entrada e oportunidades .....	145
Destaques .....	147
Estudo de Caso 2 - Recuperação de pastagens degradadas.....	147
Contextualização .....	147
Premissas adotadas .....	153
Avaliação econômico-financeira .....	162
Análise de sensibilidade e possíveis cenários.....	164
Modelos de negócio e financiamento .....	167
Barreiras de entrada e oportunidades .....	170
Destaques .....	172
Estudo de Caso 3 - Uso do carvão vegetal na indústria de Minas Gerais.....	173
Contextualização .....	173
Premissas adotadas .....	179
Avaliação econômico-financeira .....	183



Análise de sensibilidade e possíveis cenários .....	184
Modelos de negócio e financiamento .....	186
Barreiras de entrada e oportunidades .....	189
Destaques .....	191
Estudo de Caso 4 - Transporte: Conversão de caminhões a diesel para motor a gás ....	192
Contextualização .....	192
Premissas adotadas .....	197
Avaliação econômico-financeira .....	201
Análise de sensibilidade e possíveis cenários .....	202
Modelos de negócio e financiamento .....	208
Barreiras de entrada e oportunidades .....	210
Destaques .....	211
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	213
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	215
ANEXO I – Lista de tecnologias .....	237
ANEXO II – Estrutura do questionário .....	239



# Índice de figuras

Figura 1: Distribuição setorial da mitigação total e dos custos totais associados .....	22
Figura 2: Divisões de investimentos do BID .....	44
Figura 3: Divisões de investimentos – BNDES.....	56
Figura 4: Distribuição dos financiamentos em Minas Gerais, por banco comercial (em R\$ bilhões).....	61
Figura 5: Distribuição do financiamento climático internacional para o Brasil por instrumento financeiro (2021 e 2022).....	67
Figura 6: Ilustração da estrutura do fluxo de financiamento climático .....	68
Figura 7: Desafios setoriais.....	72
Figura 8: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – AFOLU .....	77
Figura 9: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Energia.....	81
Figura 10: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Indústria.....	84
Figura 11: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Transporte.....	89
Figura 12: Plano de trabalho (2025-2050).....	91
Figura 13: Cargos dos respondentes do questionário .....	94
Figura 14: Segmentos-chave dos respondentes .....	95
Figura 15: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade .....	96
Figura 16: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos.....	97
Figura 17: Principais barreiras para a implementação de soluções.....	98
Figura 18: Bloco 1 – Fatores de Produção.....	100
Figura 19: Bloco 2 – Condições de Demanda.....	101
Figura 20: Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados.....	102
Figura 21: Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade .....	102
Figura 34: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade .....	103
Figura 35: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos.....	104
Figura 36: Principais barreiras para a implementação de soluções.....	105
Figura 37: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção .....	107
Figura 38: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda.....	108
Figura 39: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados.....	109
Figura 40: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade .....	109
Figura 22: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade .....	111
Figura 23: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos.....	111
Figura 24: Principais barreiras para a implementação de soluções.....	112
Figura 25: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção .....	113
Figura 26: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda.....	114
Figura 27: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados.....	114
Figura 28: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade .....	115
Figura 29: Principais barreiras para a implementação de soluções.....	116



Figura 29: Principais barreiras para a implementação de soluções	<b>Erro!</b>	<b>Indicador</b>	<b>não definido.</b>
Figura 30: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção .....			118
Figura 31: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda .....			119
Figura 32: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados .....			119
Figura 33: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade .....			120
Figura 36: Principais barreiras para a implementação de soluções	<b>Erro!</b>	<b>Indicador</b>	<b>não definido.</b>
Figura 41: Procedimento proposto para a execução dos estudos de caso.....			124
Figura 42: Capacidade instalada de geração centralizada energia solar por estado .....			126
Figura 43: Produção de aço por estado .....			127
Figura 44: Parque produtivo de aço em Minas Gerais .....			128
Figura 45: Projetos para a produção de hidrogênio de baixo carbono no Brasil.....			129
Figura 46: Composição de um sistema de eletrólise .....			132
Figura 47: Análise de sensibilidade do VPL do acionista frente a variação do custo de energia e preços de venda do H <sub>2</sub> .....			138
Figura 48: Níveis do custo nivelado do hidrogênio (LCOH).....			138
Figura 49: Série temporal de área de pastagem, em hectares, e rebanho bovino, em UA (1985-2021). .....			149
Figura 50: Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens			150
Figura 51: Area de pastagem no Brasil de acordo com o nível de degradação em 2024 ...			151
Figura 52: Histórico de área de pastagem em Minas Gerais de acordo com o nível de degradação.....			152
Figura 53: Distribuição de área de pastagem em Minas Gerais de acordo com o nível de degradação em 2024 .....			152
Figura 54: Projeção de consumo e produção de carne bovina (2024-2034) .....			154
Figura 55 Distribuição do rebanho bovino por municípios de Minas Gerais em 2024.....			155
Figura 56: Comparativo anual dos preços médios do Boi Gordo e do Boi Magro 2005-2025 .....			158
Figura 57: Principais estados produtores de Carvão Vegetal no Brasil em 2023.....			175
Figura 58: Distribuição geográfica da produção de carvão vegetal no estado de Minas Gerai .....			175
Figura 59: Valor percentual da produção na silvicultura no Brasil e Minas Gerais (1990-2023) .....			176
Figura 60: Consumo por setor industrial de carvão vegetal em 2024.....			177
Figura 61: Unidades de processamento de gás natural em azul e marcações em verde para existência de gasodutos de transporte.....			195
Figura 62: Localização dos postos de abastecimento de GNV no estado de Minas Gerais			196



## Índice de quadros

Quadro 1: Resumo – GCF .....	29
Quadro 2: Resumo – GEF .....	31
Quadro 3: Resumo – CIF .....	37
Quadro 4: Resumo – GCPF .....	39
Quadro 5: Resumo – Banco Mundial .....	43
Quadro 6: Resumo – BID .....	46
Quadro 7: Resumo – NDB .....	48
Quadro 8: Resumo – BEI .....	49
Quadro 9: Resumo – CAF .....	50
Quadro 10: Resumo – FONPLATA .....	51
Quadro 11: Resumo – KfW .....	52
Quadro 12: Considerações gerais sobre o projeto .....	131
Quadro 13: Cenários alternativos de implantação do projeto .....	139
Quadro 14: Planos e programas relacionados a produção de hidrogênio de baixo carbono .....	143
Quadro 15: Barreiras para o desenvolvimento de projeto de hidrogênio .....	145
Quadro 16: Parâmetros considerados e suas variações em relação ao cenário de referência nos cenários analisados .....	165
Quadro 17: Planos e programas relacionados a recuperação de pastagens .....	168
Quadro 18: Riscos e barreiras para a execução de projetos de recuperação de pastagens .....	170
Quadro 19: Considerações gerais sobre o projeto .....	180
Quadro 20: Cenários alternativos de implantação do projeto .....	185
Quadro 21: Planos e programas relacionados a produção de carvão vegetal .....	187
Quadro 22: Riscos e barreiras para a execução de projetos de recuperação de pastagens .....	189
Quadro 23: Pontos de recebimento de GNV em Minas Gerais .....	195
Quadro 24: Considerações gerais sobre o projeto .....	198
Quadro 25: Cenários alternativos de implantação do projeto .....	205
Quadro 26: Planos e programas relacionados à substituição do motor a diesel convencional por motor a gás .....	209
Quadro 27: Barreiras para o desenvolvimento de projeto de conversão de frota de caminhões para operação a gás .....	210

## Índice de tabelas



Tabela 1: Especificações técnicas do eletrolisador .....	133
Tabela 2: Resumo dos parâmetros utilizados .....	135
Tabela 3: Resumo dos resultados financeiros .....	136
Tabela 4: Resultados dos cenários .....	140
Tabela 5: Considerações gerais sobre o projeto .....	156
Tabela 6: Resumo dos outros custos do CAPEX para cada processo de recuperação .....	160
Tabela 7: Levantamento do custo das máquinas e implementos agrícolas necessários ....	160
Tabela 8: Resultados dos cenários .....	166
Tabela 9: Especificações e premissas técnicas do Forno com tecnologia Ondatec .....	181
Tabela 10: Preço do Carvão Vegetal em Minas Gerais (R\$/m <sup>3</sup> ) de janeiro – agosto de 2025 .....	182
Tabela 11: Resumo dos resultados financeiros .....	183
Tabela 12: Resultado dos Cenários .....	186
Tabela 13: Percentual de adição de biometano ao GNV .....	200
Tabela 14: Valores e considerações gerais sobre OPEX e CAPEX aplicáveis ao projeto...	200
Tabela 15: Resumo dos resultados financeiros .....	201
Tabela 16: Análise de sensibilidade do projeto – Preço do Biometano versus % de mistura do Biometano ao GNV .....	203
Tabela 17: Análise de sensibilidade do projeto – Preço do Biometano versus Preço do GNV .....	204
Tabela 18: Resultados dos cenários (VPL = 0).....	206

## ACRÔNIMOS

ABIHV – Associação Brasileira da Indústria de Hidrogênio Verde

ACL – Ambiente de Contratação Livre

ACR – Ambiente de Contratação Regulado

ADB – *Asian Development Bank* (Banco Asiático de Desenvolvimento)

AFD – Agência Francesa de Desenvolvimento

AfDB – *African Development Bank* (Banco Africano de Desenvolvimento)

AFOLU – Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

AID – Associação Internacional de Desenvolvimento



AIIB – Banco Asiático de Investimento em Infraestrutura

ALK – Alkaline Electrolyzer (Eletrolisador Alcalino)

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

AND – Autoridade Nacional Designada

ApexBrasil – Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos

ATER – Assistência Técnica e Extensão Rural

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

Bandes – Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo

BNDES – Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais

BEI – Banco Europeu de Investimentos

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento

BioCCS – Bioenergy with Carbon Capture and Storage (Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono)

BIP – Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica

BIRD – Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

BMD – Bancos Multilaterais de Desenvolvimento

BMZ – Ministério do Desenvolvimento e Cooperação da Alemanha

BNB – Banco do Nordeste do Brasil

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

BNDESPAR – BNDES Participações S.A.

BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul

CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe



CBIO – Crédito de Descarbonização

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

CCUS – *Carbon Capture, Utilisation and Storage* (Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono)

CEF – Caixa Econômica Federal

CIF – *Climate Investment Funds* (Fundos de Investimento Climático)

CMAA – Companhia Mineira de Açúcar e Álcool

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária

COP28 – 28ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas

COP29 – 29ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas

CTF – *Clean Technology Fund* (Fundo de Tecnologia Limpa)

DPSP – *Dedicated Private Sector Program* (Programa Dedicado ao Setor Privado)

DRI – *Direct Reduced Iron* (Redução Direta de Ferro)

EAF – *Electric Arc Furnace* (Forno Elétrico a Arco)

FBN – Fixação Biológica de Nitrogênio

EBRD – *European Bank for Reconstruction and Development* (Banco Europeu para Reconstrução e Desenvolvimento)

Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ESG – *Environmental, Social and Governance* (Ambiental, Social e Governança)

FAO – *Food and Agriculture Organization* (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)

Fapesp – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo



FCI – Fundos Climáticos Internacionais

Feam – Fundação Estadual do Meio Ambiente

FEI – Fundo Europeu de Investimento

FEP-PPP – Fundo de Apoio à Estruturação de Projetos de Concessão e Parceria Público-Privada

FGTS – Fundo de Garantia do Tempo de Serviço

FIDC – Fundo de Investimento em Direitos Creditórios

FINAME – Agência Especial de Financiamento Industrial

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos

FIP – Programa de Investimento Florestal

FNE – Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste

FNMC – Fundo Nacional sobre Mudança do Clima

FONPLATA – Fundo Financeiro para o Desenvolvimento da Bacia do Prata

Funbio – Fundo Brasileiro para a Biodiversidade

FUNSES – Fundo Soberano do Estado do Espírito Santo

GCF – Green Climate Fund (Fundo Verde para o Clima)

GCPF – Global Climate Partnership Fund (Fundo de Parceria Climática Global)

GEE – Gases de Efeito Estufa

GEF – *Global Environment Facility* (Fundo Global para o Meio Ambiente)

GESP – Programa Global de Armazenamento de Energia

GFDT – Fundo Global para Descarbonização do Transporte

GIZ – Agência Alemã de Cooperação Internacional

GNV – Gás Natural Veicular

GTAP – Grupo de Trabalho para Análise de Projetos Ambientais



HEV – *Hybrid Electric Vehicle* (veículos híbridos flex)

H<sub>2</sub> – Hidrogênio

HBI – Hot Briquetted Iron (Ferro briquetado a quente)

HVO – óleo vegetal hidratado (diesel verde)

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços

ICSID – Centro Internacional para a Solução de Disputas sobre Investimentos

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IEF – Instituto Estadual de Florestas

IFACC – Innovative Finance for the Amazon, Cerrado and Chaco (Inovação Financeira para Amazônia, Cerrado e Chaco)

IFC – *International Finance Corporation* (Corporação Financeira Internacional)

ILP – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária

ILPF – Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta

Igam – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IMVC – Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

JICA – Agência de Cooperação Internacional do Japão

KfW – *Kreditanstalt für Wiederaufbau* (Banco de Desenvolvimento Alemão)

LCOE – Levelized Cost of Energy (Custo Nivelado de Energia)

LCOH – Levelized Cost of Hydrogen (Custo Nivelado do Hidrogênio)

LULUCF – *Land use, Land-Use Change and Forestry* (Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas)

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação



MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços

MF – Ministério da Fazenda

MIDR – Ministério de Integração e do Desenvolvimento Regional

MIGA – Agência Multilateral de Garantia de Investimentos

MMA – Ministério de Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MPDG – Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão

MPMEs – Micro, pequenas e médias empresas

MRV Climático – Monitoramento, Relato e Verificação

NDB – *New Development Bank* (Novo Banco de Desenvolvimento)

NPC – Programa Natureza, Povos e Clima

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PBL – *Policy-Based Loans* (Empréstimos Baseados em Políticas)

PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas

PEM – Proton Exchange Membrane Electrolyzer (Eletrolisador de Membrana de Troca de Prótons)

PFO – Ponto Focal Operacional

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

PID – Programa de Descarbonização da Indústria

PIF – *Project Identification Form* (Formulário de Identificação do Projeto)

PLAC-MG – Plano Estadual de Ação Climática

PMEs – Pequenas e Médias Empresas

PNH2 – Política Nacional de Hidrogênio



PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima

PPA – Power Purchase Agreement (Contrato de Compra de Energia)

PPP – Parceria Público-Privada

ProAdapta – Apoio ao Brasil na Implementação da sua Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima

Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

Propag – Programa de Pleno Pagamento das Dívidas dos Estados

PSA – Pagamentos por Serviços Ambientais

PSAA – Abordagem de Avaliação Específica de Projeto

PSF – *Private Sector Facility*

PTE-II – Programa de Transição Energética

Regap – Refinaria Gabriel Passos

REI – Programa de Integração de Energia Renovável

RenovaBio – Política Nacional de Biocombustíveis

RenovAgro – Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis

RMBH – Região metropolitana de Belo Horizonte

SAF – Combustível Sustentável para Aviação

SAIN/MF – Secretaria de Assuntos Internacionais do Ministério da Fazenda

SCF – *Strategic Climate Fund* (Fundo Climático Estratégico)

SEDE – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico

SEDES – Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado do Espírito Santo

SEF/MG – Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável



SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

SMR – Steam Methane Reforming (Reforma a Vapor de Metano)

SNF – Sistema Nacional de Fomento

STAR – *System for Transparent Allocation of Resources* (Sistema para a alocação transparente de recursos)

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TFB – Taxa Fixa do BNDES

TFBD – Taxa Fixa BNDES em Dólar

TLP – Taxa de Longo Prazo

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

UHRs – Hidrelétricas reversíveis

Unesp – Universidade Estadual Paulista

UNFCCC – Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas

VPL – Valor presente líquido

WACC – Weighted Average Cost of Capital (Custo médio ponderado do capital)

ZPE – Zona de Processamento de Exportação



# INTRODUÇÃO

Este documento tem como objetivo apresentar as necessidades e oportunidades de investimento, visando contribuir para a descarbonização do estado de Minas Gerais nos setores de Agropecuária, Florestas e Outros Usos da Terra (AFOLU), Energia, Indústria e Transporte. Para atender a esse propósito, o conteúdo está organizado em 05 seções:

**Seção 1:** traz uma breve contextualização do projeto Rota;

**Seção 2:** busca trazer uma estimativa dos investimentos necessários para a implementação das tecnologias identificadas na atividade anterior, trazendo o valor estimado do investimento e os benefícios não apenas do ponto de vista de redução de emissões, mas também outros benefícios identificados, sejam eles econômicos, sociais ou ambientais;

**Seção 3:** detalha o mapeamento das oportunidades de captação de recursos nacionais e internacionais, públicos e privados, buscando adequação entre as necessidades identificadas e as condições de acesso e sinergias aos fluxos de recursos ofertados. Além disso traz uma análise da consulta ao setor produtivo;

**Seção 4:** apresenta quatro estudos de caso, cada um correspondente a um dos setores contemplados pelo projeto Rota. No setor de energia, o estudo analisa a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma planta de hidrogênio verde de baixo carbono, destinada ao abastecimento da indústria do aço em Minas Gerais. No setor AFOLU, o foco recai sobre a viabilidade da recuperação de áreas de pastagem moderadamente degradadas, voltadas a propriedades rurais que operam em sistemas de engorda de bovinos de corte. Já no setor industrial, o estudo avalia a viabilidade da implantação de uma planta de produção de carvão vegetal para suprir a demanda do setor em Minas Gerais. Por fim, no setor de transporte, o caso examina a viabilidade da conversão de caminhões a diesel para motores movidos a gás.

**Seção 5:** destaca os principais resultados deste produto.

**ANEXO:** Arquivos em excel com as informações utilizadas na elaboração dos estudos de caso.



# 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: 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<sup>1</sup>, na sigla em inglês);
- 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 desta 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*.

Nesse contexto, o presente trabalho dá continuidade à etapa anterior e apresenta, de forma estruturada, um portfólio de investimentos estratégicos voltado à implementação do *roadmap* de descarbonização dos setores contemplados pelo projeto. Esse trabalho inclui o mapeamento do panorama atual de investimentos, a avaliação da aderência às curvas MAC,

---

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



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 última etapa, também em andamento, 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.



# NECESSIDADES DE FINANCIAMENTO

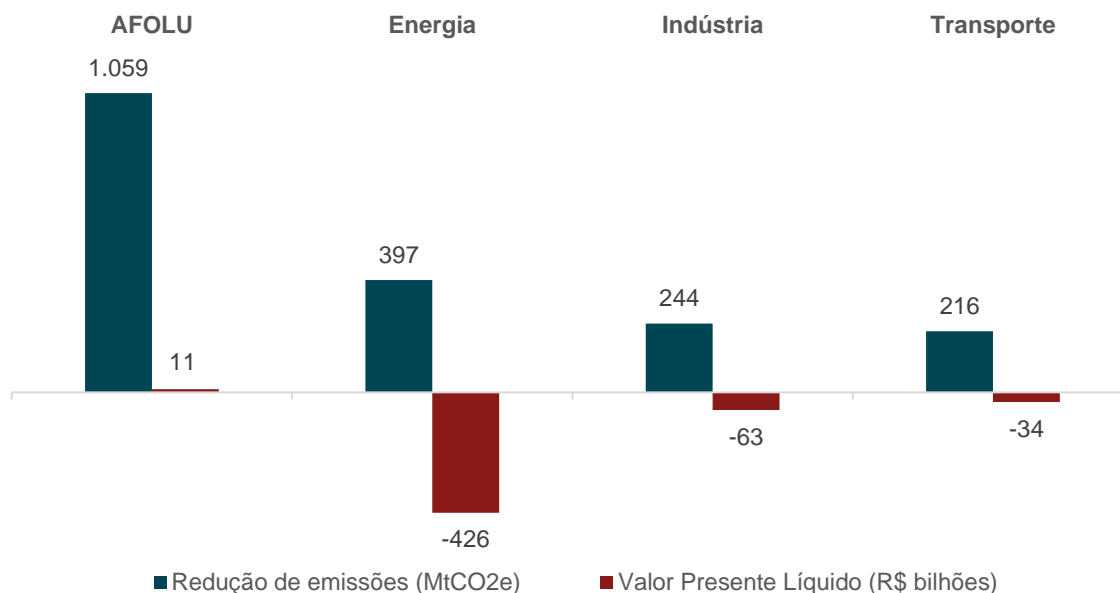
A estimativa de investimentos necessários para a transição rumo a uma economia de baixo carbono constitui uma etapa estratégica para a viabilização das tecnologias. A análise contempla os custos envolvidos na implementação, bem como os benefícios associados às alternativas tecnológicas, incluindo a redução das emissões de GEE e demais impactos positivos de natureza econômica, social e ambiental. Nesse sentido, esta seção aborda a estimativa de necessidade de investimentos para a implementação das tecnologias avaliadas anteriormente na curva MAC.

Inicialmente, destaca-se que o Cenário Rota projeta, até 2050, uma redução de 75% nas emissões em relação ao ano-base de 2023, enquanto o Cenário Base indica um aumento de 16% no mesmo período. As contribuições para a redução das emissões variam entre os setores, em função da disponibilidade e aplicabilidade das tecnologias consideradas. Além disso, por meio da curva MAC, todos os setores avaliaram a relação entre custo e efetividade das tecnologias sugeridas. Assim, para determinar o custo total da descarbonização do estado no cenário Canário Rota, foram somados os Valores Presentes Líquidos (VPLs) de todas as tecnologias avaliadas. Com isso, totalizam-se R\$ 512 bilhões necessários, a serem investidos entre 2026 e 2050, direcionados à descarbonização dos quatro setores-chave: AFOLU, energia, indústria e transporte.

Ressalta-se que o montante estimado de R\$ 512 bilhões, previsto para o período de 2026 a 2050, não será distribuído de forma uniforme ao longo do tempo. As particularidades técnicas de cada solução de descarbonização, bem como as diferentes fases de maturidade e inserção no mercado das tecnologias podem variar os parâmetros utilizados na construção das curvas MAC, resultando em variações temporais dos resultados estimados. Adicionalmente, observa-se que os investimentos não são alocados de maneira equitativa entre os setores analisados. Do mesmo modo, não há proporcionalidade direta com o potencial de mitigação de emissões de cada setor, conforme apresenta a Figura 1.



Figura 1: Distribuição setorial da mitigação total e dos custos totais associados



Fonte: Elaboração própria.

O setor de AFOLU destaca-se como o principal vetor de mitigação de emissões de GEE do estado de Minas Gerais. As tecnologias avaliadas para este setor apresentam o maior potencial de redução de emissões, além de ser o único setor que demonstrara viabilidade econômica positiva, evidenciada por um VPL agregado superior a zero. Essa característica posiciona o setor como fonte de oportunidades estratégicas para a descarbonização, combinando alto impacto ambiental com retorno econômico favorável. Por fim, além da redução de emissões e da captura de carbono promovidas no setor, destacam-se outros impactos ambientais positivos, como o fortalecimento da resiliência climática e da segurança hídrica, que geram efeitos econômicos indiretos relevantes à produção agropecuária mineira.

No entanto, a necessidade de investimento estimada representa um significativo desafio frente ao orçamento do estado de Minas Gerais. Em 2025, por exemplo, a previsão do orçamento fiscal estadual foi de R\$ 137,54 bilhões, sendo 4,45% destinados às ações relacionadas ao meio ambiente (MINAS GERAIS, 2025). A magnitude desse montante, portanto, demanda uma abordagem estratégica para alocação de recursos, priorização de ações e mobilização de fontes externas de financiamento.

Embora a maioria das tecnologias analisadas, em especial nos setores de energia, indústria e transporte, não tenham se mostrado custo-efetivas, apresentam cobenefícios ambientais e sociais associados à sua implementação. De modo geral, observa-se que as tecnologias impulsionam o desenvolvimento sustentável, a geração de empregos verdes e o estímulo à inovação.



Para o setor de energia, a expansão da eletricidade por novas tecnologias fortalece a segurança energética e qualifica a mão de obra, enquanto a modernização do refino de petróleo prepara a infraestrutura para a transição rumo a biorrefinarias. No setor de transporte, destaca-se o potencial de atração de investimentos voltados à mobilidade elétrica, impulsionado pelo crescimento da produção de lítio. Além da mitigação de emissões de GEE, a adoção de veículos elétricos contribui significativamente para a redução da poluição atmosférica e dos impactos negativos à saúde pública. Adicionalmente, a expansão do transporte ferroviário de cargas representa uma oportunidade de melhoria na eficiência logística do país. Ademais, o desenvolvimento industrial baseado em fontes renováveis pode fomentar a geração de renda estadual, especialmente por meio da substituição do carvão mineral importado por uma cadeia produtiva local. A utilização de resíduos na produção de cimento também se apresenta como uma alternativa eficiente para a gestão de resíduos industriais, promovendo ganhos ambientais e econômicos.

Diante das limitações orçamentárias, os benefícios ambientais e sociais associados a essas soluções podem ser utilizadas como alavancas para atrair investimentos nacionais e internacionais, especialmente aqueles vinculados a fundos climáticos e finanças verdes. Além disso, destacam-se os mecanismos de financiamento inovadores e parcerias público-privadas que viabilizem a implementação das tecnologias de descarbonização, sendo a valorização desses cobenefícios estratégica para ampliar o engajamento de atores públicos e privados na agenda climática.

Nesse sentido, o alinhamento à redução de emissões projetada no Cenário Rota representa um desafio significativo para o estado, exigindo esforços coordenados e investimentos em diversas frentes. No entanto, essa trajetória também configura uma oportunidade estratégica para dinamizar a economia local, por meio da atração de empresas comprometidas com práticas sustentáveis e do estímulo à inovação tecnológica e à modernização dos setores produtivos.



# PANORAMA DA OFERTA DE FINANCIAMENTO CLIMÁTICO

Para caracterizar a oferta de investimentos, serão mapeadas as oportunidades de captação de recursos nacionais e internacionais, públicos e privados, buscando adequação entre as necessidades identificadas e as condições de acesso e sinergias aos fluxos de recursos ofertados. Esta seção inclui:

- mapeamento das principais fontes e modalidades de financiamento;
- identificação dos principais órgãos e instituições de fomento;
- análise da estrutura de financiamento, incluindo gargalos e oportunidades;
- elaboração de um *roadmap* de investimentos setoriais.

## Mapeamento das principais fontes e modalidades de financiamento

As fontes de financiamento climático podem ser compostas de recursos públicos e/ou privados. No âmbito dos recursos públicos, destacam-se: emissão de títulos de dívida, precificação de carbono, pagamento de multas ou taxas sobre atividades poluidoras, recursos oriundos de cooperação internacional, recursos oriundos de filantropia, entre outros. Apesar da natureza ainda incipiente de fontes privadas para financiamento climático, a mobilização de capital privado também pode envolver recursos ligados à filantropia, assim como recursos investidos por empresas em projetos climáticos, recursos da emissão de títulos, entre outros.

Estratégias de financiamento misto (*blended finance*), que combinam os dois tipos de recursos também vem ganhando espaço. O intuito dessa abordagem é atrair capital comercial para projetos que beneficiam a sociedade enquanto fornecem retornos financeiros aos investidores. Ela se mostra especialmente útil em situações em que investimentos privados não são comercialmente viáveis devido ao alto risco ou retornos não comerciais, como pode ocorrer no caso do financiamento climático (WORLD BANK, 2025).

A partir disso, a arquitetura do financiamento climático é constituída, em sua origem, por fontes que reúnem esses recursos, como os Fundos Climáticos Internacionais (FCIs) e os Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (BMDs). Há, também, intermediários que canalizam os recursos e facilitam o acesso aos fundos, como as Agências bilaterais de cooperação, os próprios BMDs, que também atuam neste sentido, e atores do Sistema Nacional de Fomento (SNF). Os FCIs trabalham com diferentes parceiros, catalisando capital doméstico por meio de bancos nacionais e regionais de desenvolvimento, e financiamento do setor privado e de bancos multilaterais. Os FCIs de maior destaque são abordados nesta seção, enquanto os BMDs e o SNF são tratados na seção de Atuação dos órgãos de fomento.



## Fundos Climáticos Internacionais (FCIs)

A disponibilização e canalização dos recursos geridos pelos FCIs são operacionalizadas por meio de mecanismos e instrumentos financeiros, como empréstimos, garantias, subvenções e *equity*<sup>2</sup>. Dentre esses, destacam-se no financiamento climático direcionado ao Brasil os empréstimos concessionais e recursos de subvenção, voltados à assistência técnica, como evidenciado nas seções a seguir, que abordam cada uma das fontes. Instrumentos como garantias e *equity* também são usados, porém em menor escala.

### Fundo Verde para o Clima (GCF)

O Fundo Verde para o Clima (GCF, na sigla em inglês) é o maior fundo global dedicado ao combate às mudanças climáticas. Ele foi estabelecido na Convenção-Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (UNFCCC, na sigla em inglês) para apoiar os países em desenvolvimento a responder aos múltiplos desafios das mudanças climáticas. O Brasil é um dos países que pode receber recursos financeiros deste Fundo, alinhado às prioridades definidas no Programa País<sup>3</sup> (GCF, 2025a).

O fundo promove estratégias, planejamento e formulação de políticas integradas para maximizar os cobenefícios entre mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável. Além disso, investe em novas tecnologias, modelos de negócios e práticas e atua reduzindo o risco de investimento para mobilizar financiamento em escala. Para isso, utiliza recursos públicos escassos para melhorar o perfil de risco-recompensa de investimentos e incentiva a integração dos riscos e oportunidades climáticos na tomada de decisões de investimento (GCF, 2025a).

O Fundo recebe, majoritariamente, contribuições de países desenvolvidos signatários da UNFCCC, mas também pode receber contribuições de fontes públicas, privadas e alternativas. Essas fontes incluem, entre outras, países não signatários da UNFCCC, entidades e fundações. As contribuições de signatários da UNFCCC e de outras entidades soberanas podem ser feitas na forma de doações, capital ou empréstimos. Elas podem ser feitas em qualquer moeda conversível – em dinheiro ou, mediante acordo, por meio de nota promissória – e não há limite para o valor que um contribuinte pode aportar (GCF, 2025c). O Fundo atua por meio de quatro tipos de instrumentos financeiros, sendo eles (GCF, 2025a):

- subvenções: para entidades públicas ou organizações não governamentais;

<sup>2</sup> *Equity* é um instrumento financeiro que permite o investimento direto em projetos, empresas ou ativos, proporcionando capital necessário para alavancar dívida e alcançar melhores retornos financeiros. Esse instrumento é particularmente útil em projetos que apresentam altos riscos ou exigências financeiras significativas, que investidores tradicionais ou credores não estariam dispostos a assumir (BRASIL, 2025e).

<sup>3</sup> O Programa País é um instrumento de programação voluntário desenvolvido para orientar o engajamento nacional com o GCF. Ele apresenta uma visão geral do contexto nacional, da estrutura política e dos planos climáticos de um país, além de apresentar projetos ou programas que se pretende desenvolver com o apoio do GCF.



- empréstimos: para entidades privadas e públicas;
- garantias: para entidades privadas e públicas;
- investimentos em *equity*: para o setor privado.

O Fundo tem um total de 14 projetos no Brasil, que representam US\$ 468,9 milhões em financiamento. Além de 12 projetos preparatórios (*readiness*), que representam US\$ 5,4 milhões, no âmbito do Programa de *Readiness* e Apoio Preparatório, que apoia iniciativas dos países para fortalecer suas capacidades institucionais, visando transformações de longo prazo (GCF, 2025b).

Os projetos apoiados pelo Fundo que incluem o Brasil envolvem iniciativas de resiliência climática em comunidades rurais, preservação florestal, transporte de baixo carbono, fornecimento de garantias, entre outras (GCF, 2025d). Como exemplo, o Box 1 apresenta o detalhamento de um programa, com cofinanciamento do GCF, desenvolvido em parceria com a GIZ, AFD e PROPARCO, que pode ser aplicado à eletrificação de ônibus.

## BOX 1 - PROGRAMA E-MOTION: E-MOBILITY AND LOW CARBON TRANSPORTATION



O Programa *E-Motion: E-Mobility and Low Carbon Transportation* visa prestar assistência técnica para a criação de um ambiente político e empresarial propício à promoção da mobilidade de baixo carbono, com ênfase na eletrificação de frotas de ônibus do transporte público coletivo. Dentro deste escopo, o subprograma REFROTA está inserido como uma estratégia de financiamento voltada à renovação das frotas de transporte público em diversos estados brasileiros, priorizando a substituição por veículos elétricos (BRASIL, 2023c).

Além da atuação nacional, o Programa *E-Motion* contempla iniciativas em sete países da América Latina, com o objetivo de viabilizar a transição regional para a eletromobilidade em larga escala. Para isso, são promovidas ações de apoio à formulação de políticas públicas, desenvolvimento de modelos de negócios e concessão de incentivos financeiros voltados à implantação de veículos elétricos (GCF, 2024).

Valor total	Entidade Executora	Data	Coordenação Técnica
•US\$ 347,8 milhões	•AFD, PROPARCO e GIZ	•Aprovação: 18/07/2024 Status Atual Em Andamento	•AFD





### Principais ações

- Reduzir os riscos de investimento para o setor público e privado no setor de mobilidade elétrica;
- Evitar 4,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>;
- Acelerar a viabilidade generalizada da mobilidade elétrica no transporte público urbano;
- Aumentar a segurança, promover o acesso a empregos e garantir igualdade de gênero;
- Redução projetada de 41 toneladas de PM<sub>2,5</sub> e 4.842 toneladas de NO<sub>x</sub>.

Gabriel Jabur/Agência Brasília

### Beneficiários

- O principal beneficiário do programa é o setor público, com impactos positivos em grupos de vulnerabilidade social e ambiental. Além disso, o programa contribui para geração de novos empregos, aumentando a renda dos trabalhadores.



Green Climate Fund

### Tecnologia listada na MACC associada ao projeto

- *Eletrificação total de ônibus*

A submissão de propostas ao GCF, no entanto, encontra-se temporariamente suspensa, até a conclusão do novo Programa País, com horizonte de quatro anos, que está sendo atualizado e tem previsão de conclusão até o fim de 2025 (BRASIL, 2025g). A nova versão do documento incluirá uma lista de critérios para priorização de projetos por parte do Ministério da Fazenda (MF), que atua como Autoridade Nacional Designada (AND) do fundo e é responsável por dar a carta de não objeção a todos os projetos que busquem financiamento do GCF no Brasil. Entre esses critérios, destacam-se dois de relevância específica para o setor privado: primeiro, os projetos devem ter caráter nacional e, segundo, eles devem ser anteriormente submetidos e aceitos pela Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica (BIP), ou seja, devem estar contemplados pelos setores cobertos na plataforma antes de receber a não objeção do MF (BRASIL, 2025a).

O Ministério da Fazenda divulgou recentemente a carteira indicativa de curto prazo de projetos que farão parte da nova estratégia nacional de engajamento com o Fundo, no âmbito do processo de atualização do Programa País. A carteira é composta por oito projetos com expectativa de submissão e aprovação até 2027, no âmbito do segundo ciclo de reposição de



recursos do Fundo (GCF-2), e tem foco em iniciativas nacionais e na atuação estratégica do país no financiamento climático internacional (BRASIL, 2025f).

A carteira inclui, entre outros, um projeto de apoio à bioeconomia e três fundos: um voltado à alocação de recursos catalíticos para atrair capital privado nacional e internacional a projetos de transição climática no Brasil; um fundo de *private equity* que visa impulsionar soluções climáticas em estágio de crescimento no Brasil; e um fundo de *private equity* focado em soluções climáticas e aumento da produtividade de recursos no Brasil. Destaca-se também a inclusão na carteira do projeto Canary - Acelen Renewables (HSBC), voltado para o cultivo de macaúba em terras degradadas em Minas Gerais e Bahia, com processamento do óleo para produção de biocombustível e a criação de um corredor ecológico (BRASIL, 2025f).

O Plano Estratégico para 2024-2027 do GCF almeja o aumento significativo de apoio aos países em desenvolvimento, a melhoria ao acesso e o alcance de altos níveis de impacto catalítico por meio de recursos financeiros, parcerias, poder de articulação, pessoas e conhecimento, o que é oportuno no contexto do planejamento da descarbonização de Minas Gerais.

O plano define um conjunto de resultados a serem alcançados ao longo do ciclo e apresenta como suas ambições, entre outras: aumentar a quantidade de entidades de acesso direto com financiamento aprovado, contribuir para a adoção de práticas sustentáveis e de baixa emissão por pequenos produtores, desenvolver infraestrutura de baixa emissão resiliente ao clima, fornecer capital inicial para soluções climáticas inovadoras e permitir que instituições financeiras nacionais e regionais acessem recursos, especialmente para micro, pequenas e médias empresas (MPMEs).

As entidades credenciadas de acesso direto no Brasil, atualmente, incluem apenas o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Caixa Econômica Federal (CEF) e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio). As ambições apresentadas, no entanto, indicam a possibilidade de ampliação do acesso aos recursos do Fundo por parte de outras instituições, incluindo as subnacionais, que, por sua vez, financiariam a adoção de infraestrutura e práticas sustentáveis e de baixa emissão. Organizações privadas, públicas, não governamentais, subnacionais, nacionais, regionais ou internacionais que demonstrem possuir capacidades especializadas em impulsionar a ação climática podem se candidatar a se tornar Entidades Credenciadas pelo GCF.

Para isso, precisam ser nomeadas pela Autoridade Nacional Designada que, no caso do Brasil, é a Secretaria de Assuntos Internacionais do Ministério da Fazenda (SAIN/MF). É necessário que as organizações tenham projetos ou programas de mudança climática claros, detalhados e acionáveis para apresentar ao GCF, promovendo a mitigação e a adaptação. Devem também atender aos padrões do Fundo com base em critérios financeiros, salvaguardas ambientais e sociais e questões de gênero.



De forma complementar à acreditação institucional, o GCF está desenvolvendo o piloto da Abordagem de Avaliação Específica de Projeto (PSAA), que tem duração de três anos (abril de 2023 a março de 2026). Essa iniciativa consiste na avaliação da capacidade de entidades não credenciadas atenderem aos padrões de acreditação do GCF para implementar um projeto ou programa climático. O GCF analisará até dez propostas por ano durante o período do piloto, com o objetivo de simplificar e ampliar o acesso ao financiamento climático, trabalhando com novos parceiros (GCF, 2025d).

O foco direcionado aos pequenos produtores e às MPMEs, apontado no Plano Estratégico do Fundo, está alinhado ao perfil do estado. De acordo com dados do Data MPE do Sebrae, do total de empresas registradas em Minas Gerais até 2024, 53,7% correspondiam a Microempresário Individual (MEI), totalizando 1.332.213 estabelecimentos; 30,6% eram Microempresa (ME), correspondendo a 758.711 estabelecimentos; e 4,16% eram Empresa de Pequeno Porte (EPP), somando 103.148 estabelecimentos. Juntas, essas categorias representavam 88,5% do total de empresas mineiras. No que se refere ao emprego, em 2022, 22,8% dos funcionários pertenciam a microempresas, 22,6% a pequenas empresas e 11,4% a médias empresas, resultando em uma representatividade de 56,7% dos postos de trabalho (SEBRAE, 2025).

Neste sentido, um dos projetos que já recebem recursos do Fundo e tem o Brasil como um de seus beneficiários é o Fundo *Kuali*, que visa contribuir para a transição para economias de baixo carbono e resilientes, promovendo a adoção sistêmica das melhores práticas climáticas por pequenas instituições financeiras, de modo que, em última análise, elas forneçam produtos verdes e climáticos para Pequenas e Médias Empresas (PMEs) e para pequenos agricultores e produtores. O projeto do fundo foi aprovado em março de 2024 e está em status de formalização.

O Quadro 1 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do GCF.

Quadro 1: Resumo – GCF

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Total de 14 projetos no Brasil, que representam US\$ 468,9 milhões em financiamento. Além de 12 'readiness activities', que representam US\$ 5,4 milhões.	Subvenções, <i>equity</i> , garantias, empréstimos concessionais e pagamentos baseados em resultados.	No Brasil: BNDES, Caixa e Funbio. Outras entidades incluem: BID, BID Lab, CAF, IFC, Banco Mundial, BEI, KFW, entre outros.
Requisitos relevantes para acesso		



<p>Para acessar recursos do fundo, é necessário ser uma entidade credenciada ou acessar por meio de uma das mais de 100 entidades credenciadas (exceto nos casos de PSAA).</p> <p>O Fundo possui seis critérios básicos que são avaliados para a concessão de qualquer financiamento:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• potencial de impacto;</li> <li>• potencial de mudança de paradigma;</li> <li>• potencial de desenvolvimento sustentável;</li> <li>• eficiência e efetividade;</li> <li>• necessidade do país recipiente.</li> </ul>
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>
<p>Projetos de preservação florestal, projetos de transporte de baixo carbono, fundos, projetos para fornecimento de garantias etc.</p>
<b>Atuação com entidades privadas</b>
<p>O GCF conta com o <i>Private Sector Facility</i> (PSF), projetado para financiar e mobilizar atores do setor privado, incluindo investidores institucionais, patrocinadores de projetos e instituições financeiras. Promove o investimento do setor privado por meio de instrumentos concessionais, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• linhas de crédito para bancos e outras instituições financeiras;</li> <li>• investimentos em ações e mitigadores de risco, como garantias;</li> <li>• proteção contra perdas;</li> <li>• programas de capacitação baseados em subsídios.</li> </ul> <p>O PSF estrutura esses instrumentos em diferentes práticas, incluindo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• financiamento de projetos: adaptação do financiamento;</li> <li>• mercados climáticos;</li> <li>• inovações climáticas: escala de investimentos em tecnologias e inovações climáticas de alto impacto.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

## Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF)

O Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, na sigla em inglês) é uma instituição internacional que apoia projetos ambientais globais, oferecendo financiamento e assistência técnica em áreas como biodiversidade, mudança climática e gestão de produtos químicos. Criado em 1991, o GEF promove a cooperação internacional para enfrentar desafios ambientais, operando como mecanismo financeiro para implementar convenções ambientais.

O GEF reúne diversos fundos multilaterais que atuam de forma integrada. Seu financiamento provém de países doadores participantes e é disponibilizado aos países em desenvolvimento e aos países com economias em transição, com o propósito de apoiar o cumprimento dos objetivos das convenções e acordos ambientais internacionais. Desde a sua criação, o GEF recebeu contribuições de 40 países doadores (GEF, 2025). O fundo opera em ciclos de financiamento, com recursos renovados a cada quatro anos pelos países doadores, e, atualmente, está no GEF-8 (de 2022 a 2026).

Os recursos são direcionados para dois principais canais (BRASIL, 2025):



- Sistema para a Alocação Transparente de Recursos (STAR, na sigla em inglês): recursos alocados diretamente aos países com base em critérios técnicos;
- *Set-aside*: recursos destinados a projetos globais, regionais ou temáticos.

A implementação dos projetos é realizada por uma rede de 18 agências implementadoras credenciadas, como o Funbio, Banco Mundial, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, na sigla em inglês) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), entre outras. Essas agências apoiam o desenvolvimento, a execução e o monitoramento dos projetos segundo os padrões técnicos, financeiros e socioambientais do GEF.

No Brasil, o processo de apresentação de propostas ao GEF é conduzido com o envolvimento do Ponto Focal Operacional (PFO), que, assim como no caso do GCF, é exercido pela Secretaria de Assuntos Internacionais do Ministério da Fazenda.

Nos projetos financiados com recursos STAR, o governo brasileiro, por meio dos ministérios setoriais, identifica uma demanda alinhada às prioridades do GEF. Em seguida, o ministério setorial responsável seleciona uma agência implementadora cadastrada para estruturar o projeto, garantindo sua conformidade tanto com as diretrizes do GEF quanto com as políticas nacionais. Posteriormente, o projeto é avaliado pelo Grupo de Trabalho para Análise de Projetos Ambientais (GTAP), responsável por sua avaliação e aprovação. Após a decisão do GTAP, o PFO analisa o projeto e emite a Carta de Endosso, documento necessário para a submissão do Formulário de Identificação de Projeto (PIF, na sigla em inglês) ao Secretariado do GEF.

Já para os projetos com recursos *set-aside*, o governo, ou outra entidade interessada, identifica uma demanda alinhada às prioridades do GEF. A partir dessa demanda, a entidade seleciona uma agência implementadora cadastrada. Quando se trata de entidades não governamentais, é necessário o acompanhamento de um ministério ou ente governamental. O projeto, então, deve ser apresentado ao PFO com a indicação dos entes governamentais envolvidos. Em seguida, o PFO solicita a emissão de nota técnica por parte do órgão responsável, com avaliação sobre o alinhamento do projeto com as políticas nacionais. Com base na nota técnica, o PFO examina a proposta e, caso atenda os critérios, emite a Carta de Endosso.

No oitavo ciclo de financiamento do GEF (GEF-8), o Brasil teve 26 projetos aprovados com financiamento total de US\$ 796,8 milhões.

O Quadro 2 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do GEF.

Quadro 2: Resumo – GEF

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
------------------------------	-----------------------------	----------------



No oitavo ciclo de financiamento do GEF (GEF-8), o Brasil teve 26 projetos aprovados com financiamento total de US\$ 796,8 milhões.	Subvenções, empréstimos concessionais, <i>equity</i> , garantias, financiamento estruturado.	Funbio, Banco Mundial, FAO, BID, entre outras.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
<p>A implementação dos projetos é realizada por meio de uma rede de 18 agências implementadoras credenciadas. Todos os projetos ou programas devem atender aos seguintes critérios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• estar em um país elegível;</li> <li>• ser conduzido pelo próprio país, e não por um parceiro externo, assegurando consistência com as prioridades nacionais voltadas ao desenvolvimento sustentável;</li> <li>• ser alinhado às prioridades do GEF;</li> <li>• solicitar financiamento do GEF apenas para os custos incrementais acordados em medidas para alcançar benefícios ambientais globais;</li> <li>• garantir a participação pública na concepção e implementação do projeto.</li> </ul>		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos com foco em biodiversidade, mudança climática e gestão de produtos químicos.		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
<p>Por meio do <i>Non-Grant Pilot Program</i>, apoia modelos de financiamento inovadores. Utiliza cinco intervenções diferentes para promover o engajamento do setor privado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• transformar os ambientes políticos e regulatórios;</li> <li>• implementar instrumentos financeiros inovadores;</li> <li>• convocar alianças entre múltiplas partes interessadas para desenvolver, harmonizar e implementar práticas sustentáveis;</li> <li>• fortalecer a capacidade institucional e a tomada de decisões para aprimorar a informação, a participação e a responsabilização nas decisões públicas e privadas;</li> <li>• demonstrar abordagens inovadoras.</li> </ul>		

Fonte: Elaboração própria.

## Fundos de Investimento Climático (CIF)

O Fundo de Investimento Climático (CIF, na sigla em inglês) foi criado em 2008 e é gerido por seis bancos multilaterais de desenvolvimento (sendo os dois primeiros componentes do Banco Mundial):

- Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD);
- Corporação Financeira Internacional (IFC, na sigla em inglês);
- Banco Asiático de Desenvolvimento (ADB, na sigla em inglês);
- Banco Africano de Desenvolvimento (AfDB, na sigla em inglês);
- BID;
- Banco Europeu para Reconstrução e Desenvolvimento (EBRD, na sigla em inglês).

O fundo atua reduzindo o risco e o custo do investimento climático, apoiando projetos pioneiros e promovendo mudanças transformadoras por meio de financiamento em larga escala, baixo custo e longo prazo. Com uma abordagem liderada por países, o CIF consiste



em dois fundos principais: o Fundo de Tecnologia Limpa (CTF, na sigla em inglês) e o Fundo Climático Estratégico (SCF, na sigla em inglês) (CIF, 2025b).

O CTF tem o objetivo de reduzir emissões de GEE a longo prazo, focando em projetos de grande escala para a demonstração e implantação de tecnologias de baixo carbono. O fundo oferece uma combinação de instrumentos financeiros, como subvenções, empréstimos concessionais, *equity* e garantias. Já o SCF, dá suporte para projetos piloto e abordagens inovadoras para desafios climáticos específicos. Seus objetivos incluem:

- canalizar financiamento adicional para mitigação e adaptação;
- incentivar ações ampliadas com impactos transformacionais;
- preservar e restaurar ecossistemas ricos em carbono.

O CIF estrutura suas ações em programas temáticos que promovem a coordenação entre múltiplos atores e a integração de políticas climáticas e de desenvolvimento. Os programas são implementados em parceria com:

- governos nacionais, responsáveis por identificar e priorizar projetos;
- BMDs que atuam como parceiros implementadores, administrando os recursos e oferecendo suporte técnico. Os recursos são acessíveis exclusivamente por meio dos BMDs que gerem os fundos, mencionados anteriormente;
- sociedade civil, setor privado e comunidades locais, que contribuem para a implementação e monitoramento das iniciativas (BRASIL, 2025h).

A SAIN/MF, assim como nos casos do GCF e GEF, desempenha o papel de ponto focal do CIF no Brasil, participando ativamente das instâncias deliberativas do fundo, defendendo os interesses do país nos programas, e propondo melhorias em seus processos e critérios. Além de sua atuação na governança do CIF, a SAIN/MF acompanha e supervisiona todas as etapas relacionadas ao desenvolvimento e implementação de projetos financiados pelo fundo no Brasil. Isso inclui:

- submissão de expressões de interesse para novos programas do CIF;
- elaboração de planos de investimento, em colaboração com os BMDs parceiros;
- implementação de projetos selecionados para financiamento;
- monitoramento e avaliação das iniciativas.

O financiamento do CIF só pode ser acessado por meio dos BMDs credenciados, que atuam como parceiros de implementação. O processo de acesso ocorre em etapas específicas, iniciando com o envio de uma Expressão de Interesse pelo governo do país interessado em participar de um determinado Programa de Investimento que esteja com uma chamada aberta.

O CIF conta com 14 projetos aprovados no Brasil, totalizando mais de US\$ 125 milhões em financiamento aprovado. Para fins de exemplificação, o Box 2 apresenta o detalhamento de



um projeto voltado ao estabelecimento de florestas plantadas e à recuperação de áreas degradadas, financiado pelo CIF e conduzido sob a coordenação técnica do BID.

## BOX 2 - PROJETO MACAÚBA



O Projeto Macaúba visa desenvolver uma alternativa sustentável ao óleo de palma por meio da estruturação da cadeia produtiva da macaúba, palmeira nativa do cerrado brasileiro. As atividades do projeto incluem pesquisa aplicada para produção de mudas, desenvolvimento de técnicas de cultivo e manejo em sistemas silvipastoris, além da concepção e aprimoramento de equipamentos industriais voltados ao processamento do coco da macaúba (FIP, 2018).

Valor total	Entidade Executora	Datas	Coordenação Técnica
•US\$ 3 milhões (CIF) + US\$ 2,97 milhões (cofinanciamento)	•INOCAS - Soluções em Meio Ambiente S.A	•Aprovação: 26/07/2017 •Encerramento: 17/06/2021	•BID



FIP (2018)

### Principais ações

- Atuar como Secretaria do Comitê Executivo Interministerial do PIB/FIP;
- Sequestro de 600.000 toneladas de CO<sub>2</sub>;
- Recuperação de 2.000 hectares de áreas e pastagens degradadas;
- Plantio de 600 mil mudas de macaúbas em sistemas agroflorestais;
- Treinamento de 100 agricultores e seus familiares em sistemas agroflorestais com macaúba;
- Processamento de 22 mil toneladas/ano de coco macaúba.

### Beneficiários

- Os principais grupos beneficiários do projeto são os agricultores familiares e extrativistas da região do Alto Paranaíba, MG.



FIP (2018)

### Tecnologias listadas na MACC associada ao projeto

- *Floresta Plantada; Recuperação de pastagem degradada.*



No âmbito do SCF, o país já recebeu investimentos anteriores, por meio do Programa de Investimento Florestal (FIP), que apoia a reversão de impactos climáticos nas florestas, investindo no combate ao desmatamento e à degradação florestal, além de capacitar comunidades, incluindo povos indígenas, na gestão sustentável de recursos naturais. No Brasil, o FIP teve um enfoque especial no Cerrado, bioma predominante no estado de Minas Gerais (BRASIL, 2025h).

O plano de investimentos do FIP, de US\$ 70 milhões, visou:

- promover o manejo sustentável e o uso de áreas de savana anteriormente antropizadas;
- manter os estoques de carbono e reduzir as emissões de GEE;
- aprimorar a coleta e a gestão de informações sobre o bioma Cerrado.

Além disso, o país apresentou um plano de investimento aprovado no âmbito do Programa de Integração de Energia Renovável (REI), dedicado à integração de energias limpas. O programa apoia a adaptação de sistemas energéticos, promovendo melhorias em redes, armazenamento e infraestrutura, com o objetivo de ampliar o uso de energia solar e eólica (BRASIL, 2025h).

O plano de investimento do Brasil para apoiar a descarbonização, submetido, em 2023, pelo governo brasileiro no âmbito do REI, conta com implementação por meio de duas intervenções lideradas pelo BID e pelo Banco Mundial. Na intervenção do BID, os recursos concessionais e não reembolsáveis do CIF-REI serão implementados por meio de dois componentes liderados e executados pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB): o primeiro é o Programa de Financiamento, direcionado à transição energética do Setor Elétrico Brasileiro, e o segundo é o Programa Fábrica de Projetos, que visa o desenvolvimento de estudos para a viabilidade de projetos com foco em empréstimos a serem concedidos pelo BNB, captando recursos do BID, além do desenvolvimento de estudos técnicos que contribuam para a superação das barreiras identificadas nesses projetos. Assim, esses programas visam integrar e promover a geração de energia renovável (BRASIL, 2023a).

O país também manifestou interesse em acessar financiamento do Programa Natureza, Povos e Clima (NPC), que financia soluções baseadas na natureza, integrando uso da terra, mitigação, adaptação climática e subsistência de comunidades rurais e indígenas (BRASIL, 2025h). Por meio do programa, o país contará com um total de US\$ 247 milhões em investimentos para promover a restauração florestal e ampliar o uso de soluções baseadas na natureza no país. O plano de investimento foi aprovado em fevereiro de 2025 (BRASIL, 2025b) e prevê US\$ 47 milhões em recursos concessionais do CIF, combinados com US\$ 100 milhões do Fundo Clima, via BNDES, e US\$ 100 milhões do Banco Mundial, que serão direcionados ao setor privado para financiar projetos de restauração na Amazônia e no cerrado.



O plano será implementado pelo BNDES, que concederá crédito ao setor privado para impulsionar investimentos em restauração florestal e cadeias produtivas sustentáveis. O objetivo é transformar áreas degradadas da bacia do Tocantins-Araguaia, conhecida como Arco do Desmatamento, em um novo Arco da Restauração, contribuindo para a redução das emissões de GEE, recuperação da vegetação nativa e criação de novas oportunidades econômicas.

No âmbito do CTF, o Brasil foi convidado, após a submissão de sua Expressão de Interesse, a desenvolver um plano de investimento de até US\$ 250 milhões para participar do recém-lançado Programa de Descarbonização da Indústria (PID), que canaliza recursos para acelerar a transição para emissões zero em setores industriais de alta emissão, promovendo parcerias público-privadas, inovação tecnológica e mudanças no comportamento da indústria, como a adoção de práticas, modelos de negócios e tecnologias de baixo a zero carbono e resilientes ao clima (CIF, 2025a).

Além disso, o país participa do Programa Global de Armazenamento de Energia (GESP), que financia soluções de armazenamento de energia, possibilitando que fontes renováveis estejam disponíveis para os consumidores quando necessário (BRASIL, 2025h). O Box 3 apresenta, de modo simplificado, o Programa GESP com atuação no Brasil.

## BOX 3 - GESP: SISTEMAS DE BESS PARA AUMENTAR A CONFIABILIDADE DOS SISTEMAS DE ENERGIA NO BRASIL



O Projeto GESP: Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) tem como finalidade fomentar a economia sustentável entre micro, pequenas e médias empresas no Brasil, por meio da promoção do mercado emergente de sistemas de armazenamento de energia. A iniciativa busca viabilizar e fortalecer projetos empresariais com foco em soluções BESS, contribuindo para o aumento da confiabilidade e acessibilidade no fornecimento de energia elétrica (BRASIL, 2025k).

Valor total	Entidade Executora	Data	Coordenação Técnica
<ul style="list-style-type: none"> <li>• US\$ 16,15 milhões (CIF) + US\$ 240 milhões (cofinanciamento)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CIF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovação: 15/12/2021</li> <li>• Status Atual: Em Andamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CIF</li> </ul>





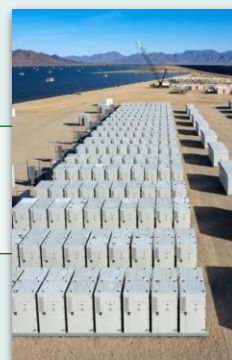
CUMMINS (2024)

### Principais ações

- Estabelecer uma rede elétrica mais diversificada, resiliente e confiável;
- Demonstrar viabilidade técnica;
- Ampliar o financiamento para recuperação econômica pós-COVID-19;
- Capacitação técnica de agentes.

### Beneficiários

- Os principais grupos beneficiários do projeto serão as micro, pequenas e médias empresas brasileiras.



CUMMINS (2024)

### Tecnologia listada na MACC associada ao projeto

- *Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias com geração solar auxiliar (BESS)*

Importante destacar que aproximadamente 30% do financiamento do CIF é efetivamente repassado e investido em operações do setor privado. Esse suporte ocorre por meio de planos de investimento nacionais e regionais, além de janelas específicas de financiamento, como o Programa Dedicado ao Setor Privado (DPSP, na sigla em inglês) e a *Futures Window*<sup>4</sup>.

O Quadro 3 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do CIF.

Quadro 3: Resumo – CIF

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
14 projetos aprovados no Brasil, com financiamento aprovado de mais de US\$ 125 milhões.	Subvenções, empréstimos concessionais, <i>equity</i> e garantias.	BIRD, IFC, ADB, AfDB, BID e EBRD.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		

<sup>4</sup> A *Futures Window* redireciona fundos de projetos cancelados ou parcialmente executados para iniciativas inovadoras em tecnologias limpas. Essa janela permite flexibilidade para apoiar projetos em setores emergentes, como armazenamento de energia e integração de renováveis (BRASIL, 2025d).



- financiamento só pode ser acessado por meio dos Bancos Multilaterais de Desenvolvimento credenciados, que atuam como parceiros de implementação;
- fundo atua por meio de programas temáticos que financiam transições energéticas, resiliência e soluções baseadas na natureza, para os quais o país tem que apresentar expressão de interesse.

#### Exemplos de tipos de projeto

Projetos de grande escala para a demonstração e implantação de tecnologias de baixo carbono e projetos piloto e abordagens inovadoras para desafios climáticos específicos.

#### Atuação com entidades privadas

Aproximadamente 30% do financiamento do CIF é destinado a operações do setor privado. Esse suporte ocorre por meio de planos de investimento nacionais e regionais, além de janelas específicas de financiamento, como o DPSP e a *Futures Window*.

Fonte: Elaboração própria.

## Fundo de Parceria Climática Global (GCPF)

O Fundo de Parceria Climática Global (GCPF, na sigla em inglês) é um fundo com sede em Luxemburgo, administrado pela gestora de ativos suíça *responsAbility Investments AG*. O Fundo é uma parceria público-privada, dedicada à mitigação das mudanças climáticas por meio da redução de emissões de GEE em mercados emergentes e em desenvolvimento. O foco está no financiamento de projetos de eficiência energética e energia renovável, tanto por meio de instituições financeiras locais quanto por financiamento direto. São elegíveis projetos que proporcionem economias significativas de energia e que se comprometam efetivamente a reduzir as emissões de GEE.

O GCPF trabalha com instituições financeiras de diversos níveis, apoiando na abertura de novas oportunidades comerciais, integrando aspectos ambientais e climáticos positivos aos modelos de negócios. Em termos financeiros, oferecem (GCPF, 2025):

- financiamento dedicado na forma de dívida sênior<sup>5</sup> ou subordinada<sup>6</sup>;
- financiamento de médio a longo prazo;
- linhas de crédito geralmente entre US\$ 10 milhões e US\$ 30 milhões, com cronogramas de desembolso flexíveis;
- financiamento de até 49,9% do capital de nível 1 (Tier 1), que correspondem aos recursos próprios mais sólidos de uma instituição, como capital social e lucros retidos,

<sup>5</sup> Dívida sênior é uma forma de financiamento que tem prioridade sobre outras dívidas em caso de falência ou liquidação de uma empresa. Os credores sêniores são os primeiros a serem pagos com os ativos disponíveis, antes dos detentores de dívida subordinada ou investidores de capital.

<sup>6</sup> Dívida subordinada é um tipo de financiamento que tem menor prioridade de pagamento em relação à dívida sênior. Em caso de inadimplência ou falência, os detentores de dívida subordinada são pagos apenas após os credores sêniores, o que implica maior risco e possibilidade de não recuperação do investimento caso os ativos da empresa sejam insuficientes.



e/ou até 25% do total de ativos, que inclui todos os bens e serviços que a instituição possui.

O Fundo também atua com empresas de infraestrutura climática que apresentem um modelo de negócios viável, sejam catalisadoras em seu segmento e possuam um histórico comprovado no desenvolvimento de projetos relacionados a soluções climáticas. O Fundo oferece financiamento direto, com foco em projetos de eficiência energética e energia renovável e de outros setores capazes de gerar um impacto climático positivo significativo (GCPF, 2025).

O Quadro 4 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do GCPF.

Quadro 4: Resumo – GCPF

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Não especificado.	Empréstimos.	Instituições financeiras locais.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
Projetos que gerem economias significativas de energia e se comprometam a reduzir as emissões de gases de efeito estufa.		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos de eficiência energética e energia renovável, bem como em outros setores que podem ter um impacto positivo significativo para o clima.		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
Trabalha com instituições financeiras de diversos níveis e empresas de infraestrutura climática que possuem um modelo de negócio viável, são catalisadoras em seu segmento e possuem histórico comprovado no desenvolvimento de projetos relacionados a soluções climáticas.		

Fonte: Elaboração própria.

## Atuação dos órgãos de fomento

Como detalhado anteriormente, além dos Fundos Climáticos Internacionais, a arquitetura do financiamento climático inclui também os BMDs, o Sistema Nacional de Fomento e outros atores relevantes. Os bancos nacionais podem acessar recursos dos FCIs e de Bancos Multilaterais, que, por sua vez, também podem implementar projetos diretamente, em parcerias com outras organizações.

Esta seção apresenta as organizações multilaterais mais representativas no contexto nacional e em Minas Gerais, bem como o Sistema Nacional de Fomento, abordando as instituições nacionais e estaduais com maior relevância em termos de atuação climática no estado. Além disso, aborda outros atores não financeiros, igualmente relevantes para o financiamento climático em Minas.



## Bancos Multilaterais de Desenvolvimento

Os Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (BMDs) são instituições financeiras de caráter público, fundadas e estabelecidas predominantemente por aportes dos países membros, além de outras fontes de recursos, como emissões de títulos no mercado financeiro e doações. Essas instituições visam financiamentos a projetos que promovam o desenvolvimento econômico e social dos países mutuários. Atualmente, existem aproximadamente 30 BMDs em operação no mundo, com escopos de atuação que variam entre regional e global (BRASIL, 2023b).

Os Bancos Multilaterais oferecem, além de financiamento para projetos, recursos financeiros e apoio técnico voltados à prestação de assistência técnica a países, estados e municípios. Esses instrumentos podem ser utilizados no desenho, implementação e avaliação de políticas públicas, representando um importante mecanismo de suporte tanto para órgãos da administração federal quanto para entes subnacionais (BRASIL, 2023b). Nesse contexto, a seguir serão apresentadas algumas das instituições de maior relevância na atuação climática em nível nacional e, conseqüentemente, no âmbito estadual.

### Banco Mundial

O Banco Mundial é uma instituição financeira internacional composta por 189 países membros, que atuam como acionistas representados por um Conselho de Governadores<sup>7</sup>, responsável pela formulação das diretrizes políticas da instituição.

A estrutura do Banco Mundial é formada por cinco entidades especializadas:

- Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD);
- Corporação Financeira Internacional (IFC);
- Associação Internacional de Desenvolvimento (AID),
- Agência Multilateral de Garantia de Investimentos (MIGA);
- Centro Internacional para a Solução de Disputas sobre Investimentos (ICSID).

O Grupo Banco Mundial é um importante financiador global de ações climáticas em países em desenvolvimento, oferecendo empréstimos com taxas de juros reduzidas para países de renda média, como o Brasil. Esses recursos são aplicados em projetos que visam promover o desenvolvimento sustentável, como aumento da produtividade agrícola, gestão sustentável

---

<sup>7</sup> O Conselho de Governadores é composto por um Governador e um Governador Suplente, nomeados por cada país-membro. O cargo é geralmente ocupado pelo Ministro das Finanças do país, pelo Governador do Banco Central ou por um alto funcionário de nível equivalente. Os Governadores e os Suplentes têm mandatos de cinco anos, podendo ser reconduzidos (BANCO MUNDIAL, 2025a).



de florestas e recursos naturais, geração e distribuição de energia, desenvolvimento de infraestrutura de transporte, entre outros.

O BIRD, maior banco multilateral de desenvolvimento do mundo, oferece empréstimos, garantias, produtos de gestão de riscos e serviços a países de renda média e a países de baixa renda com capacidade de crédito, além de coordenar respostas a desafios regionais e mundiais. Para isso, o BIRD financia as operações de crédito por meio de recursos próprios e da captação de fundos nos mercados internacionais de capitais, realizada por meio da emissão de títulos de dívida. Essa estratégia de financiamento permite ao BIRD acessar condições favoráveis de mercado, repassando os benefícios financeiros obtidos aos países mutuários. Em 2024, o BIRD levantou um total de US\$ 53 bilhões por meio da emissão de títulos em diversas moedas. No mesmo período, firmou novos compromissos financeiros no valor de US\$ 37,6 bilhões, distribuídos em 126 operações distintas, das quais oito foram estruturadas como cofinanciamentos entre o BIRD e AID (BANCO MUNDIAL, 2024).

A AID constitui a principal fonte multilateral de financiamento concessional voltada aos países de baixa renda e maior vulnerabilidade. Sua atuação ocorre por meio da concessão de crédito para o desenvolvimento, subvenções, garantias e empréstimos, que visam fomentar o crescimento econômico sustentável e a melhoria das condições de vida das populações mais carentes. O financiamento da associação provém, majoritariamente, de contribuições de países parceiros de alta e média renda, complementadas por transferências de outras entidades do Grupo Banco Mundial, reembolsos de créditos anteriormente concedidos e recursos captados nos mercados de capitais. Esses recursos mobilizados são direcionados ao financiamento de um abrangente pacote de políticas, definidas para cada ciclo de reposição de recursos, com áreas temáticas prioritárias e questões transversais definidas para cada ciclo de reposição de recursos. Em 2024, 75 países foram considerados elegíveis para receber assistência da AID, totalizando US\$ 31,2 bilhões, distribuídos em 235 operações, das quais oito foram estruturadas em parceria com o BIRD. Esses compromissos incluíram US\$ 23,1 bilhões em créditos e US\$ 8,1 bilhões em subvenções (BANCO MUNDIAL, 2024).

A IFC, é a maior instituição global de desenvolvimento focada no setor privado em mercados emergentes. Sua atuação envolve uma ampla gama de serviços, incluindo empréstimos, participações acionárias, financiamento comercial e de *commodities*, derivativos, financiamento estruturado e financiamento combinado. Além disso, atua como catalisador na mobilização de recursos adicionais por meio de empréstimos paralelos, participações em empréstimos, garantias parciais de crédito, securitizações, vendas de empréstimos, mecanismos de compartilhamento de riscos e investimentos em fundos (IFC, 2025b).

Para ser elegível ao financiamento, o projeto deve estar inserido no setor privado de um país em desenvolvimento membro da IFC, demonstrar viabilidade técnica, potencial de rentabilidade sustentável, e atender tanto aos padrões ambientais e sociais da IFC quanto à legislação do país anfitrião. Ressalta-se que a IFC não oferece financiamentos diretos a MPMEs ou a empreendedores individuais. Nesses casos, os recursos são disponibilizados



por meio de instituições financeiras intermediárias, que atuam como repassadoras dos financiamentos às MPMEs (IFC, 2025a).

A MIGA apoia investimentos sustentáveis do setor privado por meio da emissão estratégica de garantias, que simplificam o acesso a financiamento para projetos de desenvolvimento em mercados emergentes. Em sua estratégia para o ano fiscal de 2024-26, a instituição definiu como prioridade ampliar o apoio a iniciativas voltadas para as mudanças climáticas, especialmente nos setores de energia renovável, infraestrutura resiliente e agricultura adaptada ao clima. As iniciativas de financiamento climático foram um foco significativo no ano fiscal de 2024: a MIGA emitiu garantias para 30 projetos, equivalentes a 75% do total de projetos, em 22 países, apoiando esforços de mitigação ou adaptação climática. O componente de financiamento climático das garantias do ano fiscal de 2024 totalizou US\$ 2,5 bilhões, representando 38% do total do investimento garantido apoiado (MIGA, 2025a).

As garantias disponibilizadas pela MIGA viabilizam o fluxo de capital privado transfronteiriço ao oferecer cobertura contra risco político, garantias de crédito e garantias de financiamento comercial a investidores e credores do setor privado. Dessa forma, as garantias protegem os investimentos contra riscos não comerciais e podem ajudar os investidores acessarem condições de financiamento mais favoráveis (MIGA, 2025b).

Por último, o ICSID oferece mecanismos de arbitragem e mediação para resolução de conflitos entre investidores privados e estados. Além da administração de casos, o ICSID desenvolve atividades de divulgação e publicação sobre o direito internacional de investimentos e seus próprios processos (WORLD BANK, 2025b).

O Banco Mundial possui diversas frentes de atuação climática relevantes para o Brasil. O Fundo Global para Descarbonização do Transporte (GFDT), por exemplo, foi criado em 2021 e é um fundo multidoador que apoia países em desenvolvimento na transição para sistemas de transporte de baixo carbono por meio de investimentos em transporte público eficiente, mobilidade não motorizada e tecnologias limpas, promovendo simultaneamente o desenvolvimento e a mitigação climática (WORLD BANK, 2025).

Além do GFDT, aplicável ao Brasil, outro exemplo, desta vez de atuação específica no país, é o projeto “Vertentes - Consórcio de Paisagens Sustentáveis de Uso Múltiplo no Brasil”, aprovado em 2022, com término previsto para 2027, apoiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente, que prevê a destinação de US\$ 24,58 milhões para fortalecer o Ministério de Meio Ambiente (MMA) e o MAPA na promoção da gestão sustentável da paisagem (WORLD BANK, 2022). O foco do projeto está em áreas agrícolas e de pastagens intensificadas que impactam negativamente recursos ambientais estratégicos, como bacias hidrográficas e espécies endêmicas.

A atuação recente no Brasil inclui um projeto para apoiar o desenvolvimento da indústria de baixo carbono no Brasil. As instituições se comprometeram a cooperar no desenvolvimento



de mecanismos financeiros em apoio a projetos relacionados, especialmente, ao hidrogênio de baixo carbono em toda a cadeia de valor. Os recursos permitirão que empresas adotem tecnologias inovadoras com menor custo de capital. O BNDES será o mutuário e responsável pela implementação do projeto (WORLD BANK, 2023).

Em 2024, o Grupo Banco Mundial firmou a Estratégia de Parceria com o Brasil até o ano de 2028, que visa mobilizar financiamento climático para apoiar no combate ao desmatamento ilegal, reduzir as emissões de GEE de indústrias e cidades e aprimorar a gestão dos recursos naturais. Durante a vigência, a estratégia objetiva que os empréstimos do BIRD atinjam, em média, US\$ 2 bilhões ao ano, enquanto o financiamento da IFC exceda US\$ 5 bilhões anuais, incluindo recursos próprios e mobilização de recursos de terceiros. Além disso, a estratégia também prevê aumento nas garantias oferecidas pela MIGA (ONU NEWS, 2024).

Além do suporte financeiro, o Grupo oferece assistência técnica e consultoria especializada para apoiar a formulação e implementação de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável. O programa de Serviços de Consultoria em Finanças Sustentáveis e Ambiental, Social e Governança (ESG) da tesouraria do Banco Mundial oferece apoio técnico a mercados emergentes para fortalecer mercados de capitais sustentáveis e atrair investimentos privados para prioridades ambientais e sociais. Em 2024, em parceria com o BID, o grupo apoiou o Brasil na emissão de seu primeiro título soberano sustentável, no valor de US\$ 2 bilhões, destinado a ações de combate ao desmatamento, conservação da biodiversidade e redução da pobreza e da fome (WORLD BANK, 2024).

O Quadro 5 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do Banco Mundial.

Quadro 5: Resumo – Banco Mundial

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Mais de 20 projetos voltados ao clima e sustentabilidade, totalizando investimentos na casa dos bilhões de dólares.	Empréstimos flexíveis e concessionais, garantias, subvenções, programa por resultados, <i>equity</i> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acesso direto quando IFs são agências executoras de projetos liderados pelo governo ou o projeto faz parte de um programa ou parceria aprovado pelo governo;</li> <li>IFs receptoras podem atuar como intermediários financeiros, repassando recursos para bancos menores e governos locais.</li> </ul>
Requisitos relevantes para acesso		



- BIRD: requisitos de renda (países de renda média e baixa com capacidade de crédito);
- AID: requisitos de renda (países de baixa renda e maior vulnerabilidade);
- IFC: é necessário que o projeto esteja inserido no setor privado de um país em desenvolvimento membro da IFC, além de possuir potencial de rentabilidade sustentável, viabilidade técnica comprovada e conformidade com os padrões ambientais e sociais da IFC e da legislação do país anfitrião.

#### Exemplos de tipos de projeto

Projetos focados em mudanças climáticas, energia renovável, infraestrutura resiliente e agricultura climática.

#### Atuação com entidades privadas

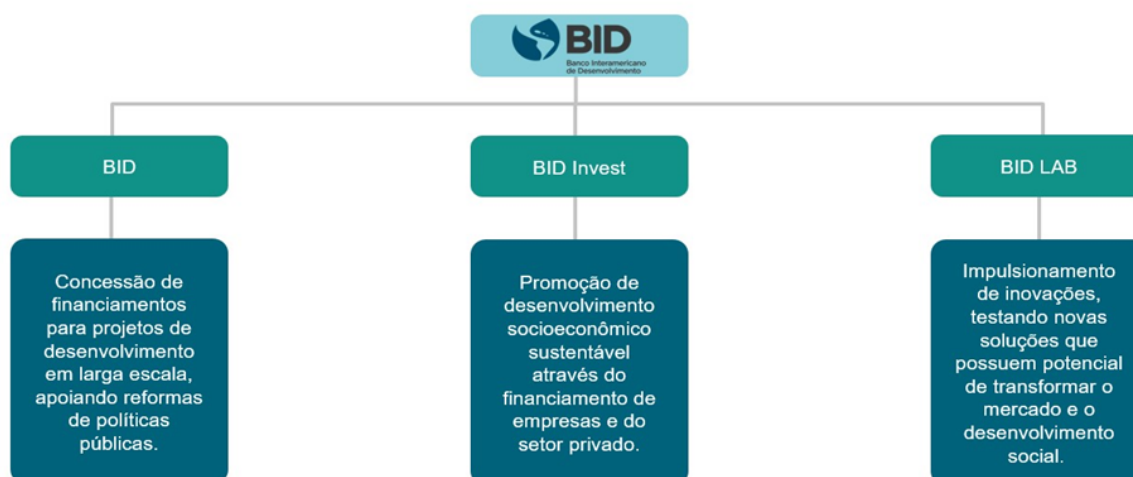
A IFC atua como o braço dedicado ao setor privado do Banco Mundial. Seu principal objetivo é fomentar o desenvolvimento econômico sustentável por meio de investimentos e consultorias. Oferecem serviços consultivos, gestão de ativos, financiamento misto, equity, empréstimos, entre outros.

Fonte: Elaboração própria.

## Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) representa a mais antiga instituição financeira de desenvolvimento regional do mundo, sendo a principal fonte de investimento da América Latina e Caribe. O BID tem como objetivo melhorar a qualidade de vida da população, auxiliando no combate à pobreza e à fome. Na organização, existem três principais divisões de investimentos: BID, BID *Invest* e BID LAB, apresentadas na Figura 2 (BID, [S. d.]):

Figura 2: Divisões de investimentos do BID



Fonte: Elaboração própria com base em BID (2025).



O BID é o componente mais antigo e conhecido do grupo, com foco no setor público. Seus principais clientes são governos, estados e municípios. O banco oferece apoio técnico e financeiro para projetos que estimulem o desenvolvimento em áreas como infraestrutura, saneamento, educação e governança ambiental.

O BID *Invest* atua como captador de investimentos para o setor privado, buscando atrair e direcionar investimentos que impulsionem o desenvolvimento regional. Essa divisão trabalha diretamente com empresas, instituições e projetos, oferecendo instrumentos como empréstimos diretos, garantias de crédito e apoio a títulos sustentáveis. Um exemplo prático dessa atuação é encontrado no financiamento de US\$ 250 milhões para o Grupo Simpar descarbonizar sua frota de veículos (IDB, SIMPAR, 2022).

Por sua vez, o BID LAB tem como objetivo a inovação e o desenvolvimento de soluções que possuem o potencial de impacto social e ambiental. Entre seus programas está o LAC *E-Coop*, que promove o acesso a fontes de energia limpa para atividades produtivas em organizações rurais por meio de serviços financeiros e capacitação (BID, 2024a; IDB Lab, 2025).

O comprometimento da organização com os países Latino-Americanos e com a agenda climática pode ser observado ao comparar os dados da última década com o anúncio realizado durante a 28ª Conferência das Partes da UNFCCC (COP28) de triplicar o financiamento climático para US\$ 150 bilhões na década seguinte. De 2013 a 2022, o Grupo aumentou esse tipo de financiamento na região de US\$ 1 bilhão para US\$ 11 bilhões, um dos maiores aumentos já registrados entre os bancos de desenvolvimento. Em 2023, o valor financiado atingiu o recorde de US\$ 7,5 bilhões. O BID também já garantiu que 100% dos seus novos projetos estejam alinhados aos fundamentos do Acordo de Paris (BID, 2024b; GFL, 2024).

No contexto nacional, o BID atua como financiador em diversos projetos, com aportes que totalizam mais de US\$ 55 bilhões já desembolsados. Atualmente, o foco do Banco no Brasil tem sido na agenda climática e, em 2024, anunciou linha de crédito de US\$ 2 bilhões e apoio técnico no âmbito do Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, o Fundo Clima (BRASIL, 2024b).

Além disso, o setor AFOLU tem se destacado nos investimentos do banco. Em 2022, foi firmado um termo de cooperação com o Ministério da Agricultura para uma linha de crédito de US\$ 1,2 bilhão destinada a projetos de desenvolvimento sustentável nas cadeias agropecuárias e projetos recentes de apoio à implementação de operações de desenvolvimento rural sustentável e agricultura de baixo carbono (BID, [S. d.]; BRASIL, 2022).

Os empréstimos representam a forma mais tradicional de financiamento do BID, podendo ser direcionados para projetos específicos ou múltiplos. O banco também oferece empréstimos baseados em resultados, voltados para o financiamento de políticas públicas e reformas, com



foco no alcance de metas de desenvolvimento previamente acordadas. Além disso, a instituição atua por meio de outros instrumentos, como garantias para mitigar o risco de projetos e viabilizar o acesso ao mercado de capitais. Um exemplo é a garantia de crédito de R\$ 315 milhões concedida para cobrir um complexo solar de Pirapora, viabilizando um financiamento de longo prazo (16 anos), por meio da emissão de debêntures garantidas, modalidade que não estava disponível em bancos comerciais (BID, 2025a; IDB, 2018).

É importante ressaltar a parceria entre o BID e o Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG), que tem priorizado iniciativas voltadas à sustentabilidade. Um marco relevante ocorreu em 2020, quando o BID Invest adquiriu US\$ 50 milhões em títulos sustentáveis emitidos pelo BDMG. Outro passo importante dessa relação foi o lançamento do programa Minas para Resultados: Descarbonização e Resiliência Climática, que permite ao BDMG captar até US\$ 100 milhões do BID, com o aval da União. Esse tipo de liberação do crédito do BID para o BDMG está vinculada ao cumprimento de metas de redução de carbono da própria carteira de crédito do BDMG, representando a primeira operação desse tipo pelo BID no Brasil (BDMG, 2023a, 2020b).

Por fim, destaca-se o recente anúncio, em julho de 2025, de empréstimo de R\$ 5,5 bilhões do BID destinados a apoiar o Plano de Transformação Ecológica do Brasil. A operação tem como objetivo promover investimentos privados por meio da melhoria das condições de financiamento e do ambiente de negócios, além de fortalecer governança e capacidade institucional do país. O financiamento foi estruturado na modalidade empréstimos baseados em políticas (PBL, na sigla em inglês), instrumento que fornece maior flexibilidade para apoiar reformas políticas e/ou mudanças institucionais em setores ou subsetores específicos (VALOR ECONÔMICO, 2025).

O Quadro 6 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do BID.

Quadro 6: Resumo – BID

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Mais de US\$ 55 bilhões já desembolsados em projetos que incluem o Brasil.	Empréstimos, mecanismo de preparação e execução de projetos, cooperação técnica reembolsável, garantias, subvenções, equity.	Atuação direta com governos e instituições governamentais (incluindo estaduais e municipais, bem como bancos estatais), organizações sub-regionais e intermediários financeiros. Atuação direta com entidades privadas (BID Invest).
Requisitos relevantes para acesso		



- Estar em um país da América Latina ou do Caribe que seja membro do Grupo;
  - Os projetos devem estar alinhados com as áreas prioritárias do BID
- BIDInvest:**
- Estar no setor privado ou fazer parte de uma empresa estatal que busca financiamento sem garantia soberana;
  - Ter um impacto positivo e escalável na economia local;
  - Ser ambiental e socialmente responsável;
  - As empresas devem ter pelo menos 3 anos de demonstrações financeiras auditadas. Não se aplica ao financiamento de projetos;
  - Demonstrar rentabilidade em linha com os padrões do setor e do(s) país(es) onde a empresa opera.

#### Exemplos de tipos de projeto

Projetos que estimulem o desenvolvimento, como infraestrutura, energia limpa, saneamento, educação e governança ambiental. Projetos voltados para bioeconomia, agricultura regenerativa, fintechs verdes e economia circular, entre outros.

#### Atuação com entidades privadas

Investimento direto no setor privado (BID Invest), investimento para startups e novos modelos de negócios (BID Lab), atuação via parceria e repasses de recursos por meio de IFs.

Fonte: Elaboração própria.

## Novo Banco de Desenvolvimento (NDB)

O Novo Banco de Desenvolvimento (NDB, na sigla em inglês), é um banco multilateral de desenvolvimento criado pelo Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (BRICS). Seu objetivo é mobilizar recursos para projetos de infraestrutura e desenvolvimento sustentável em mercados emergentes e países em desenvolvimento, promovendo o crescimento econômico inclusivo, a transição energética e a cooperação entre nações em desenvolvimento (NDB, [S. d.]). O NDB apoia projetos dos setores público e privado, priorizando áreas como energia renovável, transporte, saneamento, infraestrutura urbana e digital. Além disso, busca reduzir riscos cambiais por meio do uso de moedas locais em suas operações. Sua atuação é pautada na sustentabilidade e na governança transparente (NDB, [S. d.]).

Em sua estratégia 2022-2026, o NDB se compromete a dedicar 40% do seu volume total de aprovações a projetos que contribuam para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, apoiando a transição dos países membros para um caminho de desenvolvimento mais sustentável (NDB, 2021).

O banco também já apoiou iniciativas de financiamento em Minas Gerais. Em 2017, o BNDES captou US\$ 61 milhões junto ao NDB, para cofinanciar o complexo solar de Pirapora I. Outra iniciativa relevante ocorreu em 2023, quando o BDMG recebeu financiamento de US\$ 200 milhões, sendo até então, a maior captação internacional da instituição. As linhas de crédito oferecidas pelo BDMG com os recursos do NDB têm como objetivo fomentar o investimento em infraestrutura no estado, abrangendo tanto o setor público quanto o privado. As linhas de



crédito buscam o desenvolvimento de áreas como transporte e mobilidade urbana, saneamento básico, energia renovável e eficiência energética, inovação, além de outros projetos que contribuem para o desenvolvimento sustentável de Minas Gerais (BDMG, 2023b, 2018; CNN Brasil, 2024). O Quadro 7 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do NDB.

Quadro 7: Resumo – NDB

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
22 projetos aprovados no Brasil, somando mais de US\$ 4,5 bilhões.	Financiamento, empréstimos, garantias, <i>equity</i> e títulos.	Atuação direta com bancos de desenvolvimento e outras entidades públicas.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
Ser um país membro do BRICS (outros países em desenvolvimento podem ser financiados desde que sejam membro das Nações Unidas e aceitos pelo Conselho de Governadores do NDB).		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos de infraestrutura e desenvolvimento sustentável (energia, transporte, saneamento etc.)		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
Atuação via parceria e repasses de recursos por meio de IFs como BNDES e BDMG.		

Fonte: Elaboração própria.

## Banco Europeu de Investimento (BEI)

O Banco Europeu de Investimento (BEI) atua como financiador de projetos alinhados aos objetivos internos e externos da União Europeia. Esses objetivos incluem apoio a ações de mitigação às mudanças climáticas e promoção de políticas europeias além das fronteiras do bloco. O BEI é o principal acionista do Fundo Europeu de Investimento (FEI), que tem como objetivo financiar pequenas e médias empresas por meio do capital e do financiamento de risco. No âmbito das ações do BEI voltadas ao enfrentamento das mudanças climáticas causadas por ações antrópicas, foi criado o BEI *Global* com foco na ação climática e no desenvolvimento sustentável a nível global (EIB, 2025a).

Na América Latina, o BEI concentra suas ações no apoio à transição verde, no financiamento de infraestrutura e promoção do crescimento econômico. Em 2024, o BEI forneceu € 1,2 bilhão em financiamento para projetos na América Latina e no Caribe, com 68% dos fundos diretamente dedicados à ação climática. O Brasil se destaca como o maior beneficiário do financiamento do BEI na América Latina, representando mais de 40% da carteira do banco na região. Um exemplo desse relacionamento ocorreu em 2023, quando o banco concedeu um empréstimo de € 300 milhões ao Banco Santander, destinados a investimentos na produção de energia solar em pequena escala. Adicionalmente, nota-se que parcerias com o BEI tem o



potencial de atrair outras agências de desenvolvimento europeias, bem como fortalecer o apoio político da União Europeia (EIB, 2023, 2025b).

No âmbito estadual, em 2019, o BEI concedeu € 100 milhões para impulsionar investimentos em ações climáticas em Minas Gerais, voltadas a projetos de energias renováveis e eficiência energética, por meio de parceria com o BDMG. A partir desse financiamento, a cooperação entre os bancos se fortaleceu, permitindo, em 2020, uma flexibilização do primeiro financiamento, possibilitando a destinação de € 30 milhões para o apoio do BDMG a micro, pequenas e médias empresas afetadas pela pandemia do COVID-19. Novamente em 2022, houve uma nova flexibilização da linha de crédito, incorporando € 20 milhões adicionais, com foco em projetos de energias renováveis. Por fim, em maio de 2025, o BDMG anunciou nova parceria com o BEI, de cerca de R\$ 170 milhões em crédito para iniciativas em energia solar (AGÊNCIA MINAS, 2020; BDMG, 2025; EIB, 2019; SEDE, 2021). O Quadro 8 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do BEI.

Quadro 8: Resumo – BEI

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
69 projetos financiados no Brasil, somando € 4,8 bilhões.	Financiamento corporativo, dívida corporativa híbrida, <i>equity</i> , <i>venture debt</i> e investimentos de fundo.	Não foram identificados intermediários determinados.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alinhamento à taxonomia da União Europeia para identificar projetos que não prejudicam a mitigação e/ou a adaptação às mudanças climáticas;</li> <li>• Alinhamento aos critérios do Banco;</li> <li>• Avaliação econômica de projetos, considerando o preço-sombra do carbono.</li> </ul>		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos voltados para o combate das mudanças climáticas como energia renovável e eficiência energética, resiliência urbana com saneamento básico e tratamento de resíduos sólidos, e agricultura de baixo carbono.		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
Financiamento via bancos intermediários (comerciais e de desenvolvimento).		

Fonte: Elaboração própria.

## Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe (CAF)

O Banco de Desenvolvimento da América Latina e Caribe (CAF) é composto por 23 países membros e se posiciona como uma importante fonte de financiamento multilateral e como catalizador para o financiamento de recursos sustentáveis e de baixo carbono para a América Latina (CAF, [S. d.]). Os principais pilares de investimento da CAF são: transição energética, economia azul, mobilidade sustentável e bioeconomia e uso da terra. Para transição energética, o CAF foca no financiamento de projetos de energias renováveis.



Em Minas Gerais, o CAF e o BDMG têm um histórico de parceria de mais de 10 anos para apoiar o crescimento sustentável e a economia verde em Minas Gerais. Durante esse período, foram investidos US\$ 420 milhões no estado (BDMG, 2024b; CAF, 2025). Em 2024, foi assinado um empréstimo de US\$ 220 milhões, sob a modalidade A/B, que combina recursos próprios e mobilizados junto a outras instituições financeiras, para financiar projetos estratégicos em áreas como economia verde, sustentabilidade, eficiência energética e crescimento sustentável inclusivo (BDMG, 2024b; CAF, 2025).

Recentemente, em fevereiro de 2025, o CAF e o BDMG formalizaram uma parceria pela transformação sustentável de Minas Gerais, por meio da assinatura de um Memorando de Entendimento durante evento com gestores de entidades subnacionais em Belo Horizonte (BDMG, 2024b; CAF, 2025). O Quadro 9 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação da CAF.

Quadro 9: Resumo – CAF

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Carteira no Brasil com cerca de US\$ 3,2 bilhões em 2024.	Empréstimos, consultoria financeira, garantias parciais, financiamento estruturado, garantias.	Não foram identificados intermediários determinados.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
Não especificados.		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos com foco na transição energética, economia azul, mobilidade sustentável e bioeconomia e uso da terra.		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
Atuação com empresas privadas e financiamento via bancos intermediários (comerciais e de desenvolvimento).		

Fonte: Elaboração própria.

## Fundo Financeiro para o Desenvolvimento da Bacia do Prata (FONPLATA)

O Fundo Financeiro para o Desenvolvimento da Bacia do Prata (FONPLATA) é um banco de desenvolvimento focado na integração regional de países da América Latina e no desenvolvimento sustentável dos países da região. Sua atuação está alinhada à Agenda 2030 e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



O FONPLATA também atua em parceria com o BDMG. Em 2020, o banco mineiro tornou-se o primeiro banco público brasileiro a captar recursos diretamente do FONPLATA, assinando um acordo de parceria para disponibilização de US\$ 36 milhões destinados ao financiamento de municípios do estado. Em 2024, um novo contrato, no valor de US\$ 34 milhões foi assinado para dar continuidade a essa colaboração (ABDE, 2024; BDMG, 2020a). O Quadro 10 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do FONPLATA.

Quadro 10: Resumo – FONPLATA

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Possui uma carteira ativa no Brasil de US\$ 1,25 bilhões, em 33 projetos.	Empréstimos.	Não foram identificados intermediários determinados.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
Não identificados.		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos com foco em energia limpa, cidades resilientes, preservação da biodiversidade.		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
Atualmente, o FONPLATA financia exclusivamente o setor público. A partir da decisão da Diretoria Executiva em 2019, foi criada uma linha de crédito voltada para operações de risco não soberano. Essa modalidade tem como foco inicial os bancos de desenvolvimento, possibilitando a concessão de recursos por meio deles, mas também contempla instituições nacionais e subnacionais, além de empresas públicas ou de economia mista, desde que possuam capital majoritariamente público.		

Fonte: Elaboração própria.

## Banco de Desenvolvimento Alemão (KfW)

O banco de desenvolvimento alemão KfW (*Kreditanstalt für Wiederaufbau*) é o banco de desenvolvimento do governo alemão e um dos maiores órgãos de fomento do mundo (KfW, 2025). Em 2015, o KfW oficializou a primeira operação com o BNDES voltada à mobilidade urbana, com um investimento, de € 265 milhões, destinado a promover maior eficiência e sustentabilidade do sistema de transporte público brasileiro (BNDES, 2015).

Em 2023, dois contratos foram firmados com o BNDES, focados na mobilidade urbana sustentável e restauração ecológica. Esta representa a segunda operação resultante da parceria entre os bancos voltadas à mobilidade urbana. Os projetos obtiveram um investimento de R\$ 611,3 milhões, com recursos alocados pelo Ministério do Desenvolvimento e Cooperação da Alemanha (BMZ) e implementados pelo KfW (BNDES, 2023b). Os recursos foram destinados ao sistema de transporte público de todo o país, integrando o Programa de Proteção Climática Sustentável no Brasil – Mobilidade.



Além do setor de transporte, o KfW se compromete também com a restauração ecológica, sendo o primeiro doador internacional para o “Floresta Viva”, uma iniciativa do BNDES destinada a implementar sistemas agroflorestais e o plantio de espécies nativas nos biomas brasileiros. A doação foi em torno de R\$ 80 milhões e, pelo mecanismo de *matchfunding*, o BNDES aportou um valor equivalente, totalizando em mais de R\$ 160 milhões o valor da operação (BNDES, 2023b). O Quadro 11 sintetiza, de forma não exaustiva, as principais informações sobre a atuação do KfW.

Quadro 11: Resumo – KfW

Volume de negócios no Brasil	Tipos de instrumento usados	Intermediários
Não identificado.	Subvenções, empréstimos e garantias.	Não foram identificados intermediários determinados.
<b>Requisitos relevantes para acesso</b>		
Não identificados.		
<b>Exemplos de tipos de projeto</b>		
Projetos voltados para proteção climática com foco em transição energética, infraestrutura digital e tecnologias inovadoras		
<b>Atuação com entidades privadas</b>		
A DEG é a subsidiária do Grupo KfW especializada em financiamento, consultoria e suporte a empresas do setor privado que operam em países em desenvolvimento e mercados emergentes.		

Fonte: Elaboração própria.

## Outras instituições multilaterais relevantes

Além dos BMDs, outras organizações multilaterais são representativas na atuação climática no Brasil e, especificamente, em Minas Gerais. Desse modo, algumas das principais atuações dessas instituições são abordadas a seguir:

### Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) e a Proparco

A Agência Francesa de Desenvolvimento (AFD) e a Proparco são os pilares de cooperação financeira da França para o desenvolvimento sustentável (AFD, 2025). A AFD atua no financiamento e na cooperação com o setor público, enquanto sua subsidiária, a Proparco, é responsável por operações direcionadas ao setor privado em países em desenvolvimento e economias emergentes.

Em 2018, a AFD realizou uma doação de € 500 mil para o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPDG) do Brasil, com o objetivo de incentivar a infraestrutura pública e ampliar as parcerias público-privadas (PPP) nos municípios, sendo uma ferramenta para aumentar a confiabilidade das empresas privadas na prestação de serviços para os setores públicos locais (AFD, 2018).



Em 2024, a AFD e o Ministério de Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) realizaram uma cooperação de financiamento com projetos focados na transição energética e no desenvolvimento sustentável. O investimento prevê um total de € 300 milhões destinados aos Fundos de Desenvolvimento da Amazônia, do Nordeste e do Centro-Oeste entre os anos de 2025 e 2026 (BRASIL, 2025i).

Além disso, a AFD executa o programa *E-motion* que visa acelerar a implantação de veículos elétricos e permitir uma transição regional em larga escala para a eletromobilidade em sete países da América Latina, incluindo o Brasil (AFD, 2024).

## Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ)

A Agência Alemã de Cooperação Internacional (GIZ) é a principal agência de cooperação técnica alemã com foco na disseminação de conhecimento e capacitação para um futuro sustentável. No Brasil, a GIZ atua, principalmente, na proteção e no uso sustentável das florestas tropicais e na transição justa nos setores de energias renováveis e transformação urbana (GIZ, 2025). Nesse sentido, destaca-se o projeto Apoio ao Brasil na Implementação da sua Agenda Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (ProAdapta), como uma parceria entre a agência, MMA e outras entidades para a implementação da agenda de adaptação climática focada na resiliência climática nacional (PROADAPTA, 2025).

Embora tenha enfoque na adaptação e resiliência climática a nível nacional, a GIZ também possui projetos relacionados à mitigação de emissões, sobretudo, relacionado a expansão de energias renováveis. Destacam-se também, por exemplo, projetos de descarbonização do sistema de transporte (VIABILIZA, 2025a).

Além disso, em parceria com o Ministério de Minas e Energia (MME), a agência promoveu entre 2020 e 2023, a expansão do hidrogênio verde (H2Brasil) com foco no fortalecimento das condições legais, institucionais e tecnológicas para o desenvolvimento do mercado de hidrogênio verde no país. O projeto H2Brasil atua em cinco frentes:

- planejamento energético e certificação;
- conscientização pública;
- capacitação acadêmica e profissional com foco em inclusão de gênero;
- promoção de tecnologias inovadoras;
- avaliação econômica de aplicações industriais (GIZ, 2020).

Em Minas Gerais, a GIZ está viabilizando quatro projetos focados em mobilidade urbana:

- Linha 3 do metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH): o projeto busca reduzir emissões de GEE, ampliar o acesso social e aumentar a capacidade do sistema de transporte coletivo da RMBH. Para isso, foram investidos mais de R\$ 4 milhões na construção da linha 3 do metrô (VIABILIZA, 2025c);



- Desenvolvimento da Região de Jatobá: com orçamento estimado em R\$ 100 milhões, o projeto tem como foco a requalificação da Estação Diamante, integrando aspectos físicos, socioeconômicos e jurídicos locais, seguindo as diretrizes do Plano Diretor de Belo Horizonte, dos ODS e da Nova Agenda (VIABILIZA, 2025e);
- Macrodrenagem e infraestrutura urbana em Juiz de Fora: o projeto engloba a macrodrenagem do principal curso d'água do município, a construção de parques lineares, a restauração da mata ciliar, instalação de ciclovias e construção de uma usina de energia renovável. Com investimento superior a R\$ 230 milhões, a iniciativa prevê uma redução estimada de 25.848 tCO<sub>2</sub> por ano (VIABILIZA, 2025b);
- Projeto Mobilidade Ativa em Contagem: voltado à integração da mobilidade urbana e redução da pegada de carbono, o projeto conta com financiamento de R\$ 15 milhões. O projeto visa implementar e melhorar áreas de caminhada e ciclofaixas, além de aprimorar o sistema de transporte público por meio da construção de faixas de BRT e BRS, promovendo maior conectividade entre os trechos do município (VIABILIZA, 2025d).

## Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA)

A Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) presta assistência a diversas áreas em diferentes modalidades. Por meio de cooperações financeiras e/ou técnicas, a JICA apoia projetos que visam o controle do desmatamento ilegal na Amazônia brasileira, melhoria no saneamento básico e transição energética. O modelo de financiamento envolve tanto o setor público quanto o privado, e define diretrizes relevantes, como taxas de juros mais baixas, prazos de pagamento mais longos e aportes diretos voltados ao setor privado (JICA BRASIL, 2022).

No âmbito nacional, a JICA, em parceria com a Agência Brasileira de Cooperação, apoia a formação profissional e assistência técnica na área ambiental. Ademais, para o setor de energia, a agência financiou US\$ 100 milhões para o grupo Sicredi focando na geração elétrica distribuída. Além disso, um novo empréstimo no valor de R\$ 9,9 bilhões foi concedido para Neoenergia, empresa de transmissão energética no Nordeste, com o interesse de também aumentar a geração elétrica distribuída na região, além de melhorar a qualidade de vida da população.

No setor agropecuário, foram feitos investimentos visando fortalecer a cadeia agrícola brasileira com foco na agricultura sustentável, contemplando a construção de armazéns, realização de treinamentos e compra de grãos para o fortalecimento da logística agrícola e melhoria da produtividade das lavouras. Já na indústria florestal, a JICA cofinancia US\$ 72 milhões, em conjunto com BID Invest, IFC e bancos comerciais, como o Sumitomo Mitsui Banking Corporation e o Sumitomo Mitsui Trust Bank, com o objetivo de promover a sustentabilidade do setor e contribuir para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas (JICA, 2025).



## Sistema Nacional de Fomento

O Sistema Nacional de Fomento (SNF) é constituído por mais de 30 instituições públicas e de desenvolvimento federais e estaduais, além de agências de fomento e cooperativas, que visam o desenvolvimento regional e nacional por meio do financiamento a setores estratégicos (ABDE, 2022). Nesse sentido, o SNF desempenha papel importante na viabilização de projetos, financiamento de atividades econômicas e na promoção da descentralização regional das iniciativas, além de contribuir para a implementação de diversas políticas públicas.

Entre os bancos públicos federais com atuação em Minas Gerais, destacam-se o BNDES e o BNB. Além desses, serão abordados a seguir instituições estaduais com relevância na atuação climática, bem como bancos de desenvolvimento vinculados a outras unidades federativas e agências de fomento de destaque, que podem ser referência para a atuação estadual.

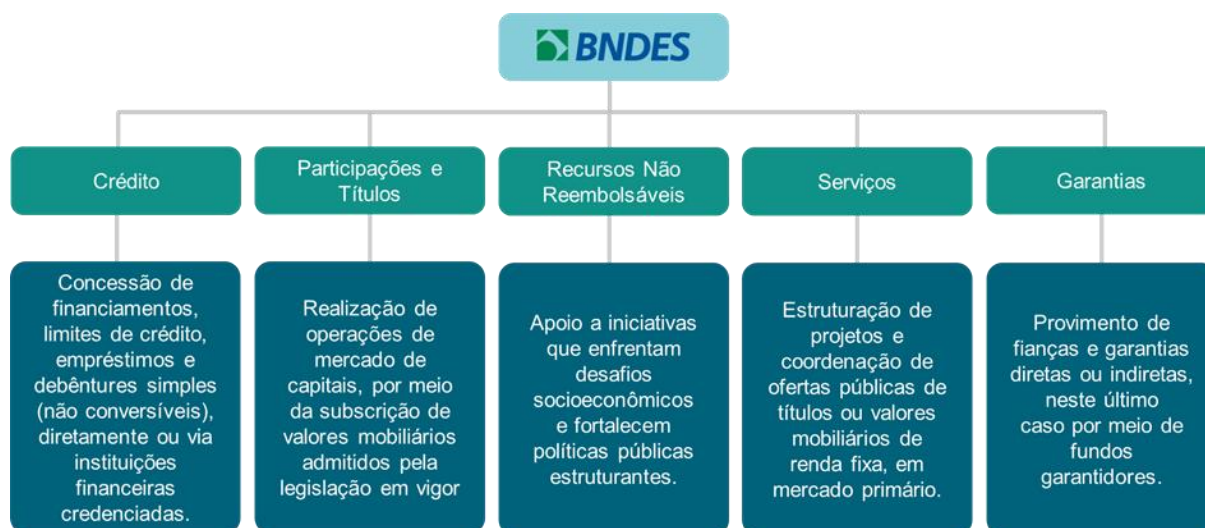
### Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES)

O BNDES é uma instituição pública federal vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), atuando como principal mecanismo do Governo Federal para apoiar o financiamento de longo prazo e fomentar investimentos em diferentes setores da economia nacional (BNDES, 2025e). O Sistema BNDES é composto por três entidades: o próprio BNDES e suas duas subsidiárias, BNDES Participações S.A. (BNDESPAR) e Agência Especial de Financiamento Industrial (FINAME).

A atuação do BNDES ocorre por meio de diversas modalidades, incluindo financiamento e crédito, concessão de recursos não reembolsáveis, prestação de garantias, serviços especializados, participação societária, emissão de títulos e produção de conhecimento técnico conforme apresentado, de modo sintetizado, na **Figura 3**. Desse modo, o banco oferece produtos, programas e fundos, adaptados às especificidades de cada operação. Além disso, a análise de apoio para projetos considera os potenciais impactos sociais, ambientais e econômicos, alinhando-se às prioridades estratégicas do país.



Figura 3: Divisões de investimentos – BNDES



Fonte: Elaboração própria com base em BNDES (2024).

Dentre as soluções de financiamentos do BNDES, vale ressaltar os recursos para crédito de longo prazo. A atuação pode ocorrer de forma direta ou indireta, sendo a modalidade direta em que as operações são feitas diretamente com o BNDES, que analisa os pedidos e negocia as garantias. Por outro lado, na modalidade indireta, as instituições financeiras credenciadas, como BDMG, Caixa Econômica Federal, Banco Santander, avaliam as operações, negociam as garantias e assumem o risco de não pagamento da operação, seguindo regras do BNDES. Ainda nas operações indiretas, o crédito pode ser aprovado de forma automática pela instituição credenciada ou de modo não automático, na qual é necessária uma análise prévia do BNDES caso a caso. Em relação as iniciativas atreladas à agenda climática de Minas Gerais, destacam-se Fundo Clima, Floresta Viva e BNDES RenovaBio.

O Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), também denominado Fundo Clima, constitui um dos mecanismos da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e consiste em um fundo de caráter contábil, ligado ao MMA, com o objetivo de disponibilizar recursos para apoiar iniciativas relacionadas à mitigação e à adaptação das mudanças climáticas. A gestão do fundo é dividida entre o BNDES, responsável pela parcela de recursos reembolsáveis, e o MMA, responsável pela parcela não reembolsável.

O Fundo possibilita o estímulo ao desenvolvimento urbano resiliente e sustentável, indústria verde, transportes e mobilidade urbana menos intensos em GEE, transição energética, florestas e outras soluções sustentáveis (BNDES, 2025d). Em 2024, por exemplo, o Fundo Clima aprovou 210 projetos que somaram R\$ 10,2 bilhões, além de um desembolso adicional de R\$ 1,1 bilhão por meio da captação de títulos soberanos sustentáveis do Tesouro Nacional no exterior. A partir desses financiamentos, são previstas reduções de emissões de GEE de cerca de 86,6 MtCO<sub>2</sub>e em toda a vida útil dos projetos. No mesmo período, eletrificação das frotas de ônibus para transporte público, combustíveis de baixo carbono e o desenvolvimento



urbano resiliente ampliaram sua relevância em relação às alternativas de redução de emissões financiadas pelo Fundo.

No âmbito estadual, o Fundo Clima pode ser contratado de forma direta ou indireta, sendo, no segundo caso, por intermédio de instituições financeiras credenciadas pelo BNDES, como o BDMG. Por meio do Fundo Clima, por exemplo, o BNDES apoiou a implantação de uma unidade industrial de beneficiamento de concentrado de lítio no município de Itinga, em Minas Gerais. Esse financiamento pode ser importante, tendo em vista o papel do mineral crítico para a produção de baterias e, por conseguinte, para a eletrificação de frotas.

Além do Fundo Clima, destaca-se também o Floresta Viva, outra iniciativa do BNDES, que é voltada ao fomento de projetos de restauração ecológica com espécies nativas em todos os biomas do Brasil, além de contribuir para o fortalecimento da capacidade técnica e da gestão da cadeia produtiva da restauração, bem como para o incentivo a sistemas agroflorestais integrados à recuperação ambiental. O programa é financiado pelo Fundo Socioambiental do BNDES e por instituições parceiras, que visam restaurar entre 25 mil e 35 mil hectares de vegetação (BNDES, 2025c). Ademais, o BNDES financia práticas que contribuam para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias por meio do Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis (RenovAgro).

Em 2022, o estado de Minas Gerais, por intermédio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), estabeleceu acordo com o BNDES para a restauração ambiental no estado por meio do programa Floresta Viva. A acordo totaliza R\$ 20 milhões, dos quais metade é proveniente da SEMAD, enquanto a outra metade é complementada com recursos do BNDES. Ressalta-se que o programa priorizou pequenas propriedades rurais localizadas em regiões de menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), como norte e nordeste do estado, além do Vale do Jequitinhonha (BNDES, 2022b).

Adicionalmente, o BNDES incentiva otimização da eficiência energética por meio do BNDES RenovaBio. O programa oferece suporte direto ao setor de biocombustíveis, no contexto da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), coordenada pelo Ministério de Minas e Energia. No período compreendido entre 2021 e 2022, o BNDES RenovaBio aprovou cerca de R\$ 800 milhões em financiamentos distribuídos em 9 operações, com R\$ 558 milhões já desembolsados. Essa alta procura pelo BNDES RenovaBio demonstra a demanda ativa do setor por essa linha de apoio. Ademais, esses recursos visam a construção de 10 plantas produtoras de etanol, incluindo duas localizadas em Minas Gerais com ganhos de eficiência energético-ambiental de seus processos produtivos (BNDES, 2022a).

## **Banco do Nordeste do Brasil (BNB)**

O Banco do Nordeste do Brasil é uma instituição financeira múltipla de capital aberto e tem mais de 90% de seu capital sob o controle do Governo Federal. Nesse contexto, destaca-se



como o principal banco de desenvolvimento regional da América Latina, com atuação estratégica nos nove estados da região Nordeste do país, bem como 249 municípios no norte de Minas Gerais e região norte do Espírito Santo, integrantes da área de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Além disso, a instituição aplica e capta recursos com base em três pilares: produtor, consumidor e estruturador, atendendo clientes diversos, como agentes econômicos, instituições e pessoas físicas, em especial aos produtores rurais e empreendedores informais (BNB, 2025e).

Além de sua função financeira, o BNB tem papel estratégico como executor de políticas públicas e visa, entre suas ações, direcionar investimentos voltados à proteção ambiental, à resiliência frente às mudanças climáticas, e à transição para uma economia de baixo carbono, com destaque na gestão do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE), sua principal fonte de recursos (BNB, 2025d). Esses recursos financiam atividades produtivas que visam reduzir a pobreza e as desigualdades regionais, em alinhamento com o plano regional de desenvolvimento, elaborado em parceria com órgãos federais e estaduais (BNB, 2025e). No primeiro quadrimestre de 2025, empreendedores de 210 municípios em Minas Gerais foram beneficiados com recursos do FNE, o que representa cerca de 84,3% das cidades atendidas pelo BNB no estado. Ainda nesse período, o BNB investiu mais de R\$ 1 bilhão no estado, sendo R\$ 777,8 milhões provenientes do FNE (GAZETA, 2025).

Entre os principais instrumentos para apoiar a transição para uma economia de baixo carbono, destacam-se as linhas FNE Verde e FNE Sol. A linha FNE Verde financia projetos relacionados à sustentabilidade ambiental, como uso responsável de recursos naturais, energias renováveis, agroecologia, recuperação ambiental, controle da poluição e construções sustentáveis (BNB, 2025c). Adicionalmente, a linha FNE Sol atende projetos de micro e minigeração distribuída de energia por fontes renováveis, de forma isolada ou integrada, o que ocasiona redução de emissões de GEE e de custos associados ao consumo de energia elétrica (BNB, 2025b).

Além do FNE, o banco também mobiliza recursos de outras fontes, nacionais e internacionais, incluindo instituições multilaterais como o Banco Mundial e o BID. Com isso, o BNB amplia sua capacidade de investimento, apoia pesquisas com recursos não-reembolsáveis e viabiliza projetos de grande impacto voltados ao desenvolvimento sustentável da região (BNB, 2025e).

No contexto de Minas Gerais, em termos de captação de recursos, o estado recebeu, entre 2000 e 2019, cerca de R\$15,1 bilhões do BNB, sendo 61,6% destinados a agropecuária (BNB, 2019). Além disso, mais recentemente, o banco tem aumentado os investimentos no setor, evidenciado pelo montante de R\$ 55,3 milhões destinados a minigeração fotovoltaica na agricultura familiar, de forma alinhada ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) (BNB, 2025a).

Em Minas Gerais, a experiência do BNB sugere oportunidades de cooperação, por meio de linhas complementares ou conjuntas no âmbito do FNE Verde/Sol, com instituições estaduais,



como Invest Minas e BDMG. A adoção dessas estratégias pode ampliar o alcance territorial dos investimentos e fortalecer a governança regional por meio de instrumentos já testados e escaláveis, como os do BNB e, por conseguinte, acelerar a implantação de soluções de baixo carbono.

## Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG)

O Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais (BDMG) é uma instituição financeira pública subnacional voltada ao fomento econômico, integrando o sistema de desenvolvimento do estado de Minas Gerais e vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico (SEDE). O banco atua como agente financeiro e de desenvolvimento, disponibilizando produtos e serviços voltados a empresas, empreendedores, administrações municipais e órgãos governamentais que abrangem desde o financiamento de projetos de investimento e infraestrutura até o apoio a micro, pequenas e médias empresas. Além da oferta de recursos financeiros, o BDMG exerce papel relevante na articulação de parcerias e na promoção de iniciativas voltadas ao desenvolvimento regional (BDMG, 2024f).

A instituição tem se destacado como agente estruturante na viabilização de investimentos sustentáveis e no fortalecimento da agenda de financiamento climático no estado, com foco em projetos de energias renováveis, infraestrutura resiliente e eficiência energética (BDMG, 2024f). Para isso, busca oferecer financiamentos com condições competitivas de custo e prazo. Além de atrair recursos voltados para iniciativas climáticas, o BDMG mantém uma estrutura de captação diversificada, com destaque para parcerias com bancos multilaterais, o que representou 19% dos recursos financeiros captados pelo banco no segundo trimestre de 2024 (BDMG, 2024e).

Além disso, em dezembro de 2024, o BDMG concretizou sua maior operação de captação até então, no valor de R\$ 1,3 bilhão, junto a CAF. A operação foi estruturada no formato empréstimo A/B<sup>8</sup>, de modo pioneiro entre bancos de fomento brasileiros, e tem como finalidade o financiamento de projetos voltados à eficiência energética, infraestrutura urbana sustentável, inclusão produtiva, apoio a micro e pequenas empresas, além do fortalecimento fiscal de administrações municipais (BDMG, 2024a).

Adicionalmente, entre 2019 e 2022, o BDMG financiou cerca de R\$ 450 milhões para projetos como usinas fotovoltaicas, Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), iluminação pública e sistemas de biomassa. Nesse período, o BDMG foi responsável por investir o equivalente a aproximadamente 50% do praticado no estado para a produção de energia fotovoltaica na modalidade geração centralizada. Esses recursos foram captados junto ao BEI, destacando

---

<sup>8</sup> Modalidade que combina recursos próprios e mobilizados junto a outras instituições financeiras, para financiar projetos estratégicos em áreas como economia verde, sustentabilidade, eficiência energética e crescimento sustentável inclusivo.



a capacidade da instituição em atrair financiamento externo para iniciativas de baixo carbono (FEAM, 2024)

Outra iniciativa importante é o programa LabAgroMinas, lançado em 2022, que visa incentivar práticas de agricultura sustentável e novas tecnologias que reduzam as emissões de GEE em Minas Gerais. O programa disponibiliza assistência técnica capacitada fornecida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), enquanto o BDMG desenvolve soluções de crédito a serem implementadas em parceria com cooperativas de crédito locais. Ressalta-se que, nos dois primeiros anos, o programa recebeu apoio da União Europeia, por meio de um aporte de €200 mil viabilizado em colaboração com a AFD (BDMG, 2022).

A atuação do BDMG é também marcada por ampla capilaridade em Minas Gerais. Em 2024, o banco mantinha ao menos um cliente ativo em 749 dos 853 municípios mineiros, o que representa uma cobertura de 88% do território estadual. Quanto à origem dos recursos desembolsados, 80% foram provenientes de operações de captação, tanto domésticas quanto internacionais, 17% corresponderam a repasses, sendo majoritariamente repasses do BNDES, como o Finame e o Fundo Clima, e os 3% restantes derivam de fundos específicos, como da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e da Renova (BDMG, 2024e).

Complementando sua atuação operacional, o BDMG tem liderado iniciativas de inovação financeira voltadas à sustentabilidade. Entre elas, destaca-se o desenvolvimento de um *framework* para emissão de títulos vinculados aos ODS. Além disso, em 2023, foram realizadas atividades em cooperação técnica com o BID e AFD, incluindo o desenvolvimento de metodologias de mensuração e mitigação de risco climático e riscos socioambientais em carteiras de crédito e o projeto Empréstimos Baseados em Resultados, no qual o desembolso está vinculado à obtenção de resultados sustentáveis predefinidos, com indicadores de descarbonização e resiliência (BDMG, 2024f).

Sob esse cenário, nota-se que o BDMG integra redes multilaterais e tem avançado na consolidação de práticas ESG em sua governança e nos critérios de concessão de crédito. Com essa base técnica, institucional e territorial, o banco encontra-se preparado para atuar como agente estratégico para a articulação entre financiamento e viabilidade técnica, em alinhamento com as metas climáticas do estado.

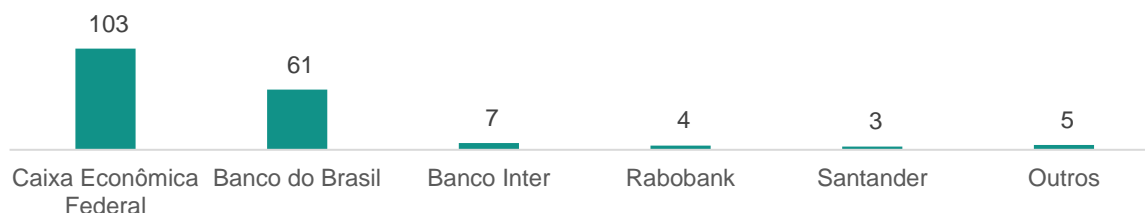
## Bancos comerciais

Minas Gerais possui o segundo maior mercado de crédito nacional, com cerca de R\$ 372 bilhões na carteira de crédito ativa das instituições bancárias comerciais em 2024, ficando atrás apenas do estado de São Paulo (BACEN, 2025). Uma parte desse crédito, no entanto, não possui finalidade específica, podendo ser destinado a pessoas físicas ou para pessoas jurídicas, sem destinação específica. O crédito com direcionamento específico de recurso (financiamento) está concentrado em um número restrito de bancos comerciais, como



demonstrado na Figura 4 Parte desses bancos possuem compromissos sustentáveis, nos quais podem indicar alguma propensão a financiar projetos de descarbonização. Entretanto, os compromissos climáticos são nacionalmente abrangentes, não apresentam distinções no nível estadual.

Figura 4: Distribuição dos financiamentos em Minas Gerais, por banco comercial (em R\$ bilhões)



Fonte: Elaboração própria.

A Caixa Econômica Federal (CEF), principal banco comercial em termos de financiamentos no estado, atua principalmente em projetos de saneamento, alinhados à Política Nacional de Resíduos Sólidos, e na agropecuária, com os repasses do RenovAgro, Proirriga e InovAgro. Por meio dos recursos adquiridos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS), a CEF também financia projetos de mobilidade urbana por meio da linha Pró-Transportes (CAIXA, 2025). Além do eixo de financiamento bancário, a CEF gerencia fundos e programas governamentais para oferecer soluções a estados e municípios, como o Fundo de Apoio à Estruturação de Projetos de Concessão e Parceria Público-Privada (FEP-PPP), que financia serviços técnicos para apoiar a estruturação e o desenvolvimento de projetos de concessão e PPP, em regimes isolados e de consórcio, com foco nas atividades de: iluminação pública, resíduos sólidos urbanos, saneamento, unidades socioeducativas, locação social, geração distribuída, educação infantil e saúde.

O Banco do Brasil, por sua vez, tem o compromisso de alcançar até R\$ 500 bilhões do saldo da carteira de crédito em atividades consideradas sustentáveis e o compromisso de alcançar R\$ 200 bilhões na carteira de agricultura sustentável. Embora esses compromissos sejam voltados para a carteira nacional, uma parcela significativa pode ser destinada a projetos em Minas Gerais (BANCO DO BRASIL, 2024).

Com uma carteira de financiamentos focada principalmente em financiamentos imobiliários, o Banco Inter, terceira maior carteira de financiamentos em Minas Gerais, não possui metas públicas de descarbonização do seu portfólio de financiamentos. Com atuação mais ampla, o banco faz parte do *Hub* ODS Minas Gerais, uma iniciativa da Rede Brasil do Pacto Global, da Organização das Nações Unidas (ONU) (INTER, 2024).



O Rabobank tem suas operações focadas especialmente nos setores de agropecuária e de alimentos. No Brasil, o banco possui metas de redução de emissões de GEE para os financiamentos relacionados a pecuária, com meta de reduzir em 12% as emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada de gado financiado, e para o plantio de soja, com meta de reduzir em cerca de 49% as emissões de CO<sub>2</sub> por tonelada financiada até 2030 (RABOBANK, 2025). Dado que Minas Gerais possui o quarto maior rebanho de bovinos e a sexta maior produção de soja do Brasil (IBGE, 2024, 2025b), é possível que parte dos esforços de descarbonização do Rabobank sejam realizados em Minas Gerais.

Já o grupo Santander, que possui o quinto maior portfólio de financiamentos em Minas Gerais, possui metas de descarbonização do portfólio divididas de acordo com os países em que o grupo está presente. No Brasil, a meta de descarbonização do banco é concentrada no agronegócio, com o objetivo de alcançar o marco de zero emissões líquidas nas operações financiadas até o ano de 2050. No setor energético, o banco atua na assessoria e no financiamento de projetos de energias renováveis e é líder na subscrição dos Créditos de Descarbonização (CBIO) no Brasil. A atuação no setor de transportes envolve principalmente o financiamento de carros elétricos e do fortalecimento da infraestrutura para carregamento desses veículos (SANTANDER BRASIL, 2023).

Além do compromisso de descarbonização, o banco Santander busca engajar com outros agentes do setor privado, governos e fóruns locais para buscar melhorar a qualidade dos dados sobre emissão na agricultura e contribuir com o desenvolvimento de metodologias que orientem o setor na transição para uma economia de baixo carbono (SANTANDER BRASIL, 2023). Uma dessas iniciativas é a Inovação Financeira para Amazônia, Cerrado e Chaco (IFACC, na sigla em inglês), que tem o objetivo de acelerar o financiamento da produção sustentável por meio de mecanismos financeiros diversos, como empréstimos, fundos de investimentos e estruturação de produtos financeiros para o mercado de capitais.

## Atores não financeiros relevantes em Minas Gerais

A mobilização de recursos para viabilizar a descarbonização da economia exige a atuação coordenada de instituições estaduais, com destaque para aquelas com capacidade institucional e financeira de operar em larga escala. Esta subseção apresenta outras instituições relevantes, em termos de atuação climática, em Minas Gerais, com base em sua participação em iniciativas climáticas, estruturação de instrumentos e adesão a compromissos internacionais. Em seguida, são apresentados *benchmarks* institucionais com potencial de inspiração para o contexto mineiro.

### Invest Minas

A Agência de Promoção de Investimentos do estado de Minas Gerais (Invest Minas), visa atrair investimentos para o estado atuando com entidades públicas e privadas. Seus serviços englobam o atendimento a investidores, inteligência de mercado, apoio na identificação de



municípios adequados aos projetos de investimentos e proposição de políticas públicas para aumento da competitividade estadual. Além disso, a agência conecta as empresas a soluções de financiamento, como o BDMG e o BNB.

No aspecto institucional, a Invest Minas atua como *hub* integrador ao promover workshops e grupos de trabalho com secretarias estaduais, setor produtivo, universidades e instituições financeiras. Essa atuação confere à agência um papel estratégico como conector entre portfólios de projetos, proposição de políticas públicas e encaminhamento técnico-institucional dentro da governança estadual.

No âmbito do projeto Rota da Descarbonização, a Invest Minas vem atuando no mapeamento das oportunidades de mitigação de emissões de GEE no estado, analisando a custo-efetividade e os meios de financiamento e outros incentivos para viabilizar os projetos que contribuirão para reduzir as emissões líquidas de Minas Gerais. O programa é uma iniciativa do Governo de Minas Gerais, com apoio da Invest Minas, que busca fomentar investimentos privados na economia de baixo carbono. Para atingir esse objetivo, mobiliza atores-chave dos setores público e privado e está elaborando uma rota estratégica (*roadmap*), da qual este trabalho faz parte, voltada à descarbonização dos setores com maior emissão de GEE. A iniciativa contribui para o cumprimento das metas estabelecidas no Plano Estadual de Ação Climática (PLAC-MG) e reforça o compromisso de Minas Gerais com a campanha *Race to Zero*.

Por outro lado, a materialização dos projetos depende da capacidade de captação de recursos, bem como da agilidade institucional em aprovar editais, coordenação entre as diferentes secretarias e integração com mecanismos estaduais, como os instrumentos climáticos da SEMAD, e federais, incluindo BNDES, MMA e fundos multilaterais. Ademais, a dependência ainda forte de financiamento público e a necessidade de estruturar linhas de crédito privadas representam um desafio, mas também uma oportunidade para Invest Minas fortalecer seu papel como articuladora de financiamentos climáticos, consolidar parcerias e desenvolver soluções integradas que garantam o desenho de políticas compatíveis, a escalabilidade de iniciativas e a atração de capitais privados em condições competitivas.

## **Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD)**

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) é responsável por políticas públicas voltadas à conservação, preservação e recuperação dos recursos ambientais e o desenvolvimento sustentável do estado (SEMAD, 2025b). A SEMAD é vinculada ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA), juntamente com a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam), o Instituto Estadual de Florestas (IEF) e o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam). A secretaria exerce competência originária em licenciamentos ambientais municipais, tem o papel de



habilitar municípios ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) Ecológico e fomentar convênios para regularização ambiental (SISEMA, 2022).

No âmbito da agenda climática estadual, a SEMAD coordenou a elaboração do PLAC-MG, que aponta metas para neutralidade de emissões líquidas até 2050 e define trajetórias de descarbonização alinhadas ao Acordo de Paris (MINAS GERAIS, 2023). O PLAC-MG reconhece que a SEMAD deve atuar como facilitadora da implementação de soluções climáticas nos territórios, por meio de instrumentos de financiamento climático e articulação com órgãos executores (SEMAD, 2023). Desse modo, a SEMAD possui papel importante na integração de diferentes órgãos estaduais.

Ademais, a secretaria utiliza instrumentos, como o Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática (IMVC) e a ferramenta de Monitoramento, Relato e Verificação (MRV Climático), para direcionar a mobilização de recursos e políticas, inclusive como subsídio à tomada de decisão sobre investimentos estratégicos e alocação territorial (SEMAD, 2024b, c). Em relação aos instrumentos econômicos e de fomento sob sua responsabilidade, destaca-se o Banco de Iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), criado pela SEMAD como mecanismo voluntário e gratuito para promover a conservação por meio de incentivos pagos por serviços ecossistêmicos (SEMAD, 2024a). Desse modo, o PSA constitui um instrumento econômico fundamental para a remuneração por conservação.

Além disso, a SEMAD participa da habilitação de municípios ao ICMS Ecológico e da operacionalização de fundos, como o Fundo de Recuperação, Proteção e Desenvolvimento das Bacias Hidrográficas, regulamentado pela Lei Estadual nº 24.673/2024. Os mecanismos de compensação ambiental são operacionalizados por meio de convênios, termos de cooperação e editais, como os voltados à coleta seletiva, saneamento e licenciamento ambiental, fomentando a estruturação de projetos municipais (SEMAD, 2025a).

A secretaria mantém articulação com atores estratégicos para ampliar a captação de recursos e viabilizar políticas climáticas. Na esfera estadual, estabelece interação institucional com a Invest Minas com foco na atração de investimentos privados para projetos sustentáveis, além de convênios com o BDMG para operações via linhas verdes. Em nível federal e internacional, articula-se com o MMA e o BNDES, que participam do planejamento climático estadual, além de coordenar iniciativas com o GCF para projetos regionais. A atuação multilateral é fortalecida por meio de parcerias com bancos de desenvolvimento internacionais e programas como o *Climate Bonds*, envolvendo cooperação técnica e financeira (MINAS GERAIS, 2023).

As oportunidades se apresentam por meio da consolidação da governança climática, do fortalecimento de instrumentos, como o PSA, da habilitação de municípios ao ICMS Ecológico e da aderência das futuras linhas de financiamento climático, bem como pelo engajamento em iniciativas, como a Plataforma Selo Verde, capaz de articular cadeias produtivas florestais com certificação e acesso ao mercado de carbono. A transição para uma agenda verde



integrada implica consolidar fluxos mutuamente reforçados entre instrumentos regulatórios, financeiros e institucionais.

## **Benchmarks Institucionais Relevantes**

Além das de Minas Gerais, outras instituições subnacionais de fomento desenvolvem iniciativas robustas em financiamento climático, oferecendo boas práticas que podem servir de inspiração e referência. Esta subseção apresenta *benchmarks* institucionais de iniciativas e formas de atuação, relevantes para o BDMG e a Invest Minas.

### **Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes)**

O Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (Bandes), criado em 1967, é uma sociedade de economia mista vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado do Espírito Santo (SEDES), que atua como principal financiador das políticas públicas estaduais no estado. Além da carteira de crédito, o Bandes atua por meio de outros veículos financeiros como gestão de fundos e a prestação de serviços para projetos de concessões e PPPs (BANDES, 2025b, c).

Diferentemente dos demais bancos de desenvolvimento, o Bandes se destaca pela gestão de diversos fundos de investimentos e pela publicação de editais para a seleção de gestores em fundos específicos. A carteira dos Fundos de Investimento em Participações administrada pelo banco alcançou R\$ 290 milhões em 2023. Adicionalmente, o Bandes pode atuar como subscritor de debêntures, facilitando o acesso das empresas do Espírito Santo ao mercado de capitais e financiamentos de longo prazo. Apesar das iniciativas não serem necessariamente voltadas a atividades de descarbonização, os veículos financeiros utilizados pelo Bandes contribuem para a atração de capital privado de longo prazo, algo essencial para a redução de custo de capital também para projetos de descarbonização, especialmente os inovadores.

Além da gestão direta dos fundos de investimento, na qualidade de operador do Fundo Soberano do Estado do Espírito Santo (FUNSES), o Bandes vem buscando estruturar um Fundo de Investimento em Direitos Creditórios (FIDC), para apoiar financeiramente projetos de redução de emissões de GEE, especialmente nos setores de energia e indústria. A iniciativa é alinhada ao Plano de Descarbonização e Neutralização das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Espírito Santo, que tem a ambição de tornar o estado neutro em carbono até 2050 (BANDES, 2025a).

O Bandes também realiza a gestão de 12 fundos estaduais de fomento, entre eles um Fundo de Aval, destinados a MPMEs e municípios, e um Fundo Garantidor de PPPs. Esses instrumentos tendem a reduzir barreiras para o capital privado, ao reduzirem o risco de crédito das operações ou projetos que contam com o aval ou a garantia do Fundo.



## Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX Brasil)

A Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (ApexBrasil) é vinculada ao MDIC e tem atuado na promoção de empresas no mercado internacional e na atração de investimentos estrangeiros diretos para o Brasil. No âmbito da agenda climática, a ApexBrasil possui atuação na demonstração dos compromissos e ações nacionais para a mitigação de emissões de GEE. Nesse sentido, destaca-se a liderança de espaços estratégicos nas Conferências das Partes da UNFCCC, como a instalação do Pavilhão Brasil na 29ª Conferência das Partes da UNFCCC (COP29), em 2024, promovendo o debate sobre a transformação ecológica e a importância do financiamento climático internacional para viabilizar metas de descarbonização. Nesse evento, a agência debateu a bioeconomia, a transição energética, a economia circular e o fortalecimento da indústria nacional com foco em sustentabilidade.

Ademais, em 2025, ApexBrasil liderou a comitiva brasileira no Bloomberg NEF Summit, em Nova York, evento referência para atração de investimentos em transição energética e sustentabilidade. A comitiva era formada pelo Consulado-Geral do Brasil, Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Banco do Brasil, Invest SP e Associação Brasileira da Indústria de Hidrogênio Verde (ABIHV) (APEX BRASIL, 2025). A iniciativa reforçou sua capacidade de articulação entre instituições públicas e privadas, incluindo BNDES, Caixa Econômica Federal e Itamaraty, evidenciando o papel da diplomacia econômica na mobilização de recursos (APEX, 2024).

## Estrutura, desafios e oportunidades

O fluxo de financiamento climático, conforme apresentado e discutido nas seções anteriores, tem como origem uma fonte principal, que usualmente corresponde a um Fundo Climático ou a um Banco Multilateral de Desenvolvimento, cuja agenda inclua o apoio ao financiamento climático. Os recursos, entretanto, também podem prover diretamente de bancos comerciais, bancos de desenvolvimento e agências de cooperação.

Entre 2021 e 2022, o financiamento climático internacional para o Brasil atingiu uma média de R\$ 26,6 bilhões por ano, dos quais 80% contribuem exclusivamente à mitigação climática e 14% são destinados tanto à mitigação quanto à adaptação. Desse montante, as fontes públicas mobilizaram aproximadamente R\$ 15,4 bilhões por ano, representando 58% do total dos recursos destinado ao país. Nesse contexto, destacam-se os BMDs, em especial CAF, BEI e BID, como os principais agentes de captação de recursos. No período analisado, os BMDs foram responsáveis por 41% do financiamento climático internacional total e por 71% do financiamento público. Paralelamente, os recursos provenientes de fontes privadas internacionais somaram cerca de R\$ 11,2 bilhões por ano, contribuindo significativamente para a agenda climática nacional (CPI, 2025b).



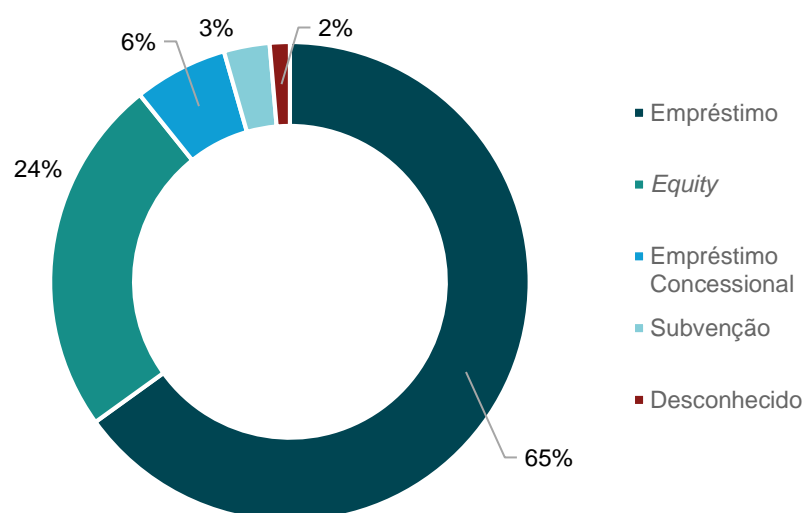
Os recursos dos FCIs, geralmente, são provenientes de contribuições de países desenvolvidos ou entidades e fundações, na forma de doações, capital ou empréstimos (BANCO MUNDIAL, 2025b, c). Já os BMDs, além de receberem contribuições de capital dos países membros, emitem títulos de alta classificação de crédito no mercado financeiro internacional e possuem receitas atreladas a juros e amortizações de empréstimos concessionais anteriores.

Estes recursos são então transferidos a repassadores e intermediários, que serão responsáveis pela viabilização dos projetos. Nesta categoria, os principais atores são entidades públicas, especialmente aquelas que compõem o Sistema Nacional de Fomento e agências internacionais de desenvolvimento e cooperação, que tenham atuação no país. Os BMDs também intermediam projetos, por meio de parcerias, com outras organizações e com os próprios fundos.

O repasse de recursos pode se dar de diversas formas. No caso das entidades públicas e organizações não governamentais, os recursos podem ser acessados por meio de subvenções, empréstimos e/ou garantias. Já as entidades privadas, usualmente, não acessam recursos de subvenções, mas podem obter empréstimos, garantias e/ou investimentos em equity, por exemplo. Além disso, estruturas de financiamento misto (blended finance) também vêm ganhando espaço, conforme destacado anteriormente, com a utilização de recursos concessionais e mecanismos de garantias para mobilização de recursos privados.

Figura 5 apresenta a distribuição do financiamento climático internacional para o Brasil por tipo de instrumento, no período de 2021 a 2022.

Figura 5: Distribuição do financiamento climático internacional para o Brasil por instrumento financeiro (2021 e 2022)

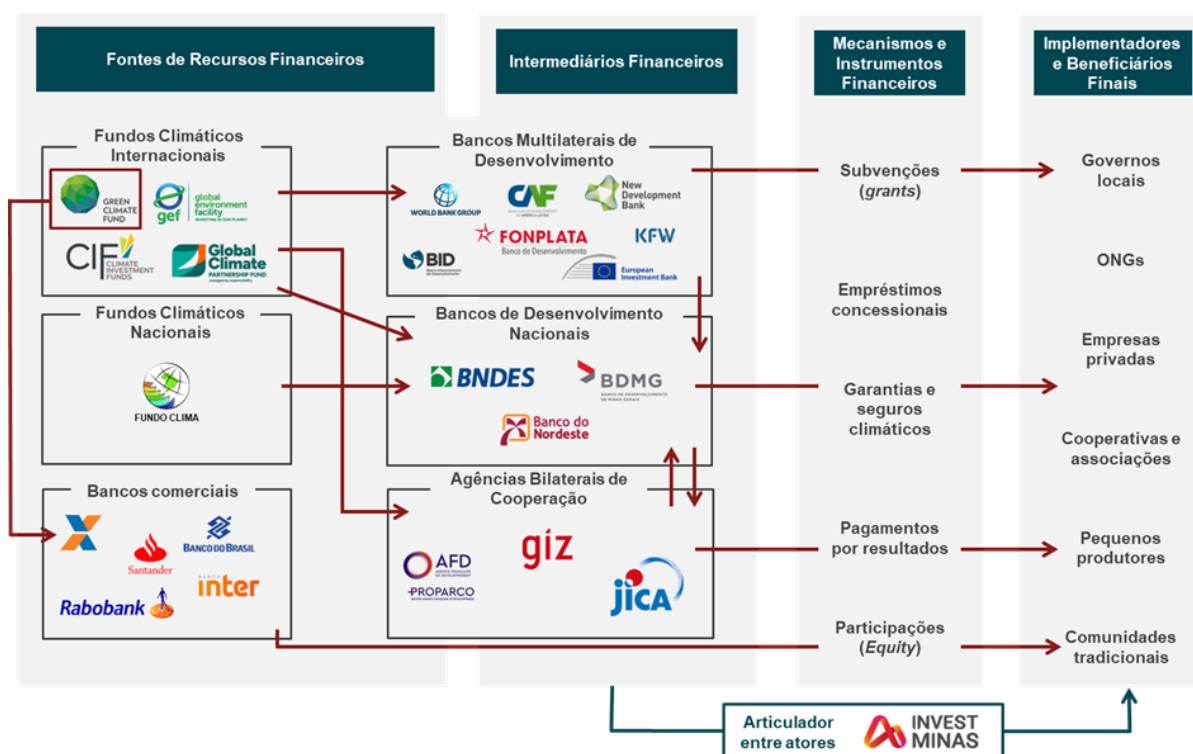


Fonte: Elaboração própria com base em CPI (2025).



**Erro! Fonte de referência não encontrada.** Por fim, por meio dos intermediários, o financiamento atinge seu destino, o beneficiário e implementador, que tomará o financiamento e utilizará os recursos para a implementação do projeto e das atividades que permitirão a mitigação de emissões e outros benefícios climáticos. A Figura 6 ilustra, de forma não exaustiva, a atuação das entidades abordadas:

Figura 6: Ilustração da estrutura do fluxo de financiamento climático



Fonte: Elaboração própria.

Dentro dessa estrutura de financiamento, alguns gargalos podem ser observados. A partir do que foi apresentado nas seções anteriores, observa-se que, a nível nacional, o Brasil acessa recursos relevantes dos principais FCIs e BMDs. De acordo com dados do *Climate Fund Update*, o Brasil é o terceiro maior beneficiário de financiamento climático de fundos multilaterais para mudanças climáticas, atrás apenas da Índia e da região da África Subsaariana (CLIMATE FUNDS UPDATE, 2018). Destaca-se, nesse contexto, a reformulação do Programa País junto ao GCF, que reafirma a ampliação do acesso aos recursos, bem como do acesso ao financiamento dos programas de Integração de Energia Renovável, de Natureza, Povos e Clima e, mais recentemente, de Descarbonização da Indústria, no âmbito do CIF. No entanto, a nível estadual, existem algumas dificuldades de acesso aos recursos e de parcerias diretas com os BMDs.

Embora o BDMG mantenha captações relevantes com bancos como CAF e BEI, e projetos com instituições como BID e AFD, o estado de Minas Gerais enfrenta dificuldades no acesso



aos recursos, dada a dívida fiscal acumulada. A Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais (SEF/MG) destaca que 87% da dívida do estado é com a União (G1, 2024). Nesse sentido, e a partir das negociações entre os governos estadual e federal, com a participação do Poder Legislativo, foi submetido o Programa de Pleno Pagamento das Dívidas dos Estados (Propag). A expectativa é que a resolução da situação fiscal contribua para a facilitação de captações diretas do estado; no entanto, apesar da melhora no quadro, persiste um cenário de incertezas em relação à atração de recursos públicos voltados a fluxos de financiamento climático (ALMG, 2025; SEF/MG, 2025).

Nesse contexto, de forma complementar às captações realizadas via BDMG e a nível federal, a atração de recursos privados, como dos bancos comerciais e fundos de investimento, é importante para destravar o financiamento climático no estado. Dado que os recursos oferecidos a taxa de mercado são mais custosos do que os recursos subsidiados, atrair esses investimentos requer um ambiente de negócios favorável e projetos bem estruturados<sup>9</sup>, com viabilidade econômica clara. Nesse cenário, a conexão das empresas com as instituições financeiras privadas pode ser fundamental para reduzir os custos de procura para ambas as partes.

Considerando que a oferta dos financiamentos é, em grande medida, concentrada no setor bancário, a facilitação do acesso das empresas ao mercado de capitais pode ser uma alternativa para a captação de recursos privados. Entretanto, esse acesso, pode ser mais desafiador para MPMEs devido aos custos de emissão de títulos de dívida ou de ações<sup>10</sup>. Sendo assim, o apoio para redução desses custos, por meio de assessoria técnica ou conexão com investidores, pode representar uma alternativa para atração de recursos privados no financiamento à descarbonização no estado.

Além disso, uma característica comum aos fundos analisados é que o acesso direto aos recursos é concentrado em organizações específicas. No caso do GCF, a implementação dos projetos é realizada por entidades credenciadas, sendo apenas três delas entidades brasileiras, que ainda não possuem projetos. Ou seja, os projetos desenvolvidos no Brasil são liderados por entidades internacionais com atuação no país. Já no caso do GEF, há uma rede de 18 agências implementadoras credenciadas, sendo a maior parte delas internacionais. Já

---

<sup>9</sup> A elaboração de projetos requer a apresentação de estudos de viabilidade técnica e econômica, bem como avaliação de riscos e incertezas. Especialmente a viabilidade técnica e econômica são fundamentais para que o financiador perceba que o projeto possui capacidade de pagar o financiamento tomado. Como será apresentado nos Estudos de Caso, a elaboração do Fluxo de Caixa do Projeto e a identificação dos elementos que afetam o Valor Presente Líquido do empreendimento são fundamentais para identificar a viabilidade e a financiabilidade do projeto (ASSAF NETO, 2014). Em alguns casos para financiamento climático, especificações técnicas do projeto podem ser requeridas, como o método produtivo ou tecnologia adotada para que o impacto climático seja estimado pelo financiador (BNDES, 2024b).

<sup>10</sup> Reconhecendo o alto custo de emissão de títulos de dívida ou de propriedade no mercado brasileiro, a CVM lançou o regime FACIL, um programa de simplificação de regras de emissões para empresas de sociedades anônimas como companhia de menor porte (CMP) (CVM, 2025). Apesar de não ser uma iniciativa voltada exclusivamente para descarbonização, a facilitação do acesso ao mercado de capitais também beneficia o financiamento dessas iniciativas.



no caso do CIF, o financiamento só pode ser acessado por meio dos Bancos Multilaterais de Desenvolvimento credenciados, que atuam como parceiros de implementação. Os três fundos compartilham o mesmo ponto focal no Brasil, a Secretaria de Assuntos Internacionais do Ministério da Fazenda, cujos representantes participam das instâncias deliberativas do fundo, defendendo os interesses do país e propondo melhorias em processos e critérios.

Nesse contexto, o acesso aos recursos depende de intermediações junto às entidades aplicáveis, exigindo alinhamento às prioridades do governo federal e atendimento às demandas dos investidores e padrões internacionais. No caso da atuação dos BMDs, existe interface direta com órgãos estaduais, como secretarias e bancos, além de, em alguns casos, possuírem divisões dedicadas à atuação com o setor privado. Com isso, embora o alinhamento às prioridades do governo federal seja uma condição fundamental, existem exemplos de captações com aval da União, como o programa do BID em parceria com o BDMG.

A concentração do acesso aos recursos em entidades específicas implica em uma necessidade de articulação de parcerias formais e estruturação de projetos que atendam aos padrões exigidos e esperados por essas instituições, o que pode representar um desafio. No entanto, a construção de uma interface consolidada com estas entidades pode possibilitar um acesso continuado a recursos diversos, uma vez que haja um alinhamento entre o provedor de recursos e o repassador quanto à forma de atuação.

Os desafios mais relevantes para o financiamento de atividades de mitigação, no entanto, são observados no elo entre os repassadores e os beneficiários. Ou seja, na execução dos recursos captados. As dificuldades de repasse podem decorrer da baixa competitividade de financiamentos climáticos frente às linhas de crédito tradicionais, bem como da limitada capacidade para estruturação de projetos alinhados às expectativas de mitigação.

Os repasses climáticos, em geral, exigem contrapartidas relacionadas à mitigação de emissões que podem dificultar o acesso ao recurso. Esses desafios podem surgir tanto pelo aumento de custos para implementação e ou comprovação quanto pela falta de conhecimento em relação aos possíveis ganhos e benefícios das atividades a serem implementadas. Como consequência, isso desencoraja os produtores e empreendedores, e limita o alcance das linhas, mesmo quando oferecem taxas competitivas.

Outro ponto relevante é a dificuldade de pequenos agricultores e produtores e até mesmo municípios menores em estruturar projetos adequados. Os critérios de financiamento para recursos climáticos, especialmente no caso de financiadores internacionais, tendem a ser rigorosos, visando assegurar a redução efetiva de emissões, o que pode impactar negativamente a atratividade do crédito. Apesar da importância desse rigor para garantir que impactos reais se materializem, a falta de conhecimento técnico e a escassez de dados limitam a estruturação de projetos de mitigação e o monitoramento necessário para comprovação de resultados positivos. Além disso, o baixo ticket médio de projetos individuais



pode ser uma barreira para a obtenção de financiamento em linhas voltadas para clima e sustentabilidade.

Em particular, no setor agropecuário, observa-se também barreiras culturais<sup>11</sup> significativas, com resistência em relação às mudanças nas práticas produtivas adotadas tradicionalmente. Nesse contexto, é necessário capacitar produtores e cooperativas, apresentando os benefícios das práticas regenerativas e sustentáveis, demonstrando como elas podem ser benéficas à produção e aos negócios, além das vantagens para o meio ambiente.

Em termos de investimento privado, o grau elevado de risco e incerteza na estruturação de projetos de descarbonização ainda é um gargalo. Nesse sentido, o formato *blended finance* tem se difundido, ao trazer uma diminuição de riscos em projetos mais inovadores e de custo elevado.

Por fim, um desafio relevante é o da dificuldade de monitoramento de recursos aplicados em soluções climáticas, principalmente, em relação às instituições multilaterais. Enquanto alguns projetos apresentam metas e impactos claros atrelados à mitigação de emissão de GEE, existem projetos e operações que não são primordialmente voltados a soluções de mitigação, mas possuem componentes climáticos. Nesses casos, torna-se difícil rastrear o impacto da aplicação dos recursos e obter dados. Além disso, em alguns projetos não há clareza quanto à ação financiada, o que compromete a rastreabilidade do setor ou da atividade a ser mitigada. Essa falta de definição também representa um gargalo para acompanhar o impacto da aplicação dos recursos e coletar dados relevantes.

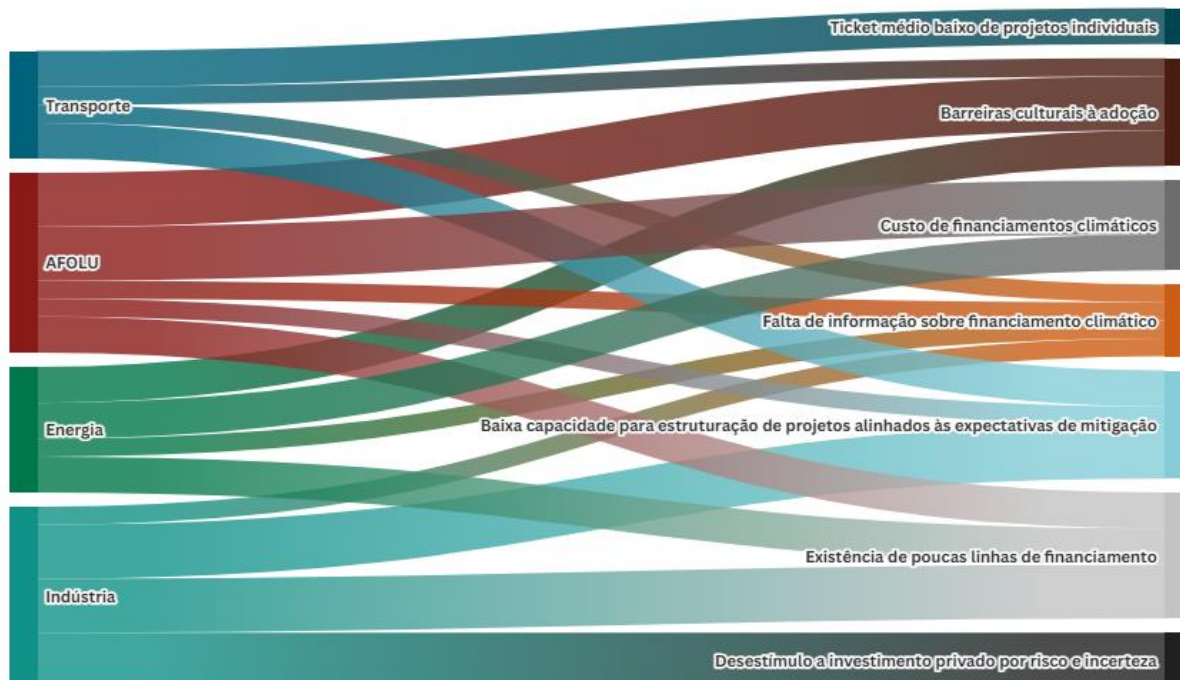
Parte significativa dos desafios apresentados são comuns a múltiplos ou todos os setores abordados pelo Rota da Descarbonização. No entanto, alguns podem se materializar de formas distintas em diferentes setores. A Figura 7 ilustra a relação dos desafios discutidos neste relatório com os setores. Na seção seguinte as discussões setoriais são aprofundadas e serão apresentadas possibilidades de atuação para a facilitação da escalabilidade do financiamento climático em cada setor.

---

<sup>11</sup> A dificuldade da difusão tecnológica na agricultura é um fenômeno conhecido na literatura global. Há a possibilidade de que os agricultores se encontrem em uma situação de “mau equilíbrio”, usando modelos tradicionais que, embora não sejam os mais produtivos entre todas as tecnologias, são os melhores modelos disponíveis para o produtor (SCHULTZ, 1992).



Figura 7: Desafios setoriais



Fonte: Elaboração própria.

## Recomendações e caminhos estratégicos

A partir da estrutura de financiamentos, desafios e oportunidades discutidas, o estado de Minas Gerais por meio da Invest Minas e outras entidades estaduais relevantes, pode adotar algumas ações estratégicas e iniciativas a fim de contribuir com a captação e alocação eficiente de recursos nos setores prioritários para mitigação da mudança climática.

Em termos de captação, a Invest Minas pode atuar promovendo iniciativas de consultas junto a outros estados e entidades que tenham desenvolvido projetos de sucesso junto aos FCIs e BMDs, especialmente aqueles com potencial de replicação em Minas Gerais. Essa atuação permitiria não apenas a aprendizagem sobre a idealização, estruturação e implementação dos projetos, mas também a identificação de atores relevantes para apoio técnico e articulação.

Para evidenciar o alinhamento às prioridades nacionais, que, como apontado, é de muita relevância para o acesso de recursos, o PLAC-MG constitui uma ferramenta muito útil, uma vez que já está alinhado à compromissos internacionais como o *Race to Zero* e o *Race to Resilience*. A vinculação de propostas de financiamento às metas e eixos do PLAC-MG poderia facilitar a elegibilidade de projetos mineiros a recursos internacionais, ao demonstrar articulação com políticas públicas estaduais e federais.



Como abordado anteriormente, a falta de informações sobre os recursos já disponíveis para projetos de mitigação, bem como sobre formas de acessá-los pode ser um gargalo para que produtores, empresas e cooperativas identifiquem linhas aplicáveis às suas necessidades e desenvolvam estratégias considerando as oportunidades existentes.

Nesse sentido, considerando sua atuação de orientação sobre investimentos, a Invest Minas poderia disponibilizar, de forma centralizada, informações sobre as principais opções de financiamento climático disponíveis, permitindo também que beneficiários interessados que precisem de apoio para acessar recursos ou estruturar projetos entrem em contato, por exemplo, por meio de um formulário padrão restrito às possibilidades de apoio e serviços que a agência possa prestar.

Essa ação pode contribuir para o fortalecimento da governança e da transparência das informações. Além disso, esse tipo de contato, pode permitir a identificação de beneficiários com interesses comuns, complementares ou adicionais, permitindo a idealização de estratégias e ações conjuntas mais abrangentes e robustas, bem como a aproximação entre organizações capazes de se apoiar mutuamente. Também seria possível reunir e disponibilizar informações públicas de projetos e iniciativas com impactos de mitigação em desenvolvimento no estado, de modo a servir de exemplo e incentivo a outras partes interessadas.

Outro aspecto, complementar, que pode gerar impacto significativo é o desenvolvimento de capacidades técnicas. A disponibilidade de informações básicas para acesso aos financiamentos e a apresentação das vantagens representa um primeiro passo importante. No entanto, é fundamental avançar para o desenvolvimento de treinamentos e capacitações estruturadas para empresas, especialmente MPMEs, cooperativas, produtores e municípios. Essas iniciativas são essenciais para permitir que os atores entendam a importância e as vantagens de projetos de mitigação, além de aprenderem como desenvolver projetos robustos aplicáveis aos requisitos dos financiamentos sustentáveis.

Já existem algumas iniciativas em curso, como o Programa de Aceleração desenvolvido pela Assembleia Legislativa de Minas Gerais (ALMG) em parceria com o BH-TEC, realizado desde 2025. Nesse programa, as 10 iniciativas selecionadas para o Prêmio Assembleia de Incentivo à Inovação - Crise Climática participam do programa como parte da premiação, com o objetivo de fortalecer o desenvolvimento de soluções inovadoras por meio de uma jornada estruturada de capacitação, mentoria e validação técnica, por meio da execução de testes de viabilidade (ALMG, 2024).

Além disso, o BDMG, em conjunto com a Embrapa, representada pela Embrapa Cerrados, lançaram, em 2022, o LabAgroMinas, um programa de fomento a práticas de agricultura sustentável e climaticamente inteligente em Minas Gerais. O objetivo é incentivar a adoção, pelos produtores rurais do estado, de novas tecnologias que reduzam as emissões de GEE,



promovam a regeneração do solo e garantam alto desempenho das culturas, em termos de qualidade e produtividade (BDMG, 2022).

Por meio da iniciativa, produtores que queiram aplicar soluções mais sustentáveis em suas propriedades podem contar com assistência técnica capacitada pela Embrapa, em complemento às soluções de crédito ofertadas pelo BDMG em parceria com cooperativas de crédito locais (BDMG, 2022). O programa já realizou capacitações gratuitas a engenheiros agrônomos e técnicos agrícolas para que incentivem produtores rurais a adotarem práticas mais sustentáveis e inovadoras, garantindo produtividade (EMBRAPA, 2023).

A própria Invest Minas possui experiência no desenvolvimento de programas de treinamento, como o Programa Trilhas de Futuro, em colaboração com as Secretarias de Educação e Desenvolvimento Social. Embora esse projeto seja voltado à oferta de cursos técnicos para estudantes e egressos do ensino médio, aspectos de sustentabilidade podem ser incorporados, quando aplicável, e a experiência pode ser replicada para outros tipos de capacitações.

Iniciativas desse tipo favorecem a disseminação de conhecimento relevante para a implementação de projetos. Uma outra possibilidade de capacitação é a realização de oficinas de projetos para diferentes públicos (municípios, empresas, cooperativas), que ensinem de forma prática o passo a passo para o desenvolvimento de projetos de redução de emissões aplicáveis a financiamentos. Outro ponto relevante de atuação pode ser o desenvolvimento e disponibilização de ferramentas que permitam a estimativa dos impactos de mitigação<sup>12</sup> dos projetos propostos para colaborar com o alinhamento às solicitações dos financiadores e poder de barganha das iniciativas desenvolvidas.

A seguir, serão aprofundadas as discussões setoriais e apresentadas possibilidades para ampliar a escalabilidade do financiamento climático em cada setor do Rota.

## **AFOLU: Roadmap de investimentos**

Em 2019, o setor de AFOLU emitiu o equivalente à metade das emissões totais do estado, sendo a pecuária responsável por 62,2% dessas emissões, seguida de agricultura e uso da terra, mudança no uso da terra e florestas (LULUCF, na sigla em inglês) com 27,2% e 10,6%, respectivamente. O protagonismo do setor, portanto, é observado na atividade pecuária, cujo rebanho bovino se posiciona como o segundo maior do país e que responde pela maior produção leiteira nacional. Na atividade agrícola, as emissões são provenientes, majoritariamente, do manejo de solos (86,3%) e concentram-se na deposição de detritos de

---

<sup>12</sup> A estimativa de impactos de mitigação de emissões de GEE é complexa e particular a cada tecnologia de descarbonização avaliada e escopo considerado.



bovinos diretamente em pastagens, seguida da aplicação de fertilizantes sintéticos no cultivo agrícola, da decomposição de resíduos culturais e da renovação de pastagens.

Já no subsetor LULUCF, 96,4 % das emissões originam-se de alteração do uso da terra e 3,6% da queima de resíduos florestais. Destaca-se que Minas Gerais já possui um montante significativo de áreas que passaram por um processo de remoção da vegetação nativa no passado e, atualmente, são destinadas a atividades econômicas. Por outro lado, o estado vem reduzindo o desmatamento por meio do fortalecimento do monitoramento e fiscalização contínuos, o que ajuda a explicar a participação reduzida do setor LULUCF em suas emissões quando comparado ao Brasil (MINAS GERAIS, 2022a).

Considerando a relevância estratégica do setor AFOLU para os esforços de descarbonização, nota-se o crescimento do financiamento climático para o setor no país. Durante o período entre 2021 e 2023, o Brasil recebeu uma média anual de R\$ 88,1 bilhões em financiamento climático para AFOLU, sendo R\$ 85,3 bilhões/ano (97%) dos recursos provenientes de fontes domésticas (CHIAVARI *et al.*, 2024).

Apesar da existência de tecnologias voltadas à mitigação de emissões já disponíveis no mercado, como plantio direto e sistemas de integração, a adoção dessas soluções ainda é limitada, em grande parte, por barreiras culturais, que reduzem o interesse e a busca ativa por tais inovações. Desse modo, é essencial associar assistência técnica aos financiamentos, visando disseminar informações acerca dos benefícios econômicos e ambientais de tais práticas.

Sob essa perspectiva, destacam-se iniciativas voltadas para a cooperação técnica, por parte do BID, para operações que apoiam o desenvolvimento rural sustentável no país. Nos estados do Piauí, Paraíba e Bahia, essas iniciativas visam fortalecer as competências institucionais e operacionais dos principais órgãos executores e coexecutores em nível estadual, encarregados da implementação de projetos financiados pelo banco (BID, 2025e). Além disso, o banco também possui projetos de cooperação técnica com os estados do Pará e do Acre, voltados para a implementação de sistemas produtivos de baixo carbono e resilientes entre pequenos e médios agricultores. A atuação inclui o aprimoramento das capacidades de técnicos de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) e de agricultores em sistemas de produção de bioeconomia resilientes e sustentáveis, nas políticas de crédito que os apoiam e na implementação de projetos a serem apresentados a instituições de crédito (BID, 2025b, f, g). Embora Minas Gerais não seja beneficiária direta desses projetos, eles funcionam como referência potencial para as estratégias de descarbonização do subsetor no estado.

Em relação à agricultura de baixo carbono, conforme abordado anteriormente, o BDMG possui iniciativas também relevantes. Além da linha de crédito 'Finame Fundo Clima', oriunda de recursos junto ao BNDES, o banco estadual também possui o programa LabAgroMinas BDMG. O LabAgroMinas, desenvolvido em parceria com a Embrapa Cerrados para o incentivo às práticas de agricultura regenerativa no estado, contém as linhas de crédito BDMG



Solo Mais e BDMG Bioinsumos. Além dos diversos produtos financiáveis pelo programa, há parcerias com cooperativas que visam assistência técnica para a implementação dos projetos (BDMG, 2022).

Contudo, programas de financiamento verdes, como o LabAgroMinas, costumam exigir critérios específicos para acesso ao crédito. Esses requisitos, apesar de relevantes para assegurar o impacto positivo dos projetos, podem requerer tempo, mão de obra qualificada e dados detalhados sobre os projetos, o que pode encarecer a sua fase inicial e comprometer sua viabilidade econômica. Isso impacta, em especial, pequenos e médios produtores rurais, que, em geral, possuem pouca capacidade para estruturação de projetos alinhados às demandas para o financiamento climático. Sob esse contexto, tais programas podem enfrentar baixa competitividade em relação às linhas de crédito tradicionais.

Em relação à pecuária, apesar da atividade, em especial a bovinocultura, ter grande participação nas emissões do setor, notam-se ainda mais gargalos para implementação de práticas de baixo carbono. O programa RenovAgro contempla algumas tecnologias para a pecuária, como projetos de recuperação de pastagens degradadas, sistemas de integração e manejo de resíduos oriundos da produção animal. No entanto, o estado ainda carece de recursos para a implantação ou expansão de outras tecnologias de mitigação relevantes, como melhoramento genético e manejo nutricional de bovinos. Sob essa perspectiva, nota-se a importância de captações e programas voltados para a pecuária de baixo carbono.

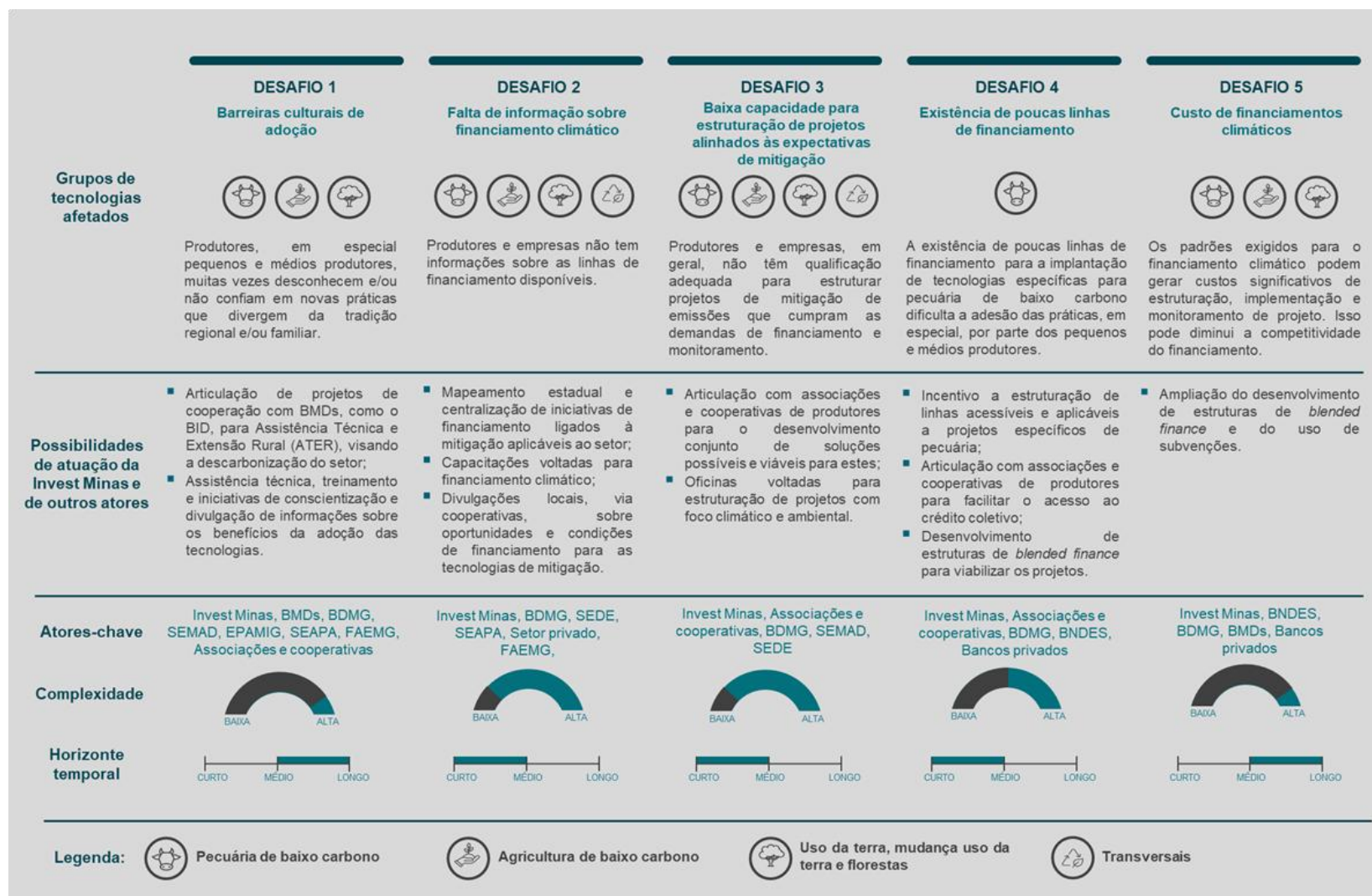
Por fim, para o subsetor de LULUCF, em especial no que diz respeito a floresta nativa, há uma dependência considerável por recursos públicos federais, suplementados por fluxos de fontes internacionais (CHIAVARI *et al.*, 2024). No âmbito das instituições multilaterais, o Brasil já recebeu investimentos do Programa de Investimento Florestal (FIP), voltados à redução do desmatamento e à capacitação de comunidades, incluindo povos indígenas, para o uso sustentável dos recursos naturais com foco no Cerrado.

Destaca-se que a concentração do acesso a recursos em determinadas entidades torna necessário o estabelecimento de parcerias formais e o desenvolvimento de projetos bem estruturados, que estejam alinhados com os padrões exigidos. Embora Minas Gerais esteja com uma situação fiscal incerta em relação a atração de recursos com a União, investimentos e parcerias com agências multilaterais podem auxiliar na captação de investimentos para a descarbonização do subsetor. Além do financiamento para tecnologias voltadas à mitigação de emissões, é igualmente relevante investir em tecnologias que visem o monitoramento dos recursos aplicados, como fiscalização de áreas em recuperação, desmatadas e reflorestadas.

A partir do contexto apresentado para o setor e dos desafios discutidos na seção anterior, a Figura 8 apresenta um diagrama que sintetiza os principais desafios setoriais e as possíveis formas de atuação para seu enfrentamento.



Figura 8: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – AFOLU



Fonte: Elaboração própria.



## Energia: Roadmap de investimentos

Em 2020, a geração de eletricidade, o refino de petróleo e a produção de biocombustíveis, que compõem o setor de energia do projeto Rota, emitiram 5,71 MtCO<sub>2</sub>e, 3,3%<sup>13</sup> das emissões totais do estado. Dessas emissões, 57,3% foram relativos à geração de eletricidade, 41,5% ao refino de petróleo e 1,2% à produção de biocombustíveis (COPPE;UFRJ;UFMG;USP, 2022). As emissões relacionadas à eletricidade, apesar de comporem a maior parte dentro do recorte estabelecido, abrangem a autoprodução de energia em indústrias e no setor agropecuário. As medidas relacionadas a esses dois setores são tratadas nas respectivas subseções.

A produção de combustíveis fósseis em Minas Gerais está concentrada em uma única refinaria, a Refinaria Gabriel Passos (Regap), localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Essa instalação pertence à Petrobras, o que limita o poder de atuação estadual sobre os processos internos à refinaria. Assim, o maior desafio da descarbonização da produção de combustíveis no estado é a dependência de decisões e políticas a nível nacional, etapas anteriores à discussão sobre alternativas de financiamento para o setor.

Na geração de eletricidade, assim como para o refino, ainda há uma dependência de órgãos federais, para o desenvolvimento das tecnologias de descarbonização, principalmente as ligadas ao armazenamento de energia em larga escala. A regulação do armazenamento, de responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), está prevista para ser publicada ainda em 2025, e tratará da outorga, do acesso e do uso da rede e da remuneração de sistemas a baterias (PV MAGAZINE, 2025). Esse avanço é resultado da Consulta Pública 39, iniciada em 2023.

Mesmo após a superação da barreira regulatória, o setor de armazenamento de energia ainda enfrentará desafios relacionados à desigualdade no acesso a linhas de financiamento, pois há um maior direcionamento dos recursos ao desenvolvimento de energia solar. Para esse tipo de geração limpa, existem diversas opções de financiamento, como a linha do BNDES Finem - Geração de Energia e o programa Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis, fruto da integração entre BNDES, FINEP e Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (BNDES, 2025a; FINEP, 2024). A nível estadual, destaca-se a linha BDMG Sustentabilidade Clima, que conta com recursos da captação com o Banco Asiático de Investimento em Infraestrutura (AIIB) (BDMG, 2024c).

No entanto, apesar desses diversos incentivos, os projetos de geração renovável vêm enfrentando crescente resistência do mercado de capitais. Esse movimento é resultado da falta de previsibilidade do fluxo de caixa de alguns novos projetos, que têm sido impactados pelos cortes de geração (*curtailments*) (VALOR, 2025). Esses cortes ocorrem quando a geração supera a demanda, e, para não ocorrer o sobrecarregamento das redes, interrompe-

---

<sup>13</sup> No recorte do projeto Rota, consonante com a abordagem do PLAC-MG, são consideradas em energia apenas as emissões do processo de geração de eletricidade, da produção de biocombustíveis e do refino de petróleo.



se a produção. Uma medida para mitigar esse problema é a instalação de sistemas de baterias, capazes de absorver a carga excedente para ser usada em períodos de alta demanda. Nesse contexto, existe uma oportunidade para a ampliação de linhas de financiamento que abordem o armazenamento de energia.

Sob essa perspectiva, o Brasil já faz parte do GESP, no âmbito do CTF-CIF, que se apresenta como solução, principalmente, para o financiamento de sistemas de armazenamento voltado a micro, pequenas e médias empresas, dentro de minirredes (*microgrids*) (BRASIL, 2025k). Assim, para projetos em pequena escala, conectados, principalmente, a sistemas de autoprodução de energia em geração distribuída, nota-se a relevância do GESP para o setor em Minas Gerais.

Para o caso de aplicações em larga escala, como as baterias *standalone* em alta tensão, o estado pode se beneficiar do FNE Verde, da SUDENE. Esse fundo, que contará com um orçamento de R\$ 7,7 bilhões em 2025 e R\$47,2 bilhões em 2026, poderá oferecer crédito para a obtenção de baterias (BRASIL, 2024a). Embora não seja um programa específico para Minas Gerais, a SUDENE já atua no estado por meio do BNB, notavelmente na região Norte, em parte do Noroeste e nos Vales do Jequitinhonha, do Mucuri e do Rio Doce. Essas regiões possuem alto potencial solar, o que aumenta a rentabilidade de projetos de baterias associados a esse tipo de geração, ao mesmo tempo que contribui para mitigar os impactos do *curtailment*.

As oportunidades de financiamento para sistemas de bateria apresentam um grande avanço ao setor de armazenamento de energia em Minas Gerais. No entanto, no caso das Usinas Hidrelétricas Reversíveis (UHRs), também classificadas como tecnologias de armazenamento, o cenário ainda é de maior incerteza. Isso acontece, principalmente, devido ao enfoque maior dados às baterias na Consulta Pública 39 da ANEEL. A agência optou por tratar as UHRs separadamente, após a conclusão do trabalho sobre as baterias (PV MAGAZINE, 2025).

Apesar de ainda existir essa limitação regulatória, o MME anunciou a inclusão dessas usinas no próximo leilão de reserva de capacidade, medida que poderá estimular investimentos nessa tecnologia. De acordo com o presidente da EPE Thiago Prado, o principal desafio para o avanço das UHRs é a falta de modelos de remuneração que viabilizem os altos investimentos na construção das usinas. Dessa forma, a inclusão dessa tecnologia nos demais projetos de financiamento de energias renováveis já consolidadas no estado poderia colocar Minas Gerais como referência no setor, em âmbito nacional.

No campo das tecnologias relacionadas à produção de biocombustíveis, destaca-se a necessidade de investimentos em pesquisa e desenvolvimento para a viabilização das soluções de captura e armazenamento de carbono (BECCS). Assim, o financiamento é especialmente relevante nessas etapas anteriores à implementação em escala das tecnologias. Já para os sistemas de cogeração na produção de biodiesel, que não enfrentam



essa barreira tecnológica, cooperações com entidades internacionais voltadas à transição energética são uma alternativa para a captação de recursos. Exemplo disso é o Programa de Transição Energética (PTE-II), no âmbito do Banco Mundial, que trata, também, de biocombustíveis (BID, 2025c).

Falta, porém, maior conhecimento sobre os benefícios da adoção de sistemas de cogeração devido a uma barreira cultural, relacionada, principalmente, ao setor agropecuário. A produção de biocombustíveis, principalmente o etanol e o biometano a partir de resíduos da cana-de-açúcar, está diretamente relacionada ao ciclo operacional dos produtores de açúcar. Assim, há uma relação intrínseca entre esses componentes energéticos e o setor agrário, que pode ser mais resistente à incorporação de novas tecnologias. Paralelamente à barreira cultural, destaca-se a falta de informação sobre iniciativas de financiamento de medidas relacionadas ao clima, como o PTE-II, que poderiam auxiliar o produtor rural a integrar medidas mais sustentáveis à sua produção, inclusive à de biocombustíveis. Essas barreiras serão discutidas na subseção de AFOLU, devido à integração com o setor.

A partir do contexto apresentado para o setor e dos desafios discutidos na seção anterior, a Figura 9 apresenta um diagrama que sintetiza os principais desafios setoriais e as possíveis formas de atuação para seu enfrentamento.



Figura 9: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Energia



Fonte: Elaboração própria.



## Indústria: *Roadmap* de investimentos

A atividade industrial possui elevada participação na economia de Minas Gerais, visto que o estado possui atuação expressiva na produção de metais. Em 2019, o estado foi responsável por 40% do valor da produção mineral comercializada no Brasil (MCTI, 2020). Nesse sentido, a participação do setor industrial no perfil de emissões de Minas Gerais foi mais elevada que a média nacional, sendo equivalente a 28% das emissões estaduais. Além disso, a indústria de ferro-gusa e aço possui elevada relevância econômica e em intensidade de emissões do setor industrial mineiro, sendo responsável por 50% do total de emissões (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2024). As atividades de cimento, mineração e os demais segmentos representaram, respectivamente, 27%, 4% e 19% das emissões de indústria.

Nesse sentido, nota-se a complexidade envolvendo a pluralidade de processos e produtos dentro do setor industrial e, por conseguinte, o grande desafio para a sua descarbonização. A expansão do capital é importante na viabilização de tecnologias voltadas à redução das emissões de GEE, que demandam, em geral, altos investimentos. Por outro lado, apesar de existirem diferentes fontes de financiamento para alavancar medidas de mitigação de emissões, conforme destacado nas seções anteriores, para a indústria, nem todas as fontes abordadas estão disponíveis e são de fácil acesso (CNI, 2022).

Para medidas inovadoras de mitigação de emissão, como captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS, na sigla em inglês) e a redução direta com hidrogênio de baixo carbono, ainda há uma carência de linhas de financiamento, dada a baixa maturidade tecnológica e baixa viabilidade econômica. Já em relação às tecnologias voltadas à eficiência energética e à substituição de combustíveis fósseis por fontes alternativas, embora exista disponibilidade de fontes de financiamento, informações detalhadas sobre essas linhas ainda são limitadas e, além disso, o financiamento para o setor é frequentemente apresentado de forma agregada com dados do setor de energia, o que compromete a clareza sobre a cobertura das linhas de financiamento.

Em contrapartida, o setor industrial tem se destacado nos esforços de descarbonização, dado a sua relevância na transição energética e na redução da dependência por combustíveis fósseis. Nesse sentido, destaca-se o Programa de Descarbonização da Indústria, uma iniciativa do CIF com participação do Brasil, visando a alocação de recursos para acelerar a transição para a indústria de baixo carbono. O programa promove parcerias público-privadas, inovação tecnológica e mudanças no comportamento da indústria, com foco em setores intensivos em emissões de GEE, como aço, cimento, alumínio e químicos (BRASIL, 2025c; CIF, 2025c).

Sob esse contexto, a estruturação adequada de projetos, de forma a demonstrar sua viabilidade técnica e econômica, surge como um importante fator para viabilizar o financiamento de tecnologias de mitigação no setor industrial. A elaboração de diagnósticos e modelagens financeiras robustas permitem a identificação de oportunidades de retorno sobre investimento e ganhos operacionais, auxiliando a tomada de decisão por parte das empresas.



Além disso, a capacitação técnica e a organização de empresas em agrupamentos por tipo de indústria, visando mapear desafios comuns, promover treinamentos conjuntos e engajar os fornecedores, podem auxiliar na escalabilidade de tais técnicas.

A partir do contexto apresentado para o setor e dos desafios discutidos na seção anterior a Figura 10 apresenta um diagrama que sintetiza os principais desafios setoriais e as possíveis formas de atuação para seu enfrentamento.



Figura 10: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Indústria



Fonte: Elaboração própria.



## Transporte: *Roadmap* de investimentos

Em 2019, o estado de Minas Gerais foi responsável pela emissão de 126,3 MtCO<sub>2</sub>e, o equivalente a 5% das emissões brasileiras. O setor de energia, que engloba transportes, foi responsável por 26% dessas emissões. O subsetor de transportes foi relevante no perfil de emissões do estado, sendo responsável por 15,7% das emissões totais e 61,3% das emissões do setor de energia<sup>14</sup> mineiro em 2019 (MINAS GERAIS, 2022a).

A descarbonização desse setor é complexa dada a diversidade de fatores que influem sobre as suas emissões, como a frota veicular, o tipo modal, os movimentos aéreos e o uso de diferentes combustíveis. O transporte rodoviário é o principal emissor de GEE, representando 93,4% das emissões do setor em 2019, sendo, respectivamente, o óleo diesel e a gasolina comum os maiores contribuintes para essas emissões (MINAS GERAIS, 2022a).

Em termos de biocombustíveis, Minas Gerais se destaca como o quinto maior produtor de etanol do país, sendo responsável por 9,3% da produção total de etanol, em 2024, e 9,2% da produção de etanol hidratado no mesmo ano (ANP, 2025d). Para possibilitar a continuidade da relevância da produção do combustível no estado, especialmente para a viabilização da descarbonização, é importante que o setor sucroalcooleiro continue recebendo investimentos consistentes e direcionados.

Essa captação de recursos pode ser feita por intermédio do BNDES, como ocorreu com a Companhia Mineira de Açúcar e Álcool (CMAA). Em janeiro de 2025, o banco aprovou um financiamento de R\$ 480 milhões para a CMAA, voltados ao investimento na produção de etanol, na geração de energia a partir da biomassa da cana-de-açúcar e na modernização das unidades industriais da empresa, abrangendo, assim, vários processos na cadeia de produção do biocombustível. Além disso, com R\$ 220 milhões oriundos do Fundo Clima, a Companhia poderá ampliar a capacidade produtiva de etanol anidro no estado. Esse importante acréscimo elevará a produção em 85 mil m<sup>3</sup> anualmente, atingindo uma capacidade de 205 mil m<sup>3</sup> por safra (GLOBO RURAL, 2025).

A produção de biodiesel em Minas Gerais é menos representativa no cenário nacional, representando apenas 1,3% da produção em 2024 (ANP, 2025d). Apesar da pequena participação, o estado se destaca no pioneirismo da implementação de caminhões movidos a biodiesel. De forma inédita no país, a IBOR, transportadora de Juiz de Fora (MG), vai utilizar biodiesel produzido a partir de óleo de cozinha reciclado para abastecer dez novos modelos de caminhões que irão operar em rotas diversas na região Sudeste. O projeto, que teve início em 2021, conta com cerca de R\$ 40 milhões em investimentos, além de parceria com equipe da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Como resultado do trabalho, a transportadora já instalou uma usina de produção do biocombustível, capaz de fabricar cerca

---

<sup>14</sup> Consumo de energia correspondente aos setores de indústria, transporte e outros.



de 30 mil litros por mês. Além disso, um posto de abastecimento também foi construído dentro do terreno da transportadora (VOLVO, 2025).

Nota-se, portanto, que a produção de etanol e biodiesel em Minas Gerais não é um grande desafio para o setor de transporte. Por outro lado, há barreiras culturais a serem superadas no setor. Devido às diferenças estruturais entre os biocombustíveis e os combustíveis fósseis, caso algumas medidas preventivas não sejam adotadas, a troca de combustíveis pode causar danos aos motores (CNN BRASIL, 2025). Por esse motivo, muitos motoristas acabam optando pelas opções tradicionais por falta de conhecimento sobre essas medidas. Nota-se, assim, a importância da realização de iniciativas de conscientização e divulgação de informações sobre a adoção dessas tecnologias, seus benefícios e, quando pertinente, medidas preventivas a serem realizadas.

Por outro lado, para outros biocombustíveis mais disruptivos, como diesel verde (ou óleo vegetal hidratado, HVO, na sigla em inglês) e combustíveis sustentáveis para aviação (SAF, na sigla em inglês), ainda não existem polos de produção no estado. Ressalta-se, assim, a importância de investimentos em pesquisa para possibilitar o amadurecimento dessas rotas, a exemplo do financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp). Conduzida pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) em parceria com o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), a iniciativa, orçada em R\$ 5 milhões, busca desenvolver a produção de diesel verde no estado paulista (AGÊNCIA SP, 2025).

No setor de aviação, a expectativa é que a produção nacional de SAF atinja 1,6 bilhão de litros já a partir de 2027, devido aos avanços propostos pela lei de Combustível do Futuro (CNN BRASIL, 2024). Para viabilizar o atingimento dessa meta, já existem linhas de financiamento disponíveis a nível nacional que podem ser captadas por instituições mineiras. Em 2024, o BNDES e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) lançaram um programa para financiar a produção e a comercialização de combustíveis sustentáveis de aviação e navegação, com R\$ 6 bilhões disponíveis. O objetivo da iniciativa é o engajamento de empresas brasileiras produtoras de combustíveis e, também, de atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico e inovação (ANAC, 2024; BNDES, 2024c).

Apesar de existirem essas iniciativas para HVO e SAF, nota-se, ainda, uma falta de informação sobre essas linhas de financiamento. Há, assim, a necessidade de se difundir melhor o conhecimento sobre as iniciativas, conectando os atores-chave envolvidos no setor. O estado pode seguir o exemplo da ANAC que, a nível nacional, lançou o Conexão SAF, um fórum que reúne agentes públicos e privados, como BNDES e InvestSP, para fomentar o mercado do biocombustível (ANAC, 2025). O fórum é uma oportunidade para instituições mineiras se conectarem com pares nacionais, e, também, com instituições financeiras, o que pode potencializar a eficiência de captação de recursos.

Além da substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, a descarbonização do setor depende, também, da introdução de novas alternativas tecnológicas, como os veículos



elétricos e os motores a hidrogênio. Há, porém, espaço para o aprimoramento da qualificação de empresas e trabalhadores para a estruturação desses projetos. Nesse sentido, o estado tem a oportunidade de expandir iniciativas pontuais já existentes, como as listadas a seguir.

A eletrificação pode ocorrer pela substituição de veículos a combustão por híbridos ou a bateria, e, também, por meio da mudança de modal, com o uso do transporte ferroviário eletrificado. Para veículos leves, Minas Gerais recebe, desde 2024, investimentos da montadora Stellantis que totalizarão R\$ 14 bilhões. Em Betim, na região metropolitana de Belo Horizonte, a montadora fabricará motores elétricos híbridos para carros (EXAME, 2024). Para ônibus, por outro lado, existem exemplos como o do município de São Paulo, que captou junto ao BID US\$ 248 milhões para a eletrificação da frota (BID, 2025d).

Adicionalmente, para ônibus elétricos, mas abrangendo, também, caminhões elétricos, o BDMG oferece, desde junho de 2024, a linha de crédito “Finame Fundo Clima”, provenientes de recursos junto ao BNDES. Indo além da primeira etapa de aquisição de veículos, essa linha auxilia o investimento em equipamentos para a infraestrutura de recarga, com taxas entre 9,78% e 12,24% ao ano e prazo de até 12 anos para pagamento (BDMG, 2024d). De maneira similar, o BNDES oferece, por meio da linha Finem – Meio Ambiente, o financiamento da aquisição e da produção de ônibus e caminhões elétricos, híbridos, e outros modelos com tração elétrica ou a gás natural ou biometano (BNDES, 2025b).

Embora haja tais iniciativas voltadas à descarbonização do transporte de carga, profissionais autônomos do setor enfrentam limitações financeiras que dificultam a renovação da frota para veículos com sistemas de propulsão alternativa ou que demandem adaptações específicas para o uso de biocombustíveis não convencionais. O baixo ticket médio para projetos individuais representa um desafio à viabilização de investimentos no setor, especialmente quando somado à baixa inclusão financeira dos caminhoneiros autônomos. Estima-se que cerca de 30% desses profissionais não possuam conta bancária, o que evidencia sua limitada integração ao sistema financeiro formal. Essa condição restringe o acesso a produtos e serviços financeiros, dificultando a obtenção de crédito para investimentos na atividade, como a renovação da frota ou a adoção de tecnologias mais sustentáveis (FOLHA DE S. PAULO, 2022).

Por outro lado, no que diz respeito à mudança de modal para o transporte ferroviário, o estado de São Paulo obteve recursos para estudos para a construção, operação e manutenção de quatro projetos de transporte ferroviário de passageiros. Em modelo de Parceria Público Privada (PPP), o estado captou recursos do BID, totalizando US\$ 1 milhão para realização desses estudos, que são resultado de uma cooperação técnica de “Subvenção para Recuperação Contingencial” como instrumento financeiro (BID, 2025i).

Além desses exemplos, o Brasil conta com diversos projetos não reembolsáveis de cooperação técnica com o BID para a descarbonização do setor de transportes. O mais recente deles é o apoio técnico para promover a eletromobilidade e a descarbonização na



mobilidade urbana, assessorando tanto o Governo Federal quanto entes subnacionais (BID, 2025h). Os objetivos específicos são o apoio à preparação e à execução de novas operações de crédito, à estruturação de novos modelos de negócios para o financiamento e à operação de serviços de mobilidade urbana sustentável, bem como diálogos para fomentar políticas públicas que promovam a descarbonização da mobilidade urbana e o incentivo ao uso de transportes públicos.

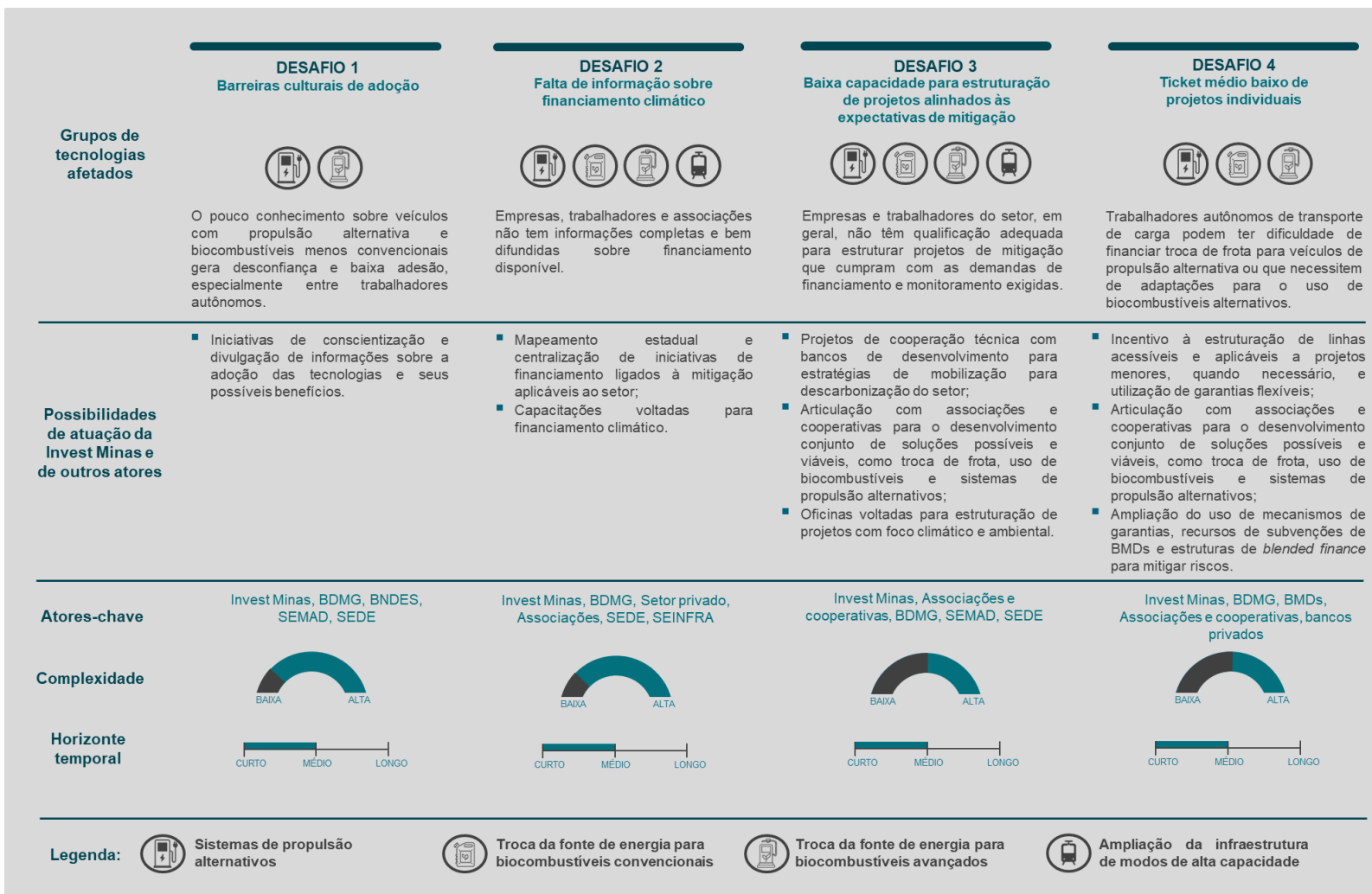
Para ir além, pensando no futuro da mobilidade em Minas Gerais, ressalta-se a importância do desenvolvimento de veículos movidos a hidrogênio. Esse tipo de combustível, no entanto, ainda enfrenta significativas barreiras tecnológicas, visto que a produção de hidrogênio em escala comercial ainda não está disseminada. Além da barreira tecnológica de produção, a distribuição do hidrogênio também é desafiadora e depende de estratégias e estruturas ainda não consolidadas.

Apesar dessas limitações, já existem iniciativas em andamento. O BNDES lançou, em 2022, o Programa para fomento ao Hidrogênio Verde, que tem o objetivo de apoiar projetos piloto baseados no uso de energias renováveis para a produção e armazenamento do combustível no país. Posteriormente, o banco irá ampliar suas linhas de financiamento, incluindo apoio a grandes plantas capazes de exportar hidrogênio. Em Minas Gerais já existem iniciativas, como o acordo entre a GWM Hydrogen e o governo de Minas Gerais para uso de hidrogênio de baixo carbono em caminhões. O acordo prevê o intercâmbio de conhecimento e a utilização do hidrogênio fornecido pela Universidade de Itajubá nos caminhões da empresa. O projeto também inclui cooperação para a criação de uma infraestrutura de abastecimento para os veículos movidos a hidrogênio verde (Agência BNDES de Notícias, 2022; GWM, 2024).

A partir do contexto apresentado para o setor e dos desafios discutidos na seção anterior, a Figura 11 apresenta um diagrama que sintetiza os principais desafios setoriais e as possíveis formas de atuação para seu enfrentamento.



Figura 11: Desafios setoriais e possibilidades de atuação – Transporte



Fonte: Elaboração própria.



## Plano de trabalho

Nesta seção as possibilidades de atuação da Invest Minas para a solução dos desafios discutidas ao longo dos *roadmaps* setoriais são consolidadas em um plano de trabalho. Essa abordagem possibilita que a atuação da Invest Minas seja visualizada de maneira estratégica considerando as complexidades envolvidas em cada desafio e as temporalidades de cada ação. O levantamento das possibilidades de atuação incorpora elementos fundamentais para o delineamento da implementação, conforme descrito a seguir:

**Desafios-chave:** análise das barreiras relacionadas ao financiamento das tecnologias contempladas na MACC nos quatro setores avaliados.

**Complexidade:** avaliação do grau de dificuldade envolvido na atenuação de cada desafio identificado.

**Horizonte temporal:** estimativa do tempo necessário para enfrentar cada desafio, levando em conta sua complexidade.

Os prazos foram fundamentados com base na complexidade do desafio e o contexto institucional, sendo classificados em curto, médio e longo prazo. Para as atuações de curto prazo considerou-se ações a serem realizadas até 2030, enquanto médio prazo corresponde às ações entre 2030 e 2040 e longo prazo de 2040 a 2050 (Figura 12).



Figura 12: Plano de trabalho (2025-2050)

Sector	Atuação-chave	Curto Prazo	Médio Prazo	Longo Prazo
	Mapeamento de segmentos com maiores gaps em capacitação e desconhecimento técnico			
	Levantamento e sistematização de linhas de financiamento existentes aplicáveis à descarbonização no setor			
	Implementação de escritório de projetos			
	Levantamento de barreiras tecnológicas e oportunidades de investimento em P&D para redução de custos das tecnologias			
	Captação da percepção de risco por investidores privados (por meio de consulta pública), com mapeamento de gargalos e oportunidades.			
	Estabelecimento de parcerias com instituições financeiras que apresentam estrutura de subvenções e <i>blended finance</i>			
	Mapeamento de universidades, centros de pesquisa, hubs de inovação, empresas e institutos que atuam com tecnologias de descarbonização no setor para redução de custos das tecnologias			
	Elaboração de materiais em meios de comunicação sobre benefícios de tecnologias alternativas			
	Divulgações locais, via cooperativas, sobre oportunidades e condições de financiamento			
	Estruturação de oficinas-piloto regionais com foco na estruturação de projetos para financiamento climático			
	Levantamento de projetos em desenvolvimento que poderiam ser beneficiados por linhas específicas			
	Diagnóstico das necessidades e especificidades de financiamento para o pequeno e médio produtor			
	Desenvolvimento de mecanismos de mitigação de risco, como fundos garantidores, contratos de compra antecipada ou incentivos fiscais temporários			
	Articulação com agências de fomento à inovação (ex: FAPEMIG)			
	Elaboração e divulgação de <i>templates</i> -padrão para os projetos			
	Criação de um repositório digital de oportunidades de financiamento para o setor no portal da Invest Minas			
	Criação de núcleos de apoio técnico em parceria com associações setoriais e cooperativas para o desenvolvimento de projetos			
	Apoio à criação de editais voltados a P&D com foco na resolução das barreiras tecnológicas encontradas para as tecnologias			
	Estímulo a projetos colaborativos de P&D com aplicação prática no setor			
	Identificação e agrupamento de projetos para viabilizar tickets mais altos			
	Apoio na negociação junto a BMDs para o uso de fundos garantidores e proposição de modelos de <i>blended finance</i>			
	Articulação com associações e cooperativas de produtores para facilitar o acesso ao crédito coletivo			
	Lançamento de chamadas públicas para projetos com cofinanciamento público-privado (proposição de modelos <i>blended finance</i> ), com critérios que reduzam a exposição ao risco para o investidor privado			
	Proposição ou reformulação de linhas de financiamento para contemplar projetos específicos de diferentes escalas			
	Acompanhamento da evolução da participação de investimento privado por projeto por meio de indicadores, como o volume de investimento realizado e participação percentual do capital privado em relação ao total investido.			
	Institucionalização de uma estrutura permanente no estado de apoio à elaboração, submissão e acompanhamento de projetos de financiamento			
	Articulação de projetos de cooperação com a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), visando a descarbonização do setor			
	Ampliação do desenvolvimento de estruturas de <i>blended finance</i> e do uso de subvenções			
	Acompanhamento dos resultados dos projetos de P&D para diminuição do custo das tecnologias de descarbonização no setor			

Legenda:

	AFOLU		Barreiras culturais de adoção		Falta de informação sobre financiamento climático		Ticket médio baixo de projetos individuais
	Energia		Baixa capacidade de estruturação de projetos		Desestímulo a investimento privado por risco e incerteza		Custos de financiamentos climáticos
	Indústria		Existência de poucas linhas de financiamento específicas				
	Transporte						

Fonte: Elaboração própria.



## Consulta ao Setor Produtivo

O objetivo desta seção é apresentar um panorama da demanda por soluções tecnológicas de descarbonização, com base em uma pesquisa de mercado realizada junto às principais empresas do setor produtivo de Minas Gerais, com ênfase nas de médio e grande porte. Esse exercício visa contribuir para o desenvolvimento de modelos de financiamento e atuar como instrumento de apoio à tomada de decisão de agentes financeiros que buscam a descarbonização de seus portfólios.

Para isso, a pesquisa foi elaborada com base em uma metodologia de consulta que permite identificar oportunidades de investimento em tecnologias de mitigação das emissões de GEE no estado de Minas Gerais. Os setores prioritários na consulta seguem aqueles já abordados anteriormente. Entre os objetivos específicos da pesquisa, destacam-se:

- analisar o potencial de mercado por meio da identificação dos principais desafios e fatores de competitividade dos setores-chave;
- compreender quais tecnologias dispõem de condições favoráveis no ambiente de negócios para sustentar seu desenvolvimento;
- investigar o interesse, a viabilidade técnica e a intenção de adoção dessas tecnologias por parte das empresas, priorizando aquelas com maior demanda;
- identificar como o governo, por meio da Invest Minas, pode atuar para fortalecer a competitividade empresarial em um cenário de descarbonização.

Ressalta-se que todas as rotas analisadas para a descarbonização de Minas Gerais, nos diferentes macrossetores, são resultantes do *benchmarking* de tecnologias realizado nos exercícios anteriores. Além da aplicação do questionário para a identificação das oportunidades de investimentos em cada setor, foram realizadas pesquisas exploratórias na literatura técnica e acadêmica, bem como a utilização de bases de dados secundárias, a fim de conferir uma robustez ao processo de seleção das oportunidades de investimentos identificadas no P2.1 (Diagnósticos Setoriais) e P2.3 (Necessidades e oportunidades de investimento – parte 1). Dessa forma, buscou-se ter uma compreensão mais ampla de cada setor considerado no projeto, promovendo o cruzamento das informações obtidas no questionário com os principais *insights* identificados nas fontes de pesquisa consultadas.

A metodologia da pesquisa propõe como público-alvo (respondentes) profissionais atuantes em empresas, associações, instituições de ensino e entidades governamentais com atuação no estado de Minas Gerais e vinculados aos setores analisados. Os quatro macrossetores considerados foram: AFOLU, indústria, transporte e energia. Cada um deles abrangeu diferentes subsetores, conforme descrito a seguir:

- AFOLU: agricultura; pecuária;
- indústria: ferro-gusa e aço; ferroligas; cimento; química; mineração; outras;
- transporte: transporte de carga, transporte de passageiros; transporte aéreo;



- energia: geração de energia; produção de combustíveis; refino.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário eletrônico, elaborado na plataforma *Survey Monkey*. Cada participante recebeu por e-mail um link de acesso ao formulário e foi orientado a responder com base em seu conhecimento sobre o respectivo segmento de atuação. A lista de tecnologias utilizadas na consulta e a estrutura do questionário podem ser observadas com mais detalhes nos Anexo I e II. Algumas tecnologias que não foram contempladas na MACC (P2.3) foram incluídas na pesquisa, por serem consideradas oportunidades relevantes de investimento para o setor privado.

Além das perguntas de identificação e perfil, os itens foram organizados em quatro blocos temáticos, a partir da metodologia do Diamante de Porter, amplamente utilizada em análises de competitividade que visam compreender a vantagem competitiva de países e setores em utilizar seus insumos e recursos disponíveis. A abordagem contempla as seguintes dimensões:

- fatores de produção: (1) matéria-prima; (2) mão de obra; (3) tecnologia; (4) infraestrutura; (5) capital; (6) ambiente regulatório;
- condições de demanda: (7) atratividade do mercado local; (8) expansão do mercado local;
- elos da cadeia produtiva: (9) dependência dos demais elos da cadeia<sup>15</sup>; (10) disponibilidade e qualidade dos fornecedores.
- estratégia, estrutura e rivalidade: (11) grau de competição local;

Inicialmente, os respondentes deveriam informar o nível de conhecimento em relação ao uso das tecnologias selecionadas. A partir disso, indicaram as tecnologias das quais tem conhecimento, avaliando o grau de interesse, familiaridade com sua implementação e percepção sobre eventuais barreiras de implementação. Sob essa ótica, a avaliação quantitativa foi estruturada em quatro blocos temáticos, totalizando 11 perguntas:

**Bloco 1 Fatores de produção (6 perguntas):** O participante avaliou, por meio de escala Likert de 1 a 5, a disponibilidade, o custo e a qualidade dos fatores de produção relativos às tecnologias conhecidas.

**Bloco 2 Condições de demanda (2 perguntas):** Neste bloco, foi avaliado a atratividade e o dinamismo do mercado local, com base em percepção individual e utilizando escala Likert.

---

<sup>15</sup> Entende-se por dependência o grau em que a solução tecnológica está condicionada à eficiência e à disponibilidade dos demais elos da cadeia produtiva. Isso inclui fatores como fornecimento de insumos, qualidade dos processos anteriores e tempo de resposta das demais etapas.



**Bloco 3 Elos da cadeia relacionados (2 perguntas):** O respondente avaliou o nível de dependência das tecnologias em relação aos demais elos da cadeia produtiva, bem como a disponibilidade e a qualidade de fornecedores associados.

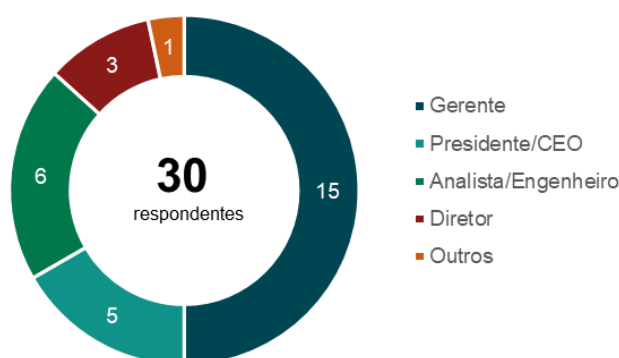
**Bloco 4 Estratégia, estrutura e rivalidade (1 pergunta):** Nesta seção, foi investigada a percepção quanto ao grau de competição no mercado local para as tecnologias indicadas, também por meio de escala Likert.

O questionário foi estruturado a partir da combinação de perguntas fechadas e abertas. No primeiro caso, as perguntas possibilitaram alternativas fixas e preestabelecidas, permitindo que o respondente escolhesse aquelas que mais se adequam às suas características. No segundo caso, as perguntas abertas possibilitaram maior liberdade a expressão de opiniões e opções, sem que houvesse respostas previamente definidas no questionário (VIEIRA; LIMA; MILAN, 2022).

## Resultados da consulta

Ao todo, o questionário obteve 43 respostas, demonstrando um bom nível de engajamento entre os setores considerados para a análise. A taxa de conclusão, que representa o percentual de respondentes que concluíram o questionário, foi de 70%, correspondendo a 30 respostas válidas, utilizadas como base para a identificação de oportunidades de investimento nos diferentes setores. Além disso, o tempo médio de preenchimento questionário foi de 10 minutos.

Figura 13: Cargos dos respondentes do questionário



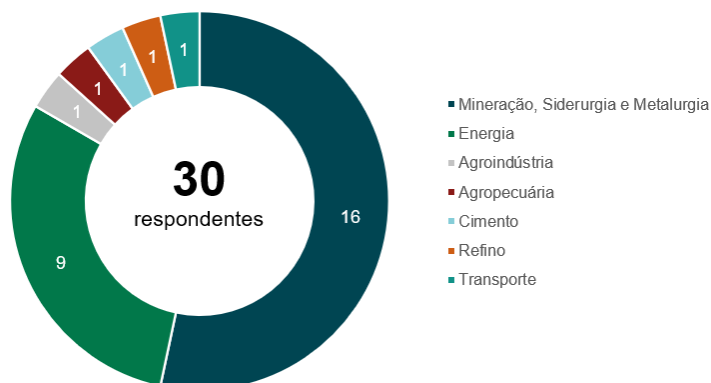
Fonte: Elaboração própria.

Conforme ilustrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, 50% dos participantes ocupam cargos de gerência em suas empresas. Além disso, 5 respostas foram provenientes de participantes que declararam exercer funções de Presidentes/CEO e 6 respostas foram de analistas e engenheiros. A participação de profissionais em posições de liderança na pesquisa é particularmente relevante, pois esses cargos costumam estar associados à tomada de decisão estratégica dentro das empresas. Consequentemente, tais profissionais tendem a



possuir uma visão mais holística do negócio, o que contribui diretamente para uma compreensão mais estratégica sobre riscos, barreiras e oportunidades.

Figura 14: Segmentos-chave dos respondentes



Fonte: Elaboração própria.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 14 apresenta os segmentos-chave representados pelos respondentes do questionário. Cerca de 53% dos participantes (16 respostas) indicaram atuar no segmento de mineração, siderurgia e metalurgia. Essa predominância é compreensível, dada a relevância do setor no estado de Minas Gerais, que, em 2024, foi o maior produtor de aço bruto no país, respondendo por 30% da produção nacional (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2025). Em seguida, destaca-se o setor de Energia, com 9 respostas, refletindo a expressiva participação do estado na geração e consumo de energia, impulsionada pelo parque industrial diversificado, cuja operação demanda um elevado volume energético. As demais cinco respostas foram provenientes dos subsetores de agroindústria, agropecuária, cimento, refino e transporte.

Para consulta ao setor produtivo, os segmentos foram agrupados nos macrossetores definidos pelo projeto Rota. Das 30 respostas válidas, 17 foram provenientes do setor industrial, 10 do setor energético, 2 de AFOLU e 1 do setor de Transporte. Apesar do baixo número de respostas nos setores de AFOLU e Transporte, foi possível obter alguns *insights* mais genéricos sobre esses setores.

O processo de seleção de oportunidades de investimentos, que norteará os projetos analisados nos estudos de caso detalhados mais adiante, foi fundamentado não apenas nas respostas ao questionário, mas também em pesquisas adicionais realizadas em fontes secundárias. Sendo assim, a escolha das oportunidades setoriais busca integrar questões relacionadas à capacidade produtiva (extraídas do questionário) com a viabilidade de implementação das tecnologias e vantagens competitivas do estado (evidenciadas pelos estudos técnicos complementares). As tecnologias selecionadas e as respectivas escolhas serão descritas na última sessão deste capítulo.



## Energia

Para o setor de energia, foram analisadas 11 soluções ou rotas tecnológicas promissoras:

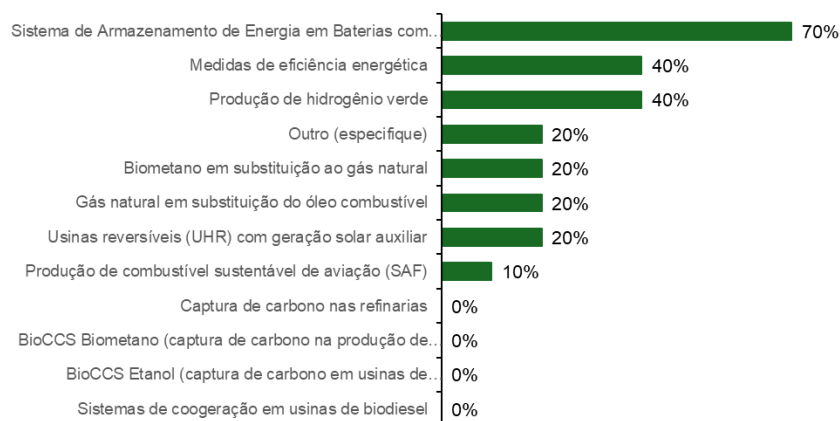
- usinas reversíveis (UHR) com geração solar auxiliar;
- sistema de Armazenamento de Energia em Baterias com geração solar auxiliar (BESS, na sigla em inglês);
- medidas de eficiência energética;
- produção de hidrogênio verde
- biometano em substituição ao gás natural;
- gás natural em substituição do óleo combustível;
- produção de combustível sustentável de aviação (SAF, na sigla em inglês);
- captura de carbono nas refinarias.
- captura de carbono na produção de biometano (BioCCS Biometano);
- captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana (BioCCS Etanol);
- sistemas de cogeração em usinas de biodiesel;

## Conhecimento e uso das tecnologias

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as soluções tecnológicas mais conhecidas pelos respondentes. A rota tecnológica mais citada nesse critério foi Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias com geração solar auxiliar (BESS), mencionado por 70% das empresas. Essa tecnologia baseia-se no armazenamento de energia em baterias de grande escala, possibilitando a substituição de térmicas fósseis e compensando a intermitência das fontes renováveis. No entanto, apesar de sua relevância, não há meta específica para sua implementação no PLAC-MG. Também se destacaram as medidas de eficiência energética e a produção de hidrogênio verde, ambas apontadas em 40% das respostas.

Figura 15: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade

5. Quais das soluções listadas abaixo sua empresa conhece ou possui familiaridade?

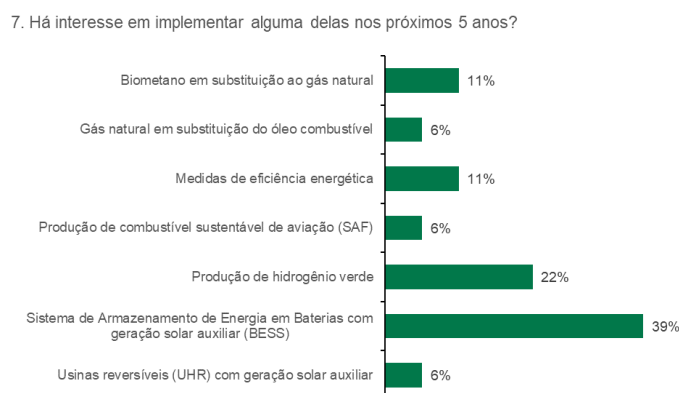


Fonte: Elaboração própria.

Além de ser a mais conhecida, o BESS se destacou como a solução tecnológica de maior interesse de implementação nos próximos cinco anos, como ilustrado na Figura 16, o que sinaliza uma tendência de engajamento do setor produtivo estadual. Esse interesse acompanha o movimento de novos investimentos voltados para essa solução. Em 2024, a empresa UCB Power anunciou a fabricação de soluções de armazenamento de energia no município de Extrema, localizado na região Sul de Minas Gerais. O projeto prevê um investimento de R\$ 380 milhões até 2028, com apoio do Invest Minas e de outros órgãos do estado. Além disso, há aumento do interesse na produção de hidrogênio verde no mercado local, que surge também como uma alternativa com potencial elevado para substituir o uso de combustíveis fósseis, principalmente em setores *hard-to-abate*, como a indústria.

Por outro lado, observa-se um baixo interesse das empresas consultadas na implementação de soluções como o uso de gás natural em substituição ao óleo combustível, a produção de SAF e as UHR com geração solar auxiliar. No entanto, essa percepção reflete o nível de conhecimento das empresas sobre as soluções em seu contexto específico, podendo não ser representativa em um contexto setorial mais amplo.

Figura 16: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos

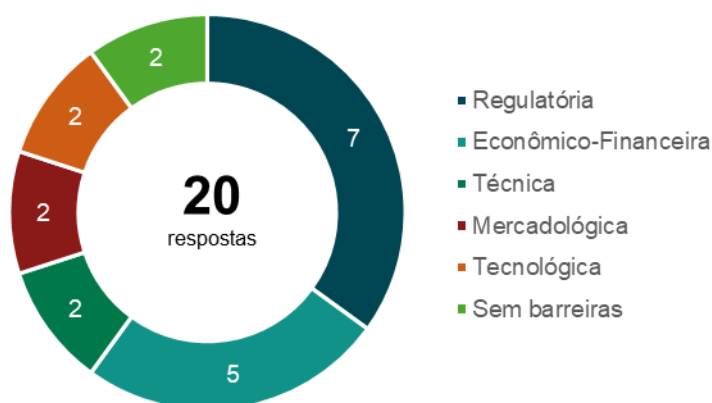


Fonte: Elaboração própria.



A Figura 17 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as principais barreiras identificadas pelos respondentes em relação às soluções tecnológicas do setor. Em linhas gerais, as barreiras regulatórias e econômico-financeiras surgiram como os principais desafios. No âmbito regulatório, aspectos como a estrutura tarifária, os encargos setoriais e as incertezas normativas exigem maior clareza e incentivos adequados para fomentar o aumento da produtividade no setor energético. Quanto ao aspecto econômico-financeiro, fatores como o elevado custo de capital, os riscos macroeconômicos e a necessidade de financiamento de longo prazo podem configurar entraves à implementação dessas soluções.

Figura 17: Principais barreiras para a implementação de soluções



Fonte: Elaboração própria.

## Fatores de produção

O BESS e a produção de hidrogênio se destacaram como as soluções de maior interesse de implementação no setor de energia, mas apresentaram fatores de produção não tão favoráveis<sup>16</sup>. No caso do BESS, os principais desafios incluem a baixa maturidade tecnológica e o alto custo das matérias-primas, como Lítio e Níquel, minerais críticos utilizados na fabricação dos bancos de baterias. Atualmente, a produção nacional desses insumos ainda é incipiente; por exemplo, o espodumênio (minério bruto de lítio) é majoritariamente exportado para processamento externo, refletindo em um déficit comercial de Lítio no país.

Nessas condições, as empresas classificaram o BESS como uma solução com baixa disponibilidade de financiamento e com um ambiente regulatório pouco favorável à sua competitividade. A Figura 18 apresenta as respostas relacionadas aos fatores de produção no setor de energia.

<sup>16</sup> Adicionalmente, as empresas destacaram a prospecção de projetos de implementação dessas soluções no estado.



A produção de hidrogênio apresentou desafios semelhantes. Apesar do elevado interesse do setor privado, foi avaliada como uma das soluções com menor disponibilidade de fatores de produção no estado, devido ao alto custo das matérias-primas, da escassez de infraestrutura e de mão de obra qualificada, além da baixa maturidade tecnológica. Entre esses fatores, destacou-se especialmente a falta de profissionais qualificados no segmento, indicando a necessidade de iniciativas voltadas às capacitações técnicas específicas.

Quanto à percepção sobre financiamento, as empresas indicaram uma disponibilidade moderada para a maioria das tecnologias, com exceção da produção de SAF, cuja disponibilidade de financiamento foi considerada muito baixa. Em relação ao ambiente regulatório, a maioria das empresas o avaliou como favorável ou neutro para a implementação das soluções analisadas.

No entanto, especificamente em relação ao BESS, ainda existem barreiras que comprometem a segurança jurídica e competitividade dessa tecnologia. Um dos respondentes destacou que a ausência de um arcabouço regulatório definido para essa solução, somada à imprevisibilidade dos leilões e à falta de clareza nos processos de licenciamento ambiental, ainda gera insegurança e incertezas quanto à instalação da tecnologia, tanto em Minas Gerais quanto no restante do território brasileiro.

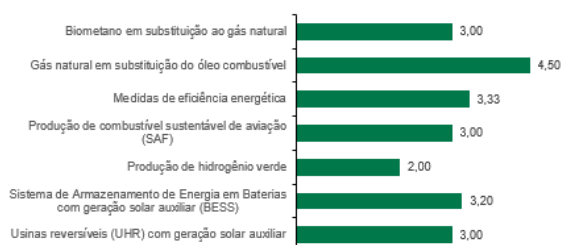
Adicionalmente, outra empresa destacou a relevância da Lei Estadual nº 23.762/21, vigente em Minas Gerais, que prevê a isenção de ICMS para consumidores finais que utilizam energia renovável proveniente de fontes que não sejam exclusivamente solares. No entanto, desde sua sanção, a efetiva aplicação da lei depende da aprovação do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) ou da criação de um convênio específico por esse órgão, o que ainda não viabiliza sua entrada em vigor.



Figura 18: Bloco 1 – Fatores de Produção

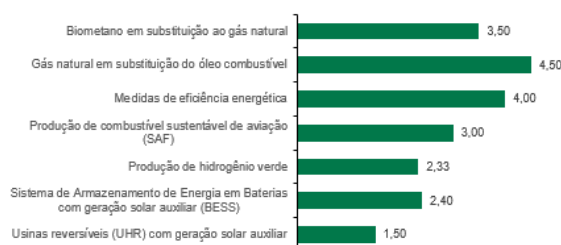
10. Qual a disponibilidade de mão de obra qualificada no estado de Minas Gerais?

1 = Disponibilidade muito baixa  
3 = Disponibilidade moderada  
5 = Disponibilidade muito alta



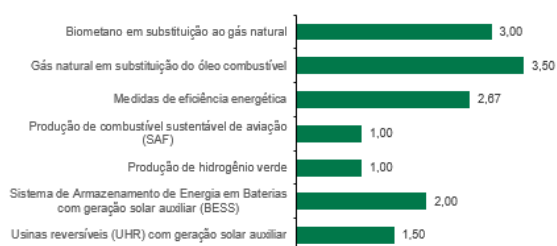
11. Qual o nível de maturidade das tecnologias usualmente utilizadas no estado de Minas Gerais para essa finalidade?

1 = Tecnologia obsoleta  
3 = Tecnologia em fase de teste  
5 = Tecnologia avançada



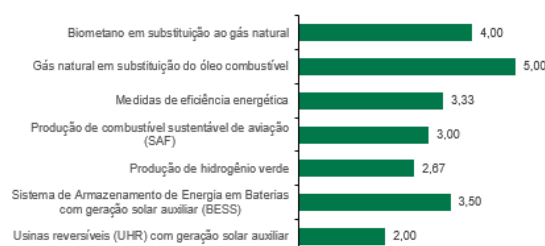
12. Qual o custo da matéria-prima para essa finalidade?

1 = Custo muito alto  
3 = Custo moderado  
5 = Custo muito baixo



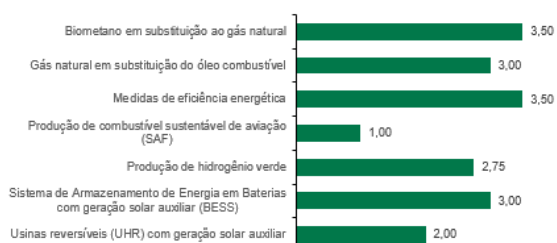
13. Qual disponibilidade da infraestrutura local para essa finalidade?

1 = Indisponível  
3 = Disponibilidade moderada  
5 = Totalmente disponível



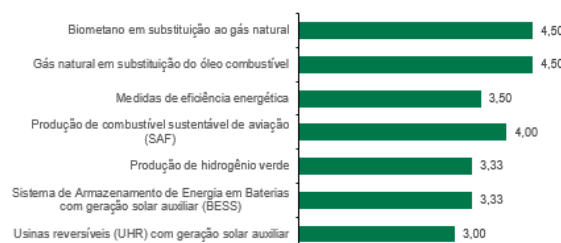
14. Qual a sua percepção sobre a disponibilidade de financiamento no mercado (crédito bancário, investidores, etc.) para cada uma das finalidades abaixo?

1 = Disponibilidade muito baixa  
3 = Disponibilidade moderada  
5 = Disponibilidade muito alta



15. Pensando especificamente no ambiente regulatório de Minas Gerais (leis estaduais, ICMS, licenciamento, etc.), qual o efeito dele na competitividade de cada solução abaixo?

1 = Prejudica fortemente  
3 = Neutro  
5 = Favorece fortemente



Fonte: Elaboração própria.

## Condições de demanda

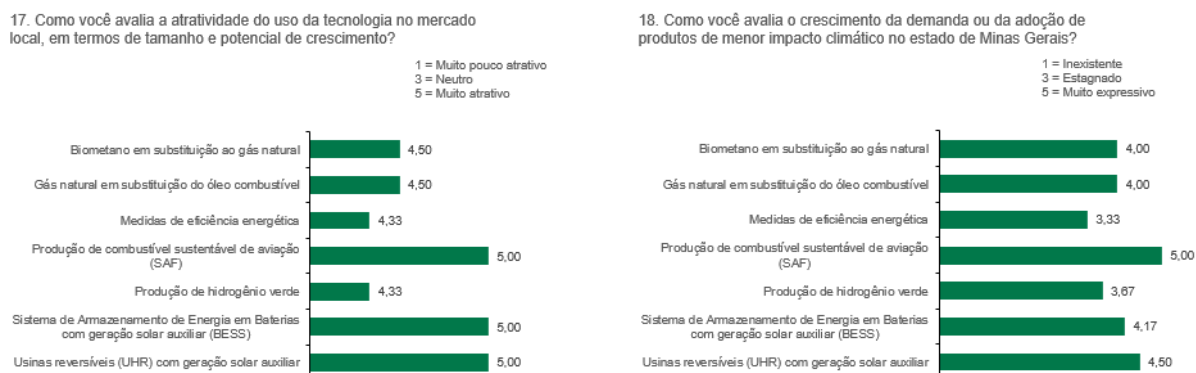
A maioria das soluções foram avaliadas positivamente em termos de atratividade, sendo as soluções de BESS, produção de SAF e UHR com geração solar auxiliar aquelas com maior potencial de crescimento de mercado no estado. Por outro lado, as empresas consideraram que o potencial para adoção de medidas de eficiência energética se apresenta mais estagnado em comparação às demais soluções.

Considerando a percepção das empresas sobre o potencial de crescimento e aumento da demanda por produtos de menor impacto ambiental, a solução que mais se destacou foi a



produção de SAF (Figura 19). No âmbito federal, algumas ações reforçam o cenário de crescimento de mercado do SAF e o aumento de sua participação na matriz energética nacional, contribuindo para a visão otimista das empresas quanto à demanda. A Lei nº 14.993, por exemplo, instituiu o Programa Nacional de Combustíveis Sustentáveis de Aviação, o ProBioQAV, com o objetivo de incentivar a pesquisa, produção, comercialização e uso do SAF. Essa lei também estabelece que, a partir de 2027, os operadores aéreos deverão zerar as emissões nos voos domésticos por meio do uso do SAF.

Figura 19: Bloco 2 – Condições de Demanda



Fonte: Elaboração própria.

## Elos da cadeia relacionados

A percepção do setor privado revela a dependência dos demais elos da cadeia produtiva em todas as tecnologias, com ênfase na produção de SAF e nas UHR com geração solar auxiliar (Figura 20). Em linha com o seu elevado nível de dependência, as UHR também foram avaliadas de forma negativa quanto à baixa disponibilidade e qualidade de fornecedores locais, adicionando mais um desafio operacional à implementação de projetos nesse segmento.

Ao se analisar exclusivamente a qualidade e disponibilidade de fornecedores, a maioria das tecnologias apresentou níveis considerados baixos ou muito baixos, com exceção do biometano em substituição ao gás natural, que foi avaliado como moderado nesse critério. Essa condição pode estar relacionada à baixa maturidade tecnológica da maior parte dessas soluções no mercado local, caracterizada pela necessidade de importação de máquinas e equipamentos na implementação dos projetos.

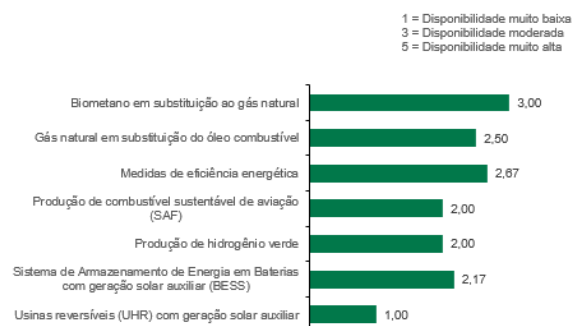


Figura 20: Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados

20. Qual a dependência dos demais elos da cadeia produtiva (ex: infraestrutura de abastecimento/recarga, produção de matéria-prima, rede de manutenção, etc.) para a competitividade da tecnologia?



21. Qual a disponibilidade e qualidade da rede de fornecedores locais?



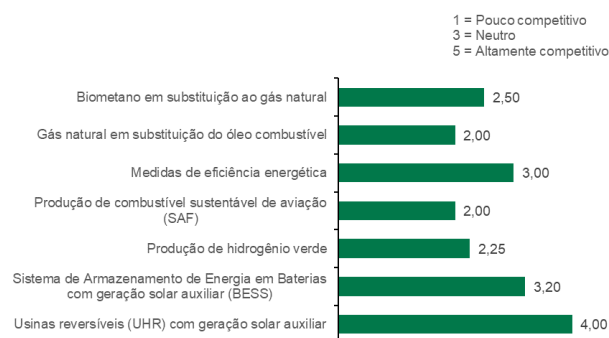
Fonte: Elaboração própria.

## Estratégia, estrutura e rivalidade

No que se refere à competitividade (Figura 21), a solução considerada mais vantajosa em comparação aos mercados nacional e internacional foi a UHR com geração solar auxiliar. Com base na percepção do setor produtivo, entende-se que o estado apresenta vantagens para a implantação dessas soluções, destacando-se pelo elevado número de usinas hidrelétricas já instaladas, que podem operar nesse modelo e fornecer a flexibilidade necessária para atender às variações de carga no curto prazo.

Figura 21: Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade

23. Qual o grau de intensidade da competição no mercado regional em comparação com os mercados nacional e internacional?



Fonte: Elaboração própria.

## Indústria

Para o setor da Indústria, foram analisadas 10 soluções ou rotas tecnológicas promissoras:

- forno elétrico a arco (EAF);
- uso de carvão vegetal como agente redutor;
- uso de gás natural como agente redutor;
- uso de hidrogênio como agente redutor;



- captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS);
- aditivos ou substitutos do clínquer;
- medidas de eficiência energética (otimização da combustão, recuperação de calor, etc);
- gás natural em substituição do óleo combustível;
- biometano em substituição ao gás natural;
- substituição de combustíveis fósseis por não-fósseis (eletricidade, carvão vegetal e outras biomassas).

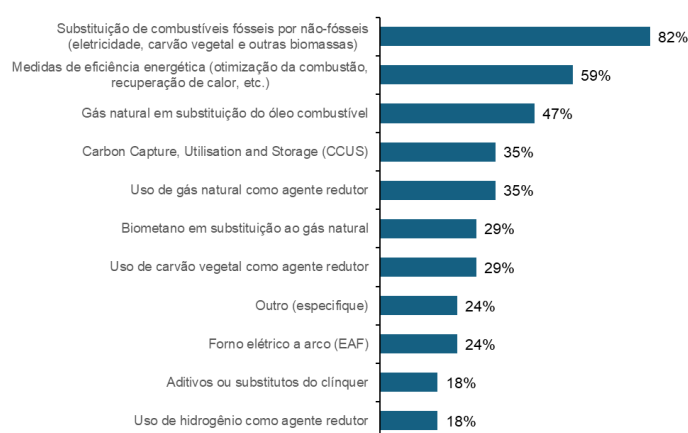
## Conhecimento e uso das tecnologias

O setor industrial foi o que apresentou o maior número de respostas no questionário, um total de 17 participantes, demonstrando o engajamento do setor. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as principais soluções conhecidas ou com as quais os respondentes possuem familiaridade. A substituição de combustíveis fósseis por não-fósseis foi mencionada em 82% das respostas, evidenciando a relevância de tal solução para a redução das emissões industriais.

O uso de fontes alternativas de baixo carbono já é uma prática presente em diversos segmentos, contudo, a ampliação do uso de biomassas alternativas nos processos produtivos torna-se essencial para mitigar as emissões e aumentar produtividade do setor no longo prazo. Outras soluções também se destacaram no questionário, como as medidas de eficiência energética e o uso de gás natural em substituição do óleo combustível. Tanto a ampliação da eficiência energética, quanto a substituição de combustíveis fósseis por alternativas de baixo carbono, são ações estabelecidas para o setor industrial no PLAC-MG.

Figura 22: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade

5. Quais das soluções listadas abaixo sua empresa conhece ou possui familiaridade?

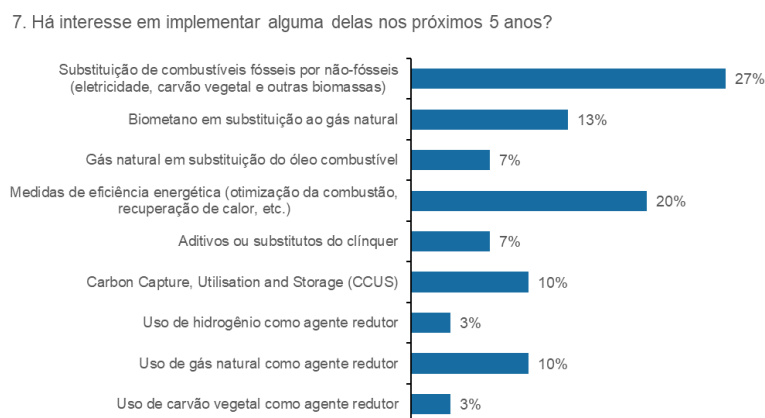


Fonte: Elaboração própria.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta o interesse de implementação nos próximos cinco anos. De forma semelhante ao gráfico anterior, a substituição de combustíveis fósseis por não-fósseis e as medidas de eficiência energética aparecem como os principais focos de interesse do setor privado. Essas duas soluções são centrais para a mitigação de emissões, especialmente em setores *hard-to-abate*. A substituição de combustíveis fósseis por alternativas não-fósseis engloba diversas rotas e estratégias, que vão desde o uso de biomassa em caldeiras e fornos de cal na indústria de papel e celulose, até a utilização de combustíveis alternativos no processo de calcinação na indústria de cimento.

No caso do CCUS, uma das empresas reforçou que, por ter um CAPEX e OPEX mais elevado em comparação as demais as alternativas, esta solução tem sido menos priorizada para implementação.

Figura 23: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos



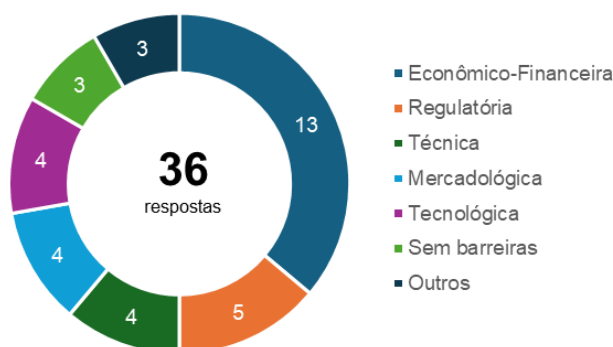
Fonte: Elaboração própria.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as principais barreiras identificadas para o avanço de tecnologias no setor industrial. O aspecto econômico-financeiro desponta como a principal limitação enfrentada pelo setor. Isso decorre de diversos fatores, como a necessidade de altos investimentos iniciais e custos operacionais, o custo de obtenção de crédito e as dificuldades de acesso a financiamento de longo prazo, especialmente em países em desenvolvimento, onde variáveis como taxas de juros, exigências de garantias e a burocracia nos processos de crédito tendem a ser mais complexas.



Além disso, as barreiras regulatórias, técnicas, mercadológicas e tecnológicas também foram mencionadas pelos respondentes. A superação desses entraves é fundamental para impulsionar a competitividade do setor industrial e promover uma indústria mais resiliente aos desafios climáticos em Minas Gerais.

Figura 24: Principais barreiras para a implementação de soluções



Fonte: Elaboração própria.

## Fatores de produção

A Figura 37 apresenta as respostas relacionadas aos fatores de produção no setor de indústria.

Na percepção das empresas do setor industrial, nenhuma das soluções avaliadas se destacou por apresentar condições altamente favoráveis em relação à disponibilidade de fatores de produção. Pelo contrário, as tecnologias de CCUS e o uso de hidrogênio como agente redutor foram apontadas negativamente devido à escassez de fatores de produção, especialmente no que diz respeito à mão de obra qualificada e infraestrutura.

No caso de CCUS, os desafios identificados foram: baixa disponibilidade de mão de obra qualificada, maturidade tecnológica limitada, alto custo de matéria-prima e infraestrutura considerada indisponível. Esses fatores indicam que, mesmo exercendo um papel estratégico, a implementação de CCUS exigiria avanços adicionais significativos em todas as etapas do processo de implementação. A percepção do setor privado foi semelhante para o uso de hidrogênio como agente redutor.

Dentre as tecnologias de maior interesse, a substituição de combustíveis fósseis por alternativas não fósseis e as medidas de eficiência energética se destacaram por apresentarem condições relativamente mais favoráveis. Essas tecnologias se sobressaem, ainda que de forma incipiente, pela maior disponibilidade de mão de obra, menores custos de insumos e infraestrutura mais acessível. A eficiência energética, em especial, apresentou maior maturidade tecnológica. No entanto, o ambiente regulatório e a disponibilidade de financiamento permanecem como limitações comuns a ambas as soluções tecnológicas.



A tecnologia de aditivos ou substitutos do clínquer recebeu uma avaliação em escala neutra quanto à maioria dos fatores de produção, exceto pela disponibilidade de financiamento, considerado insuficiente. Uma empresa do setor destacou que, por se tratar de uma *commodity* de baixo valor percebido, o custo relativo entre o modelo tradicional e as alternativas de descarbonização representa uma barreira significativa. A oferta de financiamento em condições adequadas é vista como essencial para viabilizar esses projetos. Medidas como a redução de impostos sobre materiais alternativos, combustíveis renováveis e serviços logísticos também poderiam acelerar a adoção dessas soluções.

Em relação a disponibilidade financiamento, apenas a EAF não foi considerada baixa ou muito baixa. Para as demais tecnologias, a percepção foi de que há uma carência de recursos financeiros disponíveis. Essa limitação, somada às dificuldades operacionais, compromete a viabilidade dos projetos, pois em muitos casos, o retorno esperado não compensa os riscos envolvidos na implementação.

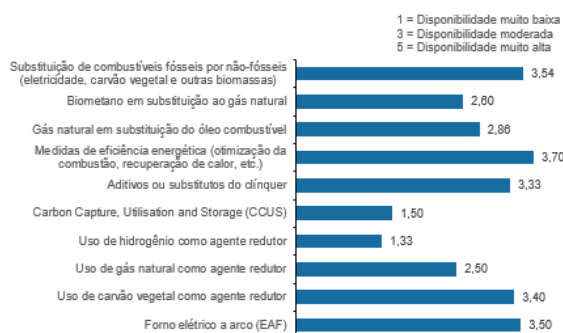
Sobre o EAF, uma das empresas assinalou que o estado possui mais vocação para a rota integrada, devido à abundância de minério, e não para a rota elétrica (sucata). A empresa destacou ainda que, embora existam condições de plantio para a produção de carvão vegetal, essa rota tem se tornado cada vez menos competitiva, em razão de barreiras como licenciamento ambiental, custo elevado da terra, desafios logísticos e ausência de créditos de carbono para o plantio.

No aspecto regulatório, os destaques negativos foram para CCUS e o uso de hidrogênio como agente redutor. Segundo empresa do setor, em Minas Gerais, o ambiente regulatório tem favorecido o avanço de alternativas, como por exemplo, a de geração de energia fotovoltaica, com incentivos fiscais, licenciamento simplificado e apoio institucional. No entanto, soluções estruturais voltadas à base produtiva ainda enfrentam barreiras regulatórias, técnicas e financeiras, favorecendo tecnologias já consolidadas em detrimento de soluções inovadoras.

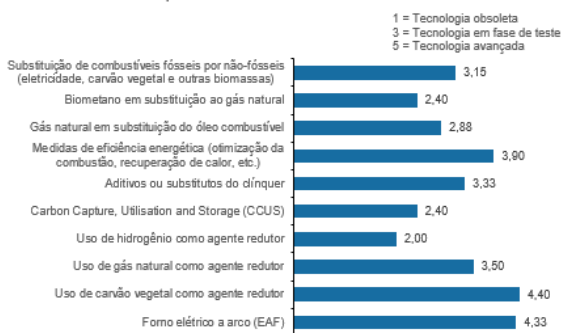


Figura 25: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção

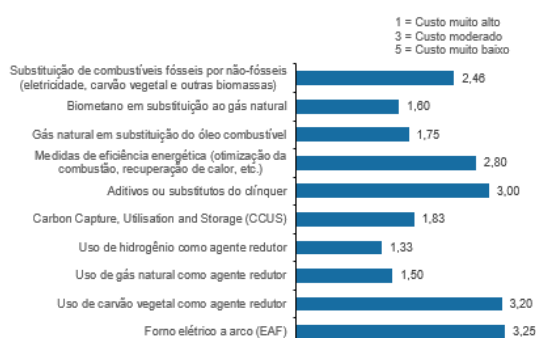
10. Qual a disponibilidade de mão de obra qualificada no estado de Minas Gerais?



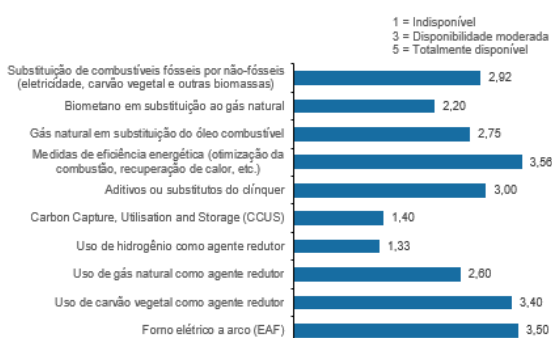
11. Qual o nível de maturidade das tecnologias usualmente utilizadas no estado de Minas Gerais para essa finalidade?



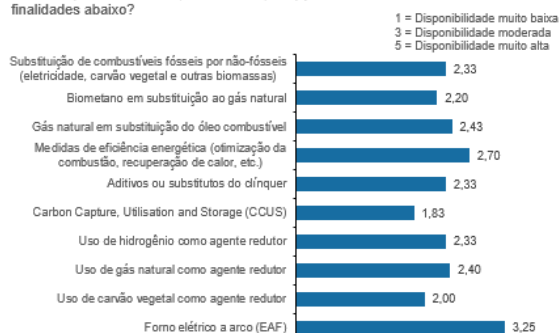
12. Qual o custo da matéria-prima para essa finalidade?



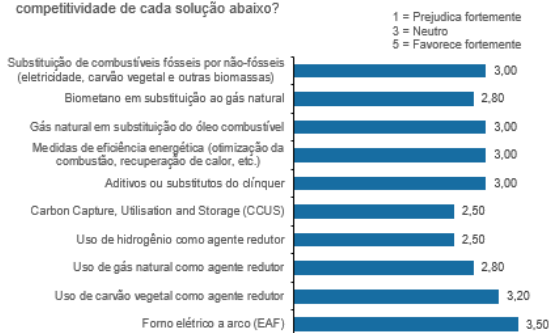
13. Qual disponibilidade da infraestrutura local para essa finalidade?



14. Qual a sua percepção sobre a disponibilidade de financiamento no mercado (crédito bancário, investidores, etc.) para cada uma das finalidades abaixo?



15. Pensando especificamente no ambiente regulatório de Minas Gerais (leis estaduais, ICMS, licenciamento, etc.), qual o efeito dele na competitividade de cada solução abaixo?



Fonte: Elaboração própria.

## Condições de demanda

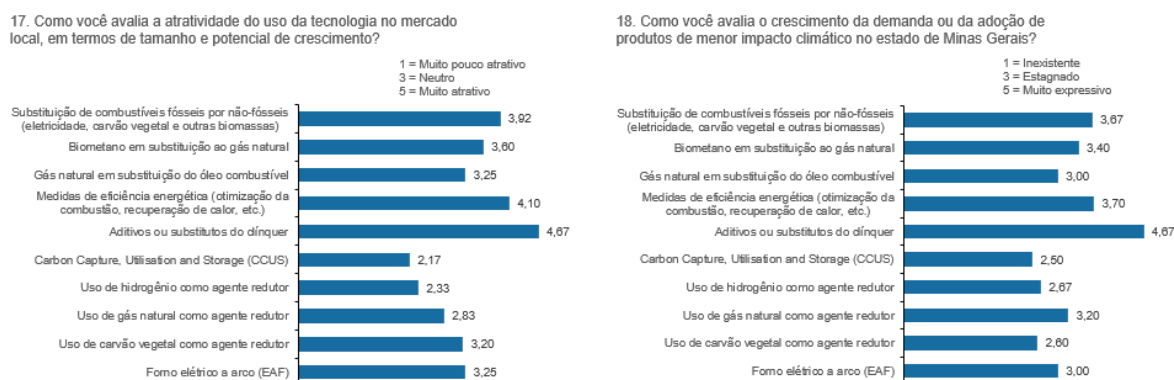
Como observado na Figura 38, entre as soluções tecnológicas, a que apresentou condições de demanda mais favoráveis foi a de aditivos ou substitutos ao clínquer, enquanto as soluções de CCUS e o uso de hidrogênio como agente redutor mantiveram a posição de destaque pelo lado negativo. Entre as tecnologias com maior interesse de implementação, aquelas com melhor potencial de crescimento de mercado foram a substituição de combustíveis fósseis por alternativas não fósseis e as medidas de eficiência energética.

No caso de aditivos ou substitutos ao clínquer, uma empresa do setor destacou que o potencial de crescimento da demanda depende diretamente da disponibilidade dos fatores de



produção. Segundo a empresa, apesar dos avanços significativos nos últimos trinta anos na substituição do clínquer e de combustíveis fósseis por matérias-primas e fontes de energia de baixo ou zero carbono, ainda há espaço para um segundo salto no aumento da eficiência carbônica. Para que isso ocorra, reforçou-se a necessidade de um ambiente regulatório mais ágil e revisado, acesso a capital com condições competitivas e compromissos entre governo e indústria para viabilizar a implementação dos projetos.

Figura 26: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda



Fonte: Elaboração própria.

## Elos da cadeia relacionados

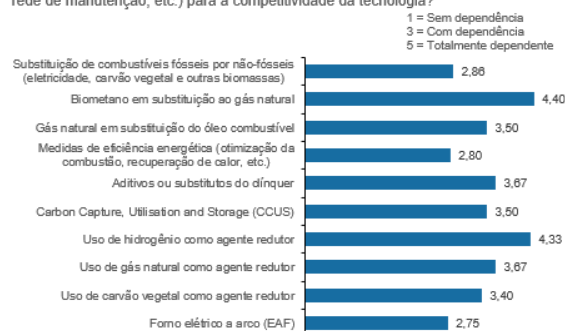
As tecnologias de uso de biometano em substituição ao gás natural e uso de hidrogênio como agente redutor foram consideradas altamente dependentes dos demais elos da cadeia produtiva (Figura 39). Para operarem, ambas podem exigir unidades de produção de insumos dedicadas à capacidade instalada dos projetos, tornando isso um fator limitante à implementação.

No critério de qualidade e disponibilidade da rede de fornecedores, com exceção das tecnologias de uso de carvão vegetal como agente redutor e medidas de eficiência energética, todas as demais foram apontadas com baixa ou muito baixa disponibilidade, sinalizando a necessidade de atuação por meio de incentivos direcionados também às demais etapas da cadeia produtiva.



Figura 27: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados

20. Qual a dependência dos demais elos da cadeia produtiva (ex: infraestrutura de abastecimento/recarga, produção de matéria-prima, rede de manutenção, etc.) para a competitividade da tecnologia?



21. Qual a disponibilidade e qualidade da rede de fornecedores locais?



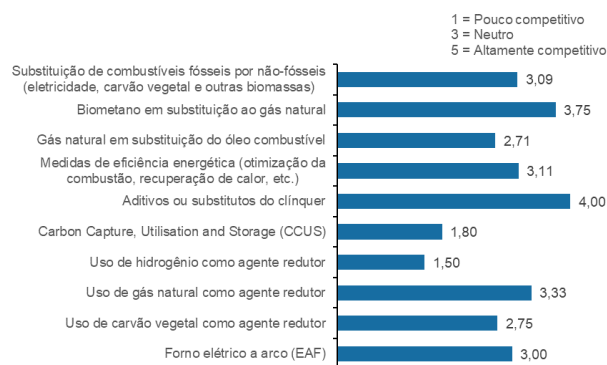
Fonte: Elaboração própria.

## Estratégia, estrutura e rivalidade

Em relação à competitividade, a solução de maior destaque foi a de aditivos ou substitutos ao clínquer (Figura 40). Segundo uma das empresas, essa posição se justifica pelo fato de o estado possuir o maior parque fabril de cimento do país, o que explica o elevado nível de competição. Outro destaque foi o biometano como substituto do gás natural. Nesse caso, foi apontado que não apenas o biometano, mas também as biomassas em geral, enfrentam um alto nível de competição, especialmente devido à demanda crescente entre os setores industriais.

Figura 28: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade

23. Qual o grau de intensidade da competição no mercado regional em comparação com os mercados nacional e internacional?



Fonte: Elaboração própria.

## AFOLU

Para o setor de AFOLU, foram analisadas 12 soluções ou rotas tecnológicas promissoras:

- melhoria genética de bovinos;



- manejo nutricional de bovinos;
- recuperação de pastagens;
- sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF);
- aditivos alimentares;
- sistema de plantio direto (SPD);
- fixação biológica de nitrogênio (FBN);
- manejo adequado de fertilizantes nitrogenados;
- uso agrícola de biocarvão (Biochar);
- redução do desmatamento;
- restauração florestal;
- floresta plantada.

## Conhecimento e uso das tecnologias

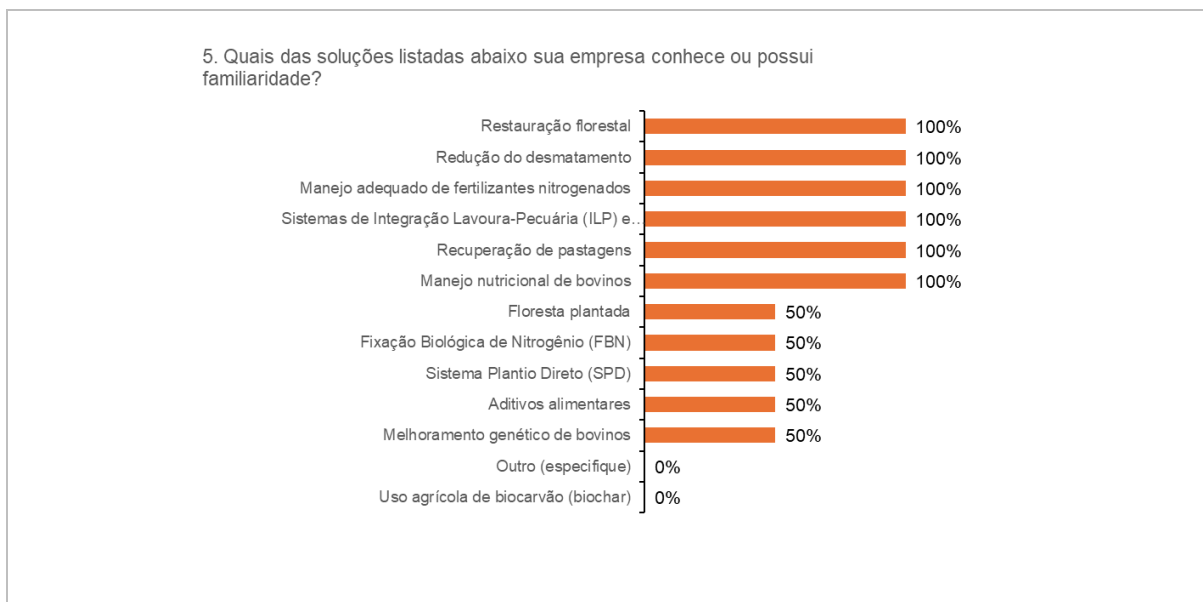
Devido ao baixo número de participantes no setor, as respostas ficaram concentradas e baseadas na perspectiva de dois respondentes. Esse cenário pode gerar um viés de “não resposta”, que ocorre quando o grupo que respondeu difere sistematicamente daquele que não respondeu, o que dificulta a construção de uma validação externa consistente.

Entretanto, como mencionado anteriormente, o questionário tem como objetivo proporcionar um entendimento prévio sobre a perspectiva do setor produtivo em relação às soluções tecnológicas mais relevantes em termos de demanda para o estado. Portanto, o questionário deve ser compreendido como um guia orientador, e não como um definidor dos caminhos adotados nos estudos de casos, que serão analisados na próxima seção.

A Figura 29 apresenta as soluções tecnológicas mais conhecidas pelos respondentes. No total, 6 soluções foram mencionadas em todas as respostas. Destacam-se as práticas voltadas à pecuária de baixa emissão de carbono, como o manejo nutricional de bovinos, e as tecnologias associadas à agricultura de baixa emissão de carbono, nas quais soluções como o manejo adequado de fertilizantes nitrogenados se mostram particularmente relevantes. Tais soluções estão presentes no PLAC-MG, mostrando uma convergência entre as soluções analisadas e a política climática estadual. Por fim, ressaltam-se as ações direcionadas à conservação de florestas nativas, incluindo a restauração florestal e a redução do desmatamento.



Figura 29: Soluções que o respondente conhece ou possui familiaridade

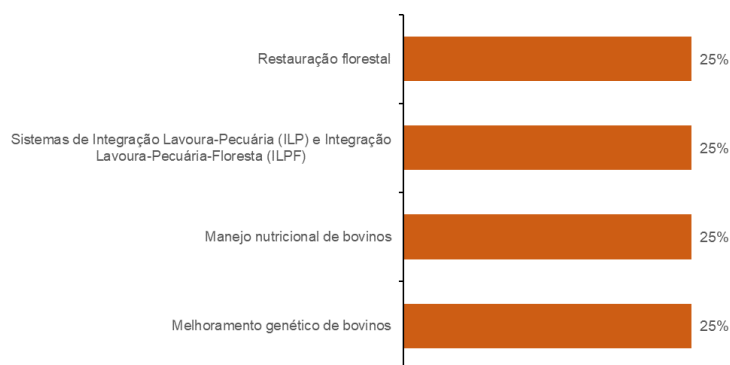


Fonte: Elaboração própria.

**A Erro! Fonte de referência não encontrada.** Figura 30 apresenta o interesse de implementação, nos próximos cinco anos, das soluções tecnológicas. Entre as 12 soluções possíveis, 4 foram mencionadas: melhoramento genético de bovinos, manejo nutricional de bovinos, sistemas de ILPF, além da restauração florestal. Destaca-se a presença de 2 soluções voltadas à pecuária de baixo carbono, o melhoramento genético e o manejo nutricional de bovinos, o que reflete a importância da pecuária bovina em Minas Gerais. Segundo dados do IBGE (2024), o estado contava com mais de 22 milhões de cabeças e bovinos, representando mais de 9% do rebanho nacional, ficando atrás apenas dos estados do Pará e do Mato Grosso.

Figura 30: Interesse de implementação das soluções nos próximos cinco anos

7. Há interesse em implementar alguma delas nos próximos 5 anos?

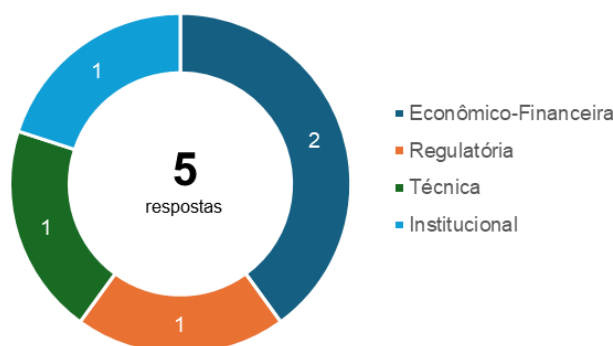


Fonte: Elaboração própria.



A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta as principais barreiras identificadas no setor de AFOLU. A barreira econômico-financeira foi a mais mencionada, especialmente

Figura 31: Principais barreiras para a implementação de soluções



no contexto dos pequenos pecuaristas. A dificuldade relacionada ao elevado investimento inicial, sobretudo para a aquisição de máquinas e equipamentos, limita a adoção e a expansão de novas tecnologias no setor. Além disso, barreiras regulatórias, técnicas e institucionais foram citadas como entraves para o desenvolvimento e à modernização das atividades do setor.

Fonte: Elaboração própria.

## Fatores de Produção

Devido ao baixo número de respostas para o setor de AFOLU, não é possível estabelecer padrões ou realizar análises robustas com base no questionário. Como mencionado anteriormente, a ausência de respostas pode gerar um viés de “não resposta”. Diante desse cenário, as respostas serão apresentadas de forma exploratória e descritiva, com o objetivo de fornecer uma visão preliminar das percepções obtidas.

A Figura 32 apresenta as respostas relacionadas aos fatores de produção. Alguns fatores estruturais podem ser identificados com base na visão dos participantes. Primeiramente, observa-se a percepção de que o estado de Minas Gerais apresenta baixa disponibilidade de mão de obra qualificada nesse setor. O Boletim nº 65 da Embrapa já aborda essa problemática, destacando que a escassez de profissionais qualificados é uma das principais ameaças à sustentabilidade e eficiência da pecuária brasileira. Esse cenário decorre, em grande parte, pelo crescente processo de urbanização, que atrai pessoas das áreas rurais para as urbanas (EMBRAPA, 2024).

Todas as soluções tecnológicas mencionadas apresentaram um elevado nível de maturidade no estado de Minas Gerais. No que se refere à disponibilidade de infraestrutura, a percepção do setor privado é de que o estado possui uma infraestrutura considerada moderada para o funcionamento do setor.



Em relação à disponibilidade de financiamento, os resultados indicaram divergências entre as tecnologias. A única solução que alcançou uma escala moderada foi o melhoramento genético de bovinos. As demais soluções ficaram abaixo desse patamar, com percepções mais negativas nos casos de aditivos alimentares e sistemas ILP e ILPF. Por fim, foi apontado que o ambiente regulatório do estado compromete a competitividade de todas as soluções tecnológicas analisadas.

Figura 32: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção



Fonte: Elaboração própria.

## Condições de demanda

Para o setor de AFOLU, todas as tecnologias foram avaliadas como atrativas para o uso no mercado local, indicando a percepção de que possuem potencial de crescimento no setor



(Figura 33). Sob a ótica da demanda, essas tecnologias também foram avaliadas como tendo um potencial relevante de crescimento no estado. Esse potencial se reflete no crescimento do valor bruto da produção agropecuária do estado em 2024, que atingiu a marca de R\$ 147,5 bilhões, um crescimento de 9% em relação a 2023 (MG, 2024). A percepção positiva do setor privado acerca do potencial de crescimento das tecnologias é importante para o avanço na descarbonização do setor, que foi responsável por 51% das emissões totais do estado em 2019 (FEAM, 2022).

Figura 33: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda

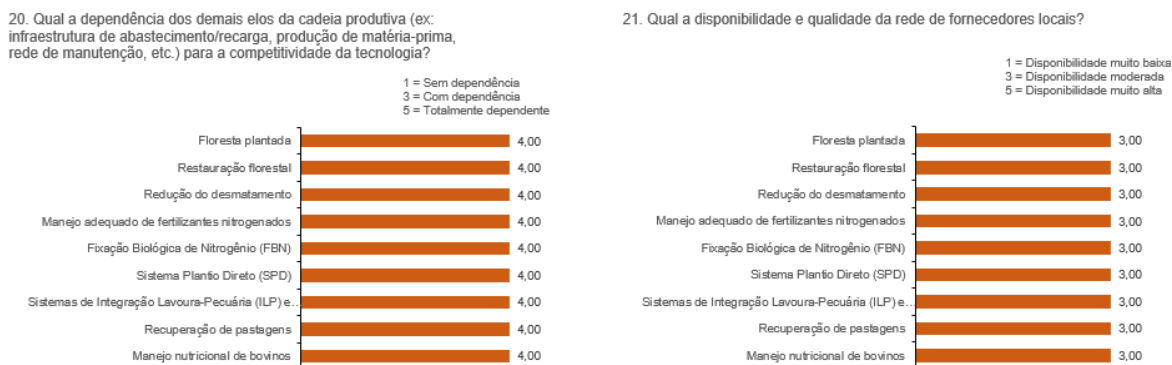


Fonte: Elaboração própria.

## Elos da cadeia relacionados

A percepção das empresas foi de que a competitividade das soluções selecionadas depende de elos complementares da cadeia produtiva (Figura 27). Um exemplo disso está na necessidade de infraestrutura e logística de escoamento da produção relacionada a essas tecnologias. Em relação à disponibilidade e qualidade da rede de fornecedores locais, as tecnologias foram avaliadas como possuindo uma disponibilidade moderada.

Figura 34: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados



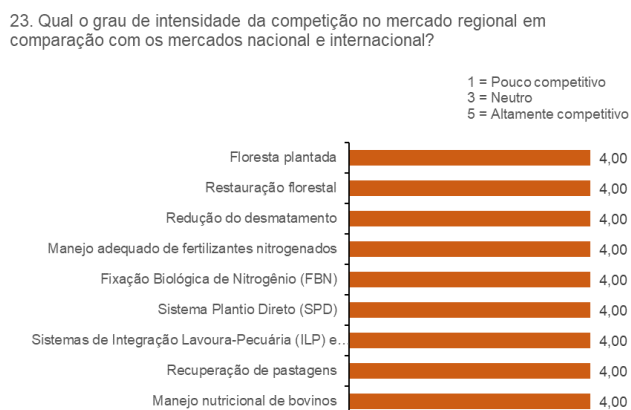
Fonte: Elaboração própria.



## Estratégia, estrutura e rivalidade

Segundo as empresas, o grau de competitividade é maior no mercado regional em comparação aos mercados nacional e internacional (Figura 28). Essa percepção pode estar relacionada à relevância do setor em diversos segmentos da economia estadual. Por ser o maior produtor nacional em segmentos como os de produção de leite, café, silvicultura e produtos florestais, o estado apresenta vantagens competitivas e uma estrutura produtiva consolidada, o que tende a elevar sua participação no mercado interno.

Figura 35: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade



Fonte: Elaboração própria.

## Transporte

Para o setor de transporte, foram analisadas 13 soluções ou rotas tecnológicas promissoras:

- aumento no uso de etanol em veículos leves;
- aumento do uso de biodiesel em ônibus;
- uso de Diesel Verde (HVO) em ônibus;
- uso de veículos 100% elétricos a bateria (BEV);
- uso de veículos híbridos elétricos flex-fuel (HEV);
- aumento do uso de biodiesel em caminhões;
- uso de Diesel Verde (HVO) em caminhões;
- uso de ônibus elétricos a bateria;
- uso de caminhões elétricos a bateria;
- caminhões a GNV/Biometano;
- caminhão a hidrogênio;
- ônibus a GNV/Biometano;
- e mudança de modal.



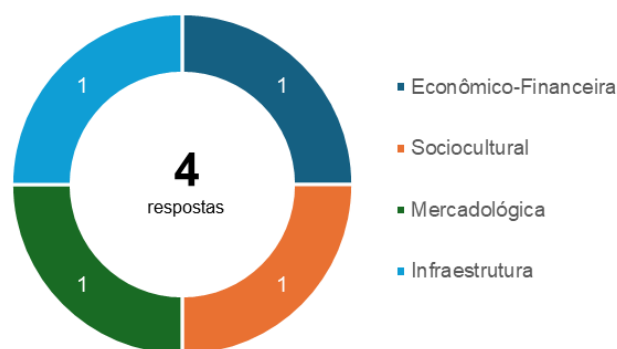
## Conhecimento e uso das tecnologias

De forma similar ao observado no setor de AFOLU, o questionário voltado ao setor de transporte apresentou um baixo número de participantes, contando com apenas 1 resposta consolidada. Dessa forma, as informações referentes ao conhecimento e ao uso das tecnologias serão apresentadas de maneira distinta em relação aos demais setores.

Com base na resposta para o setor, a maior parte das soluções tecnológicas são conhecidas ou existe algum grau de familiaridade pelo respondente. Em relação ao nível de conhecimento dessas soluções, observou-se que a maioria já está sendo implementada e apenas uma, que envolve o uso de ônibus elétrico a bateria, encontra-se em fase de testes. Essa mesma tecnologia foi mencionada como de interesse para a implementação nos próximos cinco anos.

Como observado na Figura 29, no que se refere às principais barreiras para o avanço dessas soluções no setor, quatro categorias foram destacadas: econômico-financeira, sociocultural, mercadológica e infraestrutura. Na barreira econômico-financeira, aspectos como o alto investimento inicial, o acesso a financiamentos e o custo de capital surgem como variáveis determinantes. No âmbito sociocultural, a insegurança do consumidor quanto ao uso de novas tecnologias, aliada às preferências e hábitos de mobilidade já consolidados, dificulta o desenvolvimento do setor, na visão do respondente. No mais, para a barreira mercadológica e infraestrutura, a oferta limitada de modelos tecnologicamente mais avançados, o baixo acesso a infraestrutura adequada e a fragmentação do setor surgem como pontos centrais de discussão. A introdução de novos veículos depende da atuação conjunta de diversos atores, como a indústria, as empresas de transporte, as transportadoras e as instâncias regulatórias, resultando em um ambiente complexo de coordenação (ITF, 2023).

Figura 36: Principais barreiras para a implementação de soluções



Fonte: Elaboração própria.

## Fatores de produção

Como mencionado anteriormente, dado o baixo número de respostas no questionário, as análises referentes a esse setor foram elaboradas com base em uma única resposta. Entre os fatores de produção, destaca-se o uso de biodiesel tanto em caminhões quanto em ônibus,



que, segundo o respondente, trata-se de uma solução tecnológica que conta com disponibilidade de mão de obra qualificada e apresenta um elevado nível de maturidade tecnológica no estado. A Figura 30 apresenta as respostas relacionadas aos fatores de produção no setor de transporte.

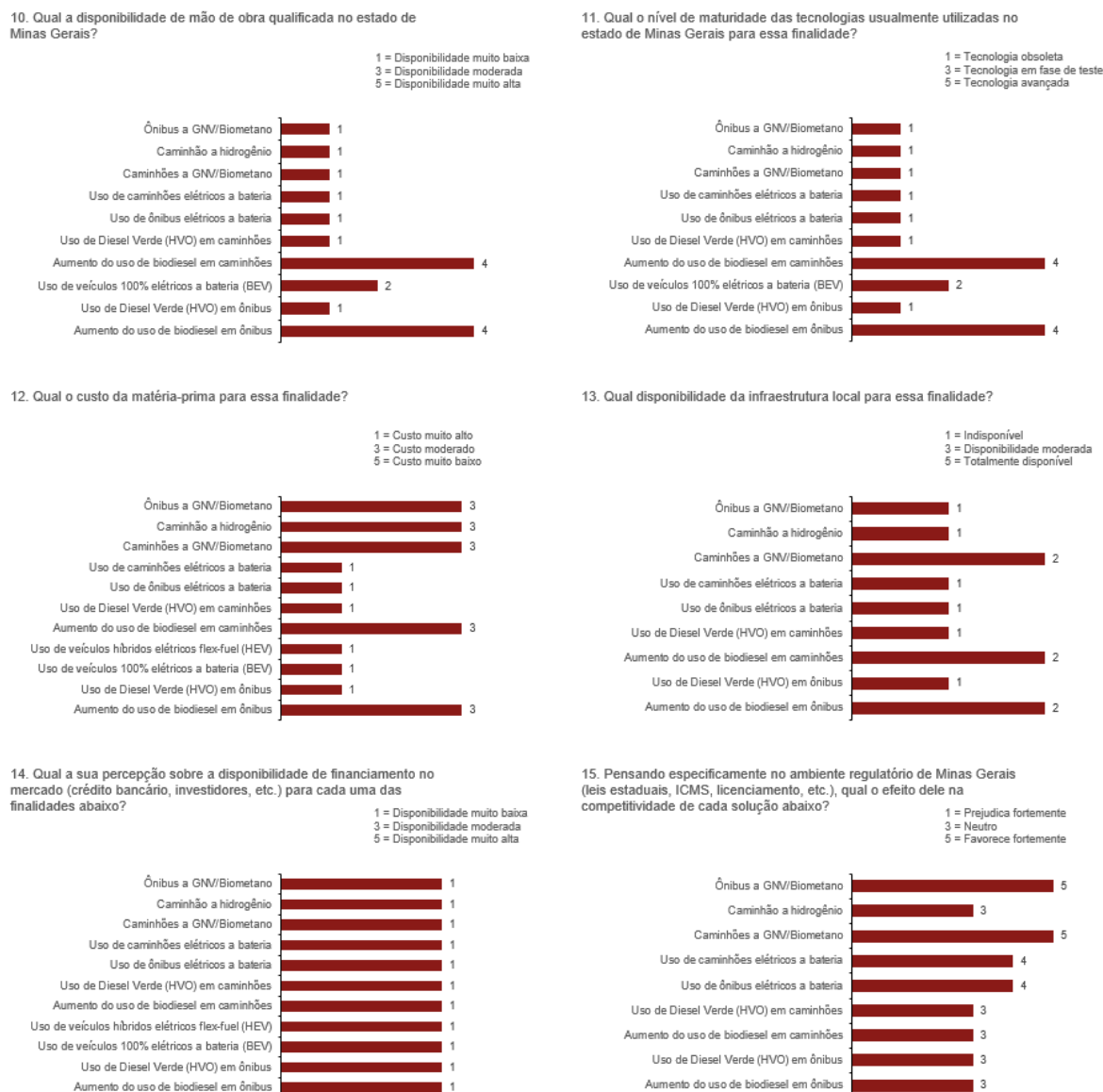
Nenhuma das tecnologias foi identificada como de baixo custo em relação à matéria-prima, sendo classificadas como de custo moderado ou elevado. Destacam-se o uso de veículos, caminhões e ônibus elétricos a bateria, além do uso de diesel verde em caminhões e ônibus, como soluções tecnológicas associadas a custos elevados de insumos. Apesar dos altos custos, observa-se a expansão da oferta de financiamento e do desenvolvimento de políticas públicas voltadas a essas tecnologias no país. Em 2024, a Lei do Combustível do Futuro, que institui o Programa Nacional do Diesel Verde (PNDV), tem como objetivo incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso do diesel verde, reduzindo assim, a dependência de diesel derivado de petróleo.

No que se refere à disponibilidade de infraestrutura local, todas as soluções foram classificadas como de baixa disponibilidade. Apesar dos avanços, a empresa classificou a oferta de financiamento para todas as soluções como insuficiente. Essa percepção pode decorrer tanto da falta de estruturação e de projetos adequados para a captação de investimentos quanto da existência de critérios pouco transparentes ou de falhas na comunicação entre o ofertante do crédito e o setor privado.

Na análise de impacto do ambiente regulatório na competitividade das tecnologias, apenas a adoção de ônibus e caminhões a GNV/Biometano foram classificadas como fortemente favorecidas pelo ambiente regulatório estadual. Diversas iniciativas recentes ajudam a justificar essa percepção. Em 2025, por exemplo, a Companhia de Gás de Minas Gerais (Gasmig) e a Iveco assinaram um acordo de cooperação para promover o uso do GNV e biometano no segmento de transporte de cargas e passageiros no estado. Além disso, a Gasmig, por meio do projeto “Corredores de GNV” tem investido no desenvolvimento da infraestrutura de abastecimento em Minas Gerais, reforçando o apoio institucional no uso dessas soluções.



Figura 37: Respostas do Bloco 1 – Fatores de Produção



Fonte: Elaboração própria.

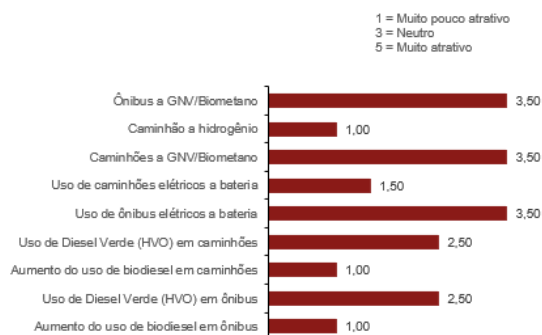
## Condições de demanda

Em relação às condições de demanda do setor (Figura 31), nenhuma tecnologia foi classificada como muito atrativa em termos de tamanho e potencial de crescimento. Acima da média, destacam-se apenas o uso de GNV/Biometano em ônibus e caminhões e o uso de ônibus elétrico a bateria. Quanto à avaliação do crescimento da demanda no estado, todas as tecnologias foram classificadas abaixo do nível de estagnação, indicando que, na percepção da empresa, o mercado estadual para essas soluções se encontra em uma situação desafiadora, sem nenhuma perspectiva concreta de expansão da demanda.

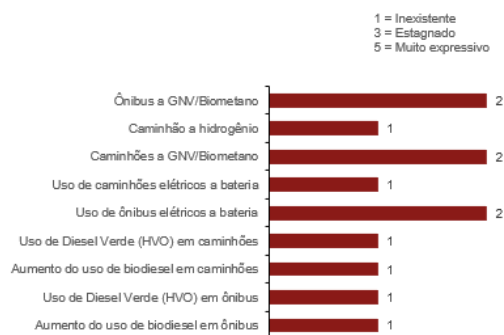


Figura 38: Respostas do Bloco 2 – Condições de demanda

17. Como você avalia a atratividade do uso da tecnologia no mercado local, em termos de tamanho e potencial de crescimento?



18. Como você avalia o crescimento da demanda ou da adoção de produtos de menor impacto climático no estado de Minas Gerais?



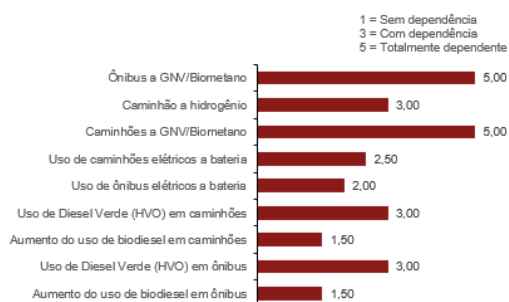
Fonte: Elaboração própria.

## Elos da cadeia relacionados

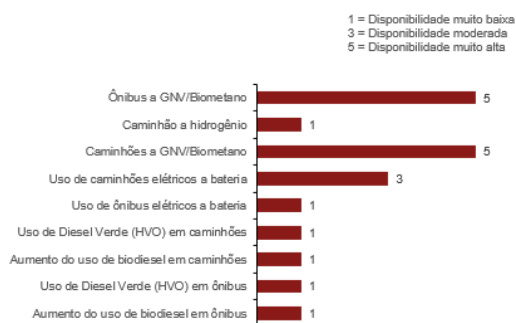
Em relação à dependência dos demais elos da cadeia produtiva para a competitividade das tecnologias, as soluções que envolvem o uso de GNV/Biometano foram as únicas consideradas totalmente dependentes dos demais elos da cadeia (Figura 32). Já as tecnologias relacionadas ao uso de biodiesel em ônibus e caminhões apresentaram menor nível de dependência. Quanto à disponibilidade e qualidade da rede de fornecedores locais, novamente, as soluções baseadas no uso de GNV/Biometano se destacaram, sendo apontadas como aquelas que contam com a maior disponibilidade de fornecedores no estado.

Figura 39: Respostas do Bloco 3 – Elos da cadeia relacionados

20. Qual a dependência dos demais elos da cadeia produtiva (ex: infraestrutura de abastecimento/recarga, produção de matéria-prima, rede de manutenção, etc.) para a competitividade da tecnologia?



21. Qual a disponibilidade e qualidade da rede de fornecedores locais?



Fonte: Elaboração própria.

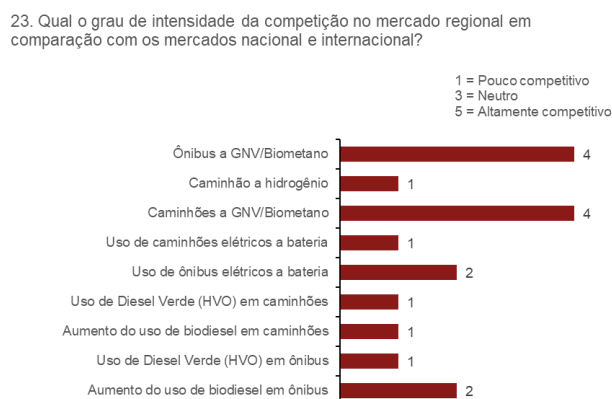
## Estratégia, estrutura e rivalidade

A percepção da empresa sobre o grau de competitividade no mercado local para as tecnologias indicadas classificou as soluções que envolvem o uso de GNV/Biometano como as de maior competitividade (Figura 33). Fatores citados anteriormente, como a criação de



corredores de implantação de GNV, as reduções tarifárias anunciadas pela Gasmig<sup>17</sup> e as chamadas públicas para aquisição de biometano, contribuem para fortalecer as ações previstas pelo PLAC-MG e consolidar um ambiente competitivo sólido para o setor.

Figura 40: Respostas do Bloco 4 – Estratégia, estrutura e rivalidade



Fonte: Elaboração própria.

## Seleção de Oportunidades para Investimento

Diante das respostas obtidas por meio dos questionários e das pesquisas em fontes secundárias, que forneceram insights relevantes para compreender a dinâmica da cadeia produtiva dos setores no estado de Minas Gerais, adotou-se a escolha de rotas tecnológicas voltadas à mitigação setorial, com o objetivo de subsidiar uma análise de viabilidade econômico-financeira, a qual será apresentada na próxima seção. A análise específica desses casos é fundamental para avaliar a custo-efetividade da aplicação dessas tecnologias em cada setor, considerando as particularidades do estado.

Para o setor de energia, o caso analisado se refere à produção hidrogênio de baixo carbono destinada ao abastecimento da indústria do aço em Minas Gerais. O hidrogênio de baixo carbono assume um papel central na substituição dos combustíveis fósseis em diversos segmentos da cadeia produtiva da indústria, principalmente dentro dos setores siderúrgicos e cimenteiro, nos quais o estado é o principal produtor. A produção de hidrogênio também foi apontada como uma das soluções de maior interesse de implementação.

Além disso, Minas Gerais possui uma robusta base elétrica renovável, destacando-se como o estado com maior capacidade instalada de energia solar no Brasil, fator essencial para a viabilidade da produção de hidrogênio de baixo carbono. Ademais, a ampliação do uso de hidrogênio de baixa emissão para fins de descarbonização tem sido fortemente enfatizada na

<sup>17</sup> A Gasmig, em agosto de 2025 anunciou a redução nas tarifas de gás natural para indústria e veículos. Os descontos chegam a R\$ 0,20/m<sup>3</sup> no segmento industrial e R\$ 0,23/m<sup>3</sup> para GNV. Ver mais em: [Gasmig reduz tarifas de gás natural para indústrias e veículos - Gasmig](#).



política climática nacional. Em 2024, por exemplo, foi instituído o Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, reduzindo os riscos regulatórios e operacionais associados a projetos voltados à sua produção.

Em linha com as diretrizes nacionais, a lei nº 24.940, sancionada em 2024 no estado de Minas Gerais, instituiu a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde. A iniciativa posiciona o estado como referência nacional, ao incluir estudos para ampliar a participação do hidrogênio na matriz energética e criar incentivos fiscais e creditícios para produção e aquisição de equipamentos necessários a sistemas de hidrogênio de baixo carbono (ALMG, 2024).

Para o setor AFOLU, a solução escolhida como principal oportunidade de investimento foi a de recuperação de pastagem degradada. Nesse contexto, a seleção da tecnologia envolve diversos fatores como potencial de mitigação significativo, possibilidade de ampla adoção e forte alinhamento com as diretrizes regulatórias vigentes.

O subsetor da agropecuária se destaca, principalmente pela bovinocultura mineira, que abriga um dos maiores rebanhos bovinos do país. Essa expressiva presença da pecuária está diretamente relacionada à grande extensão de áreas de pastagem degradadas, por conseguinte, ao aumento de emissões de GEE e à redução da produtividade pecuária no estado. Ainda que a análise do questionário traga limitações, especialmente em relação ao número de respondentes no setor, a recuperação de pastagens desponta como uma das soluções mais competitivas no estado.

Adicionalmente, a recuperação de pastagens degradadas é uma tecnologia estratégica e amplamente reconhecida nas principais diretrizes climáticas, tanto em nível nacional quanto estadual. Essa prática está contemplada como uma das metas prioritárias no PLAC-MG e na NDC brasileira, evidenciando seu papel importante no aumento da produção estadual sem necessidade de expansão e conversão de novas áreas. A adoção dessa tecnologia representa, portanto, uma oportunidade de conciliar ganhos ambientais e produtivos, promovendo a sustentabilidade da agropecuária mineira, além de contribuir para o cumprimento dos compromissos climáticos assumidos pelo estado e pelo país.

A solução escolhida como principal oportunidade de investimento para o setor de transporte foi a adoção de caminhões a GNV/Biometano. No contexto da descarbonização do setor no estado, essa escolha se justifica por reunir viabilidade ambiental, elevado potencial de mitigação, como ressaltado na parte 1 do produto P2.3, perspectivas de ampliação da tecnologia e alinhamento com as diretrizes regulatórias. Além disso, apesar da baixa quantidade de respondentes no questionário, a solução foi avaliada como a de maior competitividade em comparação às demais.

Essa tecnologia encontra respaldo também em políticas públicas, com o ambiente regulatório favorável à expansão do uso de GNV/biometano. Podem ser citados, por exemplo,



instrumentos como a Lei Estadual nº 24.396/2023 e a Resolução SEDE nº 34/2023, que incentivam a produção e comercialização de biometano a partir de resíduos agrícolas e urbanos. Em paralelo, o PLAC-MG reconhece os biocombustíveis como estratégia de descarbonização, tornando a escolha da tecnologia importante frente a um cenário em que, em 2019, o modal rodoviário representava 94% das emissões do setor de transporte, especialmente devido ao consumo de óleo diesel (MINAS GERAIS, 2022b). Além disso, nota-se a possibilidade de aumento da oferta de biometano no estado, devido à sua natureza renovável e derivada da decomposição de resíduos orgânicos, como os gerados pelo setor sucroalcooleiro, altamente representativo no estado.

Para o setor industrial, a solução escolhida como oportunidade de investimento para o setor industrial foi a de implantação de uma planta de produção de carvão vegetal, destinada ao abastecimento de diversos segmentos industriais no estado. Essa opção se enquadra dentro das alternativas de substituição de combustíveis fósseis por não-fósseis, sendo considerada de alta demanda e com forte apetite de mercado pela iniciativa privada, conforme apontado na consulta ao setor produtivo.

Embora o carvão vegetal seja uma fonte renovável amplamente utilizada em diferentes setores, o caso em análise contempla o uso de um forno mais moderno, que possui maior rendimento gravimétrico em relação aos fornos tradicionais. Isso resulta em maior eficiência no processo produtivo e possibilita sua adoção em setores que ainda não utilizam intensivamente essa fonte em suas operações. Minas Gerais é responsável por mais de 88% da produção nacional de carvão vegetal, devido à presença da demanda de setores como o siderúrgico e o de ferroligas. Dessa forma, o estado assume um papel estratégico, tanto como principal ofertante, quanto com o principal demandante dessa fonte renovável.

## ESTUDOS DE CASO: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA

A avaliação da viabilidade de investimentos em projetos de mitigação com foco em rotas tecnológicas promissoras para o estado de Minas Gerais é fundamental para traçar os caminhos mais custo-efetivos para alcance dos compromissos climáticos e atingimento do *Net Zero* em 2050. Os estudos de caso são fundamentados na capacidade de produção local para suprir a demanda interna e nas projeções de expansão do mercado. Cada análise contempla diferentes rotas tecnológicas, definidas conforme as prioridades setoriais estabelecidas na seção anterior.



A escalabilidade do modelo de negócio está diretamente ligada às expectativas de retorno dos investidores e à capacidade de pagamento avaliada pelos financiadores. Portanto, é preciso que as condições de demanda, incluindo preços, volumes e prazos contratuais sejam não apenas identificadas, mas também analisadas sob a ótica técnico-operacional. Para isso, a mobilização de recursos, seja na forma de capital próprio ou de terceiros, para viabilizar decisões finais de investimento, deve ser sustentada por análises de viabilidade econômico-financeira (IPEA, 2025).

As análises de viabilidade desenvolvidas nos estudos de caso devem responder se a implantação dos projetos selecionados é vantajosa sob a perspectiva econômico-financeira e, quando necessário, ilustrar possibilidades de atuação para a Invest Minas na articulação de parcerias público-privadas para reduzir a matriz de custos e mitigar potenciais riscos para os investidores.

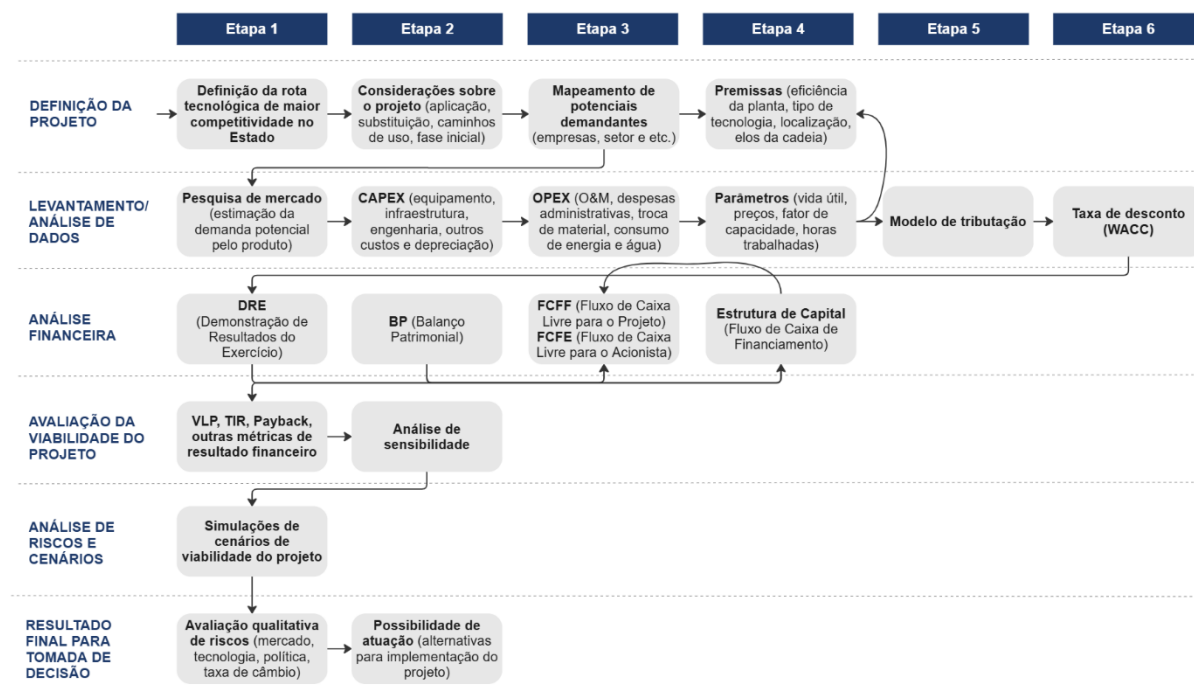
As condições operacionais e de mercado utilizadas são avaliadas com base em premissas extraídas de estudos preliminares, artigos científicos e outras fontes relevantes, reconhecendo que tais premissas podem ser ajustadas à medida que o mercado amadurece. A execução dos estudos de caso segue seis marcos principais:

- definição do projeto;
- levantamento e análise dos dados;
- análise financeira;
- avaliação da viabilidade econômica do projeto;
- análise de riscos e cenários;
- resultados para tomada de decisão.

A Figura 41 ilustra essas etapas:



Figura 41: Procedimento proposto para a execução dos estudos de caso



Fonte: Elaboração própria.

## Estudo de caso 1 - Uso do hidrogênio de baixo carbono na indústria de aço

### Contextualização

O presente caso analisa previamente a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma planta de hidrogênio de baixo carbono<sup>18</sup> para abastecimento da indústria de aço no estado de Minas Gerais. O uso do hidrogênio de baixo carbono surge como uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis, contribuindo para a remoção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera. A análise parte da transição da produção de aço baseada em carvão/coque para a produção de aço por meio de hidrogênio, com o objetivo de avaliar em quais condições

<sup>18</sup> O hidrogênio pode ser produzido por diferentes processos e a partir de diversas fontes de energia, geralmente representadas por um código de cores. Entre os principais processos, destacam-se: hidrogênio verde, obtido por eletrólise da água utilizando eletricidade proveniente de fontes renováveis, resultando em uma solução de baixo impacto ambiental; hidrogênio cinza, produzido a partir de combustíveis fósseis, geralmente obtido por meio de reformador de metano a vapor (SMR, na sigla em inglês) ou da gaseificação de carvão; e hidrogênio azul, que integra a captura e o armazenamento de carbono (CCS, na sigla em inglês) ao SMR, reduzindo significativamente as emissões associadas (IRENA, 2020). Neste estudo, de forma a padronizar o termo em conformidade com outras diretrizes nacionais, ao longo do texto será utilizado o termo 'hidrogênio de baixo carbono' em substituição a 'hidrogênio verde'.



técnicas e econômicas a produção de aço pela rota de hidrogênio se torna uma solução viável para a indústria siderúrgica.

A avaliação de viabilidade de um projeto de hidrogênio de baixo carbono envolve uma série de desafios e incertezas que influenciam na decisão de investimento. Entre os principais riscos, destacam-se os custos iniciais elevados, aspectos tecnológicos, demanda de mercado, construção de instalações para a produção, insuficiência de recursos, suprimento de energia renovável, escassez de água, além de fatores ambientais e regulatórios (BRANQUINHO *et al.*, 2023). Para realizar uma análise detalhada, buscou-se compreender as possibilidades de oferta e demanda da indústria de aço em Minas Gerais, a fim de avaliar as perspectivas de mercado e atratividade do uso de hidrogênio de baixo carbono no estado.

O setor industrial brasileiro dispõe de alternativas para impulsionar a adoção de rotas tecnológicas voltadas à descarbonização, sendo o hidrogênio de baixo carbono uma das mais promissoras, do ponto de vista de redução de emissões. Contudo, essa rota tecnológica ainda enfrenta desafios de viabilidade comercial quando comparada com outras rotas de produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis. Entretanto, o Brasil reúne vantagens competitivas que o colocam em posição estratégica para se destacar como um importante protagonista no mercado global. A matriz elétrica brasileira é composta por 88,2% de energia renovável (EPE, 2025), o que favorece a produção do hidrogênio de baixo carbono, considerando que estimativas indicam que o custo com eletricidade pode representar até 70% do custo de produção do hidrogênio de baixo carbono, um dos fatores centrais para a viabilidade econômica dessa rota tecnológica (CNI, 2024).

Logo, a ampla disponibilidade de energia renovável, especialmente o potencial eólico e solar, pode contribuir para reduzir as flutuações de preço da energia e, conseqüentemente, diminuir o custo nivelado do hidrogênio (LCOH, na sigla em inglês) para a produção do hidrogênio de baixo carbono no Brasil. Estudos indicam que o país é um dos mercados mais competitivos globalmente na produção de hidrogênio de baixo carbono. De acordo com a Bloomberg, o Brasil apresenta o menor LCOH entre 28 países analisados, com um custo potencial estimado entre US\$ 2,01 a 4,05/kgH<sub>2</sub> (BLOMBERGNEF, 2023). Já a McKinsey estima que o Brasil poderá atingir um LCOH próximo de US\$ 2,50/kgH<sub>2</sub> até 2030 (MCKINSEY, 2024).

Uma das fontes de eletricidade renovável utilizadas na produção do hidrogênio de baixo carbono é a energia solar, obtida a partir da radiação solar para geração de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos ou usinas termossolares. A Figura 42 apresenta os 10 estados com a maior capacidade instalada de geração centralizada de energia solar no Brasil, com destaque para Minas Gerais, que lidera o ranking nacional e responde por 41,2% da potência fiscalizada no país. O estado possui potência outorgada<sup>19</sup> superior a 40 GW, evidenciando

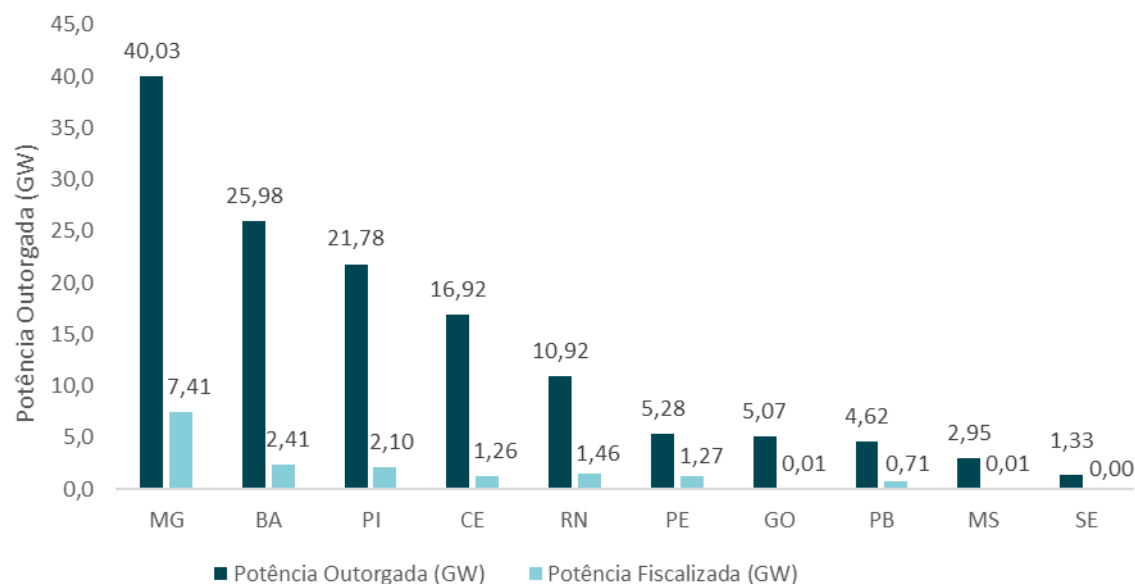
---

<sup>19</sup> Potência outorgada é a capacidade total de geração elétrica autorizada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), correspondente ao montante aprovado para instalação. Essa potência pode incluir



uma elevada capacidade de geração de energia solar e, conseqüentemente, um importante diferencial competitivo para a redução dos custos de produção do hidrogênio de baixo carbono voltado à descarbonização da indústria do aço.

Figura 42: Capacidade instalada de geração centralizada energia solar por estado



Fonte: Elaboração própria com base em ANEEL, (2025).

No setor siderúrgico, o hidrogênio pode ser utilizado por meio de dois caminhos principais: injeção no alto-forno tradicional, que apenas reduz as emissões em até 20%, devido a dependência de combustível fóssil no processo, e a redução direta do minério de ferro (DRI, na sigla em inglês), que pode gerar reduções de emissões de até 90-95%, desde que o hidrogênio utilizado seja totalmente livre de carbono (Bellona, 2020). Por ser uma tecnologia com custos elevados, o uso do hidrogênio de baixo carbono deve ser priorizado em setores *hard-to-abate*<sup>20</sup>, onde a sua aplicação pode gerar significativas reduções de emissões, como é o caso da indústria de aço.

Esse tipo de indústria é caracterizado pelos elevados níveis de consumo de energia e altas emissões de CO<sub>2</sub>, sendo uma das atividades industriais mais intensivas em energia (IEA, 2020). Em 2023, a produção de aço global foi responsável pela emissão, em média, de 1,92 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de aço bruto (Worldsteel Association, 2024). Conforme dados apresentando na 4ª Comunicação Nacional à UNFCC, a indústria de aço representa cerca de

---

empreendimentos em construção, em operação ou ainda não iniciados. Já a potência instalada refere-se à capacidade de geração efetivamente verificada pela ANEEL durante vistorias e fiscalizações, considerando apenas os empreendimentos que estão em operação.

<sup>20</sup> Setores *hard-to-abate*, ou de difícil abatimento, são aqueles cuja descarbonização apresenta maiores desafios em razão de barreiras tecnológicas, econômicas ou estruturais inerentes às suas cadeias produtivas. Nessa categoria, incluem-se indústrias intensivas em consumo energético e emissões de GEE, como as de cimento, aço, vidro, química, papel e celulose, transporte de longa distância e aviação.

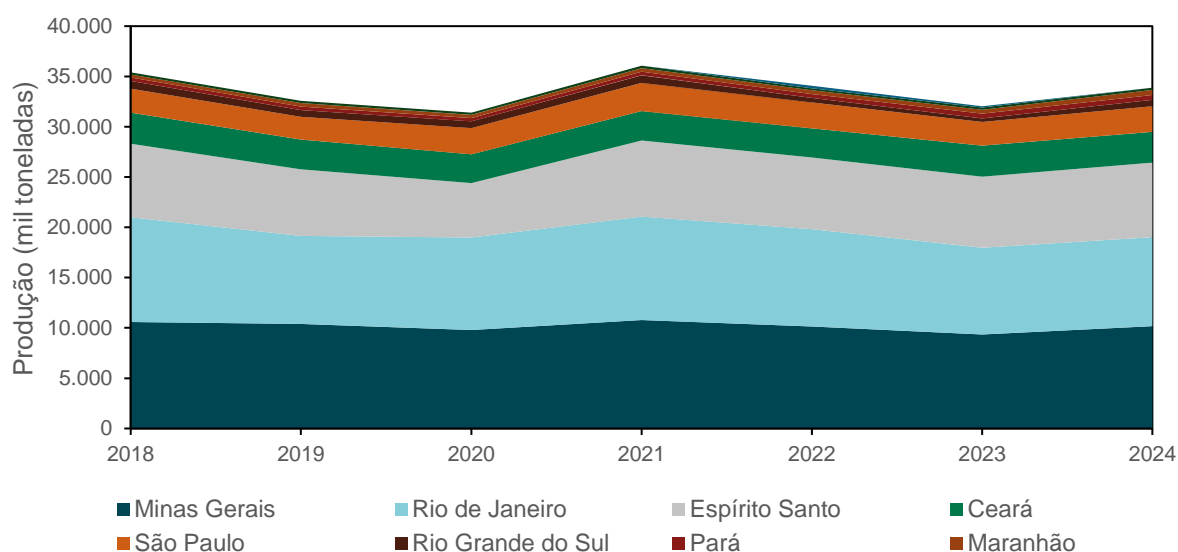


4% das emissões totais do Brasil, valor inferior à média global que fica em 7% das emissões totais (BRASIL, 2021). Entretanto, a descarbonização e a busca de eficiência energética no setor ainda possuem um extenso caminho, principalmente no uso de energia não-renovável.

O parque siderúrgico brasileiro é composto por 15 empresas privadas, administradas por 11 grupos empresariais, que operam 31 usinas distribuídas por 10 estados, com capacidade instalada de 51 milhões de toneladas por ano. Em 2024, a produção nacional de aço bruto foi de 33,9 milhões de toneladas, mantendo o país como o maior produtor de aço na América Latina e o nono maior produtor do mundo (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2025).

A produção está fortemente concentrada na região sudeste, responsável por 85,4% do total. Historicamente, o estado de Minas Gerais destaca-se como o principal produtor de aço do Brasil e, em 2024, respondeu por 30% da produção nacional. Os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo ocupam as posições seguintes e, junto com Minas Gerais, representam 78% da produção brasileira no período. A Figura 43 apresenta a evolução da produção por estado entre 2018 e 2024, confirmando a liderança mineira em todo o período.

Figura 43: Produção de aço por estado



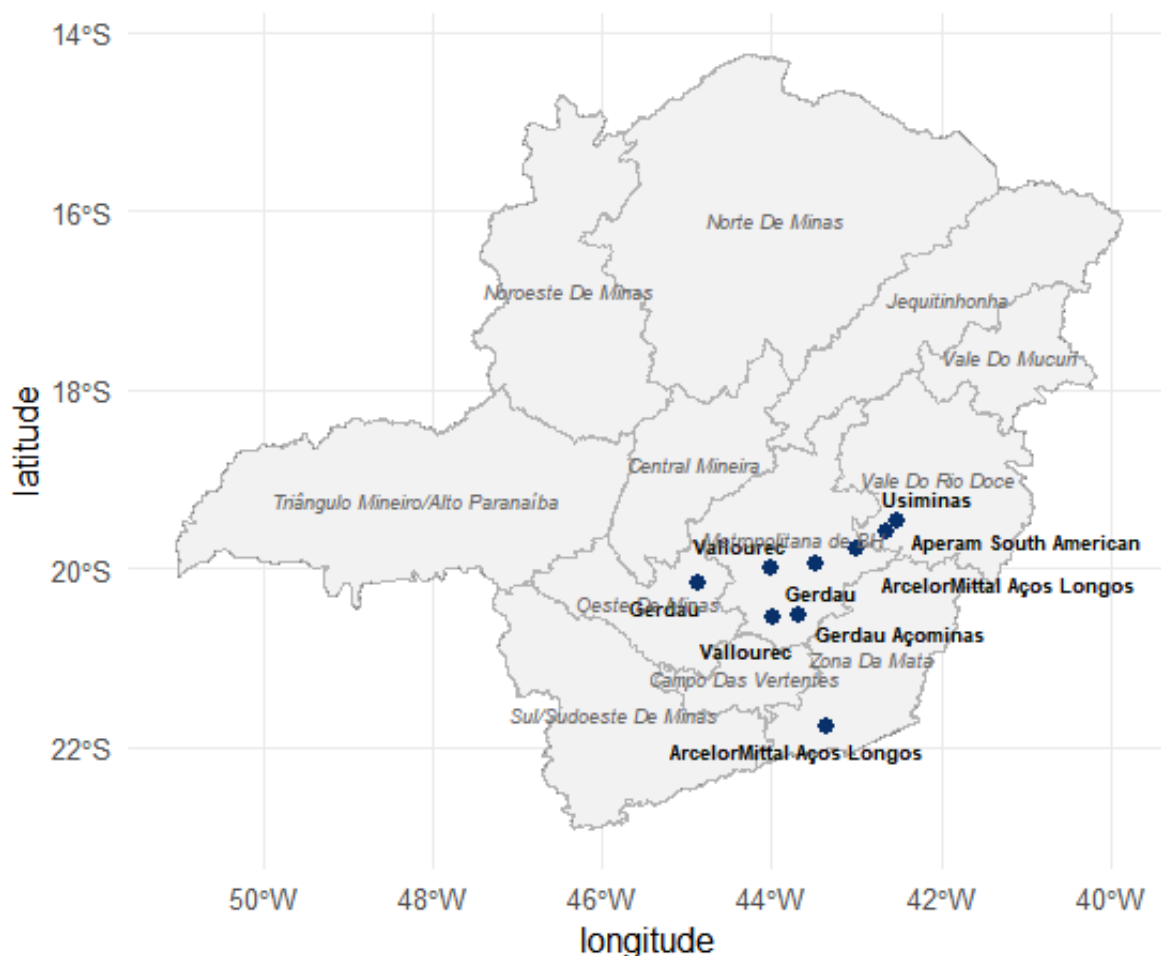
Fonte: Elaboração própria com base em Instituto Aço Brasil (2025).

O estado de Minas Gerais possui uma posição estratégica com um dos maiores complexos siderúrgicos do país. O parque produtor de aço no estado é composto por 9 usinas que são operadas por cinco grupos: Aperam South American, ArcelorMittal, Gerdau, Usiminas e Vallourec, que formam a base de um importante setor para a economia estadual. A combinação de parque produtivo robusto com um bom desempenho e desenvolvimento tecnológico, favorece para que Minas Gerais tenha o setor siderúrgico mais dinâmico do Brasil (SANTOS; DINIZ, 2013). A Figura 44 apresenta a distribuição espacial do parque produtivo de aço. As usinas estão em grande parte localizadas na região central e sul do estado, o que



facilita o escoamento da produção para outros grandes centros do país, como São Paulo e Rio de Janeiro.

Figura 44: Parque produtivo de aço em Minas Gerais



Fonte: Instituto Aço Brasil (2025).

A indústria de aço é considerada um setor cuja redução de emissões é complexa, devido ao elevado consumo de energia e combustíveis fósseis. Em 2019, a indústria siderúrgica foi responsável por cerca de 8% do consumo global de energia, o que representa 20% do consumo total de energia utilizado na indústria (IEA, 2020). A partir dos desafios da sua descarbonização, a produção de aço por meio do hidrogênio de baixo carbono surge como uma das alternativas com o maior potencial de descarbonização para o setor, principalmente pela sua versatilidade e ampla aplicação, tanto como combustível, quanto como fonte de calor e matéria-prima.

De acordo com a base de dados da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês)<sup>21</sup>, o Brasil conta atualmente com 42 projetos voltados à produção de hidrogênio de

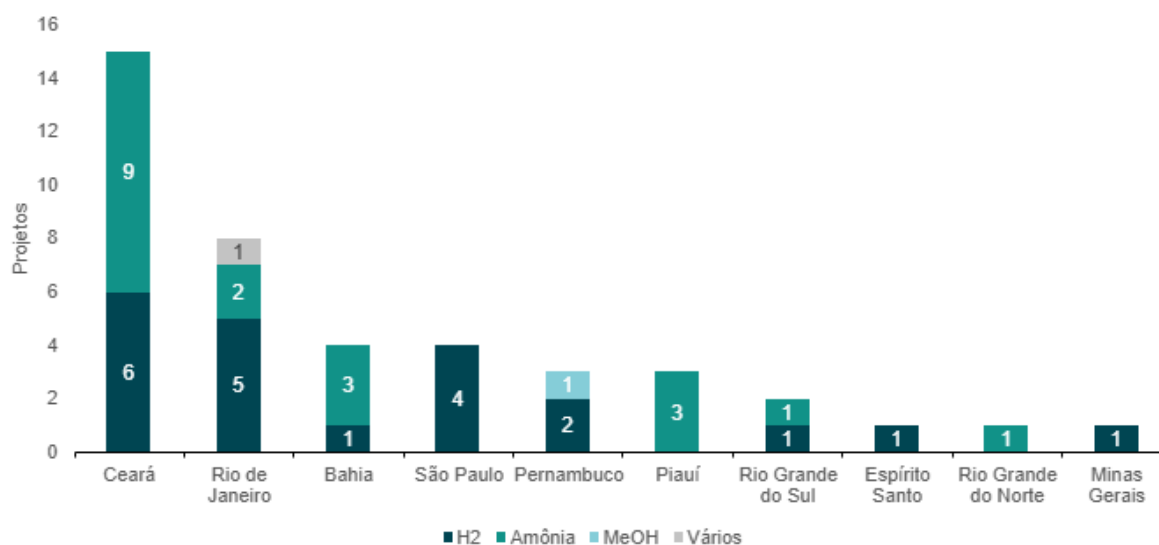
<sup>21</sup> Dados atualizados em março de 2025.



baixo carbono. Desses, 2 estão em fase de decisão final de investimento ou em construção, outros 2 já se encontram em operação e 11 estão em processo de análise de viabilidade. Entre os demais projetos, 23 estão em estágio conceitual e 4 em fase de demonstração, podendo ser reclassificados conforme avancem em seu desenvolvimento. Desses projetos, apenas um está localizado no estado de Minas Gerais: o *Nitrogen Fertilizer Plant Uberaba*, da empresa Atlas Agro. O projeto será instalado na Zona de Processamento de Exportação (ZPE) de Uberaba, sendo responsável pela produção de fertilizantes, com capacidade estimada de 500 kt/ano de amônia, e investimento total previsto de US\$ 1 bilhão.

A partir do mapeamento dos usos finais dos projetos, observa-se que apenas dois têm como destino a indústria do aço, ambos localizados no estado do Rio de Janeiro. A Figura 45 apresenta a distribuição geográfica de todos os projetos de hidrogênio de baixo carbono em desenvolvimento no Brasil.

Figura 45: Projetos para a produção de hidrogênio de baixo carbono no Brasil



Fonte: Elaboração própria com base e IEA (2025).

No Brasil, o hidrogênio de baixo carbono já possui regulações e políticas que visam impulsionar a sua produção e consequentemente ampliar o seu uso para a redução de emissão de carbono. Mecanismos como a Política Nacional de Hidrogênio (PNH2), criada em 2022, o Marco Legal do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, estabelecido na Lei nº 14.948 em 2024, e o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono, que foi instituído no mesmo ano por meio da Lei 14.990, demonstram a intencionalidade do país em criar instrumentos para fomentar a produção, comercialização e uso do hidrogênio de baixo carbono no país. Na esfera estadual, em julho de 2024 foi sancionada a Lei nº 24.940, que instituiu a Política Estadual do Hidrogênio de Baixo Carbono e do Hidrogênio Verde em Minas Gerais. A norma estabelece diretrizes para ampliar o uso de fontes renováveis na matriz energética do estado, estimulando a cadeia produtiva especialmente do hidrogênio de baixo carbono.



Diante disso, existe uma janela de oportunidade a ser explorada pelo estado de Minas Gerais na produção de hidrogênio de baixo carbono e em sua aplicação para a descarbonização de setores de difícil abatimento. Considerando o potencial da indústria de aço no estado, o hidrogênio de baixo carbono desponta como um mercado promissor, capaz de impulsionar projetos de larga escala e atrair investimentos estratégicos. No Brasil, ainda são poucos os projetos voltados ao uso de hidrogênio de baixo carbono na indústria de aço, o que posiciona Minas Gerais como um candidato a se consolidar como referência nacional ao unir competitividade de oferta e demanda, além de estimular o desenvolvimento de uma cadeia de valor local.

## Premissas adotadas

O projeto em análise consiste na instalação de um sistema de eletrólise com capacidade instalada de 100 MW, destinado à produção estimada de 14,7 kt/ano de hidrogênio de baixo carbono. A capacidade da planta foi estabelecida pensando na demanda potencial do mercado regional, na disponibilidade de equipamentos para produção em larga escala e nas projeções de mercado para produção de hidrogênio de baixo carbono no país.

O projeto foi idealizado com uma vida útil estimada de 25 anos, incluindo os primeiros quatro anos dedicados à fase de implementação, com horizonte de operação até 2050. Embora não esteja vinculado a uma localidade específica, a instalação é direcionada à mesorregião mineira do Sul de Minas, considerando seu potencial energético e concentração de indústrias siderúrgicas. De acordo com o IPEA, a produção brasileira de hidrogênio de baixo carbono deve alcançar o patamar entre 200 kt/ano e 800 kt/ano, no horizonte até 2030 (IPEA, 2025). Dado que a planta deve começar a operar apenas em 2029, o projeto seria responsável por 1,84% da demanda doméstica por hidrogênio.

No cenário de referência, o sistema de energia utilizado para a produção de hidrogênio de baixo carbono não está acoplado à planta, o que implica na necessidade de aquisição de energia renovável ou fornecimento por uma rede elétrica próxima. A concepção do projeto parte do princípio de que a planta será instalada dentro de uma unidade industrial de fabricação de aço, o que elimina a necessidade de investimentos logísticos relacionados ao transporte do hidrogênio produzido e de infraestruturas complexas para estocagem (MIRANDA, VITOR RODRIGUES; CUSTÓDIO, 2023).

A escolha do tipo de eletrolisador foi baseada na disponibilidade comercial e na maturidade tecnológica das opções existentes. Nessa circunstância, destacam-se os eletrolisadores alcalinos (ALK) e os de membrana de troca de prótons (PEM, na sigla em inglês). A tecnologia PEM foi considerada a mais adequada para a conversão de energia em hidrogênio devido à sua resposta rápida e dinâmica, facilitando a operação com fontes variáveis de energia renovável, maior compatibilidade com operações intermitentes e superior eficiência e segurança em condições de carga parcial (MIRANDA; CUSTÓDIO, 2023).



Quadro 12: Considerações gerais sobre o projeto

Projeto	Implantação de uma planta de hidrogênio de baixo carbono para abastecimento da indústria de aço
Aplicação	Uso do hidrogênio na redução direta do minério de ferro
Rota tecnológica (indústria de aço)	Redução Direta de Ferro (DRI, na sigla em inglês): ferro reduzido direto em um forno de eixo ou reator de leito fluidizado.
Localização	Sul de Minas Gerais
Capacidade instalada	100 MW
Capacidade de produção de H <sub>2</sub>	14,7 kt/ano
Sistema de energia	Compra de energia elétrica renovável
Tipo de eletrolisador	PEM (Proton Exchange Membrane)
Vida útil	25 anos
Duração da implementação	4 anos

Fonte: Elaboração própria.

O cálculo da receita estimada do projeto considera a relação entre preço e volume, sendo a quantidade demandada (volume) baseada na produção anual de aço no estado de Minas Gerais, conforme dados do IBGE, e em um consumo energético médio de 12,9 GJ por tonelada de aço bruto produzido em plantas convencionais (BF/BOF), conforme estimativas da EPE. A demanda potencial por H<sub>2</sub> atinge cerca de 12,5 kt/ano em 2050, levando em conta a capacidade de substituição do carvão/coque por hidrogênio de baixo carbono na indústria siderúrgica.

A estimativa de demanda assume uma abordagem conservadora, admitindo que apenas 10% da produção de aço bruto no estado será realizada por meio da rota tecnológica baseada em hidrogênio de baixo carbono. Esse limite de participação no mercado se deve, principalmente, à longa vida útil das plantas siderúrgicas que utilizam alto-forno, de acordo com estimativas menos otimistas (HYDROGEN COUNCIL, 2020).

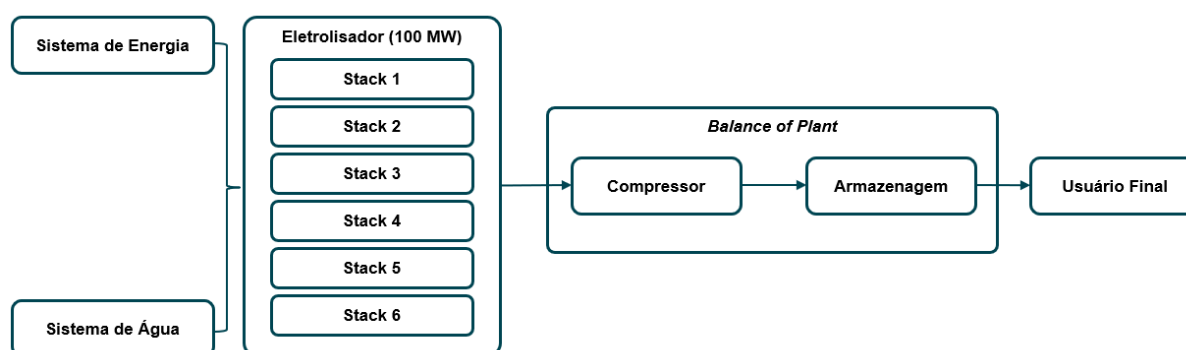
A capacidade operacional da planta, estimada em 14,7 kt/ano, supera a demanda projetada de 12,5 kt/ano, o que significa que o projeto opera em capacidade ociosa de 18% durante toda sua vida útil. Essa margem foi definida estrategicamente para reduzir riscos operacionais e garantir maior flexibilidade na produção.



O preço de venda do hidrogênio de baixo carbono varia consideravelmente, uma vez que ainda não possui mercado de comercialização padronizado. Atualmente, as negociações são feitas de forma bilateral com preços definidos caso a caso, o que dificulta a definição de um preço *spot*<sup>22</sup> confiável e transparente<sup>23</sup>. Assim, seguindo a abordagem conservadora para definição do preço de venda de H<sub>2</sub>, utilizou-se como referência o menor valor LCOH encontrado na literatura, de USD 2,83/kg de H<sub>2</sub>, valor equivalente a R\$ 15,26, considerando a taxa de câmbio média de 2024, igual a R\$ 5,39/USD. Esse valor se aproxima do definido em outros estudos (CURCIO, 2025; SANTOS JR., 2004), em que o intervalo de preço do hidrogênio de baixo carbono varia entre R\$ 18,87 e R\$ 32,35/kg (US\$ 3,50-US\$ 6,00/kg). Com base nesse parâmetro, a receita potencial do projeto foi estimada em aproximadamente R\$ 169,4 milhões por ano.

Além disso, a estrutura de custos do projeto foi dividida em duas categorias principais: (*Capital Expenditure* – CAPEX e *Operational Expenditure* - OPEX). No CAPEX, os principais componentes do processo de produção de hidrogênio de baixo carbono incluem os gastos com eletrolisador e seus equipamentos auxiliares (*balance of plant*)<sup>24</sup>, além dos custos relacionados à instalação da infraestrutura necessária, que incluem armazenagem, importação, construção civil, engenharia, comissionamento e provisões para contingências. Dentre esses itens, o custo com equipamentos corresponde a 54% do CAPEX, seguido pelos custos com importação e armazenagem, que representam cerca de 22% e 9%, respectivamente. Os equipamentos são o componente mais relevante do investimento inicial no projeto. Para facilitar a compreensão do funcionamento de usinas de eletrólise, os arranjos típicos de um sistema estão ilustrados na .

Figura 46: Composição de um sistema de eletrólise



Fonte: Elaboração própria.

<sup>22</sup> Preço *spot* se refere ao preço de um ativo-objeto para entrega e pagamento imediatos, ou em curto período após negociação (B3, 2013).

<sup>23</sup> Considerando essas limitações, pressupõe-se que o preço de venda do hidrogênio seja equivalente ao seu custo de produção.

<sup>24</sup> *Balance of plant* se refere aos componentes auxiliares necessários para o funcionamento de uma planta industrial. Esses componentes incluem as pilhas, equipamentos de resfriamento, processamento do hidrogênio, conversão da eletricidade de entrada, tratamento do fornecimento de água entre outros.



Para o dimensionamento dos custos com os equipamentos, adotou-se como referência o modelo Elyser P300, fabricado pela *Siemens*, selecionado pela sua disponibilidade no mercado e alta capacidade operacional (potência de 17,5 MW por unidade). Para os cálculos, adota-se uma eficiência geral do sistema de eletrólise de 75% e um fator de capacidade de aproximadamente 90%, o equivalente a 8.000 horas trabalhadas por ano, conforme manual técnico do fabricante.

Com base no projeto H<sub>2</sub> Future, iniciativa de pesquisa e desenvolvimento focada na produção de hidrogênio de baixo carbono para indústria siderúrgica, considerou-se um custo unitário de € 825 por kW (H<sub>2</sub> Future, 2021), o que resulta em um investimento de aproximadamente R\$ 84,2 milhões por módulo eletrolítico *stack*<sup>25</sup>, considerando uma taxa de câmbio de R\$ 5,83/EUR<sup>26</sup>. Para atingir a capacidade instalada projetada de 100 MW, são necessários 6 *stacks*, o que leva a um custo total estimado com equipamentos da ordem de R\$ 505,4 milhões. Esse valor é compatível com projetos similares em escala e complexidade, cujos investimentos com sistema de eletrólise variam entre R\$ 452,9 milhões a R\$ 849,2 milhões (Curcio, 2025).

Tabela 1: Especificações técnicas do eletrolisador

Modelo	Elyser P300
Tecnologia	PEM
Pressão de saída (mbar)	100
Eficiência (%)	>75,5
Startup time (min)	<1
Qualidade do hidrogênio (%)	até 99,999 com secador de oxidação (de-oxo dryer)
Potência (MW)	17,5
Capacidade de produção (kg/h)	335,0
Consumo de energia (kWh/kg H <sub>2</sub> )	52,2
Consumo de água (l/kg H <sub>2</sub> )	<10
Design da célula (stack)	Otimizado para 80 mil horas equivalentes de operação (EOH*). Operação além de 80 mil EOH é possível.

Fonte: Elaboração própria com base em Siemens Energy (2021).

Esse projeto está direcionado a uma aplicação específica do hidrogênio de baixo carbono dentro da indústria siderúrgica, o que restringe o fornecimento às proximidades da planta de

<sup>25</sup> O módulo PEM, tratado nesse exercício, compreende o eletrolisador de água propriamente dito, é idealizado tendo o *stack* PEM como elemento central. A produção de H<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> acontece por meio da passagem de corrente elétrica contínua (DC) através do *stack*. Para aumentar as taxas de hidrogênio, várias células individuais são conectadas eletricamente em série (anodo de uma célula conectado ao catodo de outra célula) e hidráulicamente em paralelo em um empilhamento *stack*. (SILVA, EDENIZIO OLIVEIRA DA, 2024)

<sup>26</sup> A taxa de câmbio utilizada representa o valor médio durante o período de 2024, disponibilizado pelo Banco Central.



produção. A etapa de armazenagem representa uma parcela relevante na estrutura de custos do projeto, embora não tenha sido considerada a complexidade das soluções logísticas tampouco os desafios associados ao armazenamento de grandes volumes. Diante desse contexto, adotou-se um valor genérico de armazenamento equivalente a dois dias de produção em capacidade máxima, com custo estimado de € 170 por kg de H<sub>2</sub> (MIRANDA, VITOR RODRIGUES; CUSTÓDIO, 2023). Adaptado às necessidades do projeto, esse valor corresponde a um investimento em armazenamento aproximado de R\$ 82 milhões.

A instalação dos equipamentos requer a construção de um galpão industrial com dimensões de 197 m x 99m, conforme especificações do próprio fabricante. Isso acarreta um custo de aquisição do terreno estimado em R\$ 24,2 milhões, com base nos Custos Unitários Básico de Construção (CUB/m<sup>2</sup>) fornecidos pela Sinduscon-MG em junho de 2025. Além dos gastos com terreno, somam-se cerca de R\$ 54,5 milhões em obras civis e elétricas e R\$ 32,7 milhões em serviços de engenharia. No total, o CAPEX necessário para implementação do projeto chega a atingir R\$ 942 milhões.

Os custos variáveis considerados na análise incluem os gastos com eletricidade, água e os demais custos operacionais do eletrolisador como manutenção, mão de obra e despesas administrativas. Os gastos com eletricidade e água refletem os preços médios em Minas Gerais, de 0,22 R\$/kWh e 18,36 R\$/m<sup>3</sup>, respectivamente, aplicados ao nível médio de consumo operacional da planta.

O projeto parte da premissa de que não haverá geração própria de energia, sendo esta adquirida por meio de contratos de compra e venda. Essa escolha visa diluir os custos fixos de implementação, considerando que, em alguns casos, o preço da energia contratada pode ser inferior ao custo nivelado de energia (LCOE, na sigla em inglês). Nesse modelo, as unidades de geração de energia renovável e os equipamentos de eletrólise para produção de hidrogênio não estão fisicamente localizados no mesmo local. O preço da energia elétrica foi baseado no valor negociado no Ambiente de Contratação Regulado (ACR), utilizando a série histórica de leilões da ANEEL em Minas Gerais<sup>27</sup>. O consumo de energia foi calculado com base na capacidade técnica do eletrolisador, de 52,2 kWh/kg de H<sub>2</sub>.

Os custos fixos de operação e manutenção (O&M), que incluem despesas com pessoal, manutenções periódicas, iluminação e serviços auxiliares, foram estimados com base em percentuais do investimento inicial. Segundo a literatura técnica, esses custos correspondem a aproximadamente 2% do CAPEX do sistema de eletrólise (KPMG, 2022). O projeto também está sujeito à incidência de impostos sobre faturamento, como ICMS (18,0%) e PIS/COFINS (3,65%), além da depreciação dos equipamentos, considerada em um horizonte de 20 anos. Adicionalmente, foi incluído o custo de substituição das membranas do eletrolisador, previsto a cada 10 anos, com valor estimado em 15% do custo dos equipamentos.

---

<sup>27</sup> O preço foi definido com base na série histórica disponibilizada pela CCEE entre o período de 2004 e 2024.



Tabela 2: Resumo dos parâmetros utilizados

Premissa	Unidade	Valor	Referência
Fator operacional	%	91%	Siemens (2025)
Total de horas trabalhadas em um ano	horas	8.000	Siemens (2025)
Preço da energia elétrica contratada	R\$/kWh	0,22	CCEE (2025)
Custo da água consumida pelo eletrolisador	R\$/m <sup>3</sup>	18,36	Arsae (2025)
Preço de venda do H <sub>2</sub>	R\$/kg de H <sub>2</sub>	15,26	CELA (2024)
CAPEX eletrolisador unitário	€/kW	825	H2 Future (2021)
CAPEX armazenamento H <sub>2</sub> unitário	€/kg de H <sub>2</sub>	170	Dinh (2021)
Custo do galpão industrial	CUB/m <sup>2</sup>	1.239	Sinduscon (2025)

Fonte: Elaboração própria.

Na estrutura de capital do projeto, durante o ano inicial considerou-se que 70% do investimento será financiado com capital de terceiros e 30% com capital próprio, em linha com o estabelecido na maior parte dos projetos de infraestrutura (World Bank, 2023b). Adota-se a premissa de que essa composição se alterará progressivamente à medida que a dívida for amortizada, de modo que, após a quitação total dos financiamentos, todas as operações passarão a ser integralmente sustentadas via capital próprio.

A alocação dos recursos está previamente distribuída ao longo dos quatro anos de implementação do projeto, tendo sua estrutura do financiamento definida a partir das condições fornecidas pelo BNDES. A taxa de juros utilizada corresponde à Taxa de Longo Prazo (TLP) “careca”, ou seja, sem acréscimos de remunerações adicionais além das previstas pelas linhas de crédito, considerando um *blend* entre recursos do Fundo Clima e do BNDES FINEM. Ressalta-se que a participação do Fundo Clima foi limitada a R\$ 80 milhões, conforme restrições informadas pelo BNDES. Esse arranjo visa a otimização do WACC<sup>28</sup>, aproveitando os referenciais de custos financeiros mais favoráveis do Fundo Clima e o acesso à escala de recursos viabilizada pelo FINEM.

## Avaliação econômico-financeira

A avaliação teve como objetivo mensurar a atratividade do investimento produtivo local para atender o mercado interno de hidrogênio de baixo carbono. No caso de referência, os demonstrativos e fluxos de caixa foram elaborados com base nas premissas descritas na seção anterior. A Tabela 3 apresenta um resumo dos resultados financeiros encontrados.

<sup>28</sup> *Weighted Average Cost of Capital (WACC)* pode ser entendido como o custo médio que uma empresa paga para financiar suas atividades.



Tabela 3: Resumo dos resultados financeiros

Item	Unidade	Valor estimado
Período de análise	Anos	25
Receita Bruta Média Anual	R\$ MM/ano	169,39
CAPEX total	R\$ MM	942,56
OPEX total	R\$ MM	254,03
EBITDA	R\$ MM	-51,54
Margem EBITDA	-	-39,41%
TIR	-	N/A
VPL Acionista	R\$ MM	- 376,01
Custo de capital próprio	-	24,69%

Fonte: Elaboração própria.

Diante dessas condições, e considerando os parâmetros de investimento e preço de negociação do hidrogênio, o projeto mostrou-se economicamente inviável, apresentando um prejuízo estimado de R\$376 milhões, refletido em um VPL negativo. Como o projeto não apresenta lucratividade operacional, alcançar competitividade exigiria uma redução de custos e/ou aumento de receitas.

A menor competitividade da produção de hidrogênio de baixo carbono, principalmente em relação aos seus substitutos de origem fóssil, decorre de um fator operacional: cerca de 65% dos custos estão relacionados ao consumo de energia elétrica. O EBITDA negativo significa que os recursos gerados na operação não são suficientes para pagar todos os custos operacionais do projeto e, portanto, não se sustenta nessas condições de investimento.

Considerando que o projeto não gera lucro operacional, a estrutura de financiamento torna-se irrelevante para a sua viabilidade econômica. Para viabilizar o financiamento, é imprescindível reduzir os custos de produção, de modo que os recursos gerados sejam suficientes para atender o serviço da dívida. Essa redução deve incidir principalmente sobre os gastos com matérias-primas, com destaque para o consumo de energia elétrica. Além da redução dos gastos com insumos, a viabilidade do projeto depende também de ganhos na receita líquida. Nesse sentido, a diminuição da carga tributária também poderia contribuir, considerando que os tributos consomem aproximadamente 22% da receita.

Em segundo plano, a necessidade de capital (CAPEX) pode ser gradualmente reduzida à medida que o projeto ganhe escala. As alternativas para diminuir essa necessidade estão mais relacionadas a estratégias de longo prazo do que à simples disponibilidade de financiamento. Nesse contexto, destaca-se a importância de fomentar a cadeia produtiva por meio de modelos de negócios estruturados que incentivem a barateamento do sistema de eletrólise.



Para viabilizar um projeto dessa magnitude e alcançar economias de escala, o aumento da oferta de crédito, de forma isolada, não seria suficiente. No curto e médio prazo, até 2030, é necessário reduzir o custo operacional por meio de estratégias integradas, gerando melhores condições de fornecimento de energia, incentivos fiscais e políticas públicas. Nesse sentido, possibilidades de atuação que incluem o engajamento do governo de Minas Gerais, da Invest Minas e de outros órgãos de fomento precisam ser consideradas na modelagem econômico-financeira. O envolvimento desses atores é essencial para articulação de parcerias público-privadas que almejem reduzir a matriz de custos e mitigar potenciais riscos para os investidores, destravando o potencial do uso do hidrogênio de baixo carbono em Minas Gerais.

## **Análise de sensibilidade e possíveis cenários**

Sob as condições estabelecidas, para que o projeto se torne viável, seriam necessárias alavancas capazes de contornar os desafios operacionais. Experiências internacionais, como a de implantação de uma planta de hidrogênio de baixo carbono com 100 MW de eletrólise na Holanda, apontam que o fluxo de caixa se torna progressivamente positivo somente quando se combinam três fatores:

- preços reduzidos de energia;
- políticas públicas de incentivo;
- precificação das emissões de carbono (IPEA, 2025).

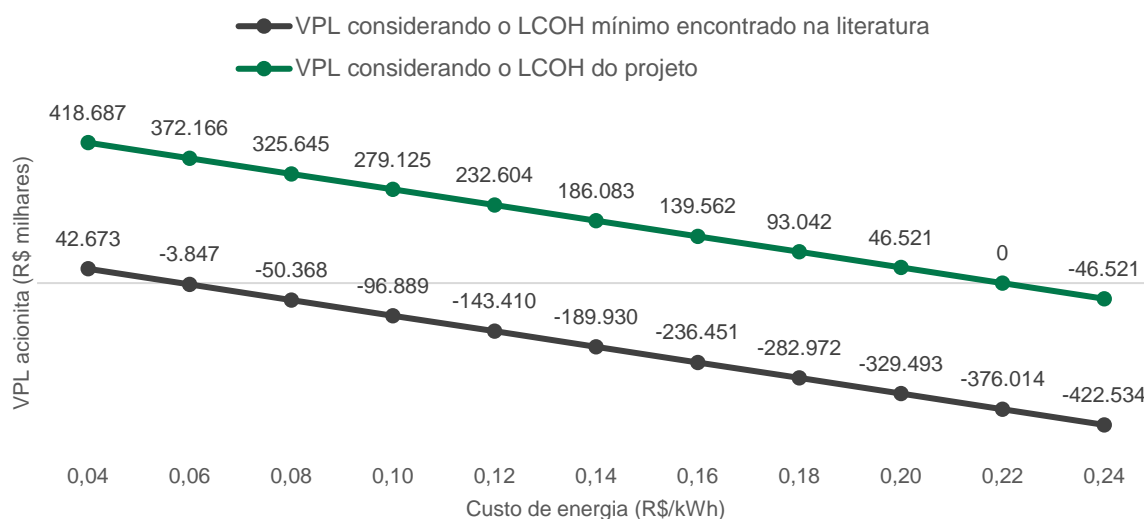
Nesse sentido, o avanço da participação do hidrogênio no mercado dependerá de ações governamentais, como o desenvolvimento de estratégias nacionais, a coordenação entre agentes do mercado para capturar oportunidades, a implementação de uma regulação que elimine barreiras e avance na padronização e certificação de projetos, além de investimentos em infraestrutura e mecanismos de incentivos (EPE, 2021).

No intuito de avaliar o comportamento do VPL do acionista diante da variação combinada de custos de energia e preço de venda do H<sub>2</sub>, realizou-se a análise de sensibilidade dessas variáveis (Figura 47). Esse procedimento permite visualizar o impacto desses parâmetros na viabilidade do projeto.

O preço de venda do H<sub>2</sub> impacta significativamente o VPL, uma vez que constitui a única fonte de receita do projeto. A análise de sensibilidade, considerando variações de um real por kg de H<sub>2</sub> vendido, indica que, mantendo-se os demais parâmetros constantes, o VPL do acionista se torna zero quando o preço do H<sub>2</sub> atinge R\$ 30,21 por kg, um aumento de 98% em relação ao preço inicial, sendo este o LCOH do projeto. Esse valor está dentro da faixa de valores de hidrogênio de baixo carbono encontrados na literatura, na qual o menor LCOH observado parte de US\$ 2,83, cerca de R\$ 15,26, e o maior alcança US\$ 6,16, ou seja, R\$ 33,21. A Figura 47 a seguir mostra a variação do VPL do acionista frente a variação do custo de energia para dois preços de venda de H<sub>2</sub>, o LCOH mínimo encontrado na literatura e o LCOH do projeto estudado.



Figura 47: Análise de sensibilidade do VPL do acionista frente a variação do custo de energia e preços de venda do H<sub>2</sub>



Fonte: Elaboração própria.

Embora o LCOH do projeto esteja dentro da faixa de valores encontrados na literatura, ele permanece muito acima do custo de seus combustíveis substitutos, como o carvão e o gás natural, comercializados a valores muito baixos. Para fins comparativos, um quilo de H<sub>2</sub> gera a mesma energia que 4,49 kg de carvão, vendido a R\$ 0,56/kg. Dessa forma, o quilo do hidrogênio de baixo carbono deveria custar cerca de R\$ 2,51 para competir economicamente com o carvão, valor inviável para o projeto. Mesmo considerando um cenário com precificação de carbono, supondo um preço de R\$ 50 por tCO<sub>2</sub>e, o hidrogênio possuiria um “prêmio” de apenas R\$ 0,59/kg, o que elevaria o custo do quilo de hidrogênio competitivo a R\$ 3,10, valor quase 10 vezes menor que o LCOH do projeto.

Figura 48: Níveis do custo nivelado do hidrogênio (LCOH)



Fonte: Elaboração própria.

Também se observa o impacto significativo do custo de energia do projeto. Como os gastos com energia representam cerca de 65% dos custos operacionais, qualquer redução nesse valor contribui diretamente para o aumento da rentabilidade do projeto. Mantidos os demais parâmetros, o preço máximo da energia para que o VPL do acionista se torne zero seria de R\$ 53,88 por MWh, valor muito abaixo do preço mínimo histórico dos Leilões de Energia em



Minas Gerais. Essa análise de sensibilidade reforça a importância de estratégias de negociação de contratos mais vantajosos com os fornecedores de energia.

Com base no modelo proposto, as variáveis mais determinantes para a viabilidade do projeto, em ordem de relevância, são:

- custo de energia;
- preço do hidrogênio;
- tributação;
- aporte governamental.

A partir dessas variáveis, foram definidos quatro cenários em uma faixa ampla de condições de mercado:

- Cenário 1: isenção tributária sobre faturamento combinada à redução do preço da energia contratada;
- Cenário 2: redução do custo de energia juntamente ao aumento do preço de venda do hidrogênio;
- Cenário 3: isenção tributária sobre faturamento somada a aporte governamental;
- Cenário 4: isenção tributária combinada à redução do preço de energia e aumento do preço de venda hidrogênio.

O Quadro 13 apresenta as variáveis consideradas na construção dos cenários para determinar a viabilidade econômica do projeto, identificando o ponto de equilíbrio no qual o VPL se torna positivo.

Quadro 13: Cenários alternativos de implantação do projeto

Cenários	Isenção tributária	Redução preço de energia	Aumento no preço de venda do H <sub>2</sub>	Aporte governamental
Cenário 1	✓	✓	✗	✗
Cenário 2	✗	✓	✓	✗
Cenário 3	✓	✗	✗	✓
Cenário 4	✓	✓	✓	✗

Fonte: Elaboração própria.

Em todos os cenários, as variáveis foram ajustadas “estressadas” até que o VPL atingisse zero, condição mínima para viabilidade. A isenção tributária, quando considerada, elimina integralmente o pagamento de ICMS e PIS/Cofins. A redução do preço de energia reduz diretamente o OPEX, enquanto o aumento no preço de venda do H<sub>2</sub> eleva a receita bruta operacional. O aporte governamental, por sua vez, é tratado como variável residual para o



fechamento da equação de viabilidade. Os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados dos cenários

Cenários	Tributos (%)	Preço de energia (R\$/MWh)	Preço de venda H <sub>2</sub> (R\$/kg)	Aporte governamental (R\$ MM)
Cenário de Referência	21,65	215,54	15,26	0,00
Cenário 1	0,00	99,47	15,26	0,00
Cenário 2	21,65	103,23	19,82	0,00
Cenário 3	0,00	215,54	15,26	266,99
Cenário 4	0,00	103,23	15,53	0,00

Fonte: Elaboração própria.

O desenho do projeto-piloto considera a ausência de geração própria de energia. Nessa configuração, a compra de energia renovável ocorre por meio do ACR ou do Ambiente de Contratação Livre (ACL), com preço considerado constante no modelo. No entanto, na prática, o projeto pode estar exposto a tarifas de uso da rede elétrica e à volatilidade dos preços, especialmente em cenários de escassez hídrica, flutuações na carga e variabilidade da oferta de fontes intermitentes. Essa exposição a flutuações de preços compromete a previsibilidade de custos, adiciona risco ao projeto e reduz sua atratividade.

Embora o preço de energia seja tratado como constante ao longo do tempo, ele representa uma variável crítica para a minimização de riscos. Nos cenários 1, 2 e 4, em que há redução no preço de energia, o preço deve cair pelo menos 52% para que o projeto se torne viável, atingindo uma faixa entre R\$ 99,47 e R\$ 103,23/ MWh. O valor de R\$ 103,23/MWh é compatível com os preços mínimos observados em contratos de energia fotovoltaica firmados via leilões no ACR no estado. Além disso, estudos indicam que, para que o hidrogênio de baixo carbono alcance a paridade de custo com o hidrogênio de origem fóssil, o preço de energia deve variar no intervalo entre R\$ 107,84 e R\$ 161,76/MWh, o que reforça o papel fundamental de estratégias que viabilizem o acesso à energia renovável a preços mais baixos (CURCIO, 2025).

Uma das alternativas avaliadas para alcançar esse patamar de preço é a contratação direta de energia renovável por meio de contratos bilaterais com geradores, conhecidos como Contratos de Compra de Energia (PPA, na sigla em inglês). Esse mecanismo permite maior estabilidade tarifária ao longo do tempo, sendo fundamental para garantir a redução dos custos operacionais. Entre os modelos analisados, destaca-se o PPA virtual, que permite a aquisição de energia renovável virtualmente, com base no consumo do projeto, compensando monetariamente a diferença entre o preço do mercado de curto prazo e o valor fixado em



contrato. Além disso, o uso de PPAs com preço fixo delimita até que ponto o preço se moverá ao longo da vigência do contrato.

Para viabilizar esse tipo de arranjo, o estado pode atuar como facilitador, de maneira direta ou indireta. De forma direta, pode celebrar PPAs com geradores e repassar a energia a preços competitivos, atuando como comprador âncora e garantindo escala para negociação. Indiretamente, pode atuar como garantidor, por exemplo, por meio da criação de um fundo garantidor que proteja a operação no longo prazo. De maneira mais ampla, o estado pode fomentar um ambiente de negócios favorável, estruturando leilões públicos, padronizando modelos contratuais, reduzindo barreiras regulatórias e de licenciamento, e facilitando o acesso à rede elétrica.

A isenção tributária é uma alternativa relevante para aumentar a competitividade do projeto, mas, isoladamente, não seria suficiente para garantir sua viabilidade. Nos Cenários 1, 3 e 4, o corte tributário representa uma economia estimada de R\$106 milhões a valor presente. Esses cenários com isenção tornam-se mais próximos da realidade, uma vez que se baseiam em políticas públicas já existentes, como a Política Nacional do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (Lei nº 14.948/2023).

Essa medida pode configurar-se como um incentivo estatal direto, no âmbito de políticas públicas voltadas à transição energética, ou ser resultado do próprio arranjo jurídico-operacional do projeto. Nesse sentido, considerando as características da operação, a empresa produtora de hidrogênio também tende a ser a consumidora final. Assim, não haveria a caracterização de circulação de mercadoria, o que afastaria a possibilidade de incidência de impostos estaduais e federais, como o ICMS e PIS/Cofins.

Entre as variáveis condicionantes, o aumento do preço de venda do hidrogênio é a mais complexa de controlar. Diferentemente das demais, sobre as quais se pode intervir diretamente, a evolução do preço de H<sub>2</sub> depende essencialmente de fatores externos, ligados principalmente a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis.

Esse movimento está relacionado à precificação das emissões de carbono e esgotamento das reservas de combustíveis fósseis, que tendem a encarecer derivados de petróleo e tornar o hidrogênio de baixo carbono mais competitivo. A valorização desse combustível deve ocorrer, portanto, por dois fatores principais: o aumento do custo dos combustíveis fósseis e a aplicação de um “prêmio” via precificação de carbono, que eleva seu valor relativo frente a outras fontes.

No Cenário 2, sem incentivos fiscais, a viabilidade do projeto exige que o preço de venda do H<sub>2</sub> cresça 30%, enquanto o custo de energia é reduzido ao seu limite de 52%. Já no Cenário 4, com isenção tributária, a necessidade de reajuste do preço de H<sub>2</sub> é significativamente menor: com a mesma redução de energia (52%), o aumento do preço de H<sub>2</sub> é de apenas 2%. Essa condição torna o Cenário 4 um dos mais próximos da realidade de mercado.



O suporte financeiro via aportes governamentais para projetos-piloto como este, voltados à redução de CAPEX e/ou OPEX, também é uma alternativa possível para viabilização. O valor necessário da subvenção varia e, em cenários como o Cenário 3, pode chegar a R\$267 milhões. Apesar de ser uma opção relevante, a obtenção de subvenções depende da situação fiscal do estado e da disponibilidade de recursos de instituições multilaterais, o que gera incerteza quanto à sua efetivação.

No entanto, já existem modelos de instrumentos de fomento à inovação com recursos não reembolsáveis (*grants*), como a chamada nº 023/2024 – Projeto Estratégico: “Hidrogênio no Contexto do Setor Elétrico”, publicada pela ANEEL. Outra iniciativa relevante é o Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC), criado pela Lei nº 14.990/2024, que prevê R\$ 18 bilhões em incentivos fiscais para apoiar a comercialização do hidrogênio de baixo carbono entre 2028 e 2032.

A legislação recomenda a adoção de mecanismos competitivos na alocação desses incentivos. Caso os incentivos possam ser utilizados pelo comprador e pelo produtor, viabiliza-se o estabelecimento de contratos de compra e venda de hidrogênio entre as partes. Se o produtor se apropriar do incentivo, há potencial para redução do LCOH; se for o consumidor, aumenta-se sua propensão a pagar pelo hidrogênio de baixo carbono.

Entre as opções avaliadas, o Cenário 4 se destaca como o mais factível. Essa opção não depende de aumentos significativos no preço de venda do H<sub>2</sub>, considera um custo de energia compatível com a realidade estadual e não exige aportes governamentais diretos, o que o torna mais aderente às condições reais de mercado.

Em síntese, os cenários analisados contribuem para redução de riscos (de-risk), mitigando incertezas e criando condições para que, após a comprovação da viabilidade do modelo de negócios, *offtakers*<sup>29</sup> firmem contratos de longo prazo, com preços acima do LCOH, viabilizando projetos em maior escala. Contudo, questões associadas à definição dos critérios para certificação do hidrogênio, infraestrutura logística e financiamento precisam ser equacionadas, para que o processo de redução dos riscos venha a ser efetivo.

## Modelos de negócio e financiamento

Conforme discutido anteriormente, as projeções indicam que o fluxo de caixa operacional não é suficiente para cobrir o serviço da dívida em nenhum período de execução do projeto. Diante disso, os modelos de negócio e financiamento devem ser analisados em um cenário ideal de investimento, no qual o VPL seja igual a zero, considerando os arranjos contratuais possíveis e, eventualmente, a concessão de incentivos fiscais.

---

<sup>29</sup> O *offtaker* é a parte compradora em um contrato de fornecimento de longo prazo de energia renovável, geralmente por meio de um PPA.



Partindo dessa perspectiva, considerando o elevado CAPEX, especialmente relacionado aos custos com eletrolisadores, e a necessidade de financiamento a longo prazo, pode ser necessário uma estrutura de financiamento misto, que combine fundos públicos e privados, aliada a instrumentos financeiros específicos capazes de atrair investidores e garantir a sustentabilidade econômica do projeto.

O Brasil tem avançado de forma significativa no campo regulatório e na consolidação de políticas e instrumentos de financiamento voltados à produção de hidrogênio de baixo carbono. O apresenta o panorama dos planos e programas que podem contribuir para dar vazão ao financiamento de projetos para a produção de hidrogênio de baixo carbono. Parte desses mecanismos foram habilitados por meio da aprovação do Marco Legal do Hidrogênio de Baixo Carbono, aprovada em 2024.

Quadro 14: Planos e programas relacionados a produção de hidrogênio de baixo carbono

Plano/Programa	Objetivo	Instrumentos/Mecanismos
Rehidro	Regime especial de incentivos para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono por meio de suspensão de tributos na implantação dos projetos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suspensão de tributos (COFINS, PIS/PASEP e variantes de importação) para aquisição de bens e serviços;</li> <li>Permite benefícios fiscais de ZPEs e do REIDI;</li> <li>Elegibilidade para emissão de debêntures de infraestrutura com alíquota reduzida de IR.</li> </ul>
Programa de Desenvolvimento do Hidrogênio de Baixa Emissão de Carbono (PHBC)	Desenvolver o hidrogênio de baixa emissão de carbono e o hidrogênio renovável. A iniciativa busca incentivar o uso de hidrogênio de baixa emissão de carbono nos setores industriais de difícil abatimento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de créditos fiscais de R\$ 18,3 bilhões (2028-2032);</li> <li>fiscais de R\$ 18,3 bilhões (2028-2032);</li> <li>Critérios baseados na intensidade de descarbonização.</li> </ul>
Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI)	Reduzir o custo de implantação de projetos de infraestrutura.	Suspensão do PIS/CONFINS sobre aquisições/serviços por 5 anos, mediante habilitação do projeto.
BNDES – FINEM Meio Ambiente – Redução do uso de recursos naturais e materiais	Financiamento a empreendimentos que promovam a ecoeficiência, utilizem insumos provenientes de fontes recicladas ou renováveis, ou voltados à produção de diversas tecnologias, como o hidrogênio de baixo carbono.	Créditos de investimento com prazo longo e lista ampla de itens financiáveis para CAPEX e integração de hidrogênio de baixo carbono.
Fundo Clima via BNDES	Apoiar a aquisição de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento tecnológico relacionados à redução de emissões de GEEs.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa de juros atrativa;</li> <li>R\$ 50 milhões por cliente a cada 12 meses;</li> </ul>



		<ul style="list-style-type: none"> <li>Prazos de financiamento de até 16 anos, incluindo até 5 anos de carência.</li> </ul>
FINEP – Apoio Direto à Inovação	Financiar atividades inovadoras das empresas brasileiras, com foco em aumentar a competitividade nacional e internacional.	Financiamento reembolsável direto do FNDCT e condições (taxa, prazos, percentuais, itens como pré-investimentos) conforme condições operacionais da FINEP.
FINEP – Inovacred	Apoiar empresas brasileiras no desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços visando ampliar a competitividade no âmbito regional ou nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Financiamento reembolsável com recursos do FNDCT com valores de até R\$ 15 milhões com prazo total de 96 meses e até 24 meses de carência;</li> <li>A rubrica de equipamentos (nacionais + importados) poderá representar até 70% e a rubrica de obras civis/instalações até 30% do valor total financiado.</li> </ul>
BDMG Verde	Linha de crédito para o estado de Minas Gerais que visa o financiamento de projetos que promovam a transição para uma economia verde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxas de juros a partir de 1,9% ao ano + Selic;</li> <li>Prazo de até 144 meses;</li> <li>Carência de até 24 meses.</li> </ul>
Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica (BIP)	Iniciativa liderada pelo Ministério da Fazenda em conjunto com outros ministérios e atuação do BNDES como plataforma, direcionada em mobilizar investimentos público e privado em projetos sustentáveis, incluindo o hidrogênio de baixo carbono.	<p>Conecta projetos aos seguintes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Debêntures Incentivadas.</li> <li>Eco Invest Brasil (linhas para hedge cambial, liquidez e <i>blended finance</i>);</li> <li>Fundo Clima (crédito reembolsável via BNDES);</li> <li>Acesso à Letra de Crédito do Desenvolvimento;</li> <li>Taxas de juros competitivas;</li> <li>Títulos soberanos sustentáveis.</li> </ul>
Industry Decarbonization Program (IDP) – Climate Investment Funds	Acelerar a descarbonização de indústrias <i>hard-to-abate</i> em países em desenvolvimento por meio de financiamento concessiona de práticas mais sustentáveis, acelerando os investimentos em modelos de negócios e tecnologias com zero emissão de carbono.	Empréstimos concessionais, garantias subvenções ( <i>grants</i> ) e assistência canalizados via Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (BMDs) em estruturas de <i>blended finance</i> .

Fonte: Elaboração própria com base em relatórios oficiais e informações dos planos.

O quadro acima não pretende ser exaustivo, ou seja, não lista todas as opções de financiamento disponíveis, mas destaca aquelas mais relevantes, indicando possíveis caminhos para viabilizar a execução do projeto. Alguns desses programas já apresentam casos concretos de aportes em hidrogênio de baixo carbono que podem servir de referência.



Por meio do BIP, por exemplo, destacam-se projetos voltados especificamente à indústria siderúrgica, como o da Vale, que obteve US\$ 2,5 bilhões para instalação de polos industriais de produção de hidrogênio de baixo carbono e ferro briquetado a quente (HBI, na sigla em inglês), e o da Stegra, que recebeu US\$ 2,9 bilhões para construir uma planta altamente digitalizada dedicada à produção de hidrogênio renovável e HBI.

O desenvolvimento de modelos de financiamento para a produção de hidrogênio é essencial para viabilizar os investimentos necessários. No entanto, reconhece-se que há outros componentes prioritários para implementação desses projetos no curto prazo, como, por exemplo, a necessidade de lidar com os elevados custos das matérias-primas. Uma vez superados esses desafios operacionais e assegurada a geração de caixa do projeto, os mecanismos de financiamento disponíveis podem contribuir significativamente para que iniciativas dessa natureza ganhem escala.

Outro aspecto relevante, relacionado à cadeia produtiva, é a importância de se pensar em modelos de negócio e financiamento voltados à P&D, que incentivem não somente a implementação de unidades de produção de hidrogênio de baixo carbono, mas também apoiem a fabricação nacional de eletrolisadores. No longo prazo, essa estratégia pode reduzir os custos com máquinas e equipamentos, além de fomentar ganhos de escala e fortalecer a indústria local.

## Barreiras de entrada e oportunidades

Para potenciais investidores e demais atores envolvidos na construção de uma planta de hidrogênio de baixo carbono, compreender de forma abrangente as barreiras e riscos associados é um fator central – especialmente por se tratar de uma tecnologia relativamente recente, que ainda vem sendo testada em escalas menores, a fim de testar a eficiência de diferentes soluções tecnológicas. Nesse contexto, o Quadro 15 apresenta as principais barreiras para a implementação de projetos de hidrogênio de baixo carbono. Ressalta-se que essas barreiras não ocorrem de forma separada, e sim de forma combinada, impulsionando a incerteza do projeto.

Quadro 15: Barreiras para o desenvolvimento de projeto de hidrogênio

Risco/Barreira	Impacto
Regulatória-política	Desenvolvedores e investidores de projetos precisam de marcos regulatórios claros e estáveis para garantir investimentos de longo prazo. Regulações mal desenhadas e/ou fragmentadas podem levar empresas a suspenderem ou adiarem projetos.
Mercado	O desenvolvimento lento do mercado de hidrogênio de baixo carbono e a demanda insuficiente e incerta impedem que os desenvolvedores de projetos garantam compradores ( <i>offtakers</i> ) que sustentem os investimentos.
Econômico-financeira	A produção e o uso do hidrogênio de baixa emissão de carbono continuam tendo um custo mais elevado do que os equivalentes fósseis, dificultando



	à sua escalabilidade. O hidrogênio de baixo carbono ainda tem dificuldades de se tornar comercialmente viável.
Licenciamento e permissões	Dificuldades para obter as aprovações necessárias junto às autoridades, incluindo acesso a fontes de água e conexões com a rede elétrica.
Tecnológico-Operacional	Apesar de comercialmente maduras, algumas tecnologias para a produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono ainda enfrentam problemas na fase de escalonamento. Desafios técnicos e operacionais exigem novas configurações de projeto.

Fonte: Elaboração própria com base em IEA (2024)

Por meio da consulta aos atores do setor em Minas Gerais, realizada utilizando questionários, foram identificadas como principais barreiras à implementação do projeto as limitações tecnológicas, de demanda, econômico-financeiras, regulatórias e políticas. Entre as 10 empresas de energia respondentes, 4 demonstraram interesse na implantação de uma planta de hidrogênio de baixo carbono nos próximos cinco anos.

Em relação aos fatores de produção, as empresas apontaram a baixa disponibilidade de mão de obra qualificada no estado, evidenciando a necessidade de investimentos adicionais em capacitação profissional e assistência técnica. O nível de maturidade das tecnologias atualmente utilizadas foi classificado como emergente, e os custos com matérias-primas foram considerados elevados, corroborando os achados neste estudo de caso.

No que diz respeito à infraestrutura, as empresas indicaram uma disponibilidade moderada, percepção semelhante à expressa quanto ao acesso a financiamentos. Nesse aspecto, é possível que haja barreiras informacionais por parte das companhias, o que sinaliza a importância de maior engajamento dos agentes financeiros.

Sobre o ambiente regulatório estadual, a maioria das empresas avaliou que ele “não ajuda, nem atrapalha”. Uma delas destacou a sanção da Lei Estadual nº 23.762/21, ressaltando sua relevância por prever a isenção de ICMS para consumidores finais que utilizam energia renovável de fontes não exclusivamente solares. No entanto, a efetivação da lei depende da aprovação do CONFAZ ou da criação de um convênio específico por esse órgão, para que possa entrar em vigor.

Quanto às condições de demanda, as empresas consideraram atrativa a produção de hidrogênio de baixo carbono no estado, especialmente em termos de tamanho e potencial de crescimento. Contudo, apontaram uma forte dependência dos demais elos da cadeia produtiva para garantir a competitividade da tecnologia, além de uma baixa qualidade da rede de fornecedores locais, o que reforça a dependência tecnológica do mercado externo (importação de equipamentos). Por outro lado, houve divergência quanto à percepção sobre o crescimento da demanda: algumas empresas o consideraram expressivo, enquanto outras o avaliaram como pouco significativo. O grau de competição no mercado regional foi classificado como neutro em relação aos demais mercados.



## Destaques

Atualmente, a ausência de escala e a incerteza de demanda, causada pelos altos custos do hidrogênio de baixo carbono, comprometem a viabilidade de projetos, gerando uma dinâmica circular que impede o avanço da indústria. Para romper esse ciclo, é necessário combinar fatores econômicos e políticos que estimulem a produção e o consumo de hidrogênio de baixo carbono e permitam parcerias público-privadas bem articuladas.

O desenvolvimento do mercado interno para abastecer indústrias *hard-to-abate*, como a siderúrgica, só se tornará possível com o suporte governamental, por meio de políticas públicas, regulamentação e incentivos estruturados. Embora o acesso a financiamento seja essencial para dar escala aos projetos, ele só se justifica se o projeto for economicamente viável.

Assumindo que as alternativas propostas neste estudo sejam implementadas, espera-se que, no longo prazo, o aumento do número de projetos leve à redução dos custos dos equipamentos e ao ganho de eficiência dos processos, tornando as premissas atuais obsoletas e viabilizando a expansão da rota tecnológica do hidrogênio.

O estado de Minas Gerais desponta como um polo estratégico para a produção de hidrogênio de baixo carbono no Brasil, com destaque para sua integração na indústria de aço. Além de ser o maior produtor nacional do setor, o estado possui elevada disponibilidade de energia solar, o que reforça seu potencial para reduzir custos e ampliar a competitividade da produção local. Soma-se a isso a concentração do polo siderúrgico nas regiões central e sul de Minas Gerais, o que favorece o armazenamento e o transporte, facilitando a cadeia de distribuição e de produção.

Nesse contexto, mais do que atuar como agente financiador, a Invest Minas pode desempenhar um papel estratégico na redução dos custos do hidrogênio de baixo carbono, posicionando o governo estadual como indutor de políticas públicas voltadas à descarbonização e ao desenvolvimento sustentável. Sua atuação como articulador entre os setores público e privado é fundamental para garantir a competitividade da indústria e do setor energético, além de contribuir diretamente para o cumprimento das metas setoriais do PLAC-MG.

## Estudo de Caso 2 - Recuperação de pastagens degradadas

### Contextualização

O presente caso analisa previamente a viabilidade econômico-financeira da recuperação de áreas de pastagem moderadamente degradadas, voltadas para propriedades rurais que operam em sistema de engorda de bovinos de corte. A recuperação de pastagens degradadas



é uma estratégia fundamental para a pecuária de baixo carbono, visto que a recuperação, atrelada ao posterior manejo adequado de pastagens, contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de forma direta e indireta. A prática aumenta a produtividade da terra, a capacidade de sequestrar carbono e a diminuição da dependência de novas terras para a bovinocultura. A recuperação envolve diversas técnicas, como o plantio de espécies forrageiras mais resistentes, a correção e adubação do solo, além do controle do pisoteio excessivo pelos animais.

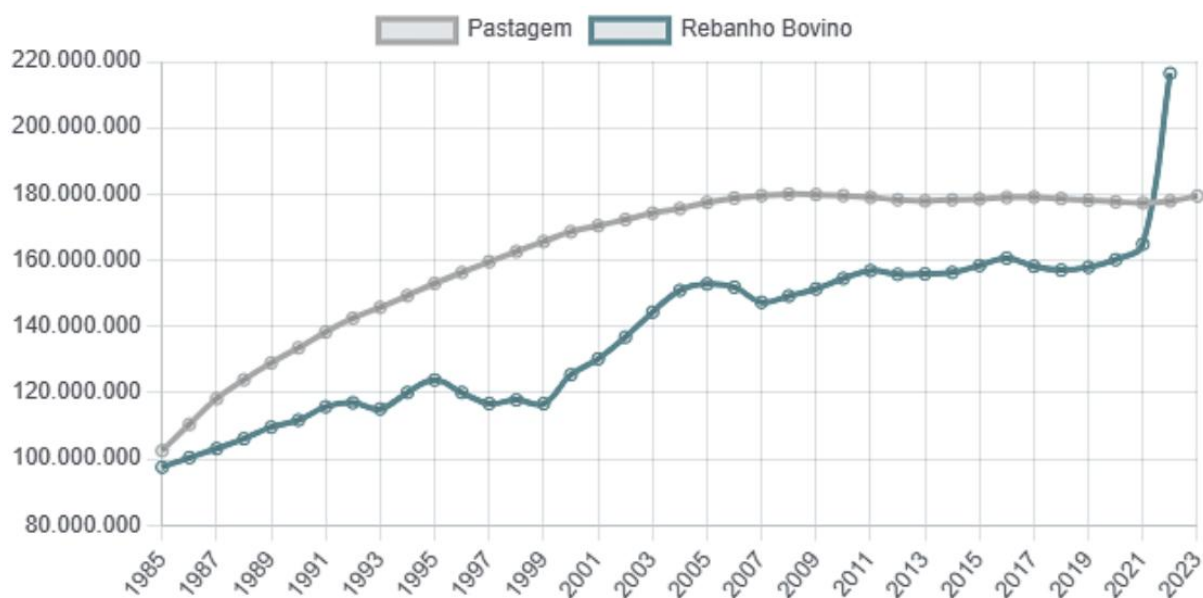
A avaliação de viabilidade de um projeto de recuperação de pastagem envolve uma série de desafios e incertezas que influenciam a decisão de investimento. Entre os principais riscos, destacam-se a pluralidade de características das áreas, como diferentes biomas e variabilidade edafoclimática, diferentes níveis de degradação, heterogeneidade atrelada à capacidade produtiva e aos padrões de distribuição no pasto, além de requisitos técnicos, elevado custo de implantação da prática e diferenças culturais. Para realizar uma análise detalhada, buscou-se compreender as possibilidades de demanda de área de pasto em Minas Gerais, a fim de avaliar as perspectivas de mercado e atratividade da recuperação de pastagens no estado (CARLOS *et al.*, 2022).

O agronegócio configura-se como um dos pilares da economia brasileira, representando 23,5% (R\$ 2,95 trilhões) do PIB nacional de 2024. O segmento pecuário, em especial, foi responsável por R\$ 882 bilhões do PIB no mesmo período, impulsionado majoritariamente pela bovinocultura (CNA; CEPEA, 2025). No âmbito estadual, o agronegócio mineiro apresentou desempenho recorde em 2024, alcançando R\$ 235 bilhões de PIB, o que equivale a 22,2% da economia estadual, reforçando sua importância estratégica para Minas Gerais (AGÊNCIA MINAS, 2025). O estado destaca-se por possuir o segundo maior rebanho bovino do país, com 19,42 milhões de cabeças no ano de 2024, sendo 10,44 milhões de cabeças destinadas a bovinocultura de corte. O protagonismo de Minas Gerais é observado também no número de propriedades com bovinos, já que o estado abriga o maior contingente de produtores do país (ABIEC, 2025). Nesse sentido, o estado tem papel fundamental no fortalecimento do protagonismo nacional no mercado mundial (BISCOLA; MALAFAIA, 2025).

De acordo com EMBRAPA (2015), cerca de 95% da carne bovina produzida no país é obtida em regime de pastagens, o que contribui para o aumento da competitividade do setor, por meio da otimização dos custos de produção, ao mesmo tempo em que agrega valor qualitativo ao produto final, e fortalece a posição da carne brasileira no mercado mundial. Por outro lado, estudos apontam que o aumento da produtividade observado nos últimos anos está fortemente associado à expansão das áreas de pastagem sobre ecossistemas de vegetação nativa. Nesse sentido, a série temporal de área de pastagem (em hectares) e o rebanho bovino (em Unidades de Animais -UA) no Brasil pode ser observada na Figura 49.



Figura 49: Série temporal de área de pastagem, em hectares, e rebanho bovino, em UA (1985-2021).



Fonte: Lapig (2023).

As áreas destinadas à pastagem no Brasil correspondem a quase 20% do território nacional. Nesse contexto, Minas Gerais se sobressai como o estado com a terceira maior área destinada à pastagem em 2024, possuindo mais de 19 milhões de hectares voltados para a atividade (MAPBIOMAS, 2024).

Diante disso, nota-se tanto a produção nacional quanto a estadual ainda são majoritariamente conduzidas sob sistemas extensivos. Com o uso contínuo das pastagens, ocorre um processo gradual de diminuição do seu vigor, da produtividade e da capacidade de regeneração natural, o que compromete a manutenção dos níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais. A Figura 50 apresenta, de modo esquemático, o processo de degradação da pastagem em função do período de exploração.



Figura 50: Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens



Fonte: Embrapa (2012).

A degradação das pastagens resulta de diversos fatores, como práticas de manejo inadequadas, condições climáticas adversas, perda da fertilidade do solo, além da incidência de pragas e doenças. Em relação ao manejo inadequado das pastagens, tem-se o superpastejo, que ocorre quando a taxa de lotação animal excede a capacidade de oferta de forragem, e o subpastejo, no qual o excesso de forragem não consumida leva à perda de valor nutricional das plantas. Embora o subpastejo ocorra com menor frequência, o superpastejo é frequentemente observado, muitas vezes em razão do desconhecimento sobre o manejo das pastagens, resultando em danos às plantas por consumo excessivo e pisoteio. Essa condição compromete a regeneração da vegetação, favorece o surgimento de plantas invasoras e expõe o solo a intempéries, acelerando seu processo de degradação (BORGUI *et al.*, 2018).

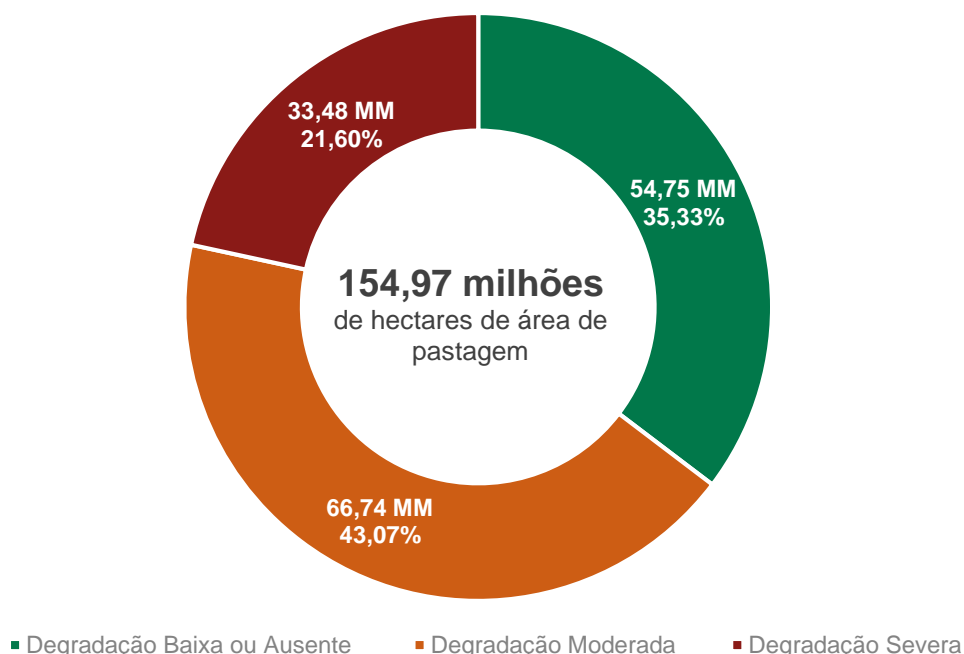
Adicionalmente, a exigência nutricional das plantas forrageiras varia conforme o tipo de solo, a intensidade de uso da área, as espécies implantadas, o regime hídrico, além do manejo aplicado. O crescimento vegetativo das plantas forrageiras é diretamente influenciado pelo regime hídrico, apresentando maior desenvolvimento durante a estação chuvosa e crescimento limitado na estação seca. Dessa forma, a interação entre esses diferentes fatores resulta em níveis de degradação: baixa, moderada e severa (BORGUI *et al.*, 2018).

Nesse sentido, o sistema extensivo tende a comprometer a eficiência produtiva e econômica, resultando em níveis reduzidos de produtividade e rentabilidade. A continuidade da atividade com base nesse modelo, especialmente no longo prazo, está associada a impactos ambientais adversos, destacando-se entre eles a intensificação da degradação das áreas de pastagem e o aumento das emissões de GEE. Segundo MAPBIOMAS ([s. d.]), em 2024, mais



de 100,22 milhões de hectares apresentam algum estágio de degradação, o que corresponde a 64,67% das áreas de pastagem no país, conforme apresentado na Figura 51<sup>30</sup>.

Figura 51: Área de pastagem no Brasil de acordo com o nível de degradação em 2024



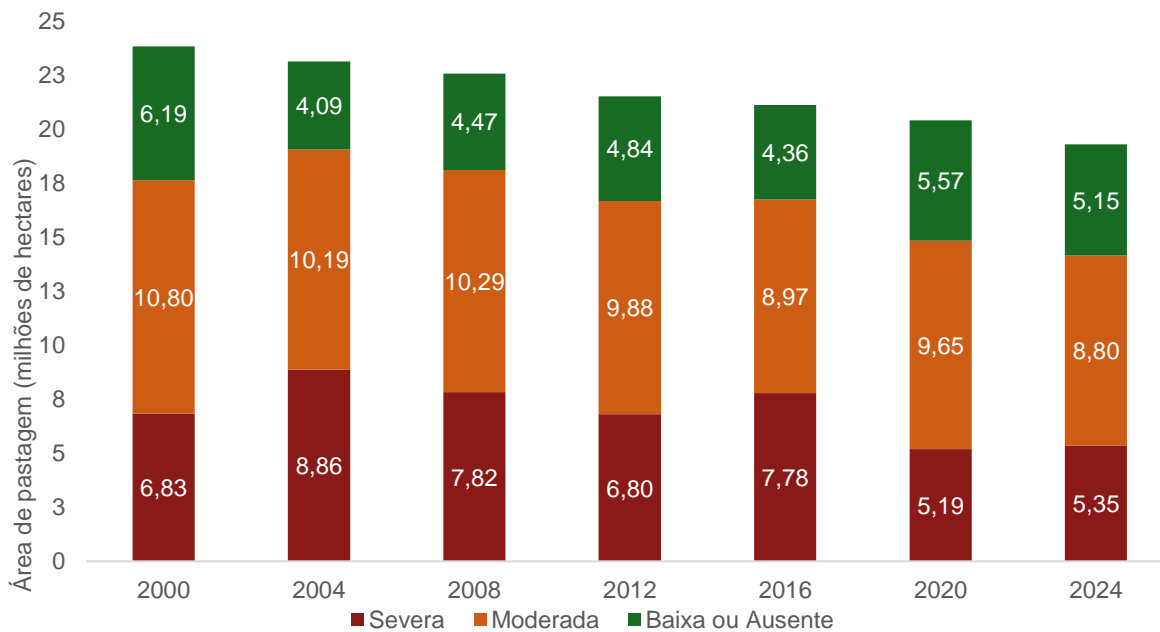
Fonte: Elaboração própria com base em MapBiomas ([s. d.]).

Em Minas Gerais, o cenário do vigor das pastagens acompanha a tendência observada em nível nacional. Entretanto, enquanto novas áreas são convertidas em pastagem no Brasil, o estado apresenta uma leve redução na extensão total das áreas de pastagem. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** evidencia que, em 2024, aproximadamente 73,30% da área destinada à atividade em Minas Gerais apresentou algum grau de degradação. A Figura 53 demonstra a distribuição de pastagens no estado de acordo com o seu grau de degradação.

<sup>30</sup> Os dados apresentados do total de pastagens no Brasil foram obtidos de fontes distintas, podendo refletir em diferenças nos métodos de coleta e/ou critérios utilizados. Dessa forma, podem não ser diretamente comparáveis.

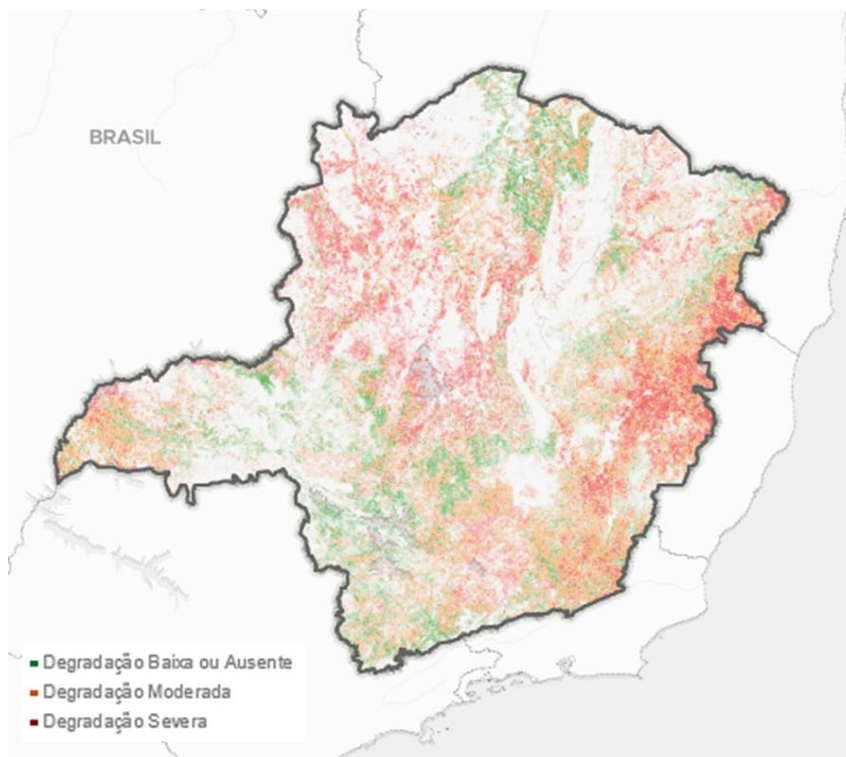


Figura 52: Histórico de área de pastagem em Minas Gerais de acordo com o nível de degradação



Fonte: Elaboração própria com base em MapBiomias ([s. d.]).

Figura 53: Distribuição de área de pastagem em Minas Gerais de acordo com o nível de degradação em 2024



Fonte: MapBiomias ([s. d.]).

Como consequência da degradação das pastagens, observa-se uma redução na produção de forragem, diminuição da capacidade de suporte das áreas, queda no desempenho zootécnico



dos animais, perda de produtividade e de receita, além da elevação dos custos operacionais. Ao considerar exclusivamente a fase de engorda de bovinos em pastagens degradadas, a produtividade média de carne é de 2 arrobas/ha/ano. Em contraste, áreas com pastagens bem manejadas e em bom estado podem alcançar produtividades médias de até 16 arrobas/ha/ano, evidenciando o impacto direto da qualidade das pastagens sobre o desempenho produtivo da atividade pecuária (EPAMIG, 2012).

Além disso, o uso racional das pastagens proporciona menor custo de produção e favorece melhores condições de sanidade e bem-estar animal. A recuperação das áreas degradadas, aliada à adubação de manutenção, contribui para o aumento da produtividade e da longevidade das pastagens, promovendo maior cobertura do solo, intensificação da ciclagem de nutrientes, elevação dos teores de matéria orgânica, além do incremento no sequestro de carbono atmosférico e da mitigação das emissões de GEE (EPAMIG, 2012). Dessa forma, a recuperação das pastagens degradadas, aliada à intensificação e manejo adequado do uso dessas áreas, possibilita aproveitar o potencial produtivo existente sem comprometer a sustentabilidade na atividade pecuária, tanto sob a ótica ambiental quanto econômica (CARLOS *et al.*, 2022).

Sob essa perspectiva, o Plano ABC+ inclui programas de incentivo à adoção de sistemas de produção sustentáveis que promovam a redução de emissões de GEE ao mesmo tempo que asseguram a renda dos produtores, com destaque ao Programa de Recuperação de Pastagens Degradadas, que almeja recuperar 30 milhões de hectares até 2030 (MAPA, 2023). Adicionalmente, a nova Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) do país incorporou o Programa de Recuperação de Pastagens Degradadas (PNCPD), que visa a recuperação de até 40 milhões de hectares de pastagens degradadas em sistemas de produção sustentáveis que integrem práticas agropecuárias e florestais, potencialmente dobrando a área de produção de alimentos no Brasil sem desmatamento e evitando a expansão sobre regiões com vegetação nativa (KAREN *et al.*, 2025).

No âmbito estadual, o Plano de Ação Climática de Minas Gerais (PLAC-MG) também destaca essa prática, buscando fortalecer e desenvolver soluções e incentivos para a recuperação de áreas degradadas e para a restauração produtiva. Diante disso, existe uma janela de oportunidade a ser explorada pelo estado de Minas Gerais na recuperação de pastagem degradadas pelo setor agropecuário, especialmente, pela bovinocultura de corte.

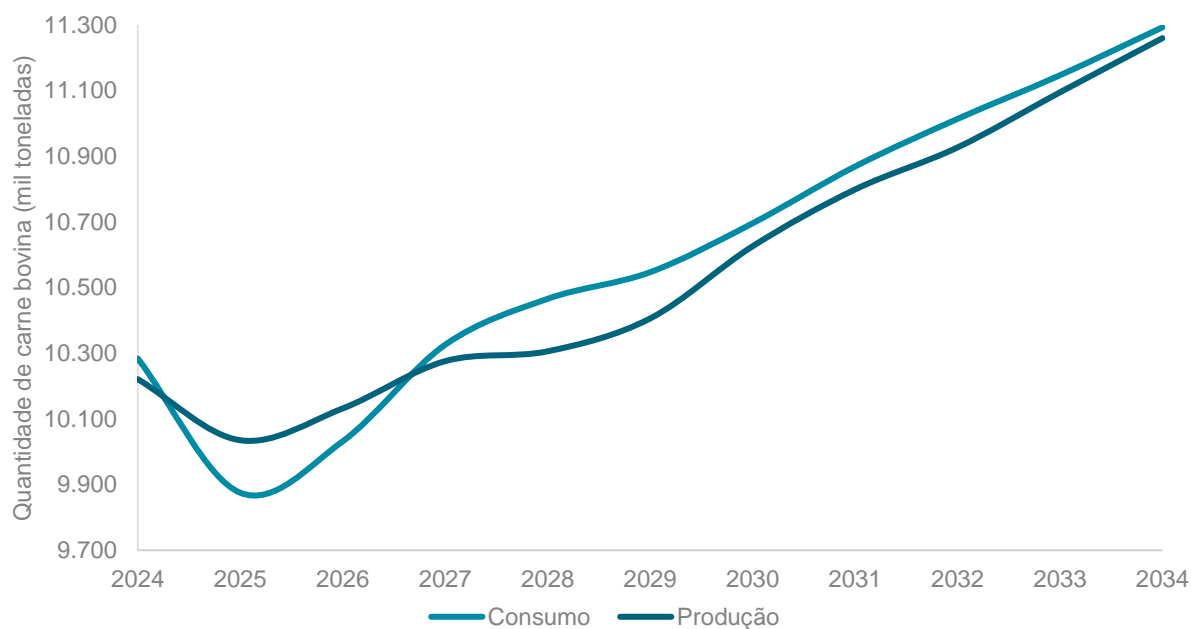
## Premissas adotadas

O projeto em análise consiste na recuperação de uma área em degradação moderada com capacidade de suporte de 0,7 UA/ha/ano em uma propriedade rural de 42 ha, sendo 19 ha dedicados à pastagem em um sistema de engorda, destinado à produção estimada de carne bovina para abastecer consumo interno e a exportação. A avaliação histórica, aliada às projeções de consumo interno, exportações e produção de carne indicam uma tendência de



crescimento na demanda, conforme ilustrado na Figura 54. Esse cenário reforça a necessidade de ampliação da capacidade produtiva.

Figura 54: Projeção de consumo e produção de carne bovina (2024-2034)



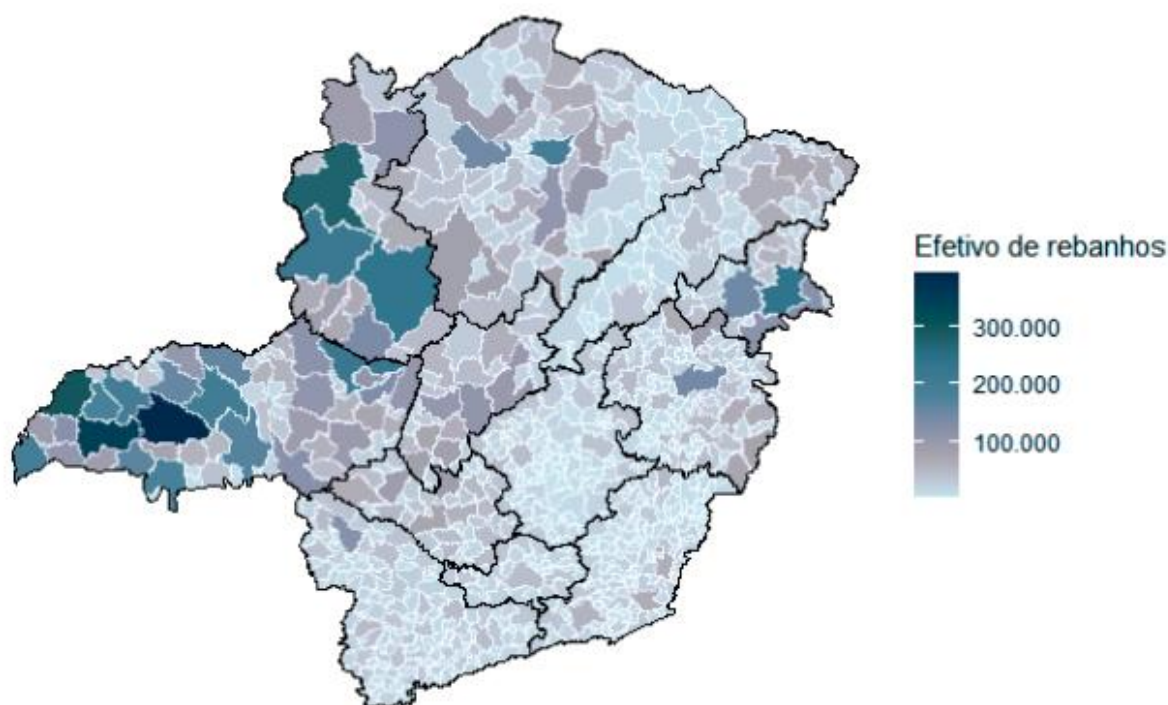
Fonte: Elaboração própria baseada em Mapa (2024).

Considerando que a produção de carne está diretamente relacionada à qualidade das pastagens, adotou-se como premissa que a recuperação das áreas degradadas resultaria em um incremento na capacidade de suporte de 0,8 UA/ha e, por consequência, o projeto alcança uma taxa de lotação final de 1,5 UA/ha. Com a melhoria do vigor das pastagens, a produtividade anual apresentou um aumento significativo, passando de 4,30 arrobas/ha/ano em áreas moderadamente degradadas para 11,50 arrobas/ha/ano nas áreas recuperadas. Ressalta-se que, para manter esse nível de produtividade, são realizadas manutenções periódicas nas pastagens, garantindo a sustentabilidade da produção ao longo do tempo. Nesse sentido, o projeto foi idealizado com uma vida útil estimada de 10 anos, incluindo os primeiros três anos dedicados à fase de recuperação da área, com horizonte de operação e manutenção até 2034.

Conforme apresentado na seção anterior, o estado de Minas Gerais possui significativa representatividade na bovinocultura nacional. Considerando esse contexto, a definição da área de implantação do projeto foi orientada pela análise da distribuição do rebanho bovino no estado, apresentada na Figura 55.



Figura 55 Distribuição do rebanho bovino por municípios de Minas Gerais em 2024



Fonte: Elaboração própria baseada em IBGE (2025).

Observa-se, de acordo com dados do IBGE (2023), que a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba concentra cerca de 18,92% do rebanho bovino estadual. Esse indicador fundamentou a escolha da região como local de referência para o projeto. Além disso, Minas Gerais destaca-se pelo maior número de propriedades rurais dedicadas à criação de bovinos, o que reforça o papel da bovinocultura de corte como atividade predominante entre pequenos produtores rurais no estado.

No modelo convencional, a engorda ocorre em regime extensivo de pastagens, que configura menor custo de produção. Por outro lado, grande parte da área de pastagem no estado apresenta algum nível de degradação, o que ocasiona menor produção de forragem, menor nível de suporte, queda no desempenho animal e perda da produtividade. De modo geral, há três métodos de recuperação de pastagem, os quais são descritos a seguir. Ressalta-se que a escolha do método de recuperação da pastagem é influenciada, principalmente, pelo nível de degradação (CARLOS *et al.*, 2022; FAEMG, 2025).

**Recuperação:** caracterizada pela adoção de práticas agronômicas e/ou culturais para o restabelecimento da produção de forragem, mantendo-se a espécie, de modo a restabelecer a fertilidade do solo, o vigor das forrageiras e a qualidade produtiva da pastagem. Essa prática pode ser conduzida por meio de abordagens diretas ou indiretas. Considera-se recuperação direta aquela que emprega, exclusivamente, práticas mecânicas, químicas e agronômicas aplicadas sobre a pastagem existente, sem a introdução de cultivos de espécies forrageiras



anuais ou de culturas anuais de grãos. Em contraste, a recuperação indireta envolve a utilização prévia de lavouras anuais ou plantios de espécies forrageiras anuais como etapa intermediária para reestabelecer a produtividade e as condições do solo antes da formação ou replantação da pastagem definitiva.

**Renovação:** envolve a substituição da pastagem degradada pela formação de uma nova pastagem, com a introdução de uma nova espécie ou cultivar, restabelecendo a produção da forragem.

**Reforma:** consiste na realização de preparo do solo, correções ou reparos após o estabelecimento da pastagem.

A escolha do método de recuperação foi baseada na qualidade da pastagem de Minas Gerais. Nessa circunstância, destacam-se a degradação moderada presente em 45,60% das pastagens no estado em 2024 (MAPBIOMAS, 2024). O método de recuperação direta, que inclui apenas práticas mecânicas, químicas e agronômicas, sem a inclusão de cultivos com espécies forrageiras anuais ou culturas anuais de grãos, destaca-se como abordagem mais adequada para áreas em estágio moderado de degradação (CARLOS *et al.*, 2022). A Tabela 5 apresenta as considerações gerais a respeito do projeto já explicitadas.

Tabela 5: Considerações gerais sobre o projeto

Projeto	Recuperação de Áreas Degradadas
Aplicação	Recuperação de áreas de pastagem degradadas
Rota tecnológica	Recuperação a partir da adoção direta de práticas mecânicas, químicas e agronômicas, sem a inclusão de cultivos com pastagens anuais ou culturas anuais de grãos, em áreas de pastagem em estágio moderado de degradação
Localização	Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (Bioma Cerrado)
Área recuperada	19 ha
Ganho de produtividade	7,2 arrobas/ha/ano
Sistema	Engorda a pasto
Método de recuperação	Recuperação direta
Vida útil	10 anos
Duração da implementação	3 anos

Fonte: Elaboração própria.

O cálculo da receita estimada do projeto considera o incremento de produtividade decorrente da melhoria no vigor da pastagem. Desse modo, adotou-se a relação entre os preços de venda do boi gordo e de compra e de engorda do boi magro da raça Nelore. Ao comparar a demanda e a produção de carne bovina no Brasil, observa-se que a demanda pelo produto supera a capacidade de oferta interna, ou seja, o elevado consumo, tanto interno quanto exportado, tende a absorver toda a produção disponível, com baixo risco de excedente. Diante desse cenário, estabeleceu-se a adoção de uma demanda potencial fixa, de modo que todo o volume produzido pelo pecuarista será integralmente comercializado. Assim, a análise econômica



parte do pressuposto de que a limitação para o cálculo da receita não está associada ao mercado consumidor, mas sim à capacidade produtiva do sistema após a recuperação da área degradada.

A capacidade produtiva adicional, após a recuperação do vigor da pastagem, é de 7,2 arrobas/ha/ano, o que corresponde a 136,80 arrobas/ha ou 8 cabeças de boi, considerando a média de pesos do boi magro e do boi gordo. Essa margem foi definida estrategicamente para reduzir riscos de superpastejo na área após a recuperação e, assim, garantir a manutenção da alta produtividade. A partir da quantidade de cabeças adicionais, é possível definir os custos com compra e engorda dos animais, além da receita adicional em relação a venda do boi gordo.

O preço do boi gordo varia consideravelmente, uma vez que são influenciados por fatores diversos, como a sazonalidade, demandas interna e externa, custos de produção, políticas governamentais e a cotação do dólar, visto que o Brasil possui grande participação na exportação de carne bovina. Além disso, fatores como a qualidade, o peso, a raça, a idade e o manejo do animal também são refletidos na cotação do animal, sendo bovinos com melhor acabamento de gordura e conformação muscular<sup>31</sup> tendendo a ser mais valorizados no mercado. Dada a essa elevada flutuação dos preços, seguindo a abordagem conservadora, utilizou-se como referência a média de preços dos últimos cinco anos, de 288,01 R\$/arroba de boi gordo ou 5.232,19 R\$/cabeça<sup>32</sup>. De modo análogo, o preço estabelecido para o boi magro foi 3.409,12 R\$/cabeça ou 272,73 R\$/arroba<sup>33</sup>. A Figura 56 apresenta as médias anuais históricas dos preços do boi gordo e do boi magro.

---

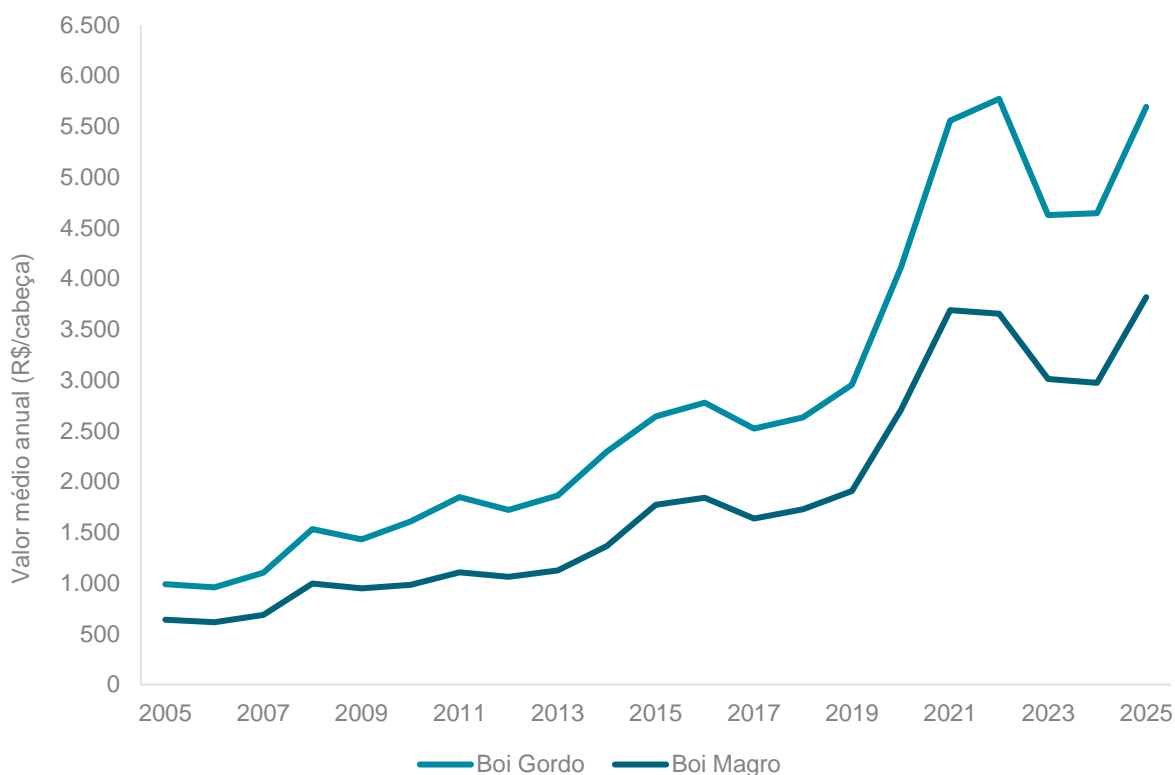
<sup>31</sup> As características dos bovinos são refletidas no rendimento de carcaça, geralmente superior a 54% para machos castrados, o que valoriza a arroba.

<sup>32</sup> A conversão do preço de arroba para cabeça considera o peso de boi gordo de 545kg, equivalente a 18,17arrobas.

<sup>33</sup> A conversão do preço de arroba para cabeça considera o peso de boi magro de 375kg, equivalente a 12,50 arrobas.



Figura 56: Comparativo anual dos preços médios do Boi Gordo e do Boi Magro 2005-2025



Fonte: Elaboração própria baseada em Agrolink,(2025); CEPEA/ESALQ (2025).

Com base nos parâmetros definidos, a receita adicional estimada com a comercialização do boi gordo é de aproximadamente R\$ 40.399 por ano, a partir do quarto ano de execução do projeto. Isso ocorre porque os três primeiros anos são destinados à recuperação da área, enquanto o quarto ano marca o início do processo de engorda dos bovinos.

Adicionalmente, foram avaliados os custos de produção do boi gordo, considerando os principais componentes que impactam o custo de engorda. Nesse sentido, foram avaliados os custos com alimentação e suplementação, sanidade animal, mão de obra e outras despesas, que incluem itens diversos, como brincos de identificação, combustível, energia elétrica, materiais de limpeza. Já a mão de obra engloba serviços contratados, como consultorias, assistências, mão-de-obra familiar. Os custos de mão de obra e outras despesas foram, respectivamente, R\$ 45,00 e R\$ 2,84 por cabeça, conforme ( MIRANDA *et al.* 2021).

Considerando o processo de engorda realizado a pasto, os custos de alimentação estão associados à manutenção da qualidade da pastagem, já incorporados nos custos operacionais do projeto, conforme descrito posteriormente, e à suplementação nutricional, necessária para garantir o desempenho zootécnico dos animais. A suplementação varia ao longo do ano, em função das condições climáticas que influenciam diretamente a qualidade das pastagens. Durante o período das águas, utiliza-se predominantemente a suplementação mineral, enquanto nos meses de seca recomenda-se a suplementação proteínada. Com base



nos dados meteorológicos da região de implantação do projeto, adotou-se uma estratégia de consórcio entre suplementação mineral e proteinada. O custo estimado dessa suplementação é de R\$ 345,88 por cabeça, de acordo com dados do CEPEA (2024).

A sanidade animal é essencial para assegurar o bem-estar animal, o crescimento muscular adequado, a produtividade, além de minimizar o risco de perdas econômicas devido a doenças. Para isso, foram considerados os custos relacionados à vacinação e vermifugação. No caso da vacinação, adotou-se o protocolo com duas doses anuais da Covexin 9, que protege contra diversas doenças, como mionecroses, enterotoxemias, hemoglobinúria bacilar, hepatite infecciosa necrosante, botulismo e tétano. Já o antiparasitário utilizado foi o Ivomec Gold, com um custo anual estimado de R\$25,50 por cabeça (ZILLOTTO *et al.*, 2010). Esses valores estão alinhados com dados da literatura, que indicam que, embora a sanidade seja essencial para mitigar riscos na bovinocultura, seu custo representa apenas cerca de 0,4% do valor do boi gordo (MOITINHO, 2024).

Com base nesses parâmetros, a margem de lucro líquida proveniente da venda do boi gordo foi estimada em cerca de R\$ 37.045 por ano a partir do quinto ano do projeto. É importante destacar que o custo de aquisição do boi magro foi incorporado ao custo operacional do projeto, e, portanto, não foi incluído no cálculo da margem líquida. Nesse contexto, a relação entre os custos de produção e o preço de venda do boi gordo é um fator determinante para a rentabilidade do empreendimento.

Ademais, a estrutura de custos do projeto foi dividida em duas categorias principais: o CAPEX, que considera os custos de capital, diretos e indiretos, com recuperação de pastagem, e OPEX, que engloba os custos operacionais do projeto e da manutenção da pastagem nos anos seguintes da recuperação. No CAPEX, os principais componentes do processo de recuperação incluem os gastos com aquisição de maquinário e de insumos, além dos gastos com os procedimentos de recuperação inicial, que englobam mão de obra e combustível consumido. Dentre esses itens, o custo com aquisição de máquinas e implementos agrícolas corresponde a 89% do CAPEX, seguido pelos custos com insumos agrícolas e procedimentos, que representam cerca de 7% e 5%, respectivamente.

O processo de recuperação exige a preparação e correção do solo, seguida da adubação, pulverização e do plantio da espécie forrageira selecionada, a partir da semeadura e compactação das sementes (CARLOS *et al.*, 2022). Com base em estudos de CARLOS *et al.* (2022), os insumos utilizados incluem calcário, sementes, superfosfato simples e ureia, totalizando R\$ 15.881 para uma área de 19 hectares de pastagem. Para execução dessas atividades, foram identificados quatro equipamentos centrais: o distribuidor de calcário, a adubadeira/semeadora, o pulverizador e o trator, necessário para o acionamento dos implementos citados. Os procedimentos operacionais, que envolvem mão de obra e consumo de combustível para execução das atividades, somam R\$ 10.876 para a mesma extensão. O racional do cálculo do custo de operação das máquinas pode ser observado na equação a seguir, assim como a Tabela 6 apresenta os valores estimados em cada etapa.



*Custo de operação das máquinas (R\$)*

*= (Custo de mão de obra (R\$/h)*

*+ Consumo médio de combustível (L/h) \* Preço médio Diesel (R\$/L))*

*\* Capacidade operacional do equipamento (ha/h)*

*\* Área de pastagem recuperada (ha)*

Tabela 6: Resumo dos outros custos do CAPEX para cada processo de recuperação

Processo	Equipamentos utilizados	Custo de operação das máquinas (R\$)	Insumos necessários	Custo dos insumos (R\$)	Custo total (R\$)
Calagem	Trator + Distribuidor de calcário	172,08	Calcário dolomítico	4.004,82	4.176,90
Semeadura e Adubagem	Trator + Adubadeira/Semeadora	5.300,19	Sementes + Ureia	9.181,14	14.481,33
Compactação das sementes	Trator	5.300,19	-	-	5.300,19
Pulverização	Trator + Pulverizador	103,25	Superfosfato simples	2.695,45	2.798,70
				<b>Total:</b>	<b>26.757,12</b>

Fontes: Elaboração própria com em Carlos *et al.* (2022), Fundação ABC (2024) e Petrobras (2025)

Os gastos com a aquisição dos equipamentos representam o componente mais relevante do investimento inicial, sendo, portanto, fundamental estimá-los para avaliar a viabilidade econômico-financeira do projeto. Para isso, realizou-se um levantamento de preços por meio de consulta a fornecedores do setor, bem como em sites especializados de venda e revenda de equipamentos agrícolas. Foram considerados equipamentos de menor envergadura, dado o tamanho da área de pastagem. A Tabela 7 reúne, em resumo, o levantamento realizado e os custos de cada equipamento.

Tabela 7: Levantamento do custo das máquinas e implementos agrícolas necessários

Equipamento	Modelo	Descrição	Preço (R\$)
Distribuidor de calcário	DCFC 3000 Baldan	Distribuidor de calcário para efeito de calagem	26.600,00
Adubadeira/ semeadora	MS60-CR Ikeda	Distribuição à lanço de sementes, corretivos de solo e fertilizantes sólidos	6.399,00
Pulverizador	Pulverizador Barra Subcopa Bilateral	Aplicação de defensivos, fertilizantes ou outros produtos líquidos diretamente na parte inferior das plantas.	14.500,00



<b>Trator (usado)</b>	Massey 4307 4x4 ano 2022 (com 604 horas de uso)	Trator de 80 cv. Necessário para o acionamento dos implementos agrícolas	165.000,00
<b>Total:</b>			<b>212.499,00</b>

Fonte: Elaboração própria baseada em consulta a sites especializados de venda e revenda.

Destaca-se, ainda, que, neste estudo de caso, considerou-se a aquisição do trator e dos implementos como premissa de análise, visto que não foram identificados dados consistentes acerca de modalidades de aluguel ou de compartilhamento desses equipamentos. Por outro lado, esses custos estimados tendem a ser superestimados, podendo ser significativamente reduzidos caso sejam viabilizadas alternativas de locação e/ou de uso coletivo entre outros pequenos produtores rurais da região.

Os custos operacionais na análise incluem os gastos para a manutenção da pastagem, englobando procedimentos e compra de insumos agrícolas de manutenção da pastagem, além dos custos de aquisição do boi magro. O gasto com aquisição dos bovinos reflete o valor de mercado descrito anteriormente, isto é, considerando a aquisição adicional de oito bois por R\$ 3.409,12/cabeça, o custo previsto de aquisição anual de bovinos alcança R\$ 27.272,96.

Ademais, para a manutenção da pastagem é essencial reposição de nutrientes no solo, considerando tanto o uso da área quanto as características da região avaliada. Nesse sentido, com base em estudos de CARLOS *et al.*, (2022), o manejo contempla a aplicação de calcário a cada cinco anos, fertilização bianual com superfosfato simples e cloreto de potássio, além de adubação anual com ureia para fornecimento de nitrogênio. O projeto parte da premissa de que não há necessidade de reposição de outros elementos, concentrando-se nos principais nutrientes NPK (nitrogênio, fósforo e potássio) e na correção da acidez do solo por meio da calagem. Desse modo, a manutenção da pastagem totaliza em R\$ 64.848,97 nos 10 anos de operação do projeto.

Adota-se como premissa que determinados custos operacionais, como despesas com pessoal, manutenções periódicas, iluminação e serviços auxiliares, já ocorriam anteriormente à sua implementação. Dessa forma, tais despesas só são contabilizadas quando há necessidade de incremento específico, por exemplo, a contratação de mão de obra adicional para a operação de máquinas. Essa abordagem permite uma avaliação mais precisa dos custos diretamente atribuíveis ao projeto.

O projeto também está sujeito à incidência de impostos sobre faturamento, como ICMS (18,0%) e PIS/COFINS (3,65%), além da depreciação dos equipamentos, considerada em um horizonte de 10 anos. Adicionalmente, inclui-se o valor de revenda da sucata de cada máquina e dos implementos adquiridos, totalizando R\$ R\$ 41.049,80 ao final do projeto. Esse montante representa um valor residual que contribui para a composição final dos resultados financeiros do empreendimento.



Na estrutura de capital do projeto, durante o ano inicial considerou-se que 70% do investimento será financiado com capital de terceiros e 30% com capital próprio, em linha com o estabelecido na maior parte dos financiamentos que envolvem *project finance*<sup>34</sup>. O financiamento para execução do projeto consiste em um *blend* entre recursos do programa Moderfrota e do Renovagro, ambos operados pelo BNDES.

A estrutura de financiamento foi definida com base nas condições estabelecidas pelo BNDES. Para o Moderfrota, adotou-se uma taxa de juros anual de 12,50%, com prazo de amortização de sete anos. Já o Renovagro oferece uma taxa de 10% ao ano, com prazo de seis anos. O modelo de pagamento utilizado foi o Sistema de Amortização Constante (SAC), caracterizado por parcelas fixas ao longo do período contratual. Para fins de cálculo, considerou-se uma frequência de pagamento anual, totalizando uma parcela por ano.

## Avaliação econômico-financeira

A avaliação tem como objetivo mensurar a atratividade do investimento na recuperação de pastagem, de moderadamente degradada para recuperada, em uma área de 19 ha. No cenário de referência, os demonstrativos e fluxos de caixa foram elaborados com base nas premissas descritas na seção anterior. A Tabela apresenta um resumo dos resultados financeiros encontrados.

Tabela 8: Resumo dos resultados financeiros

Item	Unidade	Valor estimado
Período de análise	anos	10
Receita Bruta Média	R\$ mil	40,40
CAPEX total	R\$ mil	239,26
OPEX total	R\$ mil	64,85
EBITDA	R\$ mil	-5,20
Margem EBITDA	-	-1,21%
TIR	-	N/A
VPL Acionista	R\$ mil	- 256,62
Custo de capital próprio	-	17,93%
Tributos	-	21,65%

Fonte: Elaboração própria.

<sup>34</sup> O *project finance* é uma estrutura de financiamento que se baseia na atratividade de um projeto específico. Nessa modalidade, o interesse dos credores está na capacidade do projeto de gerar recursos que garantam o pagamento e remuneração do capital investido, independente dos demais fluxos de caixa que compõem o balanço das empresas empreendedoras do projeto (ANP, 1999)



Considerando os parâmetros de investimento e preço de comercialização da arroba de boi gordo, o projeto mostrou-se não atrativo do ponto de vista econômico-financeiro, resultando em um prejuízo estimado ao acionista de R\$257 mil, refletido em um VPL negativo. Como o projeto não apresenta lucratividade operacional, alcançar competitividade exigiria uma redução de custos e/ou aumento de receitas.

Nesse contexto, a margem de receita adquirida com o aumento de produtividade da pastagem não é suficiente para cobrir as despesas, indicando ausência de lucratividade operacional. A menor atratividade da recuperação de pastagens, em comparação à produção extensiva convencional, ocorre devido à diferença reduzida entre os preços do boi magro e do boi gordo, em média R\$1.800, o que torna o investimento em recuperação pouco justificável sob as condições assumidas.

Adicionalmente, o investimento inicial necessário para a recuperação possui uma concentração significativa dos custos (89%) voltada à aquisição de maquinário, resultando em um investimento médio de cerca de R\$12.592 por hectare. Por se tratar de um projeto de pequeno porte, mas com ticket médio elevado, os custos do financiamento interferem mais diretamente na viabilidade financeira. Com isso, para que haja alguma possibilidade de financiabilidade, é imprescindível reduzir os custos financeiros da recuperação, de modo que a receita gerada seja suficiente para cobrir, pelo menos, o serviço da dívida. Essa redução deve incidir principalmente nos gastos com máquinas e implementos.

Entende-se que, a necessidade de capital (CAPEX) pode ser reduzida a partir da adoção de alternativas à compra direta de máquinas e implementos agrícolas. Entre essas alternativas, destacam-se o aluguel ou o uso compartilhado do maquinário entre pequenos produtores rurais. O uso coletivo de equipamentos pode ser organizado por meio de cooperativas, associações ou consórcios locais, permitindo que os produtores tenham acesso à tecnologia sem arcar individualmente com os altos custos de aquisição e manutenção. Além disso, a locação, quando disponível, oferece flexibilidade operacional e pode ser ajustada conforme a sazonalidade das atividades agrícolas, evitando a ociosidade dos ativos.

Além da redução dos gastos, a viabilidade do projeto depende de ganhos na receita líquida que estão diretamente relacionados às questões de mercado, como o custo de aquisição do boi magro e de venda do boi gordo. Compreende-se que variáveis de mercado, como a oscilação de preços, são fatores externos ao projeto e de difícil controle. No entanto, é possível adotar medidas preventivas que contribuam para a atenuação de riscos e a redução de custos. Entre essas medidas, destacam-se o uso de instrumentos de *hedge* – como contratos futuros, em que o pecuarista firma um acordo de compra e/ou venda para uma data futura a um preço determinado, garantindo previsibilidade de custos e/ou receitas –, a reavaliação das estratégias de produção, o ajuste do período de engorda, a implementação do rotacionamento de pastagens e outras práticas de manejo eficientes.



Por fim, apesar da recuperação de pastagens degradadas ser um dos pilares para a descarbonização da pecuária, essa atividade, principalmente no contexto de pequenos produtores rurais, ainda enfrenta desafios relacionados à dependência de instrumentos financeiros vinculados ao orçamento público, como subsídios e linhas de crédito governamentais.

Nesse contexto, para viabilizar o projeto, a Invest Minas pode atuar de maneira estratégica na articulação entre as necessidades do produtor rural e as possibilidades de atuação dos agentes financeiros, com incentivos a iniciativas de capacitação técnica. Além disso, a agência pode atuar como ponte entre investidores privados e produtores, além de fomentar a atração de capital para projetos por meio de mecanismos de financiamento misto (*blended finance*). Um exemplo dessa atuação é o programa Eco Invest Brasil, que em 2025 lançou um leilão por meio de uma linha de financiamento parcial, com o objetivo de mobilizar capital privado para a recuperação de terras degradadas e sua conversão em sistemas produtivos sustentáveis (BRASIL, 2025j).

## **Análise de sensibilidade e possíveis cenários**

Sob as condições estabelecidas, para que o projeto se torne viável, seriam necessárias alavancas capazes de contornar os desafios operacionais. Nesse contexto, o projeto de recuperação de pastagens foi submetido a uma análise de sensibilidade para avaliar o impacto que diferentes condições de mercado, manejo e estrutura de custos possuem sobre a atratividade do projeto. Essa abordagem permite verificar a robustez do projeto diante de distintos cenários e identificar os fatores que mais impactam sua viabilidade financeira.

A receita do projeto é fortemente dependente de fatores inerentes à produção, como conjunturas socioeconômicas nacionais e internacionais, crises sanitárias e outros fatores externos. Os preços dos bois magros e da arroba do boi gordo apresentam alta volatilidade, associada a ciclos pecuários, demanda e variações macroeconômicas. A alta instabilidade dos preços configura-se como um importante risco do projeto, sobremaneira, aos pequenos produtores.

O investimento nas máquinas e implementos agrícolas é a componente de maior relevância do CAPEX, representando quase 90% do seu valor total, comprometendo a atratividade inicial do projeto. Para mitigar esse impacto, a análise de cenários inclui a possibilidade de rateio do maquinário, inspirando-se em modelos de cooperativas rurais no qual o ativo imobilizado e custos com o maquinário seriam rateados entre os produtores locais.

Outro fator avaliado refere-se à comparação entre a suplementação proteinada energética e o consórcio proteinada-mineral. Embora, a primeira seja mais cara, ela influencia diretamente o ganho de peso do animal e, por consequência, a rentabilidade do projeto. A incorporação desse fator busca evidenciar o impacto que as estratégias de manejo possuem sobre os resultados financeiros.



Por último, foi considerado o aporte governamental, utilizado apenas quando o VPL do acionista se mantém negativo frente ao estresse das outras variáveis. Observa-se, assim, o papel que o setor público possui em ampliar a atratividade de projetos de recuperação de pastagens, especialmente para pequenas propriedades com baixa capacidade de investimento.

Para avaliar a interação desses parâmetros, foram definidos 6 cenários, além do cenário de referência utilizado no projeto. Os Cenários 1 e 2 representam o cenário otimista, onde as condições de mercado são favoráveis ao produtor. Os Cenário 3 e 4 consideram condições de mercado desfavoráveis ao produtor e os Cenários 5 e 6 podem ser entendidos como intermediários, onde há condições favoráveis e desfavoráveis ao pecuarista, de forma que possamos observar as possíveis interações e necessidades de aporte governamental para garantir a viabilidade do projeto. O Quadro 16 apresenta, em resumo, os parâmetros considerados para cada um dos cenários.

Quadro 16 Parâmetros considerados e suas variações em relação ao cenário de referência nos cenários analisados

Cenários	Preço cabeça Boi Magro	Preço da arroba do Boi Gordo	Partilhamento das máquinas	Suplementação Proteínada	Aporte Governamental
Cenário 1	↓	↑	✓	✓	✗
Cenário 2	↓	↑	✓	✓	✓
Cenário 3	↑	↓	✗	✗	✓
Cenário 4	↑	↓	✓	✓	✓
Cenário 5	↓	↓	✓	✓	✓
Cenário 6	↓	↓	✓	✗	✓

Fonte: Elaboração própria.

O cenário de referência considera o valor médio do preço da cabeça do boi magro e da arroba do boi gordo nos últimos cinco anos, ou seja, no período de 2021 a 2025. Busca-se, dessa forma, amenizar a alta volatilidade dos preços no mercado afim de estimar a receita do projeto nos anos subsequentes. Os valores considerados foram R\$ 3.409,12/cabeça de boi magro e R\$ 288,01/arroba de boi gordo, equivalente a cerca de R\$ 5.232,19/cabeça<sup>35</sup>. Além disso, no cenário de referência, considera-se que o proprietário arcará com 100% dos valores das

<sup>35</sup> O mercado precifica a venda de @ de boi gordo onde cada @ equivale a 15kg de carne bovina. Esse estudo de caso considera que os bois são abatidos pesando cerca de 545 kg, o que equivale a um rendimento médio de 18,17@/boi, gerando uma renda de R\$ 5.232,19/cabeça.



máquinas e equipamentos, fará uso do consórcio entre suplementos minerais e proteinado para a suplementação bovina ao longo do ano e não receberá aporte governamental. Nessas condições, o VPL do acionista mostrou-se R\$ 257 mil negativo.

Os Cenários 1 e 2 consistem em cenários otimistas de mercado onde o custo da cabeça do boi magro utilizado é o valor mínimo dos últimos dois anos e o preço da arroba do boi gordo é o máximo do mesmo período. Além disso, considera-se o uso de suplementação proteica ao invés do consórcio. A diferença entre o Cenário 1 e 2 é principalmente em relação a partilha dos equipamentos. O rateio considerado no Cenário 1 foi obtido com o objetivo de zerar o VPL sem a necessidade de aporte governamental. Para atingir esse objetivo, o proprietário deveria pagar apenas 0,5% do maquinário, sendo esse percentual uma estimativa de caráter teórico, com aplicabilidade prática limitada. O Cenário 2 considera que o proprietário arque com 10% do valor do maquinário, necessitando, dessa forma, de um aporte governamental de 23 mil reais para zerar o VPL do acionista.

Os Cenários 3 e 4 consideram valores pessimistas de mercado, onde o preço pago por cabeça de boi magro é o máximo dos últimos dois anos e o valor recebido por arroba de boi gordo vendida é o mínimo do mesmo período. Esses cenários se diferem quanto ao partilhamento do maquinário e a forma de suplementação utilizada. Enquanto o Cenário 3 considera que o proprietário não irá partilhar os custos do maquinário e utilizará a suplementação menos custosa, o Cenário 4 considera uma partilha dos custos e o uso da suplementação proteinada.

Por fim, os Cenários 5 e 6 consideram os custos médios entre os valores mínimos e máximos da cabeça do boi magro e da arroba do boi gordo. Além disso, consideram que o proprietário arcará com 10% do valor das máquinas e equipamentos. O Cenário 5 considera o uso de suplementação proteinada, enquanto o Cenário 6 considera o uso do consórcio.

A Tabela 8 resume os resultados para cada cenário. É importante destacar que, nos cenários alternativos, o objetivo é sempre zerar o VPL do acionista. Dessa forma, o aporte governamental se diferencia, pois não é um parâmetro sujeito a estresse, mas sim uma medida residual. Ele é aplicado quando o VPL do acionista permanece negativo após o estresse das demais variáveis, de forma a garantir a viabilidade econômico-financeira do projeto.

Tabela 8: Resultados dos cenários

Cenários	Preço cabeça Boi Magro	Preço @ Boi Gordo	Partilhamento das máquinas	Suplementação Proteinada	Aporte Governamental
Cenário Referência	3.409,12	288,01	100%	Não	Não
Cenário 1	2.619,71	352,65	0,5%	Sim	Não
Cenário 2	2.619,71	352,65	10%	Sim	23 MIL
Cenário 3	3.911,18	215,30	100%	Não	293 MIL
Cenário 4	3.911,18	215,30	10%	Sim	109 MIL



Cenário 5	3.265,45	283,98	10%	Sim	72 MIL
Cenário 6	3.265,45	283,98	10%	Não	74 MIL

Fonte: Elaboração própria.

Essa estrutura de análise de cenários permite avaliar como a variação dos parâmetros impacta nos resultados do projeto. A geração de receita é a base do negócio do produtor, porém a alta volatilidade do mercado da pecuária de corte é um risco intrínseco do setor e, portanto, com pouca margem de intervenção direta. Quanto aos custos, o principal fator contribuinte para o elevado CAPEX é a aquisição do maquinário que permitirá a recuperação das pastagens. A análise demonstra que o rateio dos ativos reduz significativamente o comprometimento do capital, porém sua viabilidade prática pode apresentar alguns desafios, como a coordenação do uso dos equipamentos, a logística do partilhamento e a responsabilidade compartilhada sobre a manutenção e conservação dos maquinários. Por fim, o parâmetro relacionado ao uso de suplementação proteinada busca representar estratégias nutricionais específicas na pecuária de corte, envolvendo conhecimentos técnicos e aspectos culturais dos produtos rurais.

De forma geral, a viabilidade econômico-financeira do projeto depende principalmente das dinâmicas de mercado e da estrutura de capital. Por outro lado, o apoio governamental se mostra uma condição quase sempre necessária para garantir a execução e continuidade de projetos de recuperação de pastagens em imóveis de pequeno porte. Considerando a relevância estratégica desse tipo de iniciativa para o cumprimento das metas de mitigação do estado e do Brasil, torna-se essencial o debate sobre quais mecanismos, políticas e instrumentos podem ser mobilizados para garantir sua viabilidade para todos os produtores rurais.

## Modelos de negócio e financiamento

Conforme discutido anteriormente, as projeções indicam que o fluxo de caixa operacional não é suficiente para atender às obrigações financeiras do projeto em nenhum período de execução do projeto. Diante disso, os modelos de negócio e financiamento devem ser analisados em um cenário ideal de investimento, no qual o VPL seja igual a zero, considerando os arranjos contratuais possíveis e, eventualmente, a concessão de incentivos fiscais.

Sob essa perspectiva, dado o elevado volume de despesas de capital (CAPEX), especialmente associadas à aquisição de tratores e os implementos agrícolas, além da relevância da recuperação de pastagens para o cumprimento de metas climáticas estabelecidas em níveis estadual e nacional, torna-se necessário a mobilização de mecanismos de financiamento público, visando assegurar a viabilidade econômica e a sustentabilidade de longo prazo do projeto. Estima-se que serão necessários investimentos aproximados de US\$ 120 bilhões para implementação do PNCPD, o qual visa recuperar 40 milhões de hectares (BRASIL, [S. d.]). O Quadro 177 apresenta o panorama dos planos e



programas nacionais e estaduais que podem contribuir para dar vazão ao financiamento de projetos para a recuperação de pastagens degradadas.

Quadro 17: Planos e programas relacionados a recuperação de pastagens

Plano/Programa	Objetivo	Instrumentos/Mecanismos
Renovagro  Programa de Financiamento a Sistemas de Produção Agropecuária Sustentáveis	Financiamento a investimentos que contribuam para a redução de impactos ambientais causados por atividades agropecuárias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamento de até R\$ 5 milhões por cliente e por ano agrícola com condições competitivas.</li> <li>• Taxa de juros prefixada de até 10% ao ano para recuperação de pastagens degradadas</li> <li>• Carência de até 5 anos e prazo de até 10 anos.</li> <li>• O BNDES pode ter participação de até 30% dos na aquisição de máquinas e implementos agrícolas</li> </ul>
BNDES Crédito Rural	Apoio a projetos de investimentos e para aquisição isolada de máquinas e equipamentos, de capital de giro a cooperativas de produtores rurais, bem como de empréstimos, relacionados a atividades agropecuárias.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para a aquisição de máquinas e equipamentos, o custo financeiro pode ser composto por diferentes taxas, como a Taxa Fixa BNDES em Dólar (TFBD), Taxa Fixa do BNDES (TFB), TLP, Selic, Taxa Pré-FAT ou Taxa Pré-FAT MPME.</li> <li>• A taxa do BNDES, nesse caso, é de 0,95% ao ano.</li> <li>• Já a taxa do agente financeiro varia conforme a finalidade: pode chegar até 2,1% ao ano para aquisição isolada de máquinas e equipamentos, e até 2,8% ao ano para projetos de investimento.</li> <li>• No caso de operações de custeio, o custo financeiro pode incluir Selic, TFB, TFBD, Taxa Fixa Composta ou Taxa Fixa Composta MPME.</li> <li>• A taxa do BNDES é de 1,35% ao ano, enquanto a taxa do agente financeiro pode ser de até 4,3% ao ano.</li> <li>• Quanto aos prazos, projetos de investimento podem contar com até 15 anos para pagamento, incluindo um período de carência de até 3 anos.</li> <li>• Para aquisição isolada de máquinas e equipamentos, o prazo é de até 10 anos, com carência de até 2 anos. J</li> <li>• Operações de custeio, o prazo máximo é de até 3 anos.</li> </ul>
Moderfrota  Programa de Modernização da Frota de Tratores Agrícolas e Implementos Associados e Colheitadeiras	Financiamento para aquisição de tratores, colheitadeiras, plataformas de corte, pulverizadores, plantadeiras, semeadoras e	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtores rurais enquadrados no Programa Nacional de Apoio ao Médio Produtor Rural (Pronamp) podem contar com uma taxa de juros prefixada de até 12,5% ao ano, com participação do BNDES de até 100% do valor dos bens financiados, por ano agrícola.</li> <li>• Para produtores rurais e cooperativas de produção agropecuária com renda ou receita operacional bruta anual de até R\$ 45 milhões</li> </ul>



	equipamentos para beneficiamento de café.	<p>— considerando nesse limite o somatório da renda do grupo econômico ao qual pertençam — a taxa de juros prefixada pode chegar a até 13,5% ao ano, com participação do BNDES de até 85% do valor dos bens objeto de financiamento, também por ano agrícola.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quanto aos prazos de financiamento, para itens novos, o pagamento pode ser realizado em até 7 anos, com carência de até 14 meses.</li> <li>• Para itens usados, o prazo máximo é de 4 anos, mantendo-se a carência de até 14 meses.</li> </ul>
BDMG Solo Mais	Fomentar a prática de agricultura regenerativa e de alta qualidade em Minas Gerais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O financiamento pode contar com uma taxa de juros prefixada de até 10,81% ao ano, com possibilidade de cobertura de até 100% do valor total do projeto.</li> <li>• O prazo para pagamento é de até 3 anos, incluindo um período de carência de 1 ano.</li> </ul>
BDMG Agro Repasse	Financiamento de capital de giro e investimentos em modernização, via Cooperativas de Crédito parceiras	Recursos livres, prazos alongados e taxas atrativas.
BDMG Plano Safra	Financiamento para investimentos em modernização, ampliação, incorporação de novas tecnologias e gastos relacionados, via Cooperativas de Crédito parceiras.	Foco em investimento, linhas com taxas subsidiadas e prazos alongados, IOF diferenciado, utilizando recursos próprios e repasses BNDES.

Fonte: Elaboração própria com base em relatórios oficiais e informações dos planos.

O levantamento apresentado não visa ser exaustivo, ou seja, não tem a pretensão de abranger todas as alternativas de financiamento existentes, mas busca evidenciar aquelas que se mostram mais relevantes no contexto analisado, apontando caminhos estratégicos para viabilizar a implementação do projeto. Alguns dos programas identificados já contam com experiências concretas de financiamento voltadas à recuperação de pastagens degradadas, que podem servir como referência para o projeto. O RenovAgro, vinculado ao Plano Safra, foi o instrumento com maior volume de financiamento climático mapeado para uso da terra no



Brasil, com média anual de R\$ 50,8 bilhões entre 2021 e 2023, dos quais aproximadamente 6% foram destinados à pastagem<sup>36</sup>.

Embora o desenvolvimento de modelos de financiamento seja um fator importante para viabilizar os investimentos previstos, ele não representa a principal limitação enfrentada pelo projeto, visto que há fontes de financiamento disponíveis para a recuperação de pastagens. Esses mecanismos de financiamento contemplam tanto a aquisição de máquinas e equipamentos, que representa grande parcela do CAPEX, quanto a compra de bioinsumos, como fertilizantes orgânicos para o reestabelecimento da fertilidade do solo. Por outro lado, o acesso ao crédito demonstra-se como um entrave ao projeto, visto que, embora os pequenos produtores sejam maioria no estado, apenas 15% do crédito é disponibilizado para esse grupo (CPI, 2025a).

## Barreiras de entrada e oportunidades

Para potenciais investidores e demais atores envolvidos na implementação, projetos de recuperação de pastagens enfrentam um conjunto de barreiras estruturais que limitam e aumentam os riscos da sua adoção em grande escala, especialmente entre pequenos produtores, público-alvo deste estudo de caso. Essas barreiras podem ser observadas em quatro dimensões principais, resumidas no Quadro 18. Quadro 18

Quadro 18: Riscos e barreiras para a execução de projetos de recuperação de pastagens

Risco/Barreira	Impacto
Mercado	Alta volatilidade dos preços, mudanças no consumo, condições climáticas, além de barreiras comerciais e sanitárias
Econômico-financeira	Elevado custo de recuperação e investimento inicial, principalmente relacionado a aquisição de máquinas e equipamentos
Cultural/Social	Resistência à adoção de práticas de manejo de longo retorno em detrimento de práticas tradicionalmente estabelecidas
Tecnológico-Operacional	Relacionado a disponibilidade de equipamentos adequados, além de necessidade de assistência e capacitação técnica

Fonte: Elaboração própria.

A volatilidade dos preços do boi magro e da arroba do boi gordo representa uma barreira de mercado significativa, visto que afeta diretamente o fluxo de receita do produtor e compromete a previsibilidade do retorno sobre o investimento. Trata-se de um risco intrínseco do setor, cujos preços são influenciados por fatores macroeconômicos exógenos, sobre os quais o produtor tem pouca capacidade de intervenção. Nesse contexto, políticas de estabilidade e instrumentos de proteção de preços, como contratos futuros, podem contribuir para mitigar os

<sup>36</sup> A análise da aplicação desses recursos não evidencia melhorias significativas na qualidade das pastagens nem mudanças expressivas no uso da terra, o que aponta para limitações na gestão e na efetividade dos financiamentos concedidos.



riscos e garantir maior segurança na receita, desde que acompanhados de capacitação técnica para sua correta utilização.

Do ponto de vista econômico-financeiro, os custos de recuperação de áreas degradadas e o elevado investimento inicial necessário, especialmente quando há necessidade de aquisição de máquinas e equipamentos, representam um obstáculo relevante. Essa barreira é ainda mais crítica para pequenos pecuaristas, pois o valor do investimento inicial tende a ser desproporcional aos retornos esperados no curto e médio prazo. A limitação de capital próprio e o acesso restrito a crédito de longo prazo com condições favoráveis dificultam a adoção de tecnologias. A linha de financiamento Renovagro, por exemplo, oferece taxas mais baixas para projetos de recuperação de pastagens, porém possui cobertura limitada em até 30% do custo com equipamentos, o componente mais oneroso para o pequeno produtor, limitando o potencial de incentivo a projetos de recuperação para esse público. Nesse cenário, torna-se essencial o apoio público ou a estruturação de modelos cooperativos que permitam a diluição do CAPEX.

Culturalmente, observa-se uma resistência à adoção de práticas de manejo mais técnicas e de retorno a longo prazo, as quais demandam mudanças na rotina produtiva e maior nível de planejamento. A pecuária brasileira ainda é marcada pelo uso extensivo da terra, com baixa incorporação de tecnologias e intervenções corretivas apenas após perdas significativas de produtividade (CARLOS *et al.*, 2022). A carência de conhecimento técnico no meio rural intensifica as dificuldades na implementação de práticas adequadas de manejo de solo e adubação. Esses fatores sociais e culturais atuam de forma interligada, limitando a difusão de tecnologias mesmo quando há viabilidade técnica e econômica.

Por fim, a barreira tecnológico-operacional está relacionada à limitação de acesso a equipamentos adequados, assistência e capacitação técnica para o uso eficiente dos insumos e práticas recomendadas. Em pequenas propriedades, a baixa escala de produção reduz o incentivo econômico para a aquisição de maquinário próprio, tornando o acesso à tecnologia dependente de cooperativas, associações ou prestadores de serviços especializados. Essa dificuldade é agravada pela ausência de padronização nos processos de recuperação de pastagens, que exigem conhecimento específico sobre as condições físico-químicas do solo, frequentemente demandando avaliações técnicas especializadas.

A recuperação de pastagens em pequenas propriedades exige uma abordagem integrada, que considere não apenas os aspectos técnicos da cadeia produtiva, mas também os econômicos, sociais e culturais. A superação dessas barreiras passa pela articulação entre políticas públicas eficazes, acesso facilitado ao crédito, fortalecimento de cooperativas e programas de capacitação técnica. Ao mesmo tempo, é necessário enfrentar os riscos de mercado da pecuária de corte, como a volatilidade de preços, exigências sanitárias e instabilidades climáticas, por meio de planejamento, diversificação estratégica e gestão eficiente.



## Destaques

Atualmente, a crescente demanda por carne bovina, aliada à necessidade de intensificar a produção sem expandir áreas de pastagem, tem impulsionado o interesse pela recuperação de pastagens degradadas. No entanto, apesar de sua relevância, essa prática ainda enfrenta baixa adesão, principalmente devido aos elevados custos envolvidos, além de entraves no âmbito técnico e cultural. Por consequência, muitos produtores optam por manter sistemas extensivos convencionais, mesmo que menos eficientes e sustentáveis a longo prazo. Para romper esse ciclo, é necessário combinar fatores econômicos e técnicos que estimulem a adoção da prática.

O pastejo rotacionado surge como uma estratégia adicional que permite o uso mais eficiente da forragem disponível, promovendo períodos de descanso para o solo e para as plantas forrageiras. Essa técnica contribui para a recuperação gradual da cobertura vegetal, melhora a infiltração de água e reduz a compactação do solo. Desse modo, com planejamento adequado, o pastejo rotacionado pode ser implementado com baixo investimento inicial, especialmente quando associado ao manejo estratégico, tornando-se uma alternativa acessível para pequenos e médios produtores que buscam recuperar suas pastagens sem comprometer a viabilidade econômica da propriedade.

Adicionalmente, a intensificação da pecuária pode ser associada à recuperação de pastagem para aumentar a produtividade sem ampliar a área de pastagem, contribuindo diretamente para a manutenção do vigor das áreas. Ao otimizar o uso do solo e melhorar o desempenho animal por hectare, essa estratégia permite diluir custos fixos e aumentar a rentabilidade. Além disso, práticas intensivas favorecem o controle mais eficiente da vegetação invasora e a melhoria da fertilidade do solo, criando condições mais favoráveis para a reestruturação das pastagens.

Os sistemas de integração, como lavoura-pecuária (ILP) e lavoura-pecuária-floresta (ILPF), desempenham uma alternativa viável e sustentável na recuperação de pastagens degradadas, visto que integram diferentes atividades produtivas em uma mesma área, logo, propiciam a diversificação de fontes de renda e o aumento da resiliência produtiva. Ademais, a prática ocasiona benefícios relacionados à fertilidade do solo, em que a cultura anual normalmente aporta nutrientes, enquanto a pastagem aporta grande quantidade de matéria orgânica, o que traz melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo, reduzindo, assim, os custos com manejo de fertilizantes e corretivos.

Por fim, a recuperação de pastagens degradadas contribui significativamente para a mitigação das emissões de GEE e promovem o sequestro de carbono no solo (MAIO, 2021). Conforme demonstrado por CARLOS *et al.* (2022), a transição de áreas degradadas em todo o território nacional para pastagens recuperadas tem potencial para acumular até 6.028 MtCO<sub>2</sub>e no solo até 2030. Esse volume seria suficiente para neutralizar as emissões do setor de LULUCF, além de gerar créditos de carbono que poderiam ser comercializados no mercado voluntário



ou regulado, por meio de mecanismos como o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA). Ressalta-se, no entanto, que a geração de créditos de carbono não é um processo trivial, visto que requer rigor técnico na mensuração, verificação e certificação do carbono removido ou evitado, além de conformidade com metodologias reconhecidas internacionalmente. A complexidade dos processos de validação, os custos envolvidos e a necessidade de monitoramento contínuo podem representar barreiras para pequenos produtores. Portanto, embora o crédito de carbono represente uma oportunidade relevante para a recuperação de pastagens, sua implementação demanda planejamento, capacitação técnica e apoio institucional para garantir a efetividade e a credibilidade dos resultados.

Nesse cenário, a Invest Minas pode assumir um papel estratégico ao promover a conexão entre as demandas dos produtores rurais e as oportunidades oferecidas pelos agentes financeiros, incentivando ações de capacitação e assistência técnica para diferentes estratégias de produção e recuperação da pastagem. Sua atuação como articulador entre os setores público e privado é importante para fortalecer a competitividade do agronegócio, especialmente entre os pequenos produtores, além de colaborar diretamente para o alcance das metas estabelecidas PLAC-MG.

## Estudo de Caso 3 - Uso do carvão vegetal na indústria de Minas Gerais

### Contextualização

O presente caso analisa previamente a viabilidade econômico-financeira da implantação de uma planta de produção de carvão vegetal destinada ao abastecimento do setor industrial no estado de Minas Gerais. O carvão vegetal, derivado da biomassa, é obtido por meio da queima parcial ou carbonização<sup>37</sup> da madeira. O Brasil é o maior produtor mundial (IBÁ, 2024; MMA, 2019), com um volume de 6,7 milhões de toneladas em 2023, seguido pela Etiópia, com 5,9 milhões, e pela Nigéria, com 4,9 milhões.

A ampliação do uso do carvão vegetal como substituto parcial de combustíveis fósseis em diversos setores industriais é uma das ações delineadas pelo PLAC-MG. Sua importância reside em ser uma fonte renovável, que, além de ter baixo teor de cinzas, praticamente não possui enxofre e fósforo em sua composição. Na produção de aço, seu principal demandante, ele é utilizado como substituto ao coque de petróleo, sendo que 11% da produção nacional ocorre por meio da rota integrada a carvão vegetal (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2021). O uso do carvão vegetal como biorredutor, configura uma tecnologia eficaz para a produção de aço com neutralização de carbono (BNDES, 2024a). Já no setor de cimento, uma das principais

---

<sup>37</sup> A carbonização é um processo termoquímico de pirólise controlada no qual a madeira é submetida a aquecimento que varia entre 450° e 550° C em ambiente fechado, com condições de baixa ou nenhuma presença de oxigênio.



fontes de biomassa empregadas é a moinha de carvão vegetal, formada por resíduos do carvão vegetal provenientes das usinas de ferro-gusa (Visedo; Pecchio, 2019).

Apesar de seu amplo uso industrial, a viabilidade do carvão vegetal como redutor ou combustível alternativo em larga escala depende de fatores centrais, como a garantia de suprimento, a disponibilidade de áreas para o plantio de florestas, barreiras regulatórias como o licenciamento de atividades florestais e aspectos técnicos, entre os quais a menor resistência do carvão vegetal em comparação ao coque de carvão metalúrgico (BNDES, 2024).

A maior parte da produção de carvão vegetal no Brasil é destinada ao mercado interno e utiliza, predominantemente, madeira de florestas plantadas e manejadas de forma responsável. Mais de 90% do carvão vegetal produzido no país tem como matéria-prima madeira proveniente de florestas plantadas certificadas, o que representa um fator essencial para o uso sustentável e para a prevenção da exploração predatória de florestas nativas (Santos; Hatakeyama, 2012; Schmid *et al.*, 2024).

O estado de Minas Gerais é o maior produtor de carvão vegetal no país, respondendo por 88,1% da oferta nacional, conforme mostrado na

Figura 57: Principais estados produtores de Carvão Vegetal no Brasil em 2023

(IBGE, 2024). Em números absolutos, a produção estadual atingiu a marca de aproximadamente 6 milhões de toneladas em 2023, seguido pelo estado do Maranhão, com 204 mil toneladas no mesmo período. Essa concentração em Minas Gerais decorre da existência de um forte mercado consumidor, impulsionado principalmente pelo setor siderúrgico, mas também pela demanda dos setores de cimento e de ferroligas.

Minas Gerais se destaca como o maior produtor do Brasil tanto na indústria siderúrgica quanto na indústria de cimento. No primeiro caso, em 2024 o estado foi responsável por 30% da produção nacional, com mais de 10 milhões de toneladas produzidas de aço bruto (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2025). Já em relação a produção de cimento portland, o estado registrou, em 2023, 20 milhões de toneladas, também correspondendo a 30% da produção nacional (SNIC, 2023). A presença de parques produtivos consolidados em ambos os setores gera uma demanda contínua por carvão vegetal. Destaca-se ainda a atuação de grandes



empresas instaladas no estado, como Gerdau, ArcelorMittal, Vallourec, Aperam e Usiminas, entre outras.

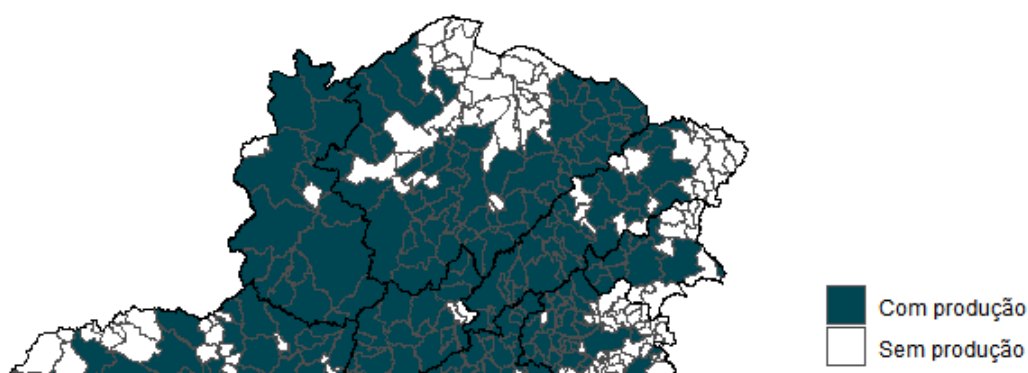
Figura 57: Principais estados produtores de Carvão Vegetal no Brasil em 2023



Fonte: IBGE, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2024)

A Figura 58 apresenta a distribuição geográfica dos municípios produtores de carvão vegetal em Minas Gerais. Entre os 853 municípios do estado, 486 (cerca de 57%) possuem produção de carvão vegetal. O município de João Pinheiro, localizado na mesorregião Noroeste de Minas, é o maior produtor do estado, com mais de 437,2 mil toneladas produzidas em 2023, gerando um valor de R\$ 524,7 milhões, correspondente a 91,2% da produção silvicultural do município (IBGE, 2024). Entre as mesorregiões, a Norte de Minas é a principal produtora com 1,7 milhão de toneladas em 2023, resultando em R\$ 1,8 bilhão para a região.

Figura 58: Distribuição geográfica da produção de carvão vegetal no estado de Minas Gerai



Fonte: IBGE, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2024)

Em relação ao valor de produção na silvicultura<sup>38</sup>, a

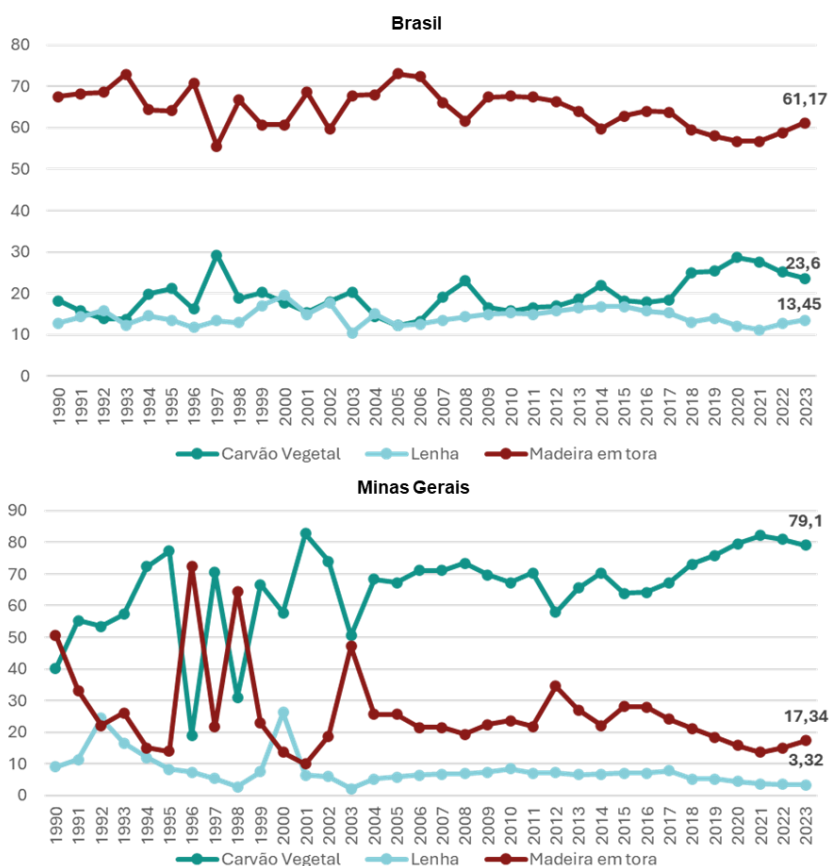
Figura 59 evidencia uma dinâmica distinta entre o padrão nacional e o padrão de Minas Gerais. Em termos percentuais, no Brasil, o setor da madeira em tora (que compreende o uso para papel e celulose e outras finalidades) representa a maior parcela da produção nacional, respondendo por cerca de 61,2% de seu valor total em 2023 (R\$ 19,4 bilhões em termos nominais). O carvão vegetal, por sua vez, respondeu por 23,6% do valor da silvicultura nacional no mesmo ano, somando R\$ 7,5 bilhões, o que representou um crescimento de 6,5% em relação a 2022. Já em Minas Gerais, desde o final da década de 1990, a dinâmica produtiva do setor se modificou, com o carvão vegetal tornando-se a principal fonte de valor na silvicultura estadual. Em 2023, mais de 79% do valor total produzido foi proveniente dessa atividade. Em termos nominais, dos R\$ 8,3 bilhões gerados, mais de R\$ 6,5 bilhões tiveram origem na produção de carvão vegetal (IBGE, 2024).

Figura 59: Valor percentual da produção na silvicultura no Brasil e Minas Gerais (1990-2023)

---

<sup>38</sup> Para o IBGE, silvicultura compreende toda formação florestal existente para fins de produção no município que tenha sido plantada e conduzida até a colheita pela ação do homem, compreendendo cascas de acácia-negra, folha de eucalipto, resina, além da produção de carvão vegetal, lenha e madeira em tora.





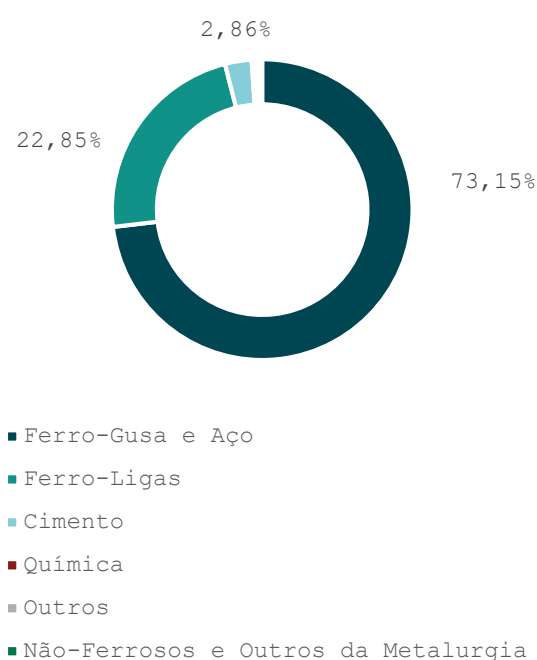
Fonte: IBGE – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (2024)

A oferta interna de energia proveniente de fontes renováveis no Brasil vem crescendo ao longo do tempo. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2024 (EPE, 2025), a energia renovável representou 50% da oferta energética total do país, enquanto em 2015 essa participação era de 41,5%. Entre essas fontes, a lenha e o carvão vegetal corresponderam, nos últimos 10 anos, a cerca de 8% a 9% da oferta interna no país.



Como mencionado anteriormente, o uso do carvão vegetal no Brasil é majoritariamente destinado ao setor industrial. Em 2024, cerca de 89% da produção foi direcionada a atividades industriais, totalizando um consumo de 5,6 milhões de toneladas no ano. A Figura 60 apresenta a distribuição desse consumo, destacando que o setor de ferro-gusa e aço responde por 73,15%, seguido pelo setor de ferroligas, com 22,85%, enquanto o setor de cimento consome apenas 2,86% do carvão vegetal produzido (EPE, 2025). Embora o carvão vegetal represente uma biomassa promissora para substituir o carvão mineral nos fornos na indústria de cimento, devido à sua equivalência energética, ainda existem barreiras para sua implementação em larga escala. Entre os principais desafios destacam-se a necessidade de oferta contínua e em grande escala, a logística integrada entre a produção de carvão vegetal e a indústria cimenteira, além do custo adicional que o seu uso tem em comparação aos combustíveis fósseis.

Figura 60: Consumo por setor industrial de carvão vegetal em 2024



Fonte: Balanço Energético Nacional 2025 (Ano Base 2024).

Entre as principais espécies de florestas plantadas no Brasil, destaca-se o eucalipto, que em 2023 contava com 7,5 milhões de hectares de área total para cultivo, representando 78% da área total disponível no país (IBGE, 2024). Já no estado de Minas Gerais, essa concentração é ainda maior, atingindo 97,5% da área total disponível, com um pouco mais de 2 milhões de hectares. Ressalta-se que Minas Gerais possui 27,5% da área total para cultivo de eucalipto no país.

Em função da necessidade de redução do uso de carvão vegetal provenientes de florestas nativas, o eucalipto consolidou-se como a principal espécie utilizada nas unidades de



produção, respondendo por cerca de 99% da madeira empregada na produção nacional. Em Minas Gerais, o eucalipto é a base de toda a produção estadual (IBGE, 2024). Entre os principais motivos para a eficiência do eucalipto na produção de carvão vegetal, destacam-se a rusticidade, a produtividade e as características da madeira. Quando cultivado de forma adequada, o reflorestamento de eucalipto gera árvores de troncos retos e uniformes, além de madeira com massa específica adequada para a produção de carvão vegetal de boa qualidade (Santos; Hatakeyama, 2012)

O crescimento da demanda por carvão vegetal está intrinsecamente ligado à manutenção e expansão do seu uso na indústria de aço, assim como à sua adoção em outros setores, como o de cimento (Schmid *et al.*, 2024). Para Caldas *et al.* (2024), o uso de carvão vegetal na produção de cimento surge com um grande potencial de mitigação dos impactos ambientais do setor.

Apesar de ser um mercado consolidado, a produção de carvão vegetal ainda enfrenta desafios em sua cadeia produtiva. Primeiro, cerca de 65% da produção nacional de carvão vegetal é realizada por pequenos e médios produtores, o que revela um mercado fragmentado e dificulta a aplicação eficaz de regulamentações. Em segundo lugar, a produção de carvão vegetal é sensível às variações sazonais ao longo do ano. Em Minas Gerais, por exemplo, durante o período mais chuvoso, que ocorre no verão, a carbonização pode sofrer uma queda de 10% a 15%, devido à umidade excessiva<sup>39</sup>. Esse fator impacta, sobretudo, os fornos com tecnologias mais rudimentares, como os de alvenaria e não mecanizados, que são tecnologias consolidadas há anos na cadeia produtiva nacional e estadual. Além disso, o transporte é afetado por conta da baixa infraestrutura em algumas localidades, impactando a oferta de carvão vegetal no mercado (Schmid *et al.*, 2024).

Na literatura, existem estudos que analisaram a viabilidade técnico-econômica de diferentes processos para a produção de carvão vegetal. Um desses estudos avaliou três sistemas produtivos de carvão vegetal: os fornos tradicionais do tipo rabo-quente, fornos retangulares em alvenaria e fornos cilíndricos metálicos. Os autores encontram que o sistema mais viável são os fornos cilíndricos metálicos, que, apesar do CAPEX e custo com eletricidade elevados, resultou em reduções de custos operacionais devido ao aumento no rendimento do processo de carbonização (Silva *et al.*, 2014). Já a CGEE (2015) analisou a viabilidade econômica de quatro fornos para uma planta com capacidade produtiva de 12.000 toneladas por ano. Os autores encontram que fornos com tecnologias *Drying, Pyrolysis, Cooling* (DPC) e Ondatec apresentaram um VPL cerca de 14% superior às tecnologias de forno retangular e Bricarbras.

---

<sup>39</sup> Segundo o MMA (2019), o ideal é que o teor de umidade da madeira a ser carbonizada esteja em torno de 30% a 40%. Madeiras com uma umidade acima desse percentual são consideradas “verdes”, não sendo indicadas para a produção de carvão vegetal, pois a umidade afeta o rendimento gravimétrico e consequentemente a qualidade do carvão.



Diante disso, a adoção de novas práticas e sistemas de produção que reduzam esses riscos e aumentem a eficiência do processo produtivo do carvão vegetal são essenciais para o avanço do setor. Variáveis como o rendimento gravimétrico, a produtividade dos fornos e a redução ao máximo das emissões associadas ao processo constituem elementos centrais para reduzir a necessidade de uso de florestas nativas em toda cadeia produtiva.

## Premissas adotadas

O projeto em análise consiste na criação de uma unidade de produção de carvão vegetal, com capacidade de produção de 15.000 toneladas por ano, no estado de Minas Gerais. A planta tem como objetivo atender à demanda consolidada de carvão vegetal no estado, sobretudo da indústria siderúrgica, uma das principais demandantes desse insumo. Entretanto, o estudo busca analisar a viabilidade econômica de um sistema produtivo mais eficiente, de modo a facilitar a expansão do uso do carvão vegetal também em outros setores industriais.

A estrutura de custos do projeto foi dividida em duas categorias principais: CAPEX e OPEX. Entretanto, o projeto não envolve apenas a viabilidade do processo de carbonização da madeira em carvão vegetal, mas também considera os custos associados à floresta plantada necessária para abastecer a produção. Adotou-se um ciclo de 7 anos para o corte da floresta plantada (Raad, 2018). Além do custo com plantio e manutenção da terra, o processo de produção da madeira envolve as seguintes etapas: colheita, arraste, desdobra e transporte.

Segundo Raad (2018), além do plantio das florestas, a transformação da madeira em carvão vegetal inclui três etapas chaves: a colheita das florestas, que podem ser feitas manualmente com motosserras ou de forma mecanizada; o processo de transporte das toras de madeira e, por fim, o processo de carbonização da madeira. Nesta etapa, são utilizadas diferentes tecnologias de fornos, incluindo fornos de alvenaria (circulares e retangulares), fornos metálicos e tecnologias híbridas, que combinam fornos de alvenaria com partes metálicas.

Entre as espécies de madeiras possíveis para a produção do carvão vegetal, optou-se pelo eucalipto, por ser adaptável a diferentes ecossistemas, apresentar alta produtividade e possuir uma elevada densidade básica, requisitos essenciais para garantir a produção do carvão com alto teor de carbono fixo, bom rendimento gravimétrico e poder calorífico elevado. Segundo o MMA (2019), diversos fatores podem afetar a qualidade do carvão vegetal durante o seu processo produtivo e que precisam ser foco de atenção, entre eles pode-se destacar:

- qualidade da matéria-prima (madeira);
- dimensões da madeira (diâmetro e comprimento);
- tipo e o estado de conservação do forno;
- parâmetros do processo de carbonização (taxa de aquecimento e temperatura final).



O presente projeto foi idealizado para ter uma capacidade de produção de 15.000 toneladas por ano. Para atender a essa capacidade, foram adotadas as seguintes premissas-chave: capacidade de processamento de 75.000 mil m<sup>3</sup> anuais de madeira em volume sólido; densidade da madeira igual a 500 kg/m<sup>3</sup>,<sup>40</sup> resultando em 37.500 toneladas anuais de massa de madeira. Considerando um rendimento gravimétrico ideal de 40% no processo de carbonização (CGEE, 2015), a unidade de produção atinge a capacidade projetada de toneladas por ano do projeto. Para essa produção, será necessária uma área plantada de 2.500 hectares. Ressalta-se que, segundo a Deliberação Normativa Nº 217<sup>41</sup> do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) de Minas Gerais, a planta é classificada como de médio porte. O Quadro 19 apresenta todas as características gerais do projeto.

Quadro 19: Considerações gerais sobre o projeto

Projeto	Implantação de uma planta de carvão vegetal para abastecimento do setor industrial de Minas Gerais
Aplicação	Uso do carvão vegetal como substituto parcial de agentes redutores fósseis e/ou fonte de combustível na indústria
Localização	Norte de Minas Gerais
Área plantada	2.500 hectares
Período de formação da floresta plantada	7 anos
Densidade da madeira	500 kg/m <sup>3</sup>
Volume de madeira processada	75.000 m <sup>3</sup> por ano
Massa de madeira necessária	37.500 toneladas por ano
Capacidade de produção de carvão vegetal	15.000 toneladas por ano
Tipo de tecnologia	Forno com tecnologia Ondatec
Tempo do projeto	20 anos
Ciclo de produção	2 rotações de produção

Fonte: Elaboração própria.

A produção do carvão vegetal é dependente do tipo de forno empregado em seu processo. Grande parte da produção nacional ainda é realizada em fornos rudimentares de alvenaria,

<sup>40</sup> IWAKIRI *et al.* (2013) analisam a densidade básica de diferentes espécies de eucalipto, encontrando uma densidade que varia entre 436 kg/m<sup>3</sup> e 687 kg/m<sup>3</sup>.

<sup>41</sup> Segundo a Deliberação Normativa COPAM Nº 217 de 06 de dezembro de 2017, a produção de carvão vegetal oriunda de floresta plantadas tem a seguinte classificação de porte: Pequeno Porte: 50.000 mdc/ano < Produção Nominal < 75.000 mdc/ano; Médio Porte: 75.000 mdc/ano ≤ Produção Nominal ≤ 100.000 mdc/ano; e Grande Porte: Produção Nominal > 100.000 mdc/ano.



do tipo “rabo-quente”, utilizados por pequenos e médios produtores e que possuem baixo rendimento gravimétrico (OLIVEIRA *et al.*, 2017). No presente projeto, adotou-se o uso de um forno do tipo metálico com tecnologia Ondatec, que apesar de apresentar custos mais elevados em relação às tecnologias tradicionais, traz ganho de eficiência para a unidade de produção.

O forno Ondatec para a produção de carvão vegetal foi uma das tecnologias selecionadas pelo projeto liderado pelo MCTI, intitulado “Avaliação das Necessidades Tecnológicas para Implementação de Planos de Ação Climática no Brasil” (MCTI, 2021), evidenciando a convergência entre sua aplicação e as ações de políticas climáticas do país. Segundo o MCTI (2021), a tecnologia Ondatec foi classificada com de maturidade tecnológica média-alta e apresentou bom desempenho nos critérios de avaliação definidos pelo projeto. O forno consiste em uma estrutura horizontal metálica equipado com uma esteira rolante, na qual a madeira recebe energia das micro-ondas para sua pirólise, energia essa proveniente do sistema magnetron (RAAD, 2018). De forma distinta dos fornos mais tradicionais, o Ondatec dispõe de um sistema moderno de monitoramento e controle de qualidade do carvão vegetal, o que contribui para elevar o padrão do produto final.

O principal indicador de eficiência no processo de carbonização da madeira é o rendimento gravimétrico. Esse rendimento é definido como a relação entre a massa de carvão vegetal produzida e a massa de madeira seca necessária para o processo de carbonização. Logo, um maior rendimento significa uma menor perda de matéria-prima e maior aproveitamento no processo produtivo. Fornos tradicionais de alvenaria, nos modelos circular e retangular, normalmente apresentam rendimento gravimétrico entre 20 e 30%, sendo 26% equivalente à média nacional (RAAD, 2018). Entretanto, o forno com tecnologia Ondatec apresenta produtividade mais elevada, alcançando um rendimento gravimétrico de 40% (CGEE, 2015). A Tabela 9 apresenta as principais especificações e premissas técnicas do forno utilizado.

Tabela 9: Especificações e premissas técnicas do Forno com tecnologia Ondatec

Especificações	Forno
Tecnologia	Ondatec
Preço	R\$ 1,5 milhão
Rendimento gravimétrico	40%
Vida útil do forno	10-15 anos
Capacidade de produção por forno	3.000 toneladas por ano
Quantidade de fornos necessários	5
Ciclo de produção/fornada	3 horas
Fator de empilhamento	68,5%

Fonte: Elaboração própria com base em CGEE (2015) e Raad (2018).



Após um crescimento acentuado do preço do carvão vegetal entre 2015 e 2023<sup>42</sup>, o preço tanto no Brasil quanto em Minas Gerais vem apresentando queda nos últimos anos. Com base nos dados da Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA), a Tabela 10 apresenta o preço médio praticado no estado entre janeiro e agosto de 2025. A média de preço das mesorregiões com dados disponíveis no estado foi de R\$ 349,00 por metro cúbico de carvão vegetal. Entretanto, para a elaboração da receita anual do projeto, esse preço foi convertido para toneladas por ano, resultando em um preço médio de R\$ 698,00 por tonelada de carvão vegetal.

Tabela 10: Preço do Carvão Vegetal em Minas Gerais (R\$/m<sup>3</sup>) de janeiro – agosto de 2025

Mesorregião	Jan/25	Fev/25	Mar/25	Abr/25	Mai/25	Jun/25	Jul/25	Ago/25
Central Mineira	350	364	359	346	357	334	351	321
Jequitinhonha	351	380	339	315	351	300	327	300
Metropolitana de BH	376	397	387	365	354	352	352	292
Norte de Minas	349	360	358	349	341	326	338	324
Centro Oeste	384	380	381	373	363	354	354	330
Zona da Mata	322	343	345	337	339	346	348	330
Noroeste	373	391	377	354	354	350	347	328
Preço Médio	358	374	364	348	351	337	345	314

Fonte: Elaboração própria com base em SEAPA (2025).

Nota: Valores efetivamente pagos pelos compradores, impostos/frete inclusos

A execução do projeto está prevista para um horizonte de 20 anos, tendo 2025 como ano inicial e 2045 como ano final. Os sete primeiros anos correspondem ao ciclo de desenvolvimento da floresta plantada, período em que não há geração de receita em razão da fase de crescimento e formação da biomassa necessária ao processo. A partir do oitavo ano, inicia-se a produção de carvão vegetal, possibilitando a entrada de receitas. Nesse intervalo de 20 anos, o projeto contempla duas rotações completas de cultivo e produção, assegurando a continuidade do abastecimento e a sustentabilidade do modelo produtivo.

## Avaliação econômico-financeira

A avaliação teve como objetivo mensurar a atratividade do investimento produtivo para atender o mercado demandante de carvão vegetal no estado de Minas Gerais. O projeto de fabricação de carvão vegetal se mostrou financeiramente viável no cenário base, com VPL positivo em aproximadamente R\$ 2,79 milhões e uma Taxa Interna de Retorno (TIR) de

<sup>42</sup> O preço médio do carvão vegetal (R\$/t) no estado de Minas Gerais passou de R\$ 454,80/t em 2015, para R\$ 1094,40/t em 2023. Já em âmbito nacional, o preço passou de R\$470,60/t em 2015, para R\$ 1105,70/t.



12,79%. Como é possível notar na Tabela 11, a TIR fica abaixo do custo de capital próprio no início do projeto, devido à sua estrutura de financiamento. Conforme as dívidas vão sendo amortizadas, o custo de capital próprio é reduzido e superado pela TIR. Isso implica que o investidor incorre maiores riscos no início do projeto, dado que parte do lucro operacional é destinado ao pagamento dos juros da dívida e não à distribuição de dividendos. Com a redução do endividamento, entretanto, há maior disponibilidade de recursos para o investidor.

Tabela 11: Resumo dos resultados financeiros

Item	Unidade	Valor estimado
Período de análise	anos	20
Receita Bruta Média	R\$ MM	5,47
CAPEX total	R\$ MM	14,9
OPEX total	R\$ MM	62,2
EBITDA médio	R\$ MM	1,61
Margem EBITDA	%	37,03
TIR	%	12,79
VPL Acionista	R\$ MM	2,79
Custo de capital próprio (ano 0)	%	16,81
Custo de capital próprio (ano 20)	%	9,63

Fonte: Elaboração própria

Destaca-se o longo período de investimento inicial para o plantio florestal, o que afeta a temporalidade da geração de receita, dado que o primeiro ciclo de corte do eucalipto acontece após 7 anos do plantio. Essa característica do empreendimento faz com que os primeiros anos do fluxo de caixa do projeto sejam negativos. A partir do sétimo ano, quando o projeto passa a gerar receita por meio da venda do carvão vegetal, as receitas superam os custos e demais saídas de caixa, indicando viabilidade operacional do empreendimento. Adicionalmente, os fluxos de caixa gerados a partir do sétimo ano são suficientes para remunerar os credores e os acionistas, o que garante a viabilidade financeira do negócio.

O tempo de retorno do projeto pode ser considerado elevado, sendo necessários 11 anos para que o projeto passe a gerar retorno (*payback*), o que pode elevar a percepção de risco dos investidores em relação ao projeto. Esse longo ciclo de investimento ressalta a relevância de estruturas de financiamento de longo prazo para que o projeto seja implementado.

Além do longo ciclo de retorno, o volume de investimento estimado, aproximadamente R\$ 3,16 milhões para o plantio da floresta no ano de implementação e R\$ 11,75 milhões para as atividades de carbonização, pode representar uma barreira de entrada para alguns empreendedores. Esse fator contribui para a necessidade de financiamento para a atividade,



especialmente para produtores independentes que não estejam vinculados a grandes grupos, como os dos setores cimenteiro ou siderúrgico.

Dessa forma, estruturas de financiamento ou mesmo de garantias são fundamentais para a implementação de projetos dessa natureza, reduzindo possíveis restrições financeiras dos empreendedores e ajudando a mitigar o risco do projeto.

## **Análise de sensibilidade e possíveis cenários**

Sob as condições estabelecidas, o VPL do projeto no Cenário Base é positivo. Dessa forma, a análise de cenário se concentrará em elementos de risco que podem reduzir a atratividade ou inviabilizar o investimento. Em todos os cenários, as variáveis foram ajustadas (“estressadas”) até que o VPL atingisse zero, considerado o limiar da viabilidade econômico-financeira. As principais variáveis identificadas como críticas para a viabilidade do empreendimento foram: o rendimento gravimétrico; a densidade da madeira; e o preço do carvão. Todas as variáveis afetam a receita bruta do projeto.

Os cenários alternativos considerados foram:

- Cenário 1: redução do rendimento gravimétrico;
- Cenário 2: redução da densidade da madeira;
- Cenário 3: redução do preço do carvão;
- Cenário 4: combinação dos demais cenários.

Como pode ser observado, o Quadro 20 apresenta as variáveis consideradas na construção dos cenários para determinar a viabilidade econômica do projeto. A redução no preço do carvão vegetal considerada no Cenário 1 pode ocorrer caso a indústria siderúrgica, grande demandante desse material, mude sua rota tecnológica para a redução do uso de carvão vegetal, usando, por exemplo, o hidrogênio como agente redutor no seu processo. Com essa redução da demanda, é possível que os preços do carvão vegetal também variem na mesma direção.

Os Cenários 2 e 3, por sua vez, consideram variações na qualidade da madeira, matéria-prima do carvão, que podem comprometer a geração de receita do projeto. Caso a madeira possua maior concentração de hemiceluloses, é possível que o seu rendimento gravimétrico seja menor, o que pode reduzir a quantidade de carvão gerado e, conseqüentemente, a receita por metro cúbico de madeira produzida. Além da composição química da madeira, as variações na temperatura e eficiência do forno também podem causar variações no rendimento. Da mesma maneira, a densidade da madeira pode variar de acordo com a sua composição química, também afetando a produção de carvão a cada metro cúbico de madeira produzida.

Essas variações de fatores mercadológicos e técnicos tendem a afetar a viabilidade do empreendimento, sendo fatores de risco a serem acompanhados continuamente durante a



execução do projeto. O Cenário 4 foi estruturado para ilustrar a simultaneidade e interação desses fatores, demonstrando que pequenas variações combinadas entre eles podem comprometer a viabilidade do projeto.

Quadro 20: Cenários alternativos de implantação do projeto

Cenários	Redução no rendimento gravimétrico	Redução da densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Redução no preço do carvão (R\$/ton)
Cenário 1	✓	✗	✗
Cenário 2	✗	✓	✗
Cenário 3	✗	✗	✓
Cenário 4	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 12 apresenta os cenários elaborados para o presente caso. O Cenário 1 estima o limite mínimo para o rendimento gravimétrico da carbonização. Uma conversão da madeira em carvão abaixo de 36,05% inviabilizaria o projeto, devido à queda na quantidade de carvão produzido e à consequente redução da receita bruta do projeto. Da mesma forma, no Cenário 2, quanto menos densa for a madeira, pior será a viabilidade do empreendimento, sendo o limite mínimo da densidade igual a 450,57 kg/m<sup>3</sup>.

No Cenário 3, uma redução acima de 9,89% no preço do carvão vegetal ao longo de todo o período do fluxo de caixa seria suficiente para tornar o VPL negativo. Ou seja, caso o preço, em vez de se manter constante em R\$ 698 por tonelada de carvão, permanecesse abaixo de R\$ 629,00 por tonelada no período, o projeto deixaria de ser atrativo. Esse valor pode ser considerado como o limite mínimo de preço do carvão vegetal para que o projeto seja financeiramente viável. Quando combinadas, as variações dos fatores analisados tornam-se ainda mais sensíveis, como demonstrado no Cenário 4. Caso todos os fatores sejam impactados negativamente, com o preço do carvão reduzido em 3,41%, (de R\$ 698/ton para R\$ 674,2/ton), o rendimento gravimétrico diminuindo 1,36% e a densidade sendo aproximadamente 3,41% menor, a viabilidade do projeto atingiria o limite do aceitável, com o VPL igual a zero.

Tabela 12: Resultado dos Cenários

Cenários	Preço do carvão (R\$/ton)	Rendimento gravimétrico	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )
Cenário de Referência	698,00	40,00%	500,00
Cenário 1	698,00	36,05%	500,00
Cenário 2	698,00	40,00%	450,57



Cenário 3	629,00	40,00%	500,00
Cenário 4	674,20	38,64%	482,95

Fonte: Elaboração própria.

Naturalmente, é possível também que esses fatores variem em direções opostas. Ou seja, é possível que o preço do carvão seja reduzido e que o rendimento gravimétrico ou a densidade da madeira aumentem. De fato, caso as espécies plantadas no estado apresentem maior rendimento gravimétrico e/ou densidade, é possível que o aumento da oferta local pode levar a redução do preço do carvão. Nesse caso, os efeitos tenderiam a ser compensados um pelo outro e a redução de atratividade do projeto mitigada.

Em projetos de pequena escala, que não afetam o preço do bem vendido, a viabilidade da produção do carvão dependerá, portanto, principalmente da tecnologia adotada e da produtividade do carvoejamento, o que reforça a necessidade de investimento na modernização das indústrias de carvão vegetal no estado, inclusive para a redução da demanda por terra para aumento da área de floresta plantada no estado.

## Modelos de negócio e financiamento

Como o VPL desse projeto foi positivo, a indicação se faz pela atratividade na execução das previsões realizadas, onde os retornos esperados irão superar o custo inicial do capital investido. Nos primeiros sete anos de execução, o projeto não tem capacidade de gerar receita e o CAPEX é composto pelas demandas iniciais com a compra da infraestrutura básica, tanto para a fase de produção da floresta plantada, quanto para a aquisição dos equipamentos para a carbonização da madeira. Porém, o VPL positivo reforça e indica que o valor que será gerado é suficiente para cobrir os custos iniciais dos primeiros sete anos, confirmando a rentabilidade de longo prazo do estudo.

Empréstimos e financiamentos são as duas formas mais comuns de gerar recursos para impulsionar projetos de inovação. No Brasil, existem diversos planos e programas voltados tanto ao fortalecimento da cadeia de produção industrial quanto à mitigação dos impactos climáticos, como apresentado no **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Porém, existem poucas linhas específicas para reformulação da produção de carvão vegetal, sendo a maioria das iniciativas de caráter mais amplo, podendo apenas incluir essa atividade entre seus beneficiários. O BNDES se destaca como o principal agente de apoio a projetos e programas com ênfase na resiliência ambiental, oferecendo linhas diretas para indústria verde e de baixo carbono, o que amplia as possibilidades de enquadramento e acesso aos benefícios. De forma complementar, a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) atua no fomento à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, especialmente em iniciativas de maior risco.



Quadro 21: Planos e programas relacionados a produção de carvão vegetal

Plano/Programa	Objetivo	Instrumentos/Mecanismos
BNDES - Indústria Verde	Apoia o desenvolvimento industrial sustentável e ambientalmente responsável mitigando as consequências do setor como a redução das emissões de GEE e o consumo de produtos não renováveis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de crédito de R\$ 250 bilhões até 2026;</li> <li>80% dos itens são financiados pelo programa.</li> </ul>
Fundo Clima via BNDES	Apoia projetos de investimento que promovam a produção industrial ambientalmente responsável.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Taxa de juros atrativa;</li> <li>R\$ 50 milhões por cliente a cada 12 meses;</li> <li>Prazos de financiamento de até 16 anos, incluindo até 5 anos de carência.</li> </ul>
BNDES Finame - Baixo Carbono	Financia a aquisição e a comercialização de máquinas e equipamentos que possuem maiores índices de eficiência energética e que contribuam para redução das emissões de GEE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>O BNDES participa do financiamento de até 100% do projeto</li> <li>tendo um total de 12 anos, sendo dois deles de carência para cumprir o prazo.</li> </ul>
FINEP – Mais Inovação Brasil	Financia projetos de inovação alinhados com a Nova Indústria Brasil, incluindo bioeconomia e descarbonização, garantindo recursos para próxima geração.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Financiamento reembolsável (empréstimo)</li> <li>R\$ 66 bilhões podendo financiar até 100% do projeto.</li> </ul>
Projeto Siderurgia Sustentável	Desenvolver uma cadeia de produção siderúrgica de baixa emissão de GEE, incentivando o uso de carvão sustentável como o carvão vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>R\$ 5 milhões para as entidades participantes;</li> <li>Promove assistência técnica e financeira para diversos tipos de projetos focados em carvão vegetal.</li> </ul>
BNDES – FINEM Meio Ambiente – Redução do uso de recursos naturais e materiais	Financia empreendimentos que promovam a ecoeficiência, utilizem insumos provenientes de fontes recicladas ou renováveis, ou voltados à produção de diversas tecnologias, como carvão vegetal.	<ul style="list-style-type: none"> <li>O BNDES participa do financiamento direto de 80-100% do projeto dependendo do tipo de escala realizada;</li> <li>O projeto pode ser pago em até 20 anos</li> </ul>
FINEP – Sustentabilidade	Apoia planos estratégicos de inovação focados no desenvolvimento de tecnologias que reduzam o consumo de recursos naturais.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Financiamento reembolsável (empréstimo) com as taxas de juros baseadas na Taxa Referencial e adição de bonificação conforme as condições de financiamento</li> </ul>



FINEP – Inovacred	Apoia empresas brasileiras no desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços visando ampliar a competitividade no âmbito regional ou nacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Financiamento reembolsável com recursos do FNDCT com valores de até R\$ 15 milhões com prazo total de 96 meses e até 24 meses de carência;</li> <li>• A rubrica de equipamentos (nacionais + importados) poderá representar até 70% e a rubrica de obras civis/instalações até 30% do valor total financiado.</li> </ul>
BDMG Verde	Viabiliza crédito para o estado de Minas Gerais que visa o financiamento de projetos que promovam a transição para uma economia verde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,9% ao ano + Selic;</li> <li>• Prazo de até 144 meses;</li> <li>• Carência de até 24 meses.</li> </ul>
Plataforma Brasil de Investimentos Climáticos e para a Transformação Ecológica (BIP)	Iniciativa liderada pelo Ministério da Fazenda em conjunto com outros ministérios e atuação do BNDES como plataforma, direcionada em mobilizar investimentos público e privado em projetos sustentáveis.	<p>Conecta projetos aos seguintes instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debêntures Incentivadas;</li> <li>• Eco Invest Brasil (linhas para hedge cambial, liquidez e <i>blended finance</i>);</li> <li>• Fundo Clima (crédito reembolsável via BNDES);</li> <li>• Acesso à Letra de Crédito do Desenvolvimento;</li> <li>• Taxas de juros competitivas;</li> <li>• Títulos soberanos sustentáveis.</li> </ul>
Industry Decarbonization Program (IDP) – Climate Investment Funds	Acelera a descarbonização de indústrias <i>hard-to-abate</i> em países em desenvolvimento por meio de financiamento concessiona de práticas mais sustentáveis, acelerando os investimentos em modelos de negócios e tecnologias com zero emissão de carbono.	Empréstimos concessionais, garantias subvenções ( <i>grants</i> ) e assistência canalizados via Bancos Multilaterais de Desenvolvimento (BMDs) em estruturas de <i>blended finance</i> .

Fonte: Elaboração própria com base em relatórios oficiais e informações dos planos.

Apesar da falta de linhas específicas para apoiar a inovação na produção de carvão vegetal, os programas de grande porte como os descritos no quadro englobam projetos impactantes, como o “Kit Siderurgia Sustentável”, através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), que foi realizado em Minas Gerais, em Sete Lagoas, e teve como objetivo o controle do processo de carbonização de carvão vegetal, atingindo uma redução de 366 toneladas de CO<sub>2</sub>. Outro projeto que alavancou a indústria de carvão vegetal foi o financiamento de mais de R\$ 1 bilhão pelo Banco Mundial para apoiar a produção sustentável de carvão vegetal no Brasil. Existem também editais para pessoas jurídicas nacionais que visam estimular o desenvolvimento de uma cadeia de carvão vegetal mais sustentável, como



o do SEBRAE junto com o SENAI e o SESI com o objetivo específico de reduzir os finos na cadeia de produção do aço.

O quadro acima não almeja discutir todas as opções de financiamento, mas sim demonstrar algumas das principais opções para o financiamento do estudo de caso em âmbito nacional e internacional. Além disso, destaca a ampla disponibilidade de recursos em nível nacional, que representam a maior parte das opções identificadas.

## Barreiras de entrada e oportunidades

Apesar do projeto de fabricação de carvão vegetal através da adoção do forno com tecnologia Ondatec mostrar-se financeiramente viável no cenário adotado, potenciais investidores e demais atores envolvidos ainda precisam compreender as principais barreiras e oportunidades para alcançar maior sustentabilidade e eficiência, tanto no aspecto econômico quanto nos âmbitos técnico, ambiental e social. O Quadro 22 apresenta a síntese dos principais riscos e barreiras para o projeto

Quadro 22: Riscos e barreiras para a execução de projetos de recuperação de pastagens

Risco/Barreira	Impacto
Mercado	Volatilidade de preços da matéria-prima e do carvão vegetal, insegurança jurídica e fiscal e integração entre a cadeia produtiva.
Econômico-financeira	Além do alto custo inicial com máquinas, se tem a necessidade de financiamento no período de produção da matéria-prima que será utilizada na produção do carvão vegetal.
Cultural/Social	Resistência à adoção de novas tecnologias, como a Ondatec, em razão do desconhecimento de seus benefícios em comparação aos fornos tradicionais.
Tecnológico-Operacional	Dificuldade de competitividade operacional em relação ao carvão mineral e ao coque de petróleo, além da incerteza quanto à aplicação da tecnologia em larga escala.
Ambiental/Regulatório	Questões regulatórias, como a complexidade do licenciamento ambiental, o manejo da terra para o plantio das florestas e o risco de desmatamento associado à produção são fatores que impactam a cadeia produtiva do carvão vegetal.

Fonte: Elaboração própria.

No âmbito mercadológico, fatores como a volatilidade dos preços da matéria-prima e do carvão vegetal decorrem das oscilações entre oferta e demanda do produto, além do custo logístico de produção e transporte. A cadeia produtiva do carvão vegetal apresenta forte integração com outros segmentos, desde a silvicultura – com o plantio da matéria-prima, neste caso o eucalipto – até as indústrias consumidoras, especialmente a siderúrgica. Logo, alterações em qualquer um desses elos, como mudança tecnológica ou no perfil de consumo, impactam a produção do carvão vegetal. Além disso, potenciais produtores devem estar atentos aos aspectos jurídicos e fiscais, uma vez que o setor é frequentemente afetado por atualizações em normas de licenciamento ambiental e regimes de tributação.

No âmbito financeiro, uma das barreiras é a necessidade de financiamento no período de produção da matéria-prima (floresta plantada de eucalipto), em razão da ausência de receita



nos primeiros anos. O projeto envolve um custo inicial elevado, com compras de máquinas, aluguel da terra e manutenção do solo, logo, é necessário um financiamento para cobrir os custos até a época de corte da madeira. Além disso, outros fatores podem influenciar a decisão de investidores, como os riscos climáticos envolvidos na produção, possíveis alterações regulatórias durante o projeto e variação no preço do carvão vegetal.

Segundo o MCTI (2021), a implantação do forno com a tecnologia Ondatec enfrenta algumas barreiras, entre elas: a competição com investimentos alternativos da unidade de produção; a incerteza quanto à aplicação da tecnologia em larga escala, o desconhecimento de seus benefícios por parte dos produtores, configurando uma barreira cultural.

Aspectos legislativos, biológicos, socioeconômicos e tecnológicos também consistem em barreiras de entrada para novos investidores. A Política Nacional de Meio Ambiente - Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, delibera sobre a necessidade de melhoria na defesa, preservação e conservação ambiental, principalmente com a promoção da segurança e proteção humana. A Lei cita a indústria da madeira como uma das atividades de potencial médio para poluir e degradar os recursos naturais, porém não especifica a necessidade de licenciamento ambiental para o plantio de espécies exóticas como o eucalipto, fazendo obrigatoriedade apenas para a fiscalização de seu transporte.

No estado de Minas Gerais, o tamanho da planta de carvão e o quantitativo de produção são os pilares que regem a necessidade de licença ambiental. Como citado nas Deliberações Nº 217/2017 e Nº 213/2017 do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam), a produção de carvão vegetal é considerada uma atividade com potencial poluidor de médio porte necessitando da obtenção de uma LAS (Licença Ambiental Simplificada) juntamente de um RAS (Relatório Ambiental Simplificado) para descrever como será realizado esse plantio, onde será localizado e como isso pode afetar os aspectos sociais, econômico e ambientais do entorno. A Lei nº 20.922/2013 reforça a necessidade da fiscalização para o transporte desse produto juntamente com outros subprodutos florestais estipulando o volume anual dos resíduos, sendo esse o critério para realização do PSS (Plano de Suprimento Sustentável). Para madeira, esse valor precisa ser igual ou superior a 8.000m<sup>3</sup> (oito mil metros cúbicos) e para o carvão o valor precisa ser 4.000m (quatro mil metros) para a realização do PSS. Volumes inferiores a esses valores não exigem a realização de estudos adicionais.

O tipo de solo é um fator relevante para a produção do carvão vegetal, sendo o eucalipto uma espécie que se desenvolve positivamente em áreas degradadas e de baixa fertilidade natural. Por isso, é necessária uma análise de solo robusta, considerando umidade, pH, composição e nutrientes, a fim de adotar práticas sustentáveis. Plantios inadequados de eucalipto podem tornar o solo vulnerável para o ressecamento e ao empobrecimento local. Dentre as práticas recomendadas estão o uso de híbridos no plantio, visando aumentar a densidade da madeira e seu potencial na geração energética, e o controle de pragas por bioinseticida, fundamental para a saúde da monocultura. Além disso, é essencial o monitoramento de doenças agrícolas e a prevenção de queimadas naturais, especialmente em regiões do Cerrado.



No âmbito das oportunidades, o uso do forno com tecnologia Ondatec possibilita o aumento do rendimento gravimétrico no processo produtivo do carvão vegetal, o que reduz a necessidade de área florestal para atender à demanda do setor industrial. Esse ganho de eficiência contribui para minimizar o impacto ambiental no estado e reduzir as emissões associadas tanto ao processo produtivo, quanto ao transporte e à logística. Dessa forma, em comparação com os fornos tradicionais de alvenaria, o forno Ondatec consegue atender os requisitos ambientais com mais facilidade, por conta do melhor controle de gases, facilitando o processo de licenciamento.

## Destaques

O Brasil é o maior produtor e consumidor de carvão vegetal no mundo, tendo o setor industrial como seu principal demandante. Além disso, o consumo é fortemente concentrado no mercado interno, evidenciando a existência de uma forte integração entre os elos da cadeia produtiva.

A instalação de fornos modernos de carbonização pode contribuir significativamente para a eficiência do processo produtivo do carvão vegetal. Por ser tratar de um setor tradicional, historicamente marcado por baixa inovação tecnológica, a adoção de novas tecnologias, como a Ondatec, pode representar uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Aliado a esse ganho competitivo, o uso da tecnologia Ondatec proporciona melhor desempenho tanto na qualidade do carvão quanto no atendimento aos requisitos ambientais.

A produção e uso do carvão vegetal pode apresentar um ganho adicional para empresas verticalizadas de cimento ou siderurgia, que, dispendo de melhores condições de investimento que as demais, conseguem implementar instalações mais modernas e reduzir custos com a compra do carvão vegetal de terceiros. Adicionalmente, as transações entre empresas do mesmo grupo econômico são isentas de ICMS, o que tende a aumentar ainda mais a atratividade do investimento. Para esse público, no entanto, é possível que os investimentos em fornos mais modernos já tenham sido realizados.

Diante desse cenário, a Invest Minas pode desempenhar um papel estratégico focalizando em pequenos e médios produtores independentes, que em geral possuem maiores restrições financeiras, como pouco capital próprio e menor acesso à financiamento com capital de terceiros. O financiamento de longo prazo é fundamental para que o investimento seja realizado, visto que o ciclo de investimento prolongado demanda um alto aporte inicial de recursos. Essa restrição financeira pode fazer com que projetos economicamente viáveis deixem de ser realizados pela falta de recursos iniciais para implementação dos projetos.

## Estudo de Caso 4 - Transporte: Conversão de caminhões a diesel para motor a gás



## Contextualização

O presente caso analisa previamente a viabilidade econômico-financeira da conversão de caminhões a diesel para motores movidos a gás em Minas Gerais. A análise parte da transição do modelo convencional de transporte rodoviário de cargas, baseado em motores a diesel, para um modelo alternativo fundamentado no uso de Gás Natural Veicular (GNV) e biometano, com o objetivo de avaliar em quais condições técnicas e econômicas essa substituição se torna uma solução viável para a descarbonização do setor.

Para o contexto de descarbonização do setor de transporte em Minas Gerais, a diversificação de combustíveis menos intensivos em carbono no modal rodoviário representa uma estratégia importante, considerando que, em 2019, cerca de 94% das emissões do setor estavam associadas a esse modal, especialmente ao consumo de óleo diesel (MINAS GERAIS, 2022b). Além disso, a tecnologia, avaliada no produto P2.3, apresentou potencial de mitigação significativo no Cenário Rota de 10,05 MtCO<sub>2</sub>e.

No modelo atual, caminhões de carga utilizam predominantemente motores a diesel, combustível fóssil líquido derivado do petróleo, cuja intensidade de emissões de GEE é significativamente superior à do GNV (CIBiogás, 2021). Embora seja também de origem fóssil, o GNV é um combustível derivado do gás natural, destinado ao uso automotivo, cujo principal componente é o metano (ANP, 2022). Já o biometano, embora também composto majoritariamente por metano, é um combustível renovável que apresenta equivalência técnica ao GNV em termos de desempenho e adequação ao motor (EPE, 2023).

Dessa forma, o GNV e o Biometano representam alternativas ao diesel com menor impacto ambiental. O GNV, por ser menos emissor que o diesel, apresenta contribuição para a redução de GEE. O biometano, por sua vez, pode potencializar tal redução, por ser renovável e produzido a partir da decomposição de resíduos orgânicos, como resíduos agrícolas, dejetos animais e resíduos sólidos urbanos. Nesse contexto, os resíduos agrícolas gerados pelo setor sucroalcooleiro, por exemplo, como a palha e o bagaço da cana-de-açúcar, podem ser aproveitados na produção de biometano. Essa perspectiva é corroborada pela elevada representatividade de Minas Gerais nesse setor, uma vez que o estado se destaca como o quinto maior produtor de etanol do país, sendo responsável por 9,3% da produção total de etanol em 2024 e 9,2% da produção de etanol hidratado no mesmo período (ANP, 2025a).

O ambiente regulatório em Minas Gerais e no Brasil também tem se mostrado favorável à expansão do uso de GNV/biometano, demonstrando embasamento legislativo para a escolha da tecnologia, tendo em vista sua relevância em políticas públicas. A Lei Estadual nº 24.396/2023, que institui a Política Estadual do Biogás e do Biometano, estabelece diretrizes para ampliar a participação desses combustíveis na matriz energética, incentivando a produção a partir de resíduos orgânicos e agrícolas. Já a Resolução SEDE nº 34/2023 define critérios para a comercialização e distribuição de biometano, viabilizando sua inserção em redes estruturantes e sua utilização em aplicações veiculares. 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.

No âmbito federal, a Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.933/2024) introduz o Certificado de Garantia de Origem do Biometano (CJOB), cuja regulamentação está em andamento pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). A exigência de CJOBs a partir de 2026 para metas de descarbonização pode estimular a demanda por biometano rastreável, criando um ambiente propício para conversão de caminhões a diesel para operação com GNV e biometano. Além disso, o Art. 17 define metas anuais de redução de emissões de GEE no mercado de gás natural, por meio da participação de biometano no consumo do gás natural. De acordo com inciso § 1º, a redução de emissões de GEE no mercado de gás natural comercializado, a ser cumprida por meio da participação do biometano no consumo do gás natural, terá valor inicial de 1% (um por cento), com início em 2026 e não poderá exceder 10% de acordo com o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE).

A avaliação de viabilidade de um projeto voltado à conversão de frotas de caminhões para operação com GNV e biometano envolve desafios técnicos, econômicos e regulatórios que impactam diretamente a decisão de investimento. Entre os principais riscos, destacam-se os custos iniciais elevados de adaptação dos veículos, a disponibilidade e confiabilidade da infraestrutura de abastecimento, além das incertezas quanto à demanda de mercado. Para embasar a análise, buscou-se compreender as etapas da implementação da conversão dos motores e as perspectivas de oferta e demanda de GNV e biometano em Minas Gerais, considerando o papel da indústria, da logística regional e das políticas de financiamento voltadas à descarbonização do transporte de cargas.

Durante a década de 1980, os motores movidos a combustíveis gasosos ganharam popularidade no Brasil, impulsionados por fatores como economia na compra de combustíveis e redução da poluição atmosférica. A iniciativa buscava mitigar os impactos ambientais causados por motores do ciclo Otto alimentados por gasolina e por motores a diesel. A partir dessa movimentação, as montadoras passaram a desenvolver veículos com motores compatíveis com múltiplos combustíveis, viabilizando o uso de gasolina, etanol, GNV e biogás em um mesmo automóvel (COSTA; GUARDIA, 2021).

Com o avanço da tecnologia, a conversão de veículos convencionais para operação com GNV pode ser realizada por meio da instalação de *kits* de conversão, que incluem cilindros de alta pressão para armazenamento, redes de tubos de alta e baixa pressão, válvulas de abastecimento e de cilindro, manômetro e regulador de pressão (ABREU, 2013).

Com relação ao processo de conversão, após a desinstalação do motor a diesel e seus componentes, são instalados o motor a gás, o sistema de alta pressão para armazenamento e distribuição do gás, e os componentes eletrônicos de controle e segurança, além da



adaptação da transmissão, sistema de arrefecimento, escapamento e eletrônica embarcada, quando necessário.

Em seguida são realizados testes de verificação de torque, potência, consumo e emissões, seguidos de inspeção em Instituição Técnica Licenciada (ITL), emissão de laudos técnicos e do Certificado de Segurança Veicular (CSV), vistoria em Empresa Credenciada de Vistoria (ECV), atualização do Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo (CRLV) e registro da alteração junto ao Detran e órgãos ambientais. Após a conversão, o veículo deve passar por vistorias e manutenções regulares para garantir a segurança e o desempenho do sistema convertido (COMGÁS, 2025).

Em relação à produção de GNV no Brasil, a produção nacional de gás natural em 2024 atingiu uma média de 153 milhões m<sup>3</sup>/d, dos quais 96,5% foram destinados ao aproveitamento como GNV, representando um crescimento de aproximadamente 2% em relação ao ano anterior. Esse volume integra um cenário energético em que o Brasil mantém níveis elevados de produção de petróleo e gás natural, com destaque para os reservatórios da camada pré-sal, responsáveis por cerca de 78% da produção nacional (ANP, 2025c). Nesse contexto, o estado do Rio de Janeiro responde por 74% da produção nacional de gás natural, com uma média de 113 milhões m<sup>3</sup>/d em 2024, segundo estudo da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan) (AGÊNCIA BRASIL, 2025).

Apesar da relevância estratégica de Minas Gerais no planejamento logístico e energético nacional, o estado não possui atualmente uma unidade de produção de gás natural (ANP, 2024). No entanto, está inserido em rotas de transporte por gasodutos, conforme observado na Figura 61 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, o que viabiliza o suprimento do combustível para o projeto.



Figura 61: Unidades de processamento de gás natural em azul e marcações em verde para existência de gasodutos de transporte



Fonte: ANP (2024).

Atualmente, o estado de Minas Gerais conta com seis pontos de recebimento de GNV, apresentados no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, responsáveis pela entrada do combustível no território estadual. Desses, cinco pontos possuem estrutura para distribuição de GNV, destinado ao uso automotivo. Essa distribuição atende tanto postos revendedores quanto clientes frotistas, contribuindo para a diversificação da matriz energética no setor de transporte. No que se refere à infraestrutura de abastecimento, Minas Gerais dispõe de 62 postos de GNV em operação, distribuídos conforme o Quadro 23/Figura 62.

Quadro 23: Pontos de recebimento de GNV em Minas Gerais<sup>43</sup>

Pontos de Recebimento de Gás Natural	Cidades de Localização dos Postos Revendedores de GNV e/ou Cliente Frotista	Densidade Absoluta (Massa Específica) (kg/m <sup>3</sup> )
Barbacena	Barbacena/ Leopoldina/ Piraúba/ Ubá / Manhuaçu (Realeza)	0,778
Betim	Belo Horizonte/ Betim/ Contagem/ Confins/ Matozinhos/ Pedro Leopoldo/ Santa Luzia/ Sete Lagoas/ Vespasiano	0,779

<sup>43</sup> Período de Referência apurado pela Gasmig: 16/08/2025 à 31/08/2025





aproveitamento de vinhaça de cana-de-açúcar. A logística de entrega do GasBio pode ser feita por gasodutos ou por modal rodoviário, com infraestrutura de armazenamento e abastecimento viabilizada pela própria empresa (FURTADO, 2025).

Na primeira etapa do projeto em Tupaciguara, é esperado que a planta tenha a capacidade de produzir 4 milhões m<sup>3</sup>/ano de biometano com um investimento inicial de R\$ 30 milhões. O plano de expansão prevê a ampliação da capacidade para até 16 milhões de metros cúbicos anuais, com um investimento total estimado em R\$ 120 milhões. A ZEG também estabeleceu uma parceria com a Scania, fabricante de caminhões pesados, para fomentar o uso de gás natural e biometano em frotas no Brasil. No projeto, é previsto que os veículos produzidos pela Scania sejam capazes de operar com GNV, biometano ou uma mistura de ambos, com redução de até 90% nas emissões de CO<sub>2</sub> em comparação ao diesel (ZEG BIOGÁS, 2025).

## Premissas adotadas

O projeto em análise consiste na conversão de caminhões a diesel para operação com motores a gás no estado de Minas Gerais, de forma a substituir o uso de óleo diesel por uma mistura de GNV e biometano, ambos atuando como combustíveis gasosos. O projeto foi idealizado considerando uma frota de 300 veículos com vida útil estimada em 10 anos, mesma duração prevista para os motores. O início da operação está previsto para 2026, com data final em 2035.

A proposta de conversão contempla o uso de motores 100% a gás, baseados no modelo MWM Acteon 6.12, devido à experiência registrada em projetos similares, como a iniciativa da empresa MWM e Copergás em Pernambuco. Considerando esse motor, a capacidade de armazenamento de gás dos veículos considerada é de 172 m<sup>3</sup> e potência de 330cv (Digital, 2024). Para fins de comparação, o rendimento médio dos caminhões movidos a diesel adotado foi de 3,0 km/L, de acordo com o valor reportado na Portaria SUROC nº 17/2020 (ANTT, 2020), enquanto para os veículos a gás o rendimento adotado foi de 2,86 km/m<sup>3</sup> (D'AGOSTO, 2022).

Em relação à região de implementação, considerou-se a ocorrência em qualquer região do estado, com destaque para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, a qual concentra mais de 25% da frota de caminhões com placa em dezembro de 2024, de acordo com dados publicados pelo Senatran (SENATRAN, 2024). O projeto apresenta maior viabilidade em rotas com disponibilidade de postos de abastecimento, conforme indicados na Figura 62. Para análise, o valor anual de quilômetros rodados por caminhoneiros autônomos e empregados de frota considerado foi de 114.735,6 km, considerando a pesquisa realizada pela CNT em 2019 de Perfil dos Caminhoneiros (CNT, 2019).

No que se refere a vida útil dos caminhões, considerou-se um horizonte em que os veículos são revendidos e deixam de circular no estado. Nesse contexto, de acordo com avaliação de especialistas no setor, estabeleceu-se um período de uso de 10 anos dos motores. Relatos



técnicos de empresas que realizaram a conversão de motores para operação com biometano, como é o caso do Grupo Sada, indicam que essa prática pode proporcionar uma extensão significativa da vida útil dos veículos (AUTODATA, 2024). A depreciação, ou seja, o tempo de rodagem do caminhão após a troca de motor, também foi estimada em 10 anos, valor obtido com base na vida útil considerada para o caminhão chassi-rígido semipesado.

O projeto prevê a aplicação em uma empresa do setor de transporte rodoviário, com conversão de 300 caminhões chassi-rígido semipesados, tipo predominante na frota mineira (SENATRAN, 2024). A estimativa de veículos passíveis de conversão baseou-se na premissa de que 10% da demanda potencial de frota empresarial corresponde a veículos em fase final de vida útil, ou seja, aqueles com maior probabilidade de troca do motor, considerando a extensão significativa da vida útil proporcionada pela conversão.

Para a análise, foram utilizados os preços médios de revenda dos combustíveis em Minas Gerais na semana de 07 a 13 de setembro de 2025, sendo R\$ 5,75 R\$/L para o óleo diesel e R\$ 5,16 R\$/m<sup>3</sup> para o GNV. No caso do biometano, devido à ausência de um mercado padronizado e à alta variabilidade de preços observada (Argus, 2024), foi adotado como referência o valor de R\$ 8,51 R\$/m<sup>3</sup>. Esse valor corresponde a aproximadamente 65% acima do preço médio ofertado às distribuidoras para o gás natural (1,12 R\$/m<sup>3</sup> para o gás natural e 1,85 R\$/m<sup>3</sup> para o biometano, em 2014), conforme indicado no estudo sobre a economicidade do aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos em aterro para produção de biometano, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (EPE, 2014). O Quadro 24 resume as considerações gerais sobre o projeto.

Quadro 24: Considerações gerais sobre o projeto

<b>Projeto</b>	<b>Conversão de caminhões a diesel para motor a gás no estado de MG</b>
Aplicação	Uso de mistura de GNV e biometano em caminhões para transporte de carga.
Substituição	Substituição do motor a diesel convencional por motor 100% a gás.
Localização	Qualquer região do estado, com destaque para a Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH)
Tipo de motor	MWM Acteon 6.12 a gás
Tipo de caminhão	Caminhão chassi-rígido semipesado
Rendimento médio do caminhão - diesel	3,0 km/L
Rendimento médio do caminhão - GNV/biometano	2,86 km/m <sup>3</sup>
Total de km rodados em um ano	114.735,6 km
Vida útil do caminhão	10 anos



Depreciação	10 anos
Preço do óleo diesel	5,75 R\$/L
Preço do biometano	8,51 R\$/m <sup>3</sup>
Preço do GNV	5,16 R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: *Elaboração própria.*

Ademais, a estrutura de custos do projeto foi dividida em duas categorias principais: CAPEX (custos de capital) e OPEX (custos operacionais). Com relação ao CAPEX, o investimento inicial necessário para a conversão do sistema motriz para operação com GNV inclui a substituição do motor, mão de obra especializada, documentação técnica, calibração do sistema e instalação de cilindros de armazenamento. O custo total do *kit* de conversão para um caminhão foi estimado em R\$ 300.000,00, representando 99,9% do valor do CAPEX total para a conversão de um veículo, conforme informado pela fabricante MWM<sup>44</sup>. Aplicado à frota, esse valor representa um investimento inicial total de aproximadamente R\$ 90 milhões.

Além do custo de conversão do motor, foram considerados os valores referentes aos trâmites regulatórios exigidos para a legalização do veículo convertido. Esses incluem a taxa de alteração de dados cadastrais junto aos órgãos de trânsito, no valor de R\$ 132,74, e a taxa de vistoria técnica para homologação da conversão, estimada em R\$ 127,21 (Gasmig, 2025b). Somados, esses custos totalizam um montante de cerca de R\$78 mil.

Em uma lógica diferente da análise convencional de projetos, neste caso a operação não gera receita para os investidores, mas sim economia de custos, decorrente da substituição do combustível fóssil pelo não fóssil, materializada pela diferença entre os custos operacionais. O cálculo dessa economia é realizado por meio de uma análise comparativa entre os custos operacionais de veículos movidos a gás GNV e biometano, em contraposição aos veículos convencionais a diesel. Essa estrutura comparativa considera três componentes principais: operação e manutenção (O&M), aquisição de combustível para uso e Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) em Minas Gerais.

No que se refere à operação e manutenção, utilizou-se a premissa de que ambos os sistemas apresentam custos equivalentes, estimados em R\$ 1,05 por quilômetro rodado (ALFRADIQUE *et al.*, 2020). Considerando a quilometragem anual projetada (114.735,6 km), o custo total anual de O&M foi calculado em R\$ 120.472,38, o que representa cerca de 37% do valor de OPEX no ano de início do projeto. Em relação ao componente de combustível, os custos unitários variam conforme a porcentagem de biometano adicionado à mistura com GNV, como apontado na Tabela 13 **Erro! Fonte de referência não encontrada..Erro! Fonte de referência não encontrada.** A composição final do custo de combustível dependeu

<sup>44</sup> Informação adquirida durante reunião técnica realizada em 28 de novembro de 2024 com o fabricante.



diretamente da proporção adotada na mistura entre GNV e biometano, a qual foi premissada com base nas definições da Lei Combustível do Futuro.

Tabela 13: Percentual de adição de biometano ao GNV

Premissa	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Percentual de biometano na mistura GNV/biometano	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%

Fonte: Elaboração própria com base na Lei do Combustível do Futuro (Lei nº 14.993/2024).

Dentre esses itens, o custo associado ao consumo de combustível corresponde a aproximadamente 63% do OPEX calculado no primeiro ano de implementação do projeto. Com relação ao cálculo do IPVA, considerou-se o mesmo valor para ambos os sistemas, uma vez que, em Minas Gerais, não está prevista isenção de IPVA para veículos pesados, com base no tipo de combustível utilizado. Para veículo usados, o IPVA é calculado com base em 1% sobre o valor venal do veículo, conforme definido pela Tabela FIPE no mês de referência estabelecido pela Secretaria da Fazenda do Estado (SEF/MG) (SEF, 2025). Neste estudo, considerou-se como referência o modelo VW Constellation 24.280, caminhão semipesado mais vendido em 2018 segundo levantamento da revista *O Carreiteiro* (VILELLA, 2019). O valor venal deste modelo, com ano de fabricação 2018 e referência setembro de 2025, é de R\$ 330.252, conforme consulta à Tabela FIPE (FIPE, 2025). Para estimar o valor do IPVA ao longo da vida útil do veículo, adotou-se uma depreciação composta anual de 10%, refletindo uma redução percentual sobre o valor residual do ano anterior.

Os valores e considerações gerais utilizados para o cálculo do OPEX e CAPEX aplicáveis ao projeto são apresentados na Tabela 14 **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 14: Valores e considerações gerais sobre OPEX e CAPEX aplicáveis ao projeto

Premissa	Unidade	Valor
Aumento percentual de biometano na mistura GNV/biometano	%	1 % a.a
Quantidade de caminhões a serem convertidos em um ano	Nº de caminhões	300
Custo Operação e Manutenção (O&M): manutenção e reparos	R\$/km	1,050 a.a.
<i>Kit de conversão para gás</i> <sup>45</sup>	R\$	300.000
Custo Alteração de dados (trâmites regulatórios da conversão) para 1 caminhão	R\$	132,74

<sup>45</sup> Considera troca do motor, mão de obra, documentação, calibração e cilindros. Informação adquirida durante reunião técnica realizada em 28 de novembro de 2024 com o fabricante.



Custo Vistoria (trâmites regulatórios da conversão) para 1 caminhão	R\$	127,21
Depreciação	R\$	30.000

Fonte: Elaboração própria.

Na estrutura de capital do projeto, considerou-se que a maior parte dos recursos é financiado por meio de dívida, dado as características intrínsecas do projeto. Dessa forma, durante o ano inicial considerou-se que 90% do investimento será financiado com capital de terceiros e 10% com capital próprio. Como o projeto tem como objetivo principal a redução de custos e não a geração de receita, não há incidência de tributação sobre faturamento ou renda. O financiamento segue as condições fornecidas pelo BNDES Fundo Clima - Logística de Transporte, Transporte Coletivo e Mobilidade Verdes, com taxa de juros de 7,88% ao ano.

## Avaliação econômico-financeira

A avaliação econômico-financeira tem como objetivo mensurar a atratividade do investimento na conversão de caminhões a diesel para operação com motores a gás em uma frota de 300 caminhões semipesados no estado de Minas Gerais. No caso de referência, os demonstrativos e fluxos de caixa foram elaborados a partir das premissas descritas na seção anterior. A Tabela 15 apresenta um resumo dos resultados financeiros encontrados.

Tabela 15: Resumo dos resultados financeiros

Item	Unidade	Valor estimado
Período de análise	anos	10
CAPEX total	R\$ MM	90,08
OPEX total*	R\$ MM	16,51
TIR	-	N/A
VPL Acionista	R\$ MM	- 53,45
Custo de capital próprio	-	48,92%
Tributos (IPVA)	-	1%

Fonte: Elaboração própria.

Com base nas condições de investimento e nos parâmetros definidos, o projeto não se mostra atrativo sob a ótica econômico-financeira, resultando em um prejuízo estimado de R\$ 53 milhões para o acionista e refletindo em um VPL negativo. A ausência de lucratividade operacional indica que a viabilidade dependeria de uma economia de custos com o uso de GNV/biometano superior à média estimada por veículo, de R\$ 6 mil por ano. Nesse cenário, o uso do diesel se apresenta como uma opção economicamente mais vantajosa, considerando sua maior maturidade e a estrutura consolidada do mercado.



A inviabilidade do projeto está diretamente relacionada aos elevados custos operacionais. De acordo com os dados utilizados no estudo, e considerando 1,14 como fator de conversão para obter a quantidade equivalente em gás natural (em m<sup>3</sup>) por quilograma de óleo diesel utilizado, associado à densidade do óleo diesel 840 kg/m<sup>3</sup>, o preço do GNV/biometano, para a quantidade equivalente de óleo diesel, é 14,03% mais barato% que o preço do óleo diesel(GASMIG, 2025a).

Esses combustíveis ainda enfrentam desafios significativos em termos de escala de produção, infraestrutura e distribuição, o que faz com que o diferencial de custos em relação ao diesel não seja suficiente para justificar o investimento. Para viabilizar a conversão dos motores, é fundamental implementar alternativas integradas que promovam simultaneamente a expansão da produção e o fortalecimento da cadeia logística de abastecimento e distribuição dos combustíveis alternativos.

A economia gerada pela diferença de custos entre o GNV/biometano e o diesel não é capaz de cobrir as despesas financeiras do financiamento. Considerando que uma eventual redução no preço do GNV/biometano pode levar algum tempo até se concretizar, no curto prazo, apesar de isoladamente não ser a solução mais eficaz, a diminuição dos encargos financeiros do projeto pode contribuir para torná-lo mais atrativo. A estrutura de capital é majoritariamente composta por dívida, o que reforça também a importância de ampliar a capacidade de escoamento dos recursos voltados para essa finalidade.

O ticket médio para conversão do motor é de R\$ 300.000,00. Embora esse valor seja significativamente inferior ao custo de aquisição de veículo novo movido a gás, para que o projeto se torne economicamente atrativo, além de buscar alternativas para redução dos preços dos combustíveis, pode ser necessário o incremento de incentivos fiscais, como a isenção de IPVA ou até mesmo incentivos sobre a produção desses motores. No entanto, naturalmente, no médio e longo prazo, a necessidade de capital tende a diminuir à medida que o projeto ganha escala e maturidade.

Nesse contexto, destaca-se o papel estratégico das políticas públicas e dos incentivos fiscais voltados a produção dos combustíveis de baixo carbono para a viabilização do projeto. A atuação do estado deve priorizar a garantia de oferta e redução dos custos de produção do GNV/biometano. Além disso, a infraestrutura logística de distribuição e abastecimento deve ser alvo de ações mais eficientes e aceleradas. Dessa forma, parcerias com o governo de Minas Gerais, Invest Minas e demais órgãos de fomento são fundamentais para a construção de um ecossistema favorável à adoção de combustíveis alternativos em larga escala.

## **Análise de sensibilidade e possíveis cenários**

Sob as condições estabelecidas, para que o projeto se torne viável, seriam necessárias alavancas estratégicas que, em grande parte, extrapolam os limites deste exercício. Um exemplo relevante se refere às longas distâncias envolvidas no transporte rodoviário, que



exigem abastecimento contínuo ao longo das rotas e, conseqüentemente, demandam melhorias estruturais.

Nesse contexto, destaca-se a iniciativa do estado de Minas Gerais voltada ao aprimoramento da infraestrutura de distribuição de GNV e biometano. Em junho de 2025, a Gasmig assinou um contrato com a Iveco (fornecedora de veículos movidos a gás) para impulsionar o programa “Corredores GNV”. O principal objetivo da parceria é garantir, ao menos, um posto GNV a cada 400 km de distância nas principais rodovias que ligam Minas Gerais ao Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo e Bahia (SOUZA, 2025b).

Considerando que, conforme as resoluções aplicáveis à matéria-prima utilizada, o biometano se torna intercambiável com o gás natural, ambos passam a apresentar propriedades e aplicações semelhantes (EPE, 2023). As estratégias de aumento de escala são complementares, pois os dois combustíveis passam a integrar o mesmo planejamento de infraestrutura logística e aproveitamento energético. Dessa forma, o racional para a redução dos custos do projeto, no que se refere ao consumo de combustíveis, deve considerar o aumento da produção e os ganhos de escala de ambos os combustíveis, ainda que em proporções diferentes.

De acordo com CHIAPPINI (2025), o impacto da obrigatoriedade de mistura de biometano ao gás natural pode elevar os custos caso não houver infraestrutura adequada e oferta suficiente. Nesse sentido, o avanço na adoção de veículos movidos a combustíveis menos emissores dependerá de ações coordenadas entre o governo e setor privado, incluindo o fortalecimento de estratégias nacionais e o engajamento corporativo para superar barreiras e aproveitar oportunidades, assegurando condições favoráveis para oferta de combustível alternativos.

Para avaliar o comportamento do VPL do acionista diante de variações combinadas no preço do biometano e percentual de mistura ao GNV, foi realizada uma análise de sensibilidade dessas variáveis. Essa abordagem (Tabela 16 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) permite visualizar o impacto apenas do biometano sobre a viabilidade econômica do projeto: nota-se que, para o valor fixo de GNV, e considerando o preço do biometano inferior ao do GNV, o percentual da mistura é diretamente proporcional ao VPL (ou seja, com maiores valores de biometano na mistura, menor o custo associado).

Tabela 16: Análise de sensibilidade do projeto – Preço do Biometano versus % de mistura do Biometano ao GNV

		<b>Varição do VPL do Acionista</b>						
		<b>% de mistura do Biometano no GNV</b>						
		<b>-53.450,58</b>	<b>1</b>	10	20	30	40	50
<b>Preço do Biometano (R\$/m<sup>3</sup>)</b>	0,27	-33.865,37	-13.115,62	9.939,66	32.994,95	56.050,23	79.105,51	
	0,53	-34.497,15	-14.875,47	6.926,39	28.728,25	50.530,12	72.331,98	
	1,06	-35.760,71	-18.395,19	899,84	20.194,87	39.489,90	58.784,93	



2,13	-38.287,84	-25.434,61	-11.153,25	3.128,11	17.409,47	31.690,83
4,26	-43.342,09	-39.513,47	-35.259,44	-31.005,42	-26.751,40	-22.497,38
<b>8,51</b>	<b>-53.450,58</b>	<b>-67.671,17</b>	<b>-83.471,83</b>	<b>-99.272,48</b>	<b>-115.073,13</b>	<b>-130.873,79</b>

Fonte: Elaboração própria.

Nos primeiros anos de operação, a redução isolada no preço do biometano não exerce influência significativa sobre a atratividade do projeto, em virtude do baixo percentual de mistura ao GNV. No cenário de referência do projeto, esse percentual inicia em 1% no primeiro ano (2026) e cresce de forma constante, com incremento de 1 p.p. ao ano, até atingir 10% em 2035.

Ao observar as variações do VPL a cada queda no preço do biometano e elevação do percentual de mistura, a análise indica que, mantendo os demais parâmetros constantes, o VPL do acionista torna-se positivo quando o preço do biometano atinge um valor próximo a R\$1,06 por m<sup>3</sup> e o percentual médio de mistura alcança 20%.

Nesse sentido, a análise de sensibilidade aponta que ambas as variáveis apresentam influência sobre os custos do projeto. Contudo, para que o projeto se torne atrativo, é necessário que haja simultaneamente uma redução no preço do biometano e um aumento no seu percentual de mistura ao GNV. Torna-se, então, relevante propor ações direcionadas a ampliação da produção de biometano no estado, especialmente mediante a expectativa de crescimento da demanda impulsionada pela Lei do Combustível do Futuro.

Além disso, a redução no preço do biometano precisa ser acompanhada por uma diminuição também no preço do GNV. Isoladamente, nenhuma dessas variáveis é suficiente para garantir a viabilidade financeira do projeto. Observa-se a relação entre os preços do GNV e do biometano, com o objetivo de compreender o impacto da interação dos dois combustíveis na composição do preço final (GNV/biometano). Essa abordagem (Tabela 17 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) permite avaliar cenários em que o comportamento de ambos os preços pode contribuir para a viabilidade econômica do projeto.

Tabela 17: Análise de sensibilidade do projeto – Preço do Biometano versus Preço do GNV

		Variação do VPL do Acionista						
		Preço do GNV (R\$/m <sup>3</sup> )						
Preço do Biometano (R\$/m <sup>3</sup> )	-53.450,58	3,05	3,39	3,76	4,18	4,64	5,16	
	2,79	54.670,64	39.525,61	22.697,79	4.000,22	-16.774,87	-39.858,29	
	3,49	53.014,47	37.869,43	21.041,61	2.344,04	-18.431,04	-41.514,47	
	4,36	50.944,25	35.799,21	18.971,39	273,82	-20.501,26	-43.584,69	
	5,45	48.356,47	33.211,44	16.383,62	-2.313,96	-23.089,04	-46.172,47	
	6,81	45.121,75	29.976,72	13.148,90	-5.548,67	-26.323,76	-49.407,18	



8,51	41.078,36	25.933,32	9.105,50	-9.592,07	-30.367,16	-53.450,58
------	-----------	-----------	----------	-----------	------------	------------

Fonte: Elaboração própria.

Para efeito de exercício, foi calculado o preço de equilíbrio do GNV e do biometano necessário para tornar o VPL positivo, considerando que o aumento percentual de biometano na mistura permaneceria igual à premissa utilizada no cenário de referência (aumento gradativo de 1% a 10%, de 2026 a 2035). A análise aponta que esse equilíbrio ocorre quando o preço médio do GNV/biometano atinge R\$ 4,20 por m<sup>3</sup>, considerando o biometano variando entre R\$4,15 e R\$3,90 por m<sup>3</sup>, e o GNV entre R\$3,99 e R\$4,20 por m<sup>3</sup>.

Em um cenário com precificação de carbono, a redução do custo do biometano tende a ser mais facilitada do que a do GNV, o que confere ao biometano uma maior flexibilidade para ajustes de preço. Esse patamar de equilíbrio está alinhado aos valores praticados no estado de Minas Gerais, especialmente diante da redução de 0,33% na tarifa para postos de abastecimento em 2025, conforme informado pela Gasmig. Essa redução é respaldada pela política de margem variável estabelecida pela Resolução SEDE nº 60/2024 (SOUZA, 2025a).

Adicionalmente, observam-se os efeitos fiscais sobre o custo do projeto, como a isenção de IPVA e subvenções governamentais. Embora contribuam positivamente para redução de custos do projeto, esses incentivos apresentam impacto limitado na atratividade financeira. A isenção do IPVA, por exemplo, representa uma economia média de apenas 5% (cerca de R\$60 mil) no custo total do projeto.

Com base na análise de sensibilidade, as variáveis mais determinantes para a viabilidade do projeto, em ordem de relevância são: preço do GNV/biometano, percentual de mistura do biometano no GNV, isenção tributária e aporte governamental. A partir dessas variáveis foram definidos quatro cenários:

- **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Cenário 1: redução simultânea nos preços do biometano e do GNV;
- Cenário 2: redução do preço do biometano combinada com o aumento do percentual de mistura, isenção do IPVA e aporte do governo;
- Cenário 3: isenção do IPVA somada ao aporte governamental;
- Cenário 4: combinação de isenção tributária, reduções nos preços do GNV e do biometano e aumento do percentual de mistura do biometano no GNV.

O Quadro 25 ilustra esses cenários dentro de uma ampla faixa de condições de mercado.

Quadro 25: Cenários alternativos de implantação do projeto

Cenários	Isenção IPVA	Menor preço GNV	Menor preço Biometano	Maior % Biometano	Aporte governamental
Cenário 1	✘	✔	✔	✘	✘



Cenário 2	✓	✗	✓	✓	✓
Cenário 3	✓	✗	✗	✗	✓
Cenário 4	✓	✓	✓	✓	✗

Fonte: Elaboração própria

Em todos os cenários analisados, as variáveis foram ajustadas (“estressadas”) até que o VPL atingisse zero, condição mínima para a viabilidade do projeto. Quando considerada, a isenção tributária elimina integralmente o pagamento de IPVA para caminhões movidos a GNV/biometano. Já a variável de redução de preços do GNV/biometano contempla variações aplicadas sobre os valores de referência: R\$ 5,16 por m<sup>3</sup> para o GNV e R\$ 8,51 por m<sup>3</sup> para o biometano<sup>46</sup>.

O aumento do percentual de mistura do biometano parte de uma linha de base com crescimento constante de 1 p.p. conforme estabelecido no projeto e referenciado pela Lei Combustível do Futuro, iniciando em 1% e chegando a 10%. As variações nessa variável podem ocorrer tanto pela alteração do valor inicial quanto pela modificação da taxa de crescimento ao longo da vida útil do projeto.

O aporte governamental, por sua vez, é tratado como variável residual, utilizada para o fechamento da equação de viabilidade nos cenários em que os demais ajustes não são suficientes para positivar o VPL. Os resultados obtidos podem ser visualizados na Tabela 18.

Tabela 18: Resultados dos cenários (VPL = 0)

Cenários	Isenção IPVA*	Menor preço GNV	Menor preço Biometano	Maior % Biometano**	Aporte governamental (R\$MM)
Cenário de Referência (VPL < 0)	N/A	5,16	8,51	N/A	0,00
Cenário 1	N/A	4,20	4,04	N/A	0,00
Cenário 2	1%	5,16	2,70	5%   3 p.p.	25,41
Cenário 3	1%	5,16	8,51	N/A	53,21
Cenário 4	1%	4,51	1,43	2%   2 p.p.	0,00

Fonte: Elaboração própria

\* A alíquota de 1% é adicionada sobre o preço VENAL do veículo.

\*\* O aumento do % de biometano no GNV considera a mudança no valor inicial juntamente com a taxa de crescimento ao longo do tempo.

<sup>46</sup> Média dos valores praticados nos postos de abastecimento do estado de Minas Gerais, durante a semana de 07 a 13 de setembro de 2025.



Embora, na análise financeira, os preços sejam tratados como constantes ao longo do tempo, essa é a variável mais estratégica, e a mais desafiadora, para a escalabilidade de projetos desse tipo. Na prática, o projeto está exposto à volatilidade dos preços dos combustíveis, especialmente no caso do gás natural, cujo valor está atrelado às flutuações do petróleo *Brent*. Assim, cenários de instabilidade geopolítica aumentam a incerteza sobre os preços, comprometendo a previsibilidade da economia de custos, elevando o risco do projeto e reduzindo sua atratividade.

Para simular diferentes patamares de preço para o GNV e o biometano, os cenários 1, 2 e 4 consideram a redução dos valores, aplicando variações em proporções distintas para cada combustível. Para que o projeto se torne viável, o preço do GNV precisa cair pelo menos 20%, alcançando um intervalo entre R\$4,20 e R\$4,51 por m<sup>3</sup>. Já o preço do biometano deve sofrer uma redução de, pelo menos, 52%, atingindo um patamar entre R\$1,43 e R\$4,04 por m<sup>3</sup>.

O valor de R\$4,51 para o GNV é compatível com o preço mínimo de revenda registrado em 2024 pela ANP. Por outro lado, a queda mais intensa no preço do biometano exigirá modelos de negócios estruturados e esforços conjuntos entre os setores público e privado. Nesse contexto, a valorização do atributo renovável do biometano, por meio dos CGOBs previstos na Lei do Combustível do Futuro, pode impulsionar a produção e atrair investimentos para a produção de biometano, com tendência de ampliação da oferta e redução do preço final.

A Nova Lei do Gás (Lei nº 14.134/2021) fortalece o cenário ao reconhecer o biometano como molécula intercambiável ao gás natural, permitindo sua participação no mercado livre de gás, abertura que cria oportunidades para formação de contratos diretos entre produtores e fornecedores, favorecendo a competitividade e diversificação da oferta (ANP, 2021; Silva, Marcos Johari Provezani; Jr, 2023).

Como atributo adicional, o biometano possui rotas de produção certificada para emissão de Créditos de Descarbonização (CBIOS), no âmbito do RenovaBio, por parte do produtor, o que amplia sua atratividade financeira. Apesar dos avanços regulatórios, a competitividade do preço do biometano ainda carece da ampliação de sua escala de produção, por meio da integração de polos regionais de biogás e implementação de contratos de longo prazo com garantia de demanda, além de maior articulação federativa para infraestrutura e regulação (BOECHEM, 2022).

À medida que a produção desses combustíveis ganha escala e ocorrem avanços na melhoria da infraestrutura logística, o travamento de preços por meio de contratos futuros de compra pode se tornar uma solução viável para mitigar os riscos do projeto. Além de proteger contra a volatilidade dos preços, esses contratos também contribuem para garantir a oferta contínua dos combustíveis, aumentando a previsibilidade e a segurança do abastecimento.

Nos cenários 2 e 4, a redução no preço do biometano deve ser acompanhada por um aumento progressivo em seu percentual de mistura ao GNV. No entanto, esse percentual está sujeito



a regulamentações específicas, cujos trâmites podem ser complexos e de difícil alteração. No cenário 4, por exemplo, a mistura inicia em 2% e cresce 2 pontos percentuais ao ano, até atingir 20% em 2035. Esse aumento gradual influencia diretamente o impacto da redução de preços dos combustíveis: quanto maior a participação do biometano na composição final, menor precisa ser a redução no preço do GNV para alcançar um valor competitivo. Isso torna o cenário mais realista, aproximando-se dos níveis de preço de GNV já praticados no mercado.

A isenção do IPVA também é uma alternativa para incentivar a troca dos motores, mas seu impacto não altera de forma significativa os custos e, por conseguinte, a atratividade do projeto. Ainda assim, os cenários 2, 3 e 4 consideram a isenção, por ser uma medida viável de implementação. Essa iniciativa já é feita em outros estados, como em São Paulo, onde foi aprovada a isenção de IPVA para proprietários de caminhões movidos exclusivamente a GNV/Biometano entre 2025 e 2029 (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2024).

Além disso, os aportes governamentais para projetos de conversão de motores representam uma alternativa possível para reduzir o ticket médio da troca de motores, mas não são suficientes para manter o projeto por si só. O volume de recursos necessários é elevado e, diante das limitações orçamentárias do estado, pode ser inviável arcar com esse tipo de subvenção. Por exemplo, no Cenário 2, mesmo com a redução do preço do biometano, o aumento do percentual de mistura e isenção tributária, ainda seria necessário um aporte de até R\$25 milhões para zerar o VPL.

Entre as opções avaliadas, o Cenário 4 se destaca como o mais factível. Ele não depende de reduções bruscas no preço do GNV, considerando valores compatíveis com os já praticados no mercado (R\$4,51 por m<sup>3</sup>). Além disso, nesse cenário considera-se a isenção do IPVA, prática já adotada em outros estados. O principal desafio está na redução do preço do biometano e na elevação do seu percentual de mistura, que exigiriam esforços adicionais, mas possíveis do ponto de vista de implementação. Quanto ao aumento do percentual de mistura, não existe um limite técnico rígido que impeça a adição de mais de 10% de biometano ao GNV, desde que sejam respeitadas as especificações técnicas da ANP.

## Modelos de negócio e financiamento

Conforme discutido anteriormente, as projeções indicam que a economia de custos no cenário de referência do projeto não é suficiente para justificar o uso de GNV/biometano em substituição ao diesel. Diante disso, os modelos de negócio e financiamento devem ser analisados em um cenário ideal de investimento, no qual o VPL seja igual a zero, considerando os arranjos contratuais possíveis e, eventualmente, a concessão de incentivos fiscais.

Sob essa perspectiva, dado o elevado custo em despesas de capital (CAPEX), especialmente relacionado aos *kits* de conversão do motor para operação a gás, e a necessidade de financiamento a longo prazo, pode ser necessário a adoção de uma estrutura de



financiamento misto, que combine fundos públicos e privados, aliada a instrumentos financeiros específicos capazes de atrair investidores e garantir a sustentabilidade econômica do projeto.

Para viabilizar o projeto, além dos incentivos à conversão dos motores, é importante integrar ações voltadas a ampliação da produção e da distribuição dos combustíveis alternativos, conforme mencionado nas seções anteriores. Com essa expansão, espera-se uma redução gradual no preço do GNV/biometano. Embora essa queda possa ocorrer ao logo de alguns anos, a expectativa de queda já pode, no curto prazo, contribuir para tornar o investimento mais atrativo.

O Brasil tem avançado de forma significativa no campo regulatório e na consolidação de políticas e instrumentos de financiamento voltados à mobilidade verde e expansão da distribuição de GNV e biometano. O Quadro 26 apresenta o panorama dos planos e programas que podem contribuir para dar vazão ao financiamento de projetos para a conversão de caminhões a diesel para motor a gás.

Quadro 26: Planos e programas relacionados à substituição do motor a diesel convencional por motor a gás

Plano/Programa	Objetivo (escopo do projeto)	Instrumentos/Mecanismos
BNDES Finem - Meio Ambiente - Redução do uso de recursos naturais e materiais	Financiamento a empreendimentos que promovam a ecoeficiência, utilizem insumos provenientes de fontes recicladas ou renováveis (exclusive cana-de-açúcar), ou voltados à produção e/ou utilização de Biogás e Biometano	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,1% ao ano + TLP (operação direta).</li> <li>• Prazo de até 20 anos.</li> <li>• Carência de até seis meses após a entrada do projeto em operação comercial.</li> </ul>
BNDES Fundo Clima - Logística de Transporte, Transporte Coletivo e Mobilidade Verdes	Apoio à implantação, expansão, modernização e recuperação da infraestrutura de transportes de passageiros e carga, incluindo aquisição de equipamentos, que promovam alternativas de transporte mais sustentável, com menor impacto ambiental e redução da emissão de GEE e foco na eficiência e qualidade de vida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,3% ao ano (taxa do BNDES) + 6,5% ao ano (operação direta).</li> <li>• Prazo de até 300 meses, incluído o prazo de carência de 60 meses.</li> </ul>
BNDES Finem - Infraestrutura para escoamento e transporte por dutos, terminais de liquefação e de regaseificação de gás natural, biogás, biometano	Apoio a implantação, expansão, modernização, construção e montagem de infraestrutura e/ou serviços para o escoamento e transporte por dutos, terminais de liquefação e de regaseificação de gás natural, biogás, biometano.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,5% ao ano + TLP (operação direta).</li> <li>• Prazo de até 20 anos e período de carência de até seis meses.</li> </ul>
BNDES – Meio Ambiente - Ônibus e caminhões com tecnologias de tração de baixo carbono e equipamentos de maior eficiência energética	Financiamento para aquisição e produção de ônibus e caminhões, elétricos, híbridos, outros modelos com tração elétrica ou a gás natural ou biometano; e demais máquinas e equipamentos com maiores índices	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,1% ao ano + TLP (operação direta).</li> <li>• Prazo de até 20 anos.</li> </ul>



e/ou redução de emissões de carbono	de eficiência energética ou que contribuam para redução da emissão de gases de efeito estufa.	
BDMG Finame Fundo Clima	Apoio a aquisição de máquinas e equipamentos e o desenvolvimento tecnológico relacionados à redução da emissão de GEE.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxa de juros atrativa.</li> <li>• R\$ 50 milhões por cliente a cada 12 meses.</li> <li>• Prazos de financiamento de até 16 anos, incluindo até 5 anos de carência.</li> </ul>
BDMG Verde	de crédito para o estado de Minas Gerais que visa o financiamento de projetos que promovam a transição para uma economia verde.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxas de juros a partir de 1,9% ao ano + Selic.</li> <li>• Prazo de até 144 meses.</li> <li>• Carência de até 24 meses.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria com base em relatórios oficiais e informações dos planos

O quadro acima não pretende ser exaustivo, ou seja, não lista todas as opções de financiamento disponíveis, mas destaca aquelas mais relevantes, indicando possíveis caminhos para viabilizar a execução do projeto.

Até o momento, não há registros públicos de projetos financiados especificamente para a aquisição de *kits* de conversão de caminhões com motores a diesel para operação a gás, entre as linhas de financiamento avaliadas. A maioria das iniciativas apoiadas concentra-se na produção de biogás e na infraestrutura de abastecimento, elementos essenciais para garantir a oferta do combustível (considerando posterior purificação do biogás a biometano) e viabilizar sua aplicação em veículos pesados.

Nesse contexto, um exemplo relevante é o projeto da Cocal, financiado pelo BNDES Fundo Clima, que prevê a construção de uma planta de biogás em Paraguaçu Paulista, no estado de São Paulo, com capacidade de produzir até 60 mil m<sup>3</sup>/dia de biogás a partir de subprodutos da indústria sucroalcooleira, como palha de cana, torta de filtro e vinhaça. Para esse projeto, o BNDES aprovou financiamento de R\$ 135 milhões destinados à implantação da planta de biogás (BNDES, 2023a). Além de atender clientes industriais e comerciais por meio de distribuição via GNC (gás natural comprimido transportado em carretas), parte da produção será destinada à própria frota da empresa, composta por caminhões, colhedoras e tratores, com o objetivo de reduzir o consumo de diesel. Adicionalmente, em 2023, a Essencis Biometano S.A obteve aprovação de um financiamento de R\$ 93,8 milhões para construção de uma usina de biometano no aterro de Caieiras (SP) (BNDES, 2023a).

## Barreiras de entrada e oportunidades

Para potenciais investidores e demais atores envolvidos no processo de conversão do motor de caminhões da frota para operação a gás, especialmente considerando o contexto logístico de distribuição e oferta de GNV e biometano, é importante considerar os riscos envolvidos no desenvolvimento do projeto. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Com base no



levantamento do produto P2.4, o Quadro 27 ilustra as principais barreiras (as quais interagem entre si) à implementação da iniciativa em categorias distintas.

Quadro 27: Barreiras para o desenvolvimento de projeto de conversão de frota de caminhões para operação a gás

Risco/Barreira	Impacto
Regulatória-política	É necessário aprimoramento de marcos regulatórios e fiscais para a tecnologia, com foco na redução de custos ao consumidor final, pois os custos elevados do GNV e biometano tomam a tecnologia pouco atrativa frente à utilização de diesel como combustível.
Demanda e Disponibilidade	A escassez de biometano frente ao aumento da demanda, considerando as atribuições da Lei Combustível do Futuro, eleva seus preços (Chiappini, 2025), dificultando a competitividade frente a combustíveis fósseis e inviabilizando economicamente projetos de conversão de motores ou expansão da infraestrutura.
Econômico-financeira	São necessários investimentos para aprimoramento tecnológico e adequação da infraestrutura de distribuição para viabilidade de utilização do combustível.
Cultural/Social	Insegurança do consumidor quanto à confiabilidade da tecnologia e ao possível aumento no custo do seguro, decorrente da modificação do motor original
Tecnológico-Operacional	Apesar dos avanços observados no estado, ainda há limitação da malha de gasodutos e a baixa disponibilidade do combustível nos postos de abastecimento (ABREN, 2024).

Fonte: Elaboração própria.

Por meio da consulta aos atores do setor, a tecnologia mostrou-se conhecida no contexto da empresa respondente, com comprovação de implementação, ou seja, é uma solução já incorporada às operações da organização. Com relação às barreiras identificadas, destacam-se as barreiras econômico-financeiras e tecnológico-operacionais. Nesse contexto, do ponto de vista econômico, a empresa trouxe a percepção de necessidade de fontes de financiamento mais atrativas para que o cliente/transportador adquira veículos com tecnologias de baixo ou zero carbono.

No que se refere à infraestrutura, a limitação na produção e na distribuição de biometano e GNV representa um obstáculo relevante para a empresa. De acordo com o apontado no questionário, a oferta desses combustíveis está concentrada em alguns corredores rodoviários, o que restringe a operacionalização da frota convertida em rotas de menor cobertura.

## Destaques

A simples redução do ticket médio para a conversão de motores, por si só, não garante a sustentabilidade financeira do projeto no longo prazo. Dessa forma, o aumento da



competitividade do preço do GNV/biometano em relação ao diesel é um dos principais fatores condicionantes para a viabilidade do projeto.

Para torná-los competitivos e garantir a operação sem prejuízos, é necessário investir na ampliação de escala, especialmente do biometano. Dessa forma, as ações governamentais devem se orientar no fortalecimento de estratégias de incentivo, como a Lei do Combustível do Futuro, que reduzam os custos e tornem o uso de veículos de baixo carbono mais escalável. Além disso, o barateamento do GNV e o fortalecimento da infraestrutura logística e de distribuição são fatores fundamentais para esse avanço.

O estado de Minas Gerais possui potencial para produção de biometano, seja por meio da decomposição anaeróbica dejetos, resíduos agropecuários, industriais, esgotos ou resíduos orgânicos municipais. Como um dos maiores produtores do agronegócio no país, o estado destaca-se pelo potencial de aproveitamento de sua biomassa para produção econômica de biometano, com capacidade estimada, a curto prazo, de produzir 1,1 bilhão m<sup>3</sup> de biogás e biometano por ano, de acordo com o Instituto 17. Não obstante, existe potencial para o desenvolvimento de plantas produtoras de biometano associadas a aterros sanitários, especialmente considerando as projeções de aumento de investimentos no setor de saneamento, muito vinculadas à vigência do novo marco regulatório do setor (FAEMG, 2022).

Adicionalmente, a competitividade do biometano dependerá de fatores externos à sua cadeia produtiva, como o preço do gás natural, a precificação do carbono emitido em sua queima e os esforços para conter as emissões antropogênicas de metano. À medida que políticas públicas e investimentos estratégicos avancem, é esperado que, no longo prazo, o biometano se consolide como uma das principais fontes primárias de energia.

A Invest Minas pode exercer um papel relevante na coordenação entre os setores público e privado, no intuito de implementar um ecossistema favorável à adoção em larga escala de biometano. Além disso, pode fomentar a expansão significativa da infraestrutura de transporte e distribuição, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de projetos voltados à conversão de motores movidos a GNV/biometano. Como consequência, esses incentivos tendem a estimular organicamente novos investimentos no setor.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento das fontes de financiamento demonstra que existe um volume expressivo de recursos disponíveis, sobretudo de origem pública, para a ação climática. Dessa forma, o desafio para o atingimento das metas climáticas estatuais não é necessariamente aumentar o volume de recursos, mas a criação de mecanismos que integrem instrumentos públicos de incentivo com a ambição do setor privado para a execução dos projetos.

Nesse contexto, o Rota da Descarbonização emerge como um ativo institucional estratégico, orientando as prioridades e metas de descarbonização e sinalizando a governança e o compromisso de longo prazo do estado, elementos essenciais para aumentar a confiança dos investidores e financiadores climáticos. Assim, o Rota desempenha, entre outros, dois papéis fundamentais:

- coordenar as ações e políticas estaduais de incentivo a descarbonização;
- sinalizar externamente a ambição e estabilidade necessárias para a atração de financiamento climático.

Para que a ambição do PLAC-MG seja convertida em resultados, o fortalecimento das capacidades técnicas institucionais voltadas à identificação de oportunidades e à estruturação de projetos de descarbonização no âmbito estadual serão fundamentais. Isso inclui desde a capacidade de elaborar estudos de viabilidade até a identificação de alavancas que viabilizem ou aumentem a atratividade dos empreendimentos, bem como a capacidade de atrair diferentes fontes de recursos.

Em alguns casos, a elaboração de políticas públicas de incentivo para a adoção de determinadas tecnologias ou para inovação tecnológica pode ser necessária, visto que parte da descarbonização do estado demandará o emprego de tecnologias incipientes, de baixa escalabilidade ou prontidão tecnológica limitada. Projetos dessa natureza tendem a ter retornos financeiros mais incertos, de forma que a própria decisão de investimento no projeto é desconsiderada, antes mesmo de haver alguma demanda pelo financiamento climático. A dependência atual de fontes públicas e subsidiadas de financiamento reforça o entendimento de que o setor privado enxerga os projetos climáticos como menos viáveis ou mais arriscados.

Eventualmente, a viabilização desses projetos pode depender de processos e atividades anteriores da cadeia produtiva. Tecnologias como o uso de hidrogênio na indústria ou o biogás no setor de transporte, por exemplo, dependem de um ecossistema produtivo capaz de fornecer insumos, serviços e infraestrutura logística para que as tecnologias sejam implementáveis. Sem o amadurecimento dessas cadeias, o custo de adoção das tecnologias permanece elevado e a viabilidade econômica dos projetos fica comprometida, e limitando a sua capacidade de captar financiamento.

Dessa forma, o fortalecimento da estruturação de projetos, desde a definição dos modelos de negócios até avaliação de viabilidade, é fundamental para atrair o financiamento privado. Nesse processo, a Invest Minas pode desempenhar um papel central como articuladora entre o poder público estadual, o setor privado e organismos de financiamento, atuando na prospecção e avaliação das oportunidades, no apoio à estruturação de projetos e na mediação entre investidores e proponentes. Assim, a agência pode se consolidar como um



vetor de atração de investimentos climáticos para Minas Gerais, alinhando estratégias de desenvolvimento econômico e de transição para uma economia de baixo carbono.

O desafio consiste, portanto, na integração entre estruturação de projetos, fortalecimento produtivo e atração de financiamento, dentro de uma estratégia coordenada de desenvolvimento. A transição climática do estado será viável quando estiver ancorada em projetos economicamente viáveis, com cadeias produtivas competitivas em escala regional. Nessa perspectiva, a Invest Minas pode ser um agente de transformação estrutural em Minas Gerais, capaz de atrair investimentos para reposicionar o estado como referência em desenvolvimento sustentável e competitividade de longo prazo.



 INVEST  
MINAS

 WAY  
CARBON

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDE, Associação Brasileira de Desenvolvimento. **O BDMG, em parceria com a Fonplata, oferece R\$300 milhões em financiamento para municípios mineiros.** 6 fev. 2024. ABDE. Disponível em: <https://abde.org.br/o-bdmg-em-parceria-com-a-fonplata-oferece-r300-milhoes-em-financiamento-para-municipios-mineiros/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

ABDE, Associação Brasileira de Desenvolvimento. SISTEMA NACIONAL DE FOMENTO. 2022. Disponível em: <https://abde.org.br/wp-content/uploads/2022/01/Documento-SNF.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Beef Report 2025 | Perfil da Pecuária no Brasil.** [S. In.], Disponível em: <https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2025-perfil-da-pecuaria-no-brasil/>. Acesso em: 1 out. 2025.

ABREN. **ABREN e FIEMG discutem caminhos para a produção sustentável do biogás e biometano em Minas Gerais.** 28 maio 2024. ABREN. Disponível em: <https://abren.org.br/abren-e-fiemg-discutem-caminhos-para-a-producao-sustentavel-do-biogas-e-biometano-em-minas-gerais/>. Acesso em: 15 out. 2025.

ABREU, Cristiane Soares De. ANÁLISE DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO GNV COMO COMBUSTÍVEL PARA A COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. .

AFD, Agence Française de Développement. AFD Group | AFD - Agence Française de Développement. 2025. Disponível em: <https://www.afd.fr/en/afd-group>. Acesso em: 13 ago. 2025.

AFD, Agence Française de Développement. Annex 6. Environmental and Social Management Framework - E-Motion Program | AFD - Agence Française de Développement. 10 jun. 2024. Disponível em: <https://www.afd.fr/en/ressources/annex-6-environmental-and-social-management-framework-e-motion-program>. Acesso em: 7 ago. 2025.

AFD, Agence Française de Développement. Apoiar as Parcerias Público-Privadas nos municípios brasileiros. 1 nov. 2018. Disponível em: <https://www.afd.fr/pt-pt/carte-des-projets/apoiar-parcerias-publico-privadas-nos-municipios-brasileiros>. Acesso em: 7 ago. 2025.

AGÊNCIA BNDES DE NOTÍCIAS. BNDES lança Programa para fomento ao Hidrogênio Verde. 1 jul. 2022. **Agência BNDES de Notícias.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-lanca-Programa-para-fomento-ao-Hidrogenio-Verde>. Acesso em: 14 ago. 2025.

AGÊNCIA BRASIL. Rio de Janeiro concentra 74% da produção de gás natural no país. 29 jan. 2025. **Agência Brasil.** Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-01/rio-de-janeiro-concentra-74-da-producao-de-gas-natural-no-pais>. Acesso em: 2 out. 2025.

AGÊNCIA MINAS. Com liderança do Governo de Minas, agronegócio mineiro alcança PIB recorde de R\$ 235 bilhões em 2024. Minas Gerais, 30 jun. 2025. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/com-lideranca-do-governo-de-minas-agronegocio-mineiro-alcanca-pib-recorde-de-r-235-bilhoes-em-2024>.



AGÊNCIA MINAS. Flexibilização de parceria entre BDMG e BEI destina 30 milhões de euros para empresas superarem covid-19. 13 nov. 2020. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/flexibilizacao-de-parceria-entre-bdmg-e-bei-destina-30-milhoes-de-euros-para-empresas-superarem-covid-19>. Acesso em: 7 ago. 2025.

AGÊNCIA SP. **Unesp lidera projeto de R\$ 5 milhões para desenvolver diesel verde a partir de biomassa**. 8 abr. 2025. Disponível em: <https://www.agenciasp.sp.gov.br/unesp-lidera-projeto-de-r-5-milhoes-para-desenvolver-diesel-verde-a-partir-de-biomassa/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

AGROLINK. Cotação Boi Magro Nacional. 2025. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/historico/sp/boi-magro-1cab>. Acesso em: 18 set. 2025.

ALFRADIQUE, Marcelo; DA COSTA, Gabriel De Figueiredo; PINTO, Ana Claudia Sant Ana; CAVALCANTI, Marcelo Castello Branco; SILVA, Filipe De Padua Fernandes; DA COSTA, Angela Oliveira; STUKART, Bruno R. L.; JORGE, Gabriel Da Silva Azevedo; STELLING, Patrícia Feitosa Bonfim. Diesel and natural gas trucks in Brazil: a comparative analysis of economic feasibility. **Rio Oil and Gas Expo and Conference**, [.

ALMG, Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Prêmio Assembleia de Incentivo à Inovação. 2024. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/353/638/2353638.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ALMG, Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Sancionada lei de adesão de Minas Gerais ao Propag - Assembleia Legislativa de Minas Gerais. 6 jun. 2025. **Portal da Assembleia Legislativa de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Sancionada-lei-de-adesao-de-Minas-Gerais-ao-Propag/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. Conexão SAF. 2025. Disponível em: <https://hotsites.anac.gov.br/conexaosaf/iindex.html#mem>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ANAC, Agência Nacional de Aviação Civil. Governo financiará produção de combustível de aviação sustentável (SAF). 2024. **Agência Nacional de Aviação Civil (Anac)**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2024/governo-financiara-producao-de-combustivel-de-aviacao-sustentavel-saf>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ANP. Mapa | ANP. 2024. Disponível em: <https://geomaps.anp.gov.br/>. Acesso em: 25 set. 2025.

ANP. Mapa Dinâmico - Produtores de Etanol. 2025a. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMmRhZWU2NDUtZWE2Yi00NzI5LWJjMGQtNjIwNjE0MjM0MjEzliwidCI6IjQ0OTImNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 2 out. 2025.

ANP. Nova Lei do Gás (Lei nº 14.134/2021) e Decreto nº 10.712/2021. 2021. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/movimentacao-estocagem-e-comercializacao-de-gas-natural/transporte-de-gas-natural/nova-lei-do-gas-lei-no-14-134-2021-e-decreto-no-10-712-2021>. Acesso em: 2 out. 2025.

ANP. Painel Dinâmico - Produtores de Biometano. 2025b. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiM2MwZWQ0ZjAtYTRjNy00MWUyLTUyZgtYjI4Y2JmMjA3YzNhliwidCI6IjQ0OTImNGZmLTI0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9>. Acesso em: 2 out. 2025.

ANP. Produção de petróleo e gás em 2024 se mantém estável com relação ao recorde de 2023. 2025c. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt->



br/canais\_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/producao-de-petroleo-e-gas-em-2024-se-mantem-estavel-com-relacao-ao-recorde-de-2023. Acesso em: 2 out. 2025.

ANP. n.], Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-906-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-do-biometano-oriundo-de-produtos-e-residuos-organicos-agrossilvopastoris-e-comerciais-destinado-ao-uso-veicular-e-as-instalacoes-residenciais-e-comerciais-a-ser-comercializado-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 2 out. 2025.

ANP, Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2025. 2025d. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario-estatistico-brasileiro-do-petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis-2025>. Acesso em: 6 ago. 2025.

ANTT. Portaria SUROC nº 17/2020. 2020. **ANTTLEGIS**. Disponível em: [https://anttlegis.antt.gov.br/action/UriPublicasAction.php?acao=getAtoPublico&sgl\\_tipo=POR&num\\_ato=00000017&seq\\_ato=ATT&vlr\\_ano=2020&sgl\\_orgao=SUROC/ANTT/MI&cod\\_modulo=161&cod\\_menu=5411&print=S](https://anttlegis.antt.gov.br/action/UriPublicasAction.php?acao=getAtoPublico&sgl_tipo=POR&num_ato=00000017&seq_ato=ATT&vlr_ano=2020&sgl_orgao=SUROC/ANTT/MI&cod_modulo=161&cod_menu=5411&print=S). Acesso em: 29 set. 2025.

APEX BRASIL. ApexBrasil lidera delegação brasileira em evento referência para atração de investimentos em transição energética. 2025. Disponível em: <https://apexbrasil.com.br/br/pt/conteudo/noticias/apexbrasil-lidera-delegacao-brasileira-em-evento-referencia-para.html>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ARGUS. **Argus Brazil Gas Markets Report Sample**. Disponível em: [https://waycarbon.sharepoint.com/sites/Projetos/INVMG24A/Documentos%20Compartilhados/1.Execu%C3%A7%C3%A3o/3.%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20produtos/P2\\_Parte%202.%20Pilar%20de%20financiamento/2.%20Desenvolvimento/Cap%C3%ADtulo%206%20-%20Estudos%20de%20Caso/E3%20TRANSPORTES%20-%20Caminh%C3%B5es%20a%20biometano/Refer%C3%A4ncias/Argus%20Brazil%20Gas%20Markets%20Report%20Sample.pdf](https://waycarbon.sharepoint.com/sites/Projetos/INVMG24A/Documentos%20Compartilhados/1.Execu%C3%A7%C3%A3o/3.%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20produtos/P2_Parte%202.%20Pilar%20de%20financiamento/2.%20Desenvolvimento/Cap%C3%ADtulo%206%20-%20Estudos%20de%20Caso/E3%20TRANSPORTES%20-%20Caminh%C3%B5es%20a%20biometano/Refer%C3%A4ncias/Argus%20Brazil%20Gas%20Markets%20Report%20Sample.pdf). Acesso em: 1 out. 2025.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças Corporativas e Valor**. Sétima Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2014.

AUTODATA. Grupo Sada investe R\$ 9 milhões para transformar parte da frota diesel em gás. 4 dez. 2024. **AutoData**. Disponível em: <https://www.autodata.com.br/noticias/2024/12/04/grupo-sada-investe-r-9-milhoes-para-transformar-parte-da-frota-diesel-em-gas/81359/>. Acesso em: 26 set. 2025.

B3. CADERNO DE FÓRMULAS TERMO. .

BACEN, Banco Central do Brasil. Estatística Bancária Mensal por município - ESTBAN. 2025. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/estatisticabancariamunicipios>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BANCO DO BRASIL. Relatório de Sustentabilidade 2024. 2024. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/0501147c-6489-4fc5-8ac2-a39baa2721b9/dbc67b1e-adb3-8bf1-7b88-5d43d605aaa2?origin=1>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BANCO MUNDIAL. Boards of Governors. 2025a. **World Bank**.



BANCO MUNDIAL. **Relatório Anual de 2024**. [S. / n.], Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099613410252417450/pdf/IDU-8053eb87-195b-42fa-b93b-685828d577fe.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BANCO MUNDIAL. Sustainable Development Bonds. 2025b. **World Bank**. Disponível em: <https://documents.worldbank.org/en/about/unit/treasury/ibrd>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BANCO MUNDIAL. World Bank Investor Brief. 2025c. Disponível em: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/590254732855cde0f6642f43410ebb2f-0340022021/original/investorbriefworldbank.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BANDES, Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. Descarbonização. 2025a. **Bandes**. Disponível em: <https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/1943/descarbonizacao>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BANDES, Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. Desenvolvimento Sustentável. 2025b. **Bandes**. Disponível em: <https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/1820/desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BANDES, Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo. Programa Funes ESG de Desenvolvimento. 2025c. **Bandes**. Disponível em: <https://www.bandes.com.br/Site/Dinamico/Show/1710/programa-funes-esg-de-desenvolvimento>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: Alcançando 12 Gigawatts, Minas Gerais Mantém Liderança Nacional Na Geração De Energia Solar. 28 maio 2025. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/alcancando-12-gigawatts-minas-gerais-mantem-lideranca-nacional-na-geracao-de-energia-solar/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: BDMG E Embrapa Iniciam Programa Para Incentivar Agricultura Sustentável Em Minas Gerais. 2022. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/bdmg-e-embrapa-iniciam-programa-para-incentivar-agricultura-sustentavel-em-minas-gerais/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: BDMG E Fonplata Assinam Acordo. 5 maio 2020a. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/bdmg-e-fonplata-assinam-acordo/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: BDMG Poderá Captar Até US\$100 Milhões Do BID Com O Aval Da União Para Financiar Projetos De Sustentabilidade. 11 dez. 2023a. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/bdmg-podera-captar-ate-us100-milhoes-do-bid-com-o-aval-da-uniao-para-financiar-projetos-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: Governo De Minas Envia à Assembleia Projeto Que Permite Ao BDMG Oferecer Crédito De Até R\$ 1 Bi Para Prefeituras E Empresas Do Estado. 14 jun. 2023b. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/governo-de-minas-envia-a-assembleia-projeto-que-permite-ao-bdmg-oferecer-credito-de-ate-r-1-bi-para-prefeituras-e-empresas-do-estado/>. Acesso em: 6 ago. 2025.



BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: Parceria Entre BDMG E CAF Garante US\$ 220 Milhões Para Impulsionar Eficiência Energética E Financiamento Verde. 2024a. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/parceria-entre-bdmg-e-caf-garante-us-220-milhoes-para-impulsionar-eficiencia-energetica-e-financiamento-verde/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: Parceria Entre BDMG E CAF Garante US\$ 220 Milhões Para Impulsionar Eficiência Energética E Financiamento Verde. 10 dez. 2024b. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/parceria-entre-bdmg-e-caf-garante-us-220-milhoes-para-impulsionar-eficiencia-energetica-e-financiamento-verde/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais: US\$ 50 Milhões: BDMG Conclui Emissão De Título Sustentável Inédito Na Bolsa De NY. 30 dez. 2020b. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/us-50-milhoes-bdmg-conclui-emissao-de-titulo-sustentavel-inedito-na-bolsa-de-ny/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG Financia Ônibus E Caminhões Elétricos Em Nova Linha De Crédito. 2024c. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/bdmg-financia-onibus-e-caminhoes-eletricos-em-nova-linha-de-credito/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BDMG Financia Ônibus E Caminhões Elétricos Em Nova Linha De Crédito. 2024d. **BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/bdmg-financia-onibus-e-caminhoes-eletricos-em-nova-linha-de-credito/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. BNDES capta com o NDB, Banco dos Brics, US\$ 156 mi de um total de US\$ 300 mi para energia renovável. 31 out. 2018. **BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-capta-com-o-ndb-banco-dos-brics-us-156-mi-de-um-total-de-us-300-mi-para-energia-renovavel>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. Demonstrações Financeiras Completas. 2024e. Disponível em: <https://www.bdmg.mg.gov.br/wp-content/uploads/2024/08/Demonstracoes-Financeiras-completas-em-30.06.2024.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BDMG, Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais. Relatório de Sustentabilidade. 2024f. Disponível em: [https://www.bdmg.mg.gov.br/wp-content/uploads/2024/06/Relatorio-de-Sustentabilidade\\_PORTUGUES.pdf](https://www.bdmg.mg.gov.br/wp-content/uploads/2024/06/Relatorio-de-Sustentabilidade_PORTUGUES.pdf). Acesso em: 22 jul. 2025.

BELLONA. Hydrogen use in industry. 2020. **Climate Solutions**. Disponível em: <https://www.frompollutiontosolution.org/hydrogenuseinindustry>. Acesso em: 26 ago. 2025.

BID. BID | Projetos.

Disponível em: <https://www.iadb.org/pt-br/quem-somos/sobre-o-bid>. Acesso em: 1 ago. 2025b.



BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. BID | Empréstimos de investimento. 2025a. Disponível em: <https://www.iadb.org/pt-br/como-podemos-trabalhar-juntos/setor-publico/emprestimos-de-investimento>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. BID | Nasce programa de financiamento para energia limpa comunitária com usos produtivos na América Latina e Caribe. 2024a. Disponível em: <https://www.iadb.org/pt-br/noticias/nasce-programa-de-financiamento-para-energia-limpa-comunitaria-com-usos-produtivos-na>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Design of the operation “More Productive Acre Program - PROAMP. 12 ago. 2025b. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1618>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Energy Transition Program II - Brazil. 1 ago. 2025c. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1610>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Pollutant Emissions Reduction Program through the Electrification of Bus Fleets in the Municipality of São Paulo. 6 ago. 2025d. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-L1622>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Support for the implementation of sustainable rural development operations in Brazil. 12 ago. 2025e. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1643>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Support for the implementation of the Low Carbon Agriculture Plan (ABC+) in the State of Pará. 12 ago. 2025f. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1577>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Sustainable Rural Development Project of the State of Paraíba (PROCASE II). 12 ago. 2025g. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-L1623>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Technical support to promote electromobility and decarbonization in urban mobility in Brazil. 6 ago. 2025h. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1592>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. IDB | Urban mobility project for passenger transport on rails in the State of São Paulo, Brazil. 6 ago. 2025i. Disponível em: <https://www.iadb.org/en/project/BR-T1640>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BID, Banco Intra-americano de Desenvolvimento. Informe Anual de BID Invest 2023: Escalando Impacto | BID Invest. 14 mar. 2024b. Disponível em: <https://www.idbinvest.org/es/publicaciones/informe-anual-de-bid-invest-2023-escalando-impacto>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BISCOLA, P. H. N; MALAFAIA, G. C. **Anuário Citarne da cadeia produtiva da carne bovina: 2024 - 2025**. [S. l.]: Embrapa Gado de Corte, Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1174114/anuario-citarne-da-cadeia-produtiva-da-carne-bovina-2024---2025>. Acesso em: 1 out. 2025.

BLOMBERGNEF. Energy Transition Factbook. 2023. Disponível em: <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2023/07/cem-factbook.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.



BNB, Banco do Nordeste. Banco do Nordeste do Brasil: 70 anos de contribuição para o desenvolvimento regional. 2019. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/45799/2019277/Banco+do+Nordeste+-+70+Anos.pdf/fc4c4597-0c52-0472-fe5d-00dfa92c954e?t=1658242016967&bnb%20livro-aberto>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNB, Banco do Nordeste. BNB dobra financiamento de energia solar para agricultores familiares e já financiou R\$ 55,3 milhões em quatro meses. 2025a. Disponível em: [https://www.bnb.gov.br/imprensa/noticias/-/asset\\_publisher/QGdgGhxvRtMv/content/bnb-dobra-financiamento-de-energia-solar-para-agricultores-familiares-e-j%C3%A1-financiou-r-55-3-milh%C3%B5es-em-quatro-meses/44540](https://www.bnb.gov.br/imprensa/noticias/-/asset_publisher/QGdgGhxvRtMv/content/bnb-dobra-financiamento-de-energia-solar-para-agricultores-familiares-e-j%C3%A1-financiou-r-55-3-milh%C3%B5es-em-quatro-meses/44540). Acesso em: 13 ago. 2025.

BNB, Banco do Nordeste. FNE Sol. 2025b. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/fne-sol>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNB, Banco do Nordeste. FNE Verde. 2025c. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/fne-verde>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNB, Banco do Nordeste. Framework de Financiamento Sustentável. 2025d. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/sustentabilidade/financas-sustentaveis>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNB, Banco do Nordeste. História - Institucional. 2025e. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/institucional/historia>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES. Com R\$ 230 mi, BNDES apoia projetos de biometano no 3º maior aterro sanitário do mundo e no setor sucroenergético 05.12.23. 2023a. **BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/com-230-milhoes-de-reais-o-bndes-apoia-projetos-de-biometano-no-terceiro-maior-aterro-sanitario-do-mundo-e-no-setor-sucroenergetico>. Acesso em: 2 out. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES capta R\$ 611,3 milhões do KfW para impulsionar mobilidade urbana e restauração ecológica. 2023b. **Agência BNDES de Notícias**. Disponível em: [https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-capta-R\\$-6113-milhoes-do-KfW-para-impulsionar-mobilidade-urbana-e-restauracao-ecologica/](https://agenciadenoticias.bndes.gov.br/socioambiental/BNDES-capta-R$-6113-milhoes-do-KfW-para-impulsionar-mobilidade-urbana-e-restauracao-ecologica/). Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES dobra para R\$ 2 bi recursos para setor de biocombustíveis. 2022a. **BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-dobra-para-2-bilhoes-de-reais-recursos-para-setor-de-biocombustiveis>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES e Minas Gerais estabelecem acordo para recuperação ambiental no estado. 2022b. **BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-e-mg-estabelecem-acordo-para-recuperacao-ambiental-no-estado>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES Finem - Geração de energia. 2025a. **BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-energia>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES Finem - Meio Ambiente - Ônibus e caminhões com tecnologias de tração de baixo carbono e equipamentos de maior eficiência energética e/ou redução de emissões de carbono. 2025b.



**BNDES.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/bndes-finem-onibus-caminhoes-equipamentos-baixo-carbono>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. BNDES obtém 265 milhões de euros do banco alemão KfW para financiar transporte público. 2015. **BNDES.** Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20150818\\_kfw](http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/20150818_kfw). Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. **DESCARBONIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE BASE.** [S. l.]

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. Emissões evitadas e removidas. 2024b. **BNDES.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/clima/emissoes-gases-efeito-estufa-gee/emissoes-evitadas-e-removidas>. Acesso em: 16 out. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. Floresta Viva. 2025c. **BNDES.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/parcerias/floresta-viva>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. Fundo Clima. 2025d. **BNDES.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. Parcerias para o desenvolvimento sustentável. 2024c. **BNDES.** Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/parcerias>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BNDES, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social Nacional. **Relatório Anual Integrado.** [S. l.]

BOECHEM, Felipe. **Aprimoramentos na regulação devem impulsionar o uso do biogás e biometano.** 11 maio 2022. EIXOS. Disponível em: <https://eixos.com.br/combustiveis-bioenergia/biocombustiveis/aprimoramentos-na-regulacao-devem-impulsionar-o-uso-do-biogas-e-biometano/>. Acesso em: 2 out. 2025.

BORGUI, Emerson; NETO, Miguel Marques Gontijo; RESENDE, Rosângela Maria Simeão; ZIMMER, Ademir Hugo; ALMEIDA, Roberto Giolo de; MACEDO, Manuel Cláudio Motta. Capítulo 4 - Recuperação de pastagens degradadas. 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1101768?locale=es>. Acesso em: 7 out. 2025.

BRANQUINHO, Adely; ELIZIÁRIO, Sayonara; CHANTRE, Caroline; PRADELLE, Florian; CHAVES, Ana Carolina. **A Economia do Hidrogênio? Transição, descarbonização e oportunidades para o Brasil.** [S. l.]: E-papers, 2023.

BRASIL. **Atualização do Programa País do Brasil junto ao Fundo Verde do Clima (GCF) - Nota Conceitual.** [S. l.]

BRASIL. Brasil garante investimentos de R\$ 1,44 bilhão para restauração florestal e soluções baseadas na natureza. 28 fev. 2025b. **Ministério da Fazenda.** Disponível em:



<https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2025/fevereiro/Brasil-garante-investimentos-de-R%24-1%2C44-bilhao-para-restauracao-florestal-e-solucoes-baseadas-na-natureza>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BRASIL. Brasil lidera ranking internacional para financiamento de projetos de descarbonização da indústria. 2025c. **Secretaria de Comunicação Social**. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias/2025/05/brasil-lidera-ranking-internacional-para-financiamento-de-projetos-de-descarbonizacao-da-industria>. Acesso em: 13 ago. 2025.

BRASIL. Brasil terá US\$ 1,2 bi do BID para projetos de sustentabilidade agrícola. 21 mar. 2022. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-tera-us-1-2-bi-do-bid-para-projetos-de-sustentabilidade-agricola>. Acesso em: 6 ago. 2025.

BRASIL. **Brazil (REI) Investment Plan**. [S. l.

BRASIL. DPSP e Futures Window. 2025d. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/fundos-internacionais-de-desenvolvimento/fundos-de-investimento-climatico-climate-investment-funds-cif/projetos-e-programas/dpsp-e-futures-window/dpsp-e-futures-window>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRASIL. Equity. 2025e. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/fundos-internacionais-de-desenvolvimento/fundo-verde-do-clima/como-acessar/equity/equity>. Acesso em: 18 ago. 2025.

BRASIL. Fazenda divulga carteira de projetos que integrarão o novo Programa País do Brasil junto ao GCF. 31 jul. 2025f. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2025/julho/fazenda-divulga-carteira-de-projetos-que-integrarao-o-novo-programa-pais-do-brasil-junto-ao-gcf>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BRASIL. Fazenda divulga cronograma oficial do processo de atualização do Programa País do Brasil junto ao GCF. 10 jun. 2025g. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/noticias/2025/junho/fazenda-divulga-cronograma-oficial-do-processo-de-atualizacao-do-programa-pais-do-brasil-junto-ao-gcf>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BRASIL. FNE poderá financiar armazenamento de energia em 2025. 2024a. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/noticias/fne-podera-financiar-armazenamento-de-energia-em-2025>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BRASIL. Fundo Clima terá até R\$ 15 bilhões em parcerias com BID e Banco Mundial. 26 fev. 2024b. **Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/fundo-clima-tera-ate-r-15-bilhoes-em-parcerias-com-bid-e-banco-mundial>. Acesso em: 1 ago. 2025.

BRASIL. Fundos de Investimento Climático - CIF. 13 jun. 2025h. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/fundos-internacionais-de-desenvolvimento/fundos-de-investimento-climatico-climate-investment-funds-cif/cif>. Acesso em: 4 ago. 2025.

BRASIL. Governança de Bancos e Instituições Internacionais. 5 set. 2023b. **Ministério do Planejamento e Orçamento**. Disponível em: <https://www.gov.br/planejamento/pt-br/assuntos/assuntos-internacionais-e-desenvolvimento/bancos-multilaterias-de->



desenvolvimento/governanca-de-bancos-e-instituicoes-internacionais. Acesso em: 5 ago. 2025.

BRASIL. MIDR avança na parceria com a Agência Francesa de Desenvolvimento para financiamento nos fundos regionais. 19 fev. 2025i. **Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/midr-avanca-na-parceria-com-a-agencia-francesa-de-desenvolvimento-para-financiamento-nos-fundos-regionais>. Acesso em: 7 ago. 2025.

BRASIL. PORTARIA STN/MF Nº 926, DE 28 DE ABRIL DE 2025. 2025j. Disponível em: <https://thot-arquivos.tesouro.gov.br/publicacao-anexo/25171>. Acesso em: 7 out. 2025.

BRASIL. Programa Global de Armazenamento de Energia (GESP). 2025k. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/fundos-internacionais-de-desenvolvimento/fundos-de-investimento-climatico-climate-investment-funds-cif/projetos-e-programas/gesp/gesp>. Acesso em: 5 ago. 2025.

BRASIL. Programa Nacional de Conversão de Pastagens Degradadas em Sistemas de Produção Agropecuários e Florestais Sustentáveis (PNCPD) Decreto nº 11.815. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-tematicas/agrocarbono-sustentavel/novo-pac.pdf>. Acesso em: 7 out. 2025.

BRASIL. Programa REFROTA. 2023c. **Ministério das Cidades**. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/mobilidade-urbana/programa-refrota>. Acesso em: 17 out. 2025.

BRASIL. **Quarta comunicação nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021.

BRASIL. Sobre o GEF. 2025l. **Ministério da Fazenda**. Disponível em: <https://www.gov.br/fazenda/pt-br/assuntos/fundos-internacionais-de-desenvolvimento/fundo-global-para-o-meio-ambiente-gef/sobre-o-gef>. Acesso em: 4 ago. 2025.

CAF. CAF e BDMG: juntos pela transformação sustentável de Minas Gerais. 20 fev. 2025. Disponível em: <https://www.caf.com/pt/presente/noticias/caf-e-bdmg-juntos-pela-transformacao-sustentavel-de-minas-gerais/>. Acesso em: 7 ago. 2025.

CAF. Quem somos. Disponível em: <https://www.caf.com/pt/quem-somos/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

CAIXA. Relatório de Sustentabilidade 2024. 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/Downloads/caixa-relatorio-sustentabilidade/relatorio-sustentabilidade-2024.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CALDAS, Lucas R; SILVA, Lívia C; SIQUEIRA, Thaís P L; FILHO, Romildo D Toledo. Descarbonização e Política Industrial: Desafios para a Cadeia do Cimento. .

CARLOS, S.; ASSAD, E. D.; ESTEVAM, C. G.; DE LIMA, C. Z.; PAVÃO, E. M.; PINTO, T. P. **CUSTOS DA RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS DEGRADADAS NOS ESTADOS E BIOMAS BRASILEIROS**. [S. l.]: Observatório de Conhecimento e Inovação em Bioeconomia, Fundação Getúlio Vargas - FGV-EESP, Disponível em: [https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-02/eesp\\_relatorio\\_pasto-ap3\\_ajustado\\_0.pdf](https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-02/eesp_relatorio_pasto-ap3_ajustado_0.pdf). Acesso em: 1 out. 2025.



CARLOS, Sabrina de Matos; VALENTE, Fernanda; PINTO, Talita Priscila; MUNHOZ, Leonardo; VARGAS, Daniel; ASSAD, Eduardo Delgado. **Mercado Voluntário de Carbono: Preservação florestal com a intensificação da pecuária.** [S. / Disponível em: [https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-02/mercado\\_vo.pdf](https://agro.fgv.br/sites/default/files/2023-02/mercado_vo.pdf). Acesso em: 7 out. 2025.

Disponível em: <https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0305010001715021645.pdf>. Acesso em: 7 out. 2025.

CEPEA/ESALQ. Indicador do Boi Gordo. 2025. Disponível em: <https://www.cepea.org.br/br/indicador/boi-gordo.aspx>. Acesso em: 18 set. 2025.

CGEE, Centro de Gestão e Estudos. **Modernização da produção da produção de carvão vegetal: subsídios 2014 ao plano siderurgia do MDIC.** [S. /]. Cgee, 2015.

CHIAPPINI, Gabriel. **Yara vê risco de aumento de custos com início de mistura obrigatória de biometano.** 23 set. 2025. eixos. Disponível em: <https://eixos.com.br/gas-natural/mercado-de-gas/yara-ve-risco-de-aumento-de-custos-com-inicio-de-mistura-obrigatoria-de-biometano/>. Acesso em: 2 out. 2025.

CHIAVARI, Joana; SOUZA, Priscila; MOTTA, Miguel; FLORIAS, Renan; MINSKY, Eduardo. **Panorama de Financiamento Climático para Uso da Terra no Brasil 2021-2023.** Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative (CPI), Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2025/01/Panorama-de-Financiamento-Climatico-para-Uso-da-Terra-no-Brasil-2021-2023.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2025.

CIBIOGÁS. **Biogás X outros gases: Qual a diferença entre GLP, GN, GNV e Biometano?** 23 jun. 2021. CIBiogás: Energias Renováveis. Disponível em: <https://cibiogas.org/blog/biogas-x-outros-gases-qual-a-diferenca-entre-glp-gn-gnv-e-biometano/>. Acesso em: 2 out. 2025.

CIF. CIF Industry Decarbonization IEG Final Assessment Report. /], 12 jun. 2025a. Disponível em: [https://www.cif.org/sites/cif\\_enc/files/meeting-documents/ctf\\_tfc.34-03\\_industry-decarbonization-ieg-assessment-report\\_05222025\\_0.pdf](https://www.cif.org/sites/cif_enc/files/meeting-documents/ctf_tfc.34-03_industry-decarbonization-ieg-assessment-report_05222025_0.pdf).

CIF. How We Work | CIF. 2025b. Disponível em: <https://www.cif.org/how-we-work>. Acesso em: 4 ago. 2025.

CIF, Climate Investment Funds. Meeting of the Clean Technology Fund Trust Fund Committee. /], 2025c. Disponível em: [https://www.cif.org/sites/cif\\_enc/files/meeting-documents/ctf\\_tfc.34-03\\_industry-decarbonization-ieg-assessment-report\\_05222025\\_0.pdf](https://www.cif.org/sites/cif_enc/files/meeting-documents/ctf_tfc.34-03_industry-decarbonization-ieg-assessment-report_05222025_0.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

CLIMATE FUNDS UPDATE. **Data Dashboard.** 3 nov. 2018. Disponível em: <https://climatefundsupdate.org/data-dashboard/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CNA, Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil; CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB DO AGRONEGÓCIO REGISTRA CRESCIMENTO DE 6,49% NO PRIMEIRO TRIMESTRE DE 2025.** [S. / Disponível em: <https://www.cepea.org.br/upload/kceditor/files/ct-pib-do-agro-17jun25.pdf>. Acesso em: 1 out. 2025.

CNI. **HIDROGÊNIO SUSTENTÁVEL: PERSPECTIVAS PARA O DESENVOLVIMENTO E POTENCIAL PARA A INDÚSTRIA BRASILEIRA.** 2024. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/34/fc/34fc90b4-7c9d-4b5e-9769-1ac63ba9d891/id\\_247627\\_estudo\\_hidrogenio\\_sustentavel\\_interativo.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/34/fc/34fc90b4-7c9d-4b5e-9769-1ac63ba9d891/id_247627_estudo_hidrogenio_sustentavel_interativo.pdf). Acesso em: 26 ago. 2025.



CNI, Confederação Nacional da Indústria. Financiamento para o clima: arcabouço global e guia informativo das fontes de financiamento aplicáveis às indústrias brasileiras. 2022. Disponível em: [https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer\\_public/f9/8c/f98cefe6-2508-4e05-9daa-0cb9923273eb/financiamento\\_para\\_o\\_clima.pdf](https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/f9/8c/f98cefe6-2508-4e05-9daa-0cb9923273eb/financiamento_para_o_clima.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

CNN BRASIL. Brasil estima produzir 1,6 bi de litros de combustível sustentável de aviação. 9 nov. 2024. **CNN Brasil**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/negocios/brasil-estima-produzir-16-bi-de-litros-de-combustivel-sustentavel-de-aviacao/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

CNN BRASIL. Índia e África do Sul lideram projetos aprovados no Banco dos Brics sob Dilma | Blogs. 24 out. 2024. **CNN Brasil**. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/caio-junqueira/economia/macroeconomia/india-e-africa-do-sul-lideram-projetos-aprovados-no-banco-dos-brics-sob-dilma/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

CNN BRASIL. **Seu carro é diesel? Evite motor travado pela borra**. 6 jan. 2025. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/boris-feldman/auto/seu-carro-e-diesel-evite-motor-travado-pela-borra/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

CNT. Pesquisa CNT Perfil dos Caminhoneiros. 2019. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/perfil-dos-caminhoneiros>. Acesso em: 25 set. 2025.

COMGÁS. GUIA PRATICO COMO CONVERTER SEU VEICULO. 2025. Disponível em: <https://www.querocomgas.com.br/assets/vehicles-content/pdf/GUIA%20PRATICO%20COMO%20CONVERTER%20SEU%20VEICULO.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

COPPE;UFRJ;UFMG;USP. **Plano de descarbonização para o Estado de Minas Gerais dentro de um Brasil clima neutro em 2050**. [S. / Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2023/09/plano-descarbonizacao-minasgerais-coppe-ppe-feam.pdf>. Acesso em: 20 set. 2024.

COSTA, Bruno Nunes da; GUARDIA, Luis Gustavo Palma. Conversão de um motor de ciclo otto para uso de gás natural ou BIOGÁS. [S. /], dez. 2021. Disponível em: <https://dspace.mackenzie.br/handle/10899/29195>. Acesso em: 29 set. 2025.

CPI. **Recomendações para o Plano Safra 2025/2026**. [S. /]: Climate Policy Initiative (CPI) PUC-RIO, Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2025/06/Recomendacoes-ao-Plano-Safra-2025-2026.pdf>.

CPI, Climate Policy Initiative. Mapeamento de Financiamento Climático Internacional para o Brasil. 2025b. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2025/08/Mapeamento-de-Financiamento-Climatico-Internacional-para-o-Brasil.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CUMMINS. Tipos de aplicações para BESS e os benefícios de incorporar o BESS em suas soluções. 15 ago. 2024. **Cummins**. Disponível em: <https://www.cummins.com/pt/news/2024/08/15/types-applications-bess-and-benefits-incorporating-bess-your-solutions>. Acesso em: 17 out. 2025.

CURCIO, Eliseo. Techno-Economic Analysis of Hydrogen Production: Costs, Policies, and Scalability in the Transition to Net-Zero. 10.48550/arXiv.2502.12211. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/2502.12211>. Acesso em: 26 ago. 2025.

CVM, Comissão de Valores Mobiliários. Resolução CVM 231. 2025. Disponível em: <https://conteudo.cvm.gov.br/legislacao/resolucoes/resol231.html>. Acesso em: 1 ago. 2025.



D'AGOSTO, Márcio De Almeida. **Guia De Excelência Em Sustentabilidade: Boas Práticas Para Logística E Transporte De Carga 3a. Edição.** 3. ed. RIO DE JANEIRO, RJ: Ibts,

DIGITAL, Agência VM2-Interatividade. MWM Motores Diesel. 2024. **MWM Motores Diesel.** Disponível em: <http://www.mwm.com.br>. Acesso em: 23 set. 2025.

EIB. Banco Europeu de Investimento – BEI | União Europeia. 2025a. Disponível em: [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib\\_pt](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib_pt). Acesso em: 7 ago. 2025.

EIB. BEI concede 100 milhões de euros para impulsionar investimentos em ações a favor do clima em Minas Gerais, Brasil. 21 out. 2019. **European Investment Bank.** Disponível em: <https://www.eib.org/pt/press/all/2019-281-eib-provides-eur-100m-to-boost-climate-action-investments-in-minas-gerais-brazil>. Acesso em: 7 ago. 2025.

EIB. Brasil: BEI concede empréstimo de 300 milhões de EUR ao Banco Santander (Brasil) para investimentos na produção de energia solar em pequena escala. 17 jul. 2023. **European Investment Bank.** Disponível em: <https://www.eib.org/pt/press/all/2023-277-brazil-eib-lends-eur300-million-to-banco-santander-brazil-for-small-scale-solar-energy-investments>. Acesso em: 7 ago. 2025.

EIB. The EIB in Latin America and the Caribbean. 2025b. **European Investment Bank.** Disponível em: <https://www.eib.org/enlatin-america-caribbean>. Acesso em: 7 ago. 2025.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Degradação, recuperação e renovação de Pastagens. 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/951322/1/DOC189.pdf>. Acesso em: 7 out. 2025.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Cerrados e BDMG iniciam capacitação para agricultura sustentável em Minas. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81739512/embrapa-cerrados-e-bdmg-iniciam-capacitacao-para-agricultura-sustentavel-em-minas>. Acesso em: 13 ago. 2025.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção de carne bovina: Pastagem.** [S. / Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina/producao-de-carne-bovina/pastagem>. Acesso em: 1 out. 2025.

EPAMIG, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. Produção Intensiva de Pastagens. 2012. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/ia-266-producao-intensiva-de-pastagens/>.

EPE. Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio. .

EPE. Estudo sobre a Economicidade do Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos em Aterro para Produção de Biometano. 2014. **EPE.** Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/estudo-sobre-a-economicidade-do-aproveitamento-dos-residuos-solidos-urbanos-em-aterro-para-producao-de-biometano>. Acesso em: 26 set. 2025.

EPE. **Panorama de Biometano.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-781/Panorama%20de%20Biometano.pdf>. Acesso em: 2 out. 2025.

EXAME. Dona da Fiat e Jeep, Stellantis vai investir R\$ 14 bi em fábrica de MG com foco em motores híbridos. 2024. **Exame.** Disponível em: <https://exame.com/casual/dona-da-fiat-e>



jeep-stellantis-vai-investir-r-15-bi-em-fabrica-em-mg-com-foco-em-motores-hibridos/. Acesso em: 7 ago. 2025.

FAEMG, Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais. : **Recuperação de Áreas Degradadas.** Minas Gerais: [ Disponível em: <https://www.sistemafeaemg.org.br/Content/uploads/meio-ambiente/dfaX1599591644504.pdf>. Acesso em: 1 out. 2025.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. Minas participa de debate sobre a importância do financiamento climático para o mundo na COP27. 2024. **FEAM.** Disponível em: <https://feam.br/w/minas-participa-de-debate-sobre-a-importancia-do-financiamento-climatico-para-o-mundo-na-cop27>. Acesso em: 13 ago. 2025.

FINEP, Financiadora de Estudos e Projetos. **Mais Inovação Brasil – Energias Renováveis.** [S. l.]: FINEP, Disponível em: [http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2024/04\\_03\\_2024\\_ER\\_Regulamento\\_Rerratificado.pdf](http://www.finep.gov.br/images/chamadas-publicas/2024/04_03_2024_ER_Regulamento_Rerratificado.pdf). Acesso em: 5 ago. 2025.

FIP. **Produção de óleos vegetais sustentáveis de macaúba a partir da introdução de sistema silvipastoril inovador em parceria com agricultores familiares no cerrado.** 6 nov. 2018. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://fip.funatura.org.br/projeto-macauba/>. Acesso em: 17 out. 2025.

FIPE. Fipe - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas. 2025. **Fipe.** Disponível em: <https://www.fipe.org.br/>. Acesso em: 30 set. 2025.

FOLHA DE S. PAULO. Na trilha do Banco do Caminhoneiro, Roadcard agora prepara Super App. 7 fev. 2022. **Estúdio Folha.** Disponível em: <https://estudio.folha.uol.com.br/roadcard/2022/02/na-trilha-do-banco-do-caminhoneiro-roadcard-agora-prepara-super-app.shtml>. Acesso em: 13 ago. 2025.

FUNDAÇÃO ABC. Planilha de Custos de Mecanização Agrícola. .

FURTADO, Marcelo. Unidade de biometano da ZEG Biogás está pronta para produzir. 27 fev. 2025. **Brasil Energia.** Disponível em: <https://brasilenergia.com.br/energia/bioenergia/unidade-de-biometano-da-zeg-biogas-esta-pronta-para-produzir>. Acesso em: 2 out. 2025.

G1. Entenda como fica o pagamento da dívida de MG com a União após aprovação do Propag no Senado. 18 dez. 2024. **G1.** Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2024/12/18/entenda-como-fica-o-pagamento-da-divida-de-mg-com-a-uniao-apos-aprovacao-do-propag-no-senado.ghtml>. Acesso em: 13 ago. 2025.

GASMIG. **Tabela de Conversão.** 2025a. Gasmig. Disponível em: <https://gasmig.com.br/tabela-de-conversao/>. Acesso em: 2 out. 2025.

GASMIG. **Veicular - Gás Natural Veicular (GNV).** 2025b. Gasmig. Disponível em: <https://gasmig.com.br/veicular/>. Acesso em: 2 out. 2025.

GASMIG. Veicular - Gasmig. 2025. Disponível em: <https://gasmig.com.br/veicular/>. Acesso em: 11 set. 2025.

GAZETA, Rede Gazeta de Comunicação. **Banco do Nordeste amplia quantidade de agências e prioriza atendimento em Minas Gerais.** 30 jun. 2025. Rede Gazeta de Comunicação. Disponível em: <https://gazanm.com.br/banco-do-nordeste-amplia-quantidade-de-agencias-e-prioriza-atendimento-em-minas-gerais/>. Acesso em: 13 ago. 2025.



GCF. About GCF. 2025a. **Green Climate Fund**.

GCF. Brazil. 2025b. **Green Climate Fund**. Disponível em: <https://www.greenclimate.fund/countries/brazil>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GCF. FP237: E-Motion: E-Mobility and Low Carbon Transportation. 18 jul. 2024. **Green Climate Fund**. Disponível em: <https://www.greenclimate.fund/project/fp237>. Acesso em: 17 out. 2025.

GCF. Resource Mobilisation | Green Climate Fund. 2025c. Disponível em: <https://www.greenclimate.fund/about/resource-mobilisation>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GCF, green climate fund. Project-specific Assessment Approach. 2025d. Disponível em: <https://www.greenclimate.fund/projects/psaa>. Acesso em: 22 jul. 2025.

GCPF. Eligible Companies. 2025. **GCPF**. Disponível em: <https://gcpf.lu/eligible-companies/>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GEF, Fundo Global para o Meio Ambiente. Quem Somos. 2025. Disponível em: <https://www.thegef.org/who-we-are>. Acesso em: 22 jul. 2025.

GFL. **O financiamento climático dos bancos multilaterais de desenvolvimento atingiu um nível recorde em 2023 | Green Finance LAC**. 24 set. 2024. Disponível em: <https://greenfinancelac.org/pt-br/recursos/noticias/o-financiamento-climatico-dos-bancos-multilaterais-de-desenvolvimento-atingiu-um-nivel-recorde-em-2023/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

GIZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Brazil. 2025. Disponível em: <https://www.giz.de/en/worldwide/392.html>. Acesso em: 13 ago. 2025.

GIZ, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. Expansão do hidrogênio verde (H2Brasil). 2020. Disponível em: <https://www.giz.de/en/worldwide/106151.html>. Acesso em: 13 ago. 2025.

GLOBO RURAL. BNDES financia plano de expansão de usina mineira no etanol. 14 jan. 2025. **Globo Rural**. Disponível em: <https://globorural.globo.com/credito-e-investimento/noticia/2025/01/bndes-financia-plano-de-expansao-de-usina-mineira-no-etanol.ghtml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Governo de SP isenta IPVA de veículos menos poluentes. 2024. Disponível em: <https://portal.fazenda.sp.gov.br:443/Noticias/Paginas/Governo-de-SP-isenta-IPVA-de-ve%C3%ADculos-menos-poluentes.aspx>. Acesso em: 2 out. 2025.

GWM. GWM Hydrogen e governo de Minas Gerais assinam acordo para uso de hidrogênio verde em caminhões. 7 nov. 2024. **GWM**. Disponível em: <https://www.gwmmotors.com.br/pt/media-center/news/2024/gwm-hydrogen-e-governo-de-minas-gerais-assinam-acordo-para-uso-de-hidrogenio>. Acesso em: 14 ago. 2025.

H2 FUTURE. Report on exploitation of the results for the steel industry in EU28. 2021. Disponível em: [https://www.h2future-project.eu/media/zf3fhvas/d9-1\\_steel-industry-exploitation-study.pdf](https://www.h2future-project.eu/media/zf3fhvas/d9-1_steel-industry-exploitation-study.pdf). Acesso em: 26 ago. 2025.

HYDROGEN COUNCIL. Path to hydrogen competitiveness - A cost perspective. 2020. Disponível em: [https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness\\_Full-Study-1.pdf](https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf). Acesso em: 26 ago. 2025.



IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Anual 2024**. [S. / Disponível em: <https://iba.org/wp-content/uploads/2025/05/relatorio2024.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. 2023. Acesso em: 18 set. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal. 2025a. **Tabela 3939 - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 7 out. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Tabela 3939: Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em: 26 ago. 2025.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 7832: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - Área plantada, área colhida, produção e rendimento médio, por ano da safra e produto das lavouras**. [S. / Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/lspa/tabelas>.

IDB INVEST. About Us | IDB Invest. 2025. Disponível em: <https://idbinvest.org/en/about-us>. Acesso em: 6 ago. 2025.

IDB INVEST. IDB Invest provides a R\$315 million total credit guarantee to Pirapora solar project in Brazil | IDB Invest. 2018. Disponível em: <https://www.idbinvest.org/en/news-media/idb-invest-provides-r315-million-total-credit-guarantee-pirapora-solar-project-brazil>. Acesso em: 6 ago. 2025.

IDB LAB. About Us | IDB Lab. 2025. Disponível em: <https://bidlab.org/en/about-us>. Acesso em: 6 ago. 2025.

IEA. The challenge of reaching zero emissions in heavy industry – Analysis. 19 set. 2020. **IEA**. Disponível em: <https://www.iea.org/articles/the-challenge-of-reaching-zero-emissions-in-heavy-industry>. Acesso em: 27 ago. 2025.

IFC. How to Apply for Financing. 2025a. **IFC**. Disponível em: <https://www.ifc.org/en/what-we-do/products-and-services/how-to-apply-for-financing>. Acesso em: 5 ago. 2025.

IFC. International Finance Corporation (IFC). 2025b. **IFC**. Disponível em: <https://www.ifc.org/en/home>. Acesso em: 5 ago. 2025.

INSTITUTO AÇO BRASIL. Anuário Estatístico 2025. 2025. Disponível em: [https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2025/08/AcoBrasil\\_Anuario\\_2025-1.pdf](https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2025/08/AcoBrasil_Anuario_2025-1.pdf). Acesso em: 26 ago. 2025.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Posicionamento – Mudanças Climáticas - Instituto Aço Brasil**. [S. / Disponível em: [https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2021/09/ACOBASIL\\_Position\\_Paper\\_Mudan%C3%A7as\\_Climaticas.pdf](https://www.acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2021/09/ACOBASIL_Position_Paper_Mudan%C3%A7as_Climaticas.pdf). Acesso em: 20 out. 2025.

INTER. Relatório Anual 2023. 2024. Disponível em: <https://api.mziq.com/mzfilemanager/v2/d/b4dc0b14-a83a-40a9-9545-d9e4f18ed7af/7f11035ec-6f3f-7b5e-1b8b-d7c553302448?origin=2>. Acesso em: 13 ago. 2025.

IPEA. **Texto para Discussão 3082 - O MERCADO DO HIDROGÊNIO DE BAIXO CARBONO NO BRASIL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS ATÉ 2030**. [S. /]: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 10.38116/td3082-port. Disponível em:



[https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16839/1/TD\\_3082\\_web.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/16839/1/TD_3082_web.pdf). Acesso em: 26 ago. 2025.

JICA. Projetos no Brasil - JICA. 2025. Disponível em: [https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/activities/brazil01\\_04.html](https://www.jica.go.jp/portuguese/overseas/brazil/activities/brazil01_04.html). Acesso em: 14 ago. 2025.

JICA BRASIL. UNINDO O MUNDO COM OS LAÇOS DE CONFIANÇA. 2022. Disponível em: [https://www.jica.go.jp/Resource/brazil/portuguese/office/publications/c8h0vm000001w9k8-att/jicabrazil\\_2022.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/brazil/portuguese/office/publications/c8h0vm000001w9k8-att/jicabrazil_2022.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

KAREN, Silverwood-Cope; GARCIA, Miriam; FELIN, Bruno; DIONIZIO, Emily; OURO, Antonio. Nova NDC do Brasil: o que a meta revela sobre a transição da economia. 2025. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/nova-ndc-do-brasil-o-que-meta-revela-sobre-transicao-da-economia>.

KfW, Kreditanstalt für Wiederaufbau. KfW – Responsible banking | KfW. 2025. Disponível em: <https://www.kfw.de/About-KfW/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

KPMG. How to evaluate the cost of the green hydrogen business case? 2022. Disponível em: <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/be/pdf/hydrogen-industry-1.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.

LAPIG, Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento. **Atlas das Pastagens**. [S. / Disponível em: <https://atlasdaspastagens.ufg.br/>. Acesso em: 1 out. 2025.

MAIO, Ana. Pecuária é capaz de gerar crédito de carbono com média lotação no pasto. 2021. **Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63282137/pecuaria-e-capaz-de-gerar-credito-de-carbono-com-media-lotacao-no-pasto>. Acesso em: 7 out. 2025.

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. Metas do ABC+. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/metas-do-abc>. Acesso em: 7 out. 2025.

MAPA, Ministério da Agricultura e Pecuária. Projeções do Agronegócio. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2022-2023-a-2032-2033.pdf>. Acesso em: 7 out. 2025.

MAPBIOMAS. **Condição de vigor de pastagem**. [S. / Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 1 out. 2025.

Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 7 out. 2025.

MCKINSEY. Brazil's opportunity to decarbonize the global economy | McKinsey. 2024. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/greener-shores-brazils-100-billion-decarbonization-opportunity>. Acesso em: 26 ago. 2025.

MIGA. Priority Areas | World Bank Group Guarantees | MIGA. 2025a. Disponível em: <https://www.miga.org/2024-annual-report/priority-areas>. Acesso em: 5 ago. 2025.

MIGA. Products | World Bank Group Guarantees | MIGA. 2025b. Disponível em: <https://www.miga.org/products>. Acesso em: 5 ago. 2025.



MINAS GERAIS. **4o Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa**. [S. /]: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), Disponível em: [https://liferay.meioambiente.mg.gov.br/documents/38374/7315932/Relat%C3%B3rio\\_Invent%C3%A1rio\\_MG\\_02092022/3f590397-3a3e-db5b-1f16-df34397fce6f?version=1.0&t=1723588227296](https://liferay.meioambiente.mg.gov.br/documents/38374/7315932/Relat%C3%B3rio_Invent%C3%A1rio_MG_02092022/3f590397-3a3e-db5b-1f16-df34397fce6f?version=1.0&t=1723588227296).

MINAS GERAIS. 4º Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. 2022b. Disponível em: [https://feam.br/documents/117662/7070174/Consulta\\_P%C3%ABlica\\_Relat%C3%B3rio\\_Invent%C3%A1rio\\_MG/54fe13df-e5ca-b2ec-222c-efc0658adf77?version=1.0&t=1723515179480](https://feam.br/documents/117662/7070174/Consulta_P%C3%ABlica_Relat%C3%B3rio_Invent%C3%A1rio_MG/54fe13df-e5ca-b2ec-222c-efc0658adf77?version=1.0&t=1723515179480). Acesso em: 2 out. 2025.

MINAS GERAIS. **Painel de Planejamento e Orçamento de MG**. [S. / Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMjcyMjkxYzEtODZmYS00OTQyLTg1YzctOWVhNDE3MWFhMjdjIiwidCI6ImU1ZDNhZTdjLTliMzgtNDhkZS1hMDg3LWY2Nm0YTI4NzU3NCJ9>. Acesso em: 17 out. 2025.

MINAS GERAIS. **Sumário Executivo: Plano Estadual de Ação Climática**. [S. /]: Governo do Estado de Minas Gerais, Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/wp-content/uploads/sites/19/2023/06/plac-mg-05062023.pdf>. Acesso em: 28 maio 2025.

MIRANDA, Maria Eduarda Rodrigues de; REINALDI, Maria Aldinete de Almeida; FREITAS, Carlos Cesar Garcia. Custos na produção de gado de corte: pastagem versus confinamento. 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/21923/19512>. Acesso em: 7 out. 2025.

MIRANDA, Vitor Rodrigues; CUSTÓDIO, Ronaldo Santos. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE HIDROGÊNIO JUNTAMENTE A PLANTA EÓLICA NO BRASIL. .

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Produção sustentável de carvão vegetal : manual de construção sistemas fornos, fornalha**. [S. / Disponível em: <https://files.acquia.undp.org/public/migration/br/9ef0c7e1095443cb107e069e52f67c8ae8ea6123b3c9c3f41ce90ef91048136c.pdf>. Acesso em: 20 out. 2025.

MOITINHO, Fábio. Investimento em sanidade animal representa apenas 0,4% do custo do boi gordo. 2024. Disponível em: <https://girodoboi.canalrural.com.br/pecuaria/tecnologia-e-inovacao/investimento-em-sanidade-animal-representa-04-do-custo-do-boi-gordo/#:~:text=ECONOMIA%20NA%20FAZENDA!-,Investimento%20em%20sanidade%20animal%20representa%20apenas%200%2C4,do%20custo%20do%20boi%20gordo&text=Dados%20do%20Sindicato%20Nacional%20da,riscos%20de%20doen%C3%A7as%20no%20rebanho>. Acesso em: 7 out. 2025.

NDB. Home - New Development Bank. Disponível em: <https://www.ndb.int/>. Acesso em: 1 ago. 2025.

NDB. New Development Bank General Strategy for 2022–2026. 2021. Disponível em: [https://www.ndb.int/wp-content/uploads/2022/07/NDB\\_StrategyDocument\\_Eversion-1.pdf](https://www.ndb.int/wp-content/uploads/2022/07/NDB_StrategyDocument_Eversion-1.pdf). Acesso em: 6 ago. 2025.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)**. [S. / Disponível em: <https://plataforma.seeg.eco.br/>. Acesso em: 17 jan. 2025.



ONU NEWS. Grupo Banco Mundial divulga nova parceria estratégica para o Brasil | ONU News. 22 abr. 2024. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2024/04/1830681>. Acesso em: 6 ago. 2025.

PETROBRAS. MG - Storytelling Diesel. 2025. **Preços dos Combustíveis**. Disponível em: <https://precos.petrobras.com.br/w/diesel/mg>. Acesso em: 1 out. 2025.

PROADAPTA. **Sobre o ProAdapta**. 2025. ProAdapta - Adaptação à Mudança do Clima. Disponível em: <https://www.adaptacao.eco.br/sobre-o-proadapta/>. Acesso em: 13 ago. 2025.

PV MAGAZINE. Regulação do armazenamento será publicada ainda em 2025, diz diretor da Aneel. **pv magazine Brasil**, [ l.], 2 jul. 2025. Disponível em: <https://www.pv-magazine-brasil.com/2025/07/02/regulacao-do-armazenamento-sera-publicada-ainda-em-2025-diz-diretor-da-aneel/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

RAAD, Túlio Jardim. **Cadeias de Produção de Carvão Vegetal para o Setor Siderúrgico**. [S. l.]: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, Disponível em: <https://diretorio.pre.mma.gov.br/index.php/category/66-gef-bra-14-g31-producao-de-carvao-de-biomassa-renovavel-sustentavel-para-a-industria-siderurgica-do-brasil?download=195:cadeias-de-producao-de-carvao-vegetal-para-o-setor-siderurgico>. Acesso em: 20 out. 2025.

RABOBANK. Road to Paris 2024 Addendum. 2025. Disponível em: <https://media.rabobank.com/m/6c9dfbd3b462a9ba/original/2024-Addendum-to-Our-Road-to-Paris-2022-EN.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SANTANDER BRASIL. Relatório Anual Integrado. [ l.], 2023. Disponível em: [https://cms.santander.com.br/sites/WPS/documentos/arq-central-de-resultados-anuais-2023-acordeao2023-downloadItem/24-07-25\\_164112\\_relatorio\\_anual\\_integrado+2023\\_final.pdf](https://cms.santander.com.br/sites/WPS/documentos/arq-central-de-resultados-anuais-2023-acordeao2023-downloadItem/24-07-25_164112_relatorio_anual_integrado+2023_final.pdf). Acesso em: 13 ago. 2025.

SANTOS JR., Antonio Carlos Fonseca. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO EM USINAS HIDRELÉTRICAS: ESTUDO DE CASO EM ITAIPU. .

SCHULTZ, Theodore W. The allocative efficiency of tradicional agriculture. *In*: LETICHE, JOHN M. (org.). **International Economic Policies and their Theoretical Foundations (Second Edition)**. Economic Theory, Econometrics, and Mathematical Economics 10.1016/B978-0-12-444281-8.50010-6. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124442818500106>. Acesso em: 31 jul. 2025.

SEBRAE. Minas Gerais: Emprego, ocupações, empresas, dados demográficos e educação. 2025. **Observatório DataMPE Brasil**. Disponível em: <https://datampe.sebrae.com.br>. Acesso em: 4 ago. 2025.

SEDE. BDMG assina captação de 20 milhões de euros para Minas Gerais. 10 nov. 2021. **SEDE - SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**. Disponível em: <https://desenvolvimento.mg.gov.br/inicio/noticias/noticia/1759/bdmg-assina-captacao-de-20-milhoes-de-euros-para-minas-gerais>. Acesso em: 7 ago. 2025.

SEF. Como se calcula o IPVA - SEF/MG. 2025. Disponível em: <https://www.fazenda.mg.gov.br/empresas/impostos/ipva/calculo.html>. Acesso em: 30 set. 2025.



SEF/MG, Secretaria de Estado de Fazenda de Minas Gerais. No Assembleia Fiscaliza, Secretaria de Fazenda detalha situação fiscal do Estado e destaca importância do Propag. 2025. Disponível em: [https://www.fazenda.mg.gov.br/noticias/2025/2025.06.10\\_ALMG\\_Fiscaliza/](https://www.fazenda.mg.gov.br/noticias/2025/2025.06.10_ALMG_Fiscaliza/). Acesso em: 13 ago. 2025.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Banco de Iniciativas de Pagamentos por Serviços Ambientais em Minas Gerais**. 2024a. Disponível em: <https://meioambiente.mg.gov.br/banco-de-iniciativas-de-pagamentos-por-servicos-ambientais-em-minas-gerais>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Diálogos com o Sisema debate Pagamento por Serviços Ambientais**. 2025a. Disponível em: <https://semad.mg.gov.br/w/dialogos-com-o-sisema-debate-pagamento-por-servicos-ambientais>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Índice Mineiro de Vulnerabilidade Climática**. [S. l.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Lançada durante a COP29, ferramenta de acompanhamento da política mineira de neutralização dos gases estufa é apresentada a conselheiros do Copam**. 2024c. Disponível em: <https://semad.mg.gov.br/w/lançada-durante-a-cop29-ferramenta-de-acompanhamento-da-politica-mineira-de-neutralizacao-dos-gases-estufa-e-apresentada-a-conselheiros-do-copam>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SEMAD, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Missão, Visão e Valores - SEMAD - SISEMA. 2025b. **SEMAD**. Disponível em: <https://meioambiente.mg.gov.br/missao-visao-e-valores>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SENATRAN. Frota de Veículos - 2024 — Ministério dos Transportes. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>. Acesso em: 23 set. 2025.

SIEMENS ENERGY. **Role of Hydrogen in the energy transition | OAPEC Symposium Session 2: Establishing a hydrogen economy**. [S. l. Acesso em: 26 ago. 2025.

SIMPAR. Simpar conquista linha de crédito no BID de USD 250 milhões - SIMPAR. 1 mar. 2022. Disponível em: <https://simpar.com.br/releases/simpar-conquista-linha-de-credito-no-bid-de-usd-250-milhoes/>. Acesso em: 6 ago. 2025.

SISEMA, Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Assembleia Fiscaliza 2022. [l.], 2022. Disponível em: <https://mediaserver.almg.gov.br/acervo/32/665/2032665.pdf>.

SOUZA, Emilly. **Gasmig reduz preço do gás natural**. 29 jan. 2025a. Gasmig. Disponível em: <https://gasmig.com.br/gasmig-reduz-preco-do-gas-natural/>. Acesso em: 2 out. 2025.

SOUZA, Emilly. **IVECO e a Gasmig firmam parceria para uso do GNV no transporte de cargas e passageiros**. 28 mar. 2025b. Gasmig. Disponível em: <https://gasmig.com.br/iveco-e-gasmig-firmam-parceria-para-promover-o-uso-de-gas-natural-no-setor-de-transportes-em-minas-gerais/>. Acesso em: 2 out. 2025.

VALOR. Mercado fica mais criterioso ao financiar projetos de energias renováveis. 2025. Disponível em: <https://valor.globo.com/publicacoes/especiais/energia/noticia/2025/07/31/mercado-fica-mais-criterioso-ao-financiar-projetos-de-energias-renovaveis.ghtml>. Acesso em: 5 ago. 2025.



VALOR ECONÔMICO. BID anuncia empréstimo de R\$ 5,5 bi para apoiar Plano de Transformação Ecológica do Brasil. 25 jul. 2025. **Valor Econômico**. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2025/07/25/bid-anuncia-emprestimo-de-r-55-bi-para-apoiar-plano-de-transformacao-ecologica-do-brasil.ghtml>. Acesso em: 6 ago. 2025.

VIABILIZA. Descarbonização do Eixo Norte-Sul. 2025a. Disponível em: <https://viabiliza.org.br/projetos/16>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VIABILIZA. Eixo Troncal do Rio Paraibuna. 2025b. Disponível em: <https://viabiliza.org.br/projetos/23>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VIABILIZA. Linha 3 do Metrô da RMBH. 2025c. Disponível em: <https://viabiliza.org.br/projetos/13>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VIABILIZA. PLANO E PROJETO DE MOBILIDADE ATIVA. 2025d. Disponível em: <https://viabiliza.org.br/projetos/37>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VIABILIZA. Programa de Desenvolvimento Estratégico da Região do Jatobá - Reestruturação da Estação Diamante e entorno. 2025e. Disponível em: <https://viabiliza.org.br/projetos/12>. Acesso em: 13 ago. 2025.

VILELLA, Marcos. 10 caminhões mais vendidos em 2018. 2019. Disponível em: <https://ocarreteiro.com.br/featured/10-caminhoes-mais-vendidos-de-2018/>. Acesso em: 30 set. 2025.

VISEDO, Gonzalo; PECCHIO, Marcelo. **Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050**. [S. l.]: SNIC, Acesso em: 20 out. 2025.

VOLVO. IBOR vai utilizar Biodiesel de origem 100% reciclada em caminhões Volvo FH B100 Flex. 2025. Disponível em: <https://www.volvogroup.com/br/news-and-media/news/2025/mar/ibor-vai-utilizar-biodiesel-de-origem-100--reciclada-em-caminhoe.html>. Acesso em: 6 ago. 2025.

WORLD BANK. Banco Mundial e BNDES unem forças para apoiar o hidrogênio de baixo carbono no Brasil em evento na COP28 com Ministro de Minas e Energia. 2 dez. 2023a. **World Bank**. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2023/12/02/banco-mundial-bndes-memorando-entendimento-hidrogenio-baixo-carbono-brasil>. Acesso em: 1 ago. 2025.

WORLD BANK. Blended Finance. 2025a. **Public-Private Partnership Resource Center**. Disponível em: <https://ppp.worldbank.org/>. Acesso em: 31 jul. 2025.

WORLD BANK. Getting to Know the World Bank. 2025b. **World Bank**.

Disponível em: [https://www.worldbank.org/en/news/feature/2012/07/26/getting\\_to\\_know\\_theworldbank](https://www.worldbank.org/en/news/feature/2012/07/26/getting_to_know_theworldbank). Acesso em: 1 ago. 2025.

WORLD BANK. Global Facility to Decarbonize Transport (GFDT). 2025c. **World Bank**. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/programs/global-facility-to-decarbonize-transport>. Acesso em: 5 ago. 2025.

WORLD BANK. No Brasil, um novo projeto promoverá a sustentabilidade nas cadeias de valor da soja e da pecuária de corte. 2022. **World Bank**. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2022/11/04/no-brasil-um-novo-projeto->



promovera-a-sustentabilidade-nas-cadeias-de-valor-da-soja-e-da-pecuaria-de-corte. Acesso em: 9 out. 2025.

WORLD BANK. PPI 2023 Annual Report. 2023b. Disponível em: <https://ppi.worldbank.org/content/dam/PPI/documents/PPI-2023-Annual-Report-Final.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2025.

WORLD BANK. Título Soberano Sustentável do Brasil: financiamento para uma economia mais verde, inclusiva e equitativa. 8 fev. 2024. **World Bank**. Disponível em: <https://www.worldbank.org/pt/news/feature/2024/02/08/brazil-sovereign-sustainable-bond-financing-a-greener-more-inclusive-and-equitable-economy>. Acesso em: 1 ago. 2025.

WORLDSTEEL ASSOCIATION. **Sustainability Indicators 2024 Report**. 2024. worldsteel.org. Disponível em: <https://worldsteel.org/media/publications/sustainability-indicators-2024/>. Acesso em: 26 ago. 2025.

ZEG BIOGÁS. ZEG Biogás. 2025. **ZEG Biogás**. Disponível em: <https://zegbiogas.com.br>. Acesso em: 2 out. 2025.

ZILLOTTO, Maiara Ricci; SILVEIRA, Cheila; CAMARGO, Maria Emilia; MOTTA, Marta Elisete Ventura da; FILHO, Walter Priesnitz. Comparação do Custo de Produção de Bovinocultura de Corte: Pasto versus Confinamento. 2010. Disponível em: [https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/367\\_Artigo%20SEGET%20MEC.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos10/367_Artigo%20SEGET%20MEC.pdf). Acesso em: 7 out. 2025.



# ANEXO I – Lista de tecnologias

Setor	Tecnologia
AFOLU	Melhoramento genético de bovinos
	Manejo nutricional de bovinos
	Recuperação de pastagens
	Sistemas integrados ILP e ILPF
	Aditivos alimentares
	Sistema Plantio Direto (SPD)
	Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)
	Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados
	Uso agrícola de biocarvão (Biochar)
	Redução do desmatamento
	Restauração florestal
	Floresta plantada
Indústria	Forno elétrico a arco (EAF)
	Uso de carvão vegetal como agente redutor
	Uso de gás natural como agente redutor
	Uso de hidrogênio como agente redutor
	Carbon Capture and Storage (CCS)
	Aditivos ou substitutos ao clínquer
	Medidas de eficiência energética
	Gás natural em substituição do óleo combustível
	Biometano em substituição ao gás natural
	Substituição de combustíveis fósseis por não-fósseis (biometano, eletricidade, carvão vegetal e outras biomassas)
Transporte	Aumento no uso de etanol em veículos leves
	Aumento do uso de biodiesel em ônibus
	Uso de Diesel Verde (HVO) em ônibus
	Uso de veículos 100% elétricos a bateria (BEV)
	Uso de veículos híbridos elétricos flex-fuel (HEV)
	Aumento do uso de biodiesel em caminhões
	Uso de Diesel Verde (HVO) em caminhões
	Uso de ônibus elétricos a bateria
	Uso de caminhões elétricos a bateria
	Caminhões a GNV/Biometano
	Caminhão a hidrogênio
	Ônibus a GNV/Biometano
Mudança de modal	
Energia	Usinas reversíveis (UHR) com geração solar auxiliar



Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias com geração solar auxiliar (BESS)
Medidas de eficiência energética
Produção de hidrogênio verde
Biometano em substituição ao gás natural
Gás natural em substituição do óleo combustível
Produção de combustível sustentável de aviação (SAF)
Captura de carbono nas refinarias
BioCCS Biometano - captura de carbono na produção de biometano
BioCCS Etanol - captura de carbono em usinas de cogeração a bagaço de cana
Sistemas de cogeração em usinas de biodiesel



## ANEXO II – Estrutura do questionário

### Formulário de Seleção de Oportunidades de Investimento - Rota da Descarbonização

Consulta ao Setor Produtivo

Prazo de resposta: até 04/08/2025

Prezado(a),

Agradecemos, desde já, pela sua participação!

Esta pesquisa integra o **Projeto Rota da Descarbonização** e tem como objetivo captar a percepção dos principais agentes econômicos de Minas Gerais sobre os desafios e vantagens competitivas do estado nos segmentos priorizados pela Curva de Custo Marginal de Abatimento (MACC), ferramenta que identifica e prioriza soluções tecnológicas de baixo carbono com base em seu potencial de redução de emissões e nos custos associados.

As informações fornecidas neste formulário serão utilizadas exclusivamente para fins de organização, comunicação e execução das atividades do Projeto Rota. Garantimos que os dados da sua empresa serão tratados com confidencialidade e não serão compartilhados com terceiros sem autorização.

Se tiver interesse em receber os resultados da pesquisa, pedimos que preencha os campos "Seu Nome" e "Sua Empresa".

O questionário pode ser respondido até o **dia 04/08/2025 (segunda-feira)** e leva, em média, 10 minutos. A escolha do segmento será feita logo no início do preenchimento. Você pode interromper a qualquer momento e retomar de onde parou, utilizando o mesmo link enviado por e-mail, desde que dentro do prazo indicado.

Em caso de dúvidas, entre em contato com:

- Andreia Banhe - [andreia.banhe@gmail.com](mailto:andreia.banhe@gmail.com) | (11) 96065-3915
- Nathalia Pereira - [nathalia.Pereira@waycarbon.com](mailto:nathalia.Pereira@waycarbon.com) | (31) 99102-2281



## Consulta ao Setor Produtivo

### Perfil do Respondente

1. Seu Nome (opcional)

2. Sua Empresa (opcional)

\* 3. Seu Cargo

- Presidente/CEO
- Diretor
- Gerente
- Analista/Engenheiro
- Pesquisador
- Acadêmico
- Outro (especifique)

\* 4. Em qual dos segmentos-chave da economia mineira sua empresa está predominantemente inserida?

Selecione apenas um segmento. Caso deseje abordar mais de um, pedimos que o questionário seja respondido novamente para cada segmento adicional.

- Agroindústria
- Agropecuária
- Cimento
- Energia
- Florestas
- Mineração, Siderurgia e Metalurgia
- Química
- Refino
- Transporte



## Consulta ao Setor Produtivo

### Conhecimento e uso das soluções/projetos

Agroindústria/Agropecuária/Florestas

**\* 5. Quais das soluções listadas abaixo sua empresa **conhece ou possui familiaridade?****

Caso exista outra solução ou projeto, marque a opção 'Outro' e descreva a tecnologia de forma resumida.

- Melhoramento genético de bovinos
- Manejo nutricional de bovinos
- Recuperação de pastagens
- Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)
- Aditivos alimentares
- Sistema Plantio Direto (SPD)
- Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)
- Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados
- Uso agrícola de biocarvão (biochar)
- Redução do desmatamento
- Restauração florestal
- Floresta plantada
- Outro (especifique)



## Consulta ao Setor Produtivo

### Conhecimento e uso das soluções/projetos

Agroindústria/Agropecuária/Florestas

\* 6. Entre as soluções selecionadas anteriormente, qual é o **nível de conhecimento** que sua organização possui sobre cada uma delas?

	Conhece	Em teste/piloto	Implementada
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 7. Há interesse em **implementar** alguma delas nos próximos 5 anos?

- Melhoramento genético de bovinos
- Manejo nutricional de bovinos
- Recuperação de pastagens
- Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)
- Aditivos alimentares
- Sistema Plantio Direto (SPD)
- Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)
- Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados
- Uso agrícola de biocarvão (biochar)
- Redução do desmatamento
- Restauração florestal
- Floresta plantada
- [Insert text from Other]
- Nenhuma das anteriores

\* 8. Quais os principais **tipos de barreiras** para a implementação das soluções?

- Técnica
- Econômico-financeira
- Institucional
- Regulatória
- De mercado
- Tecnológica
- Informacional
- Sociocultural
- Sem barreiras
- Outro (especifique)

9. **Espaço adicional para detalhamento do ponto de vista.** Sinta-se à vontade para incluir justificativas para suas respostas, destacar a relevância do tema, apresentar exemplos pertinentes e oferecer recomendações.



## Consulta ao Setor Produtivo

### Avaliação das soluções/projetos

#### Bloco 1: Fatores de Produção

\* 10. Qual a disponibilidade de **mão de obra qualificada** no estado de Minas Gerais?

	1 (Muito baixa)	2 (Baixa)	3 (Moderada)	4 (Alta)	5 (Muito alta)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 11. Qual o nível de maturidade das tecnologias usualmente utilizadas no estado de Minas Gerais para essa finalidade?

	1 (Obsoleta)	2 (Emergente)	3 (Em fase de teste)	4 (Amplamente adotada)	5 (Avançada)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



## \* 12. Qual o custo da matéria-prima para essa finalidade?

	1 (Custo muito alto)	2 (Custo alto)	3 (Custo moderado)	4 (Custo baixo)	5 (Custo muito baixo)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 13. Qual **disponibilidade da infraestrutura local** para essa finalidade?

	1 (Indisponível)	2 (Disponibilidade rara)	3 (Disponibilidade moderada)	4 (Amplamente disponível)	5 (Totalmente disponível)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 14. Qual a sua percepção sobre a **disponibilidade de financiamento** no mercado (crédito bancário, investidores, etc.) para cada uma das finalidades abaixo?

	1 (Muito baixa)	2 (Baixa)	3 (Moderada)	4 (Alta)	5 (Muito alta)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 15. Pensando especificamente no **ambiente regulatório** de Minas Gerais (leis estaduais, ICMS, licenciamento, etc.), qual o efeito dele na competitividade de cada solução abaixo?

	1 (Prejudica fortemente)	2 (Prejudica)	3 (Neutro)	4 (Favorece)	5 (Favorece fortemente)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**16. Espaço adicional para detalhamento do ponto de vista.** Sinta-se à vontade para incluir justificativas para suas respostas, destacar a relevância do tema, apresentar exemplos pertinentes e oferecer recomendações.



## Consulta ao Setor Produtivo

### Avaliação das soluções/projetos

#### Bloco 2: Condições de Demanda

\* 17. Como você avalia a **atratividade do uso da tecnologia** no mercado local, em termos de tamanho e potencial de crescimento?

	1 (Muito pouco atrativo)	2 (Pouco atrativo)	3 (Neutro)	4 (Atrativo)	5 (Muito atrativo)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 18. Como você avalia o **crescimento da demanda ou da adoção** de produtos de menor impacto climático no estado de Minas Gerais?

	1 (Inexistente)	2 (Pouco expressivo)	3 (Estagnado)	4 (Expressivo)	5 (Muito expressivo)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19. **Espaço adicional para detalhamento do ponto de vista.** Sinta-se à vontade para incluir justificativas para suas respostas, destacar a relevância do tema, apresentar exemplos pertinentes e oferecer recomendações.

Bloco 3: Elos da Cadeia



\* 20. Qual a **dependência dos demais elos da cadeia produtiva** (ex: infraestrutura de abastecimento/recarga, produção de matéria-prima, rede de manutenção, etc.) para a competitividade da tecnologia?

	1 (Sem dependência)	2 (Dependência limitada)	3 (Com dependência)	4 (Altamente dependente)	5 (Totalmente dependente)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



\* 21. Qual a disponibilidade e qualidade da **rede de fornecedores locais**?

	1 (Muito baixa)	2 (Baixa)	3 (Moderada)	4 (Alta)	5 (Muito alta)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. **Espaço adicional para detalhamento do ponto de vista.** Sinta-se à vontade para incluir justificativas para suas respostas, destacar a relevância do tema, apresentar exemplos pertinentes e oferecer recomendações.

**Bloco 4: Estratégia, estrutura e rivalidade**



\* 23. Qual o **grau de intensidade da competição** no mercado regional em comparação com os mercados nacional e internacional?

	1 (Pouco competitivo)	2 (Competitividade limitada)	3 (Neutro)	4 (Competitivo)	5 (Altamente competitivo)	N/A (Não se aplica)
Melhoramento genético de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo nutricional de bovinos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recuperação de pastagens	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) e Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aditivos alimentares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sistema Plantio Direto (SPD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manejo adequado de fertilizantes nitrogenados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso agrícola de biocarvão (biochar)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Redução do desmatamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Restauração florestal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Floresta plantada	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
[Insert text from Other]	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. **Espaço adicional para detalhamento do ponto de vista.** Sinta-se à vontade para incluir justificativas para suas respostas, destacar a relevância do tema, apresentar exemplos pertinentes e oferecer recomendações.



## Agradecemos por sua participação!

Sua contribuição é fundamental para compreendermos as necessidades e percepções do setor produtivo em relação às soluções e projetos de descarbonização em desenvolvimento.

### \* Termo de Consentimento para Tratamento de Dados Pessoais

As informações fornecidas neste formulário serão utilizadas exclusivamente para fins de organização, comunicação e execução das atividades do Projeto Rota. Garantimos que os dados da sua empresa serão tratados com confidencialidade e não serão compartilhados com terceiros sem consentimento prévio. O tratamento dos dados respeitará as disposições da legislação vigente sobre privacidade e proteção de dados, em especial a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (Lei nº 13.709/2018), assegurando a segurança, integridade e uso restrito das informações aos propósitos aqui descritos.

Aceito os termos acima

**Caso tenha dúvidas ou deseje compartilhar informações adicionais, estamos à disposição pelos seguintes canais:**

Andreia Banhe - [andreia.banhe@gmail.com](mailto:andreia.banhe@gmail.com) | (11) 96065-3915

Nathalia Pereira - [nathalia.pereira@waycarbon.com](mailto:nathalia.pereira@waycarbon.com) | (31) 99102-2281



**INVEST  
MINAS**

**WAY  
CARBON**

**Bruna Araujo**

[bruna.araujo@waycarbon.com](mailto:bruna.araujo@waycarbon.com)

**Nathalia Pereira**

[nathalia.pereira@waycarbon.com](mailto:nathalia.pereira@waycarbon.com)

**Felipe Rocha**

[felipe.rocha@waycarbon.com](mailto:felipe.rocha@waycarbon.com)

**Leticia Gavioli**

[leticia.gavioli@waycarbon.com](mailto:leticia.gavioli@waycarbon.com)

**Laise Mondo**

[laise.mondo@waycarbon.com](mailto:laise.mondo@waycarbon.com)

**Diego Vasconcelos**

[diego.vasconcelos@waycarbon.com](mailto:diego.vasconcelos@waycarbon.com)

**Luísa Botelho**

[luisa.botelho@waycarbon.com](mailto:luisa.botelho@waycarbon.com)

**Carolina Souza**

[carolina.souza@waycarbon.com](mailto:carolina.souza@waycarbon.com)

**Julia Rodrigues**

[julia.rodrigues@waycarbon.com](mailto:julia.rodrigues@waycarbon.com)

**Elizabeth Sousa**

[elizabeth.sousa@waycarbon.com](mailto:elizabeth.sousa@waycarbon.com)



**Luísa Amaral**

[luisa.amaral@waycarbon.com](mailto:luisa.amaral@waycarbon.com)

**Caio Barreto**

[caio.barreto@waycarbon.com](mailto:caio.barreto@waycarbon.com)

**Luiza Estevam**

[luiza.estevam@waycarbon.com](mailto:luiza.estevam@waycarbon.com)



INVEST  
MINAS

