

PROGRAMA DE TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO

Minas Gerais

Diretoria de Energia



DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



GOVERNO
DE MINAS



EXPEDIENTE

Mila Corrêa da Costa

Secretária de Estado de Desenvolvimento Econômico

Frederico Amaral e Silva

Secretário Adjunto de Desenvolvimento Econômico

Bruno Araújo Oliveira

Secretário Executivo de Estado de Desenvolvimento Econômico

Daniel Guimarães Medrado de Castro

Subsecretário de Atração de Investimentos e Cadeias Produtivas

Raphael Evaristo Rodrigues

Superintendente de Política Minerária, Energética e Logística

Gustavo Caetano Ribeiro de Melo

Diretor de Energia

Maria José Charfuelan Villarreal

Cordenação Técnica

Equipe Técnica da Diretoria de Energia:

Gustavo Caetano Ribeiro de Melo – Diretor de Energia

Maria Jose Charfuelan Villarreal – Assessora Técnica da Diretoria de Energia

Luíza Delgado Vieira – Assessora da Diretoria de Energia

Adriel Lemos Ferreira – Assessor da Diretoria de Energia

Ronnie Eustáquio Oliveira – Assessor da Diretoria de Energia

Giovanna Gonçalves de Sousa – Estagiária da Diretoria de Energia

SUMÁRIO

Apresentação do Programa	6
01 Introdução.....	8
1.1. Metodologia de Estruturação.....	11
1.2. Objetivo do Programa.....	11
02 Contexto Estratégico de Minas Gerais.....	12
03 Eixos Estratégicos	15
3.1. Inteligência Energética e Planejamento.....	16
3.2. Eficiência Energética.....	18
3.3. Tecnologias e Combustíveis de Baixa Emissão	21
3.4. Desenvolvimento Econômico e Atração de Investimentos.....	23
04 Principais Entregas Estruturantes	25
05 Acompanhamento Técnico e Continuidade do Programa	28
06 Considerações finais	32
Referências	34

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Geração total de energia elétrica por fonte em Minas Gerais, 2015-2024 –GWh..... 17

Gráfico 2. Estrutura setorial do consumo elétrico insustrial de Minas Gerais,2024..... 19

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Estrutura Integrada do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão..... 10

Quadro 2. Frentes de eficiência energética em Minas Gerais.....20

Quadro 3. Instrumentos relacionados a tecnologias e combustíveis de baixa emissão..... 23

Quadro 4. Base Técnica e Institucional do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão..... 24

Quadro 5. Indicadores iniciais de acompanhamento técnico do Programa 30

Quadro 6. Capacidades indicativas para continuidade do Programa 31

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCUS – Captura, Uso e Armazenamento de Carbono (Carbon Capture, Utilization and Storage)

DRI-H₂ – Redução Direta a Hidrogênio (Direct Reduced Iron with Hydrogen)

EAF – Fornos Elétricos a Arco

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GEE – Gases de Efeito Estufa

GWh – Gigawatt-hora

MOE – Eletrólise de Óxidos Fundidos (Molten Oxide Electrolysis)

MtCO₂e – Milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente

PLAC-MG – Plano Estadual de Ação Climática de Minas Gerais

SEDE-MG – Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais



APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

APRESENTAÇÃO DO PROGRAMA

A transição energética e o enfrentamento das mudanças climáticas vêm ampliando a necessidade de reduzir as emissões associadas ao uso da energia, especialmente em setores intensivos no consumo energético. Esse desafio envolve não apenas a expansão de fontes de menor intensidade de carbono, mas também a melhoria da eficiência energética, a modernização da infraestrutura, a diversificação da matriz e a incorporação de novas tecnologias capazes de atender às demandas da sociedade e do setor produtivo com maior segurança, competitividade e sustentabilidade.

Em Minas Gerais, essa agenda ganha relevância diante da forte presença de atividades industriais, minerometalúrgicas e produtivas intensivas em energia, além do potencial associado à geração renovável, biomassa, biogás, biometano e outras soluções energéticas de baixa emissão. Ao mesmo tempo, o Estado apresenta desafios relacionados à expansão da demanda energética, à modernização produtiva, ao fortalecimento da infraestrutura e à segurança energética.

A transição em curso envolve processos amplos de modernização tecnológica, digitalização, integração energética, eficiência operacional e desenvolvimento de novas cadeias produtivas. Esse processo demanda planejamento, dados atualizados, diagnósticos técnicos, indicadores estratégicos e identificação de oportunidades capazes de subsidiar decisões públicas e privadas.

Nesse contexto, o Governo de Minas Gerais tem avançado na organização de informações estratégicas e na consolidação de iniciativas voltadas a subsidiar o planejamento energético, a formulação de políticas públicas e a identificação de oportunidades relacionadas às tecnologias de baixa emissão. Com base nesse conjunto de ações e instrumentos técnicos, o Programa de Tecnologias de Baixa Emissão se estrutura como uma iniciativa articuladora, voltada a integrar informações, dar visibilidade às ações já desenvolvidas e apoiar decisões estratégicas relacionadas à transição energética e ao desenvolvimento de cadeias produtivas de baixa emissão em Minas Gerais.

01. INTRODUÇÃO



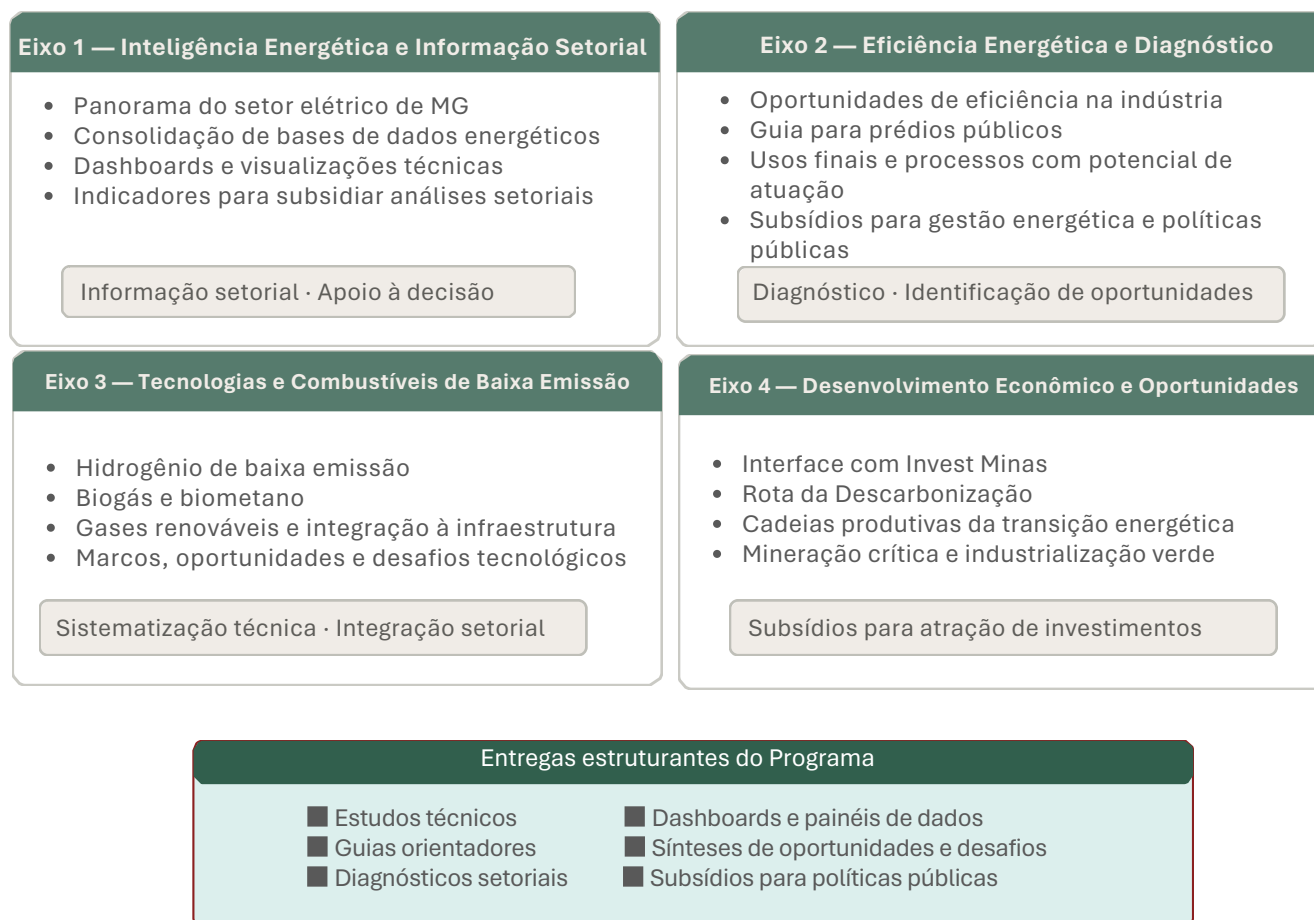
INTRODUÇÃO

O Programa de Tecnologias de Baixa Emissão de Minas Gerais se estrutura como uma iniciativa voltada à organização, integração e divulgação de informações estratégicas, estudos, instrumentos técnicos e marcos institucionais relacionados ao setor energético, com foco em soluções de menor intensidade de emissões no Estado. A iniciativa consolida uma agenda já desenvolvida no âmbito estadual, reunindo materiais técnicos, estudos, guias, painéis de dados, planos e instrumentos normativos que contribuem para subsidiar o planejamento energético, apoiar a tomada de decisão e ampliar a visibilidade institucional das tecnologias de baixa emissão em Minas Gerais.

O Programa parte do reconhecimento de que a transição energética exige não apenas metas e diretrizes gerais, mas também uma base técnica capaz de orientar decisões. Para isso, são fundamentais estudos, diagnósticos, indicadores, bases de dados, painéis de informação e instrumentos orientadores que permitam compreender o perfil energético do Estado, seus desafios de infraestrutura, suas oportunidades tecnológicas e suas possibilidades de desenvolvimento produtivo com menor intensidade de emissões.

Para apresentar de forma sintética essa lógica de organização, o Quadro 1 consolida a estrutura integrada do Programa, relacionando suas principais dimensões, conteúdos estruturantes e instrumentos associados.

Quadro 1. Estrutura Integrada do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão



Fonte: Elaboração própria, 2026

A estrutura apresentada permite compreender o Programa como uma plataforma articuladora de conhecimento, informação estratégica e instrumentos institucionais relacionados ao setor energético. Ele reúne, de um lado, estudos e materiais técnicos voltados ao planejamento energético, à eficiência energética e à geração renovável; de outro, planos, marcos normativos e iniciativas institucionais que apoiam o desenvolvimento de tecnologias de baixa emissão, como biogás, biometano e hidrogênio de baixa emissão.

Ao organizar esses conteúdos de forma integrada, o Programa apresenta os materiais e iniciativas já desenvolvidos não como produtos isolados, mas como parte de uma agenda estruturada de apoio à política energética e ao desenvolvimento econômico de Minas Gerais. Essa organização evidencia a contribuição dessas iniciativas para o uso eficiente da energia, a redução da intensidade de emissões, a diversificação da matriz energética, a modernização produtiva e o fortalecimento de cadeias estratégicas.

1.1 Metodologia de Estruturação

A estruturação do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão partiu da sistematização de conteúdos já produzidos ou acompanhados pela Diretoria de Energia, considerando estudos técnicos, bases de dados, instrumentos orientadores, marcos normativos e iniciativas institucionais relacionados à transição energética em Minas Gerais.

Para organizar esse conteúdo, foram adotadas quatro etapas principais: identificação dos estudos e materiais técnicos já disponíveis; levantamento dos instrumentos normativos e políticas públicas associados às tecnologias de baixa emissão; agrupamento dos conteúdos em eixos estratégicos; e organização das entregas existentes em uma narrativa integrada, alinhada às diretrizes estaduais de ação climática, energia e desenvolvimento econômico.

Essa metodologia permitiu transformar materiais originalmente produzidos com finalidades específicas, como estudos setoriais, guias orientadores, painéis de dados e instrumentos normativos, em uma base comum de referência para apresentar a agenda de tecnologias de baixa emissão no âmbito da política energética estadual.

1.2 Objetivo do Programa

O objetivo central do Programa é apresentar, de forma integrada, as principais entregas, estudos e instrumentos relacionados às tecnologias de baixa emissão em Minas Gerais, conferindo maior visibilidade institucional às ações já desenvolvidas e às oportunidades identificadas no setor energético estadual.

A partir dessa organização, o Programa busca subsidiar a formulação de políticas públicas, apoiar decisões institucionais e contribuir para a identificação de oportunidades associadas à eficiência energética, à diversificação da matriz, aos gases renováveis, ao hidrogênio de baixa emissão e ao desenvolvimento de cadeias produtivas vinculadas à transição energética.



02. CONTEXTO ESTRATÉGICO DE MINAS GERAIS

CONTEXTO ESTRATÉGICO DE MINAS GERAIS

Minas Gerais ocupa posição relevante no cenário energético e industrial brasileiro. O Estado reúne uma base produtiva diversificada, com forte presença de atividades industriais, minerometalúrgicas, agroindustriais e de transformação, muitas delas intensivas no uso de energia e diretamente relacionadas à competitividade econômica estadual. Essa configuração torna a agenda energética especialmente importante, tanto para atender à expansão da demanda quanto para apoiar estratégias de eficiência, modernização produtiva e redução da intensidade de emissões.

Os dados de emissões estaduais reforçam essa relação entre energia, indústria e desenvolvimento econômico. Em 2024, o setor de Energia respondeu por 38,76 MtCO₂e, enquanto os Processos Industriais alcançaram 26,89 MtCO₂e. Dados que indicam que a discussão sobre tecnologias de baixa emissão em Minas Gerais precisa considerar não apenas a oferta de energia, como o perfil dos grandes consumidores, os processos produtivos intensivos em energia e as oportunidades de modernização tecnológica associadas à redução de emissões.

No caso dos Processos Industriais, os dados considerados no âmbito do Estudo de Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria evidenciam a concentração das emissões em segmentos estratégicos para a economia mineira. Em 2023, a produção de metais respondeu por 15,72 MtCO₂e, enquanto cimento e outras matérias-primas industriais e minerais somaram 10,94 MtCO₂e. Dentro dessas categorias, destacam-se a produção de ferro gusa e aço, a produção de cimento e a produção de cal, atividades que combinam consumo intensivo de energia com emissões associadas aos próprios processos industriais, o que torna sua descarbonização mais complexa e dependente de soluções tecnológicas, operacionais e energéticas integradas.

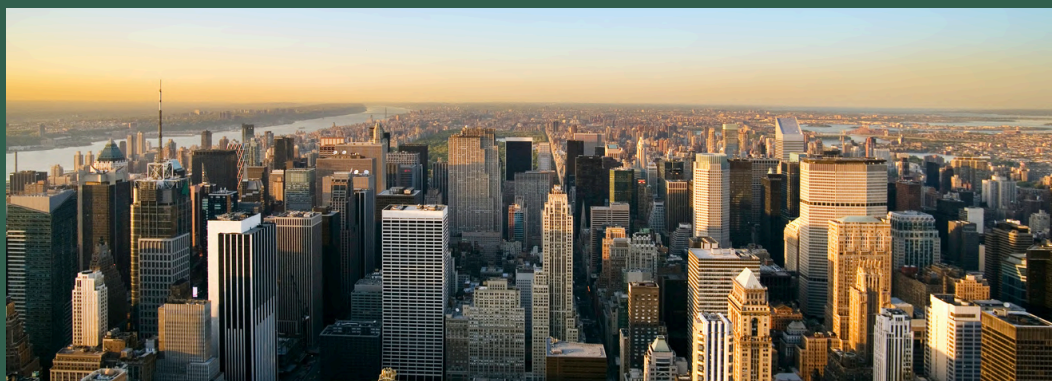
Ao mesmo tempo, Minas Gerais possui ativos importantes para avançar em uma agenda energética de baixa emissão articulada ao desenvolvimento econômico e à modernização produtiva. O Estado conta com elevada participação de fontes renováveis na matriz elétrica, base consolidada de geração solar fotovoltaica, presença relevante da geração distribuída, disponibilidade de biomassa e resíduos agroindustriais, potencial para biogás e biometano, além de cadeias produtivas e capacidades técnicas que podem contribuir para a modernização energética e industrial.

A estrutura produtiva de Minas Gerais, marcada pela presença de segmentos industriais, minerometalúrgicos e agroindustriais intensivos em energia, torna especialmente relevante a identificação de oportunidades de eficiência energética, modernização de processos e redução da intensidade de emissões. Esse contexto é complementado pela disponibilidade de recursos minerais estratégicos, que podem ampliar a inserção do Estado em cadeias associadas à eletrificação, ao armazenamento de energia e às tecnologias de baixa emissão.

Esse contexto evidencia que o desafio de Minas Gerais não está apenas em ampliar a oferta de energia de menor intensidade de carbono, mas também em organizar informações, identificar oportunidades e subsidiar decisões voltadas ao uso mais eficiente da energia, à diversificação da matriz, à integração de novas tecnologias e ao fortalecimento de cadeias produtivas estratégicas.

É nesse espaço que o Programa de Tecnologias de Baixa Emissão se insere: como uma iniciativa voltada a organizar informações, consolidar estudos, dar visibilidade aos instrumentos desenvolvidos e apresentar, de forma integrada, oportunidades associadas a uma agenda energética mais eficiente, competitiva e de menor intensidade de emissões em Minas Gerais.

03. EIXOS ESTRATÉGICOS



EIXOS ESTRATÉGICOS

O Programa de Tecnologias de Baixa Emissão está estruturado em quatro eixos estratégicos, que organizam de forma integrada as principais frentes da agenda energética de Minas Gerais relacionadas ao planejamento, à eficiência energética, à ampliação de soluções de baixa emissão e à identificação de oportunidades para o desenvolvimento econômico do Estado.

Essa organização permite dar maior coerência e visibilidade ao conjunto de conhecimentos, diagnósticos e instrumentos já consolidados, conectando informações técnicas, prioridades institucionais e oportunidades associadas à transição energética.

3.1 Inteligência Energética e Planejamento

A organização de informações consistentes sobre o setor energético é uma condição importante para qualificar diagnósticos, orientar decisões institucionais e identificar oportunidades associadas à transição energética. No âmbito do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão, esse eixo reúne estudos, bases de dados e instrumentos de visualização voltados à sistematização de informações sobre a matriz elétrica estadual, o consumo de energia, a infraestrutura existente e a evolução das fontes energéticas em Minas Gerais.

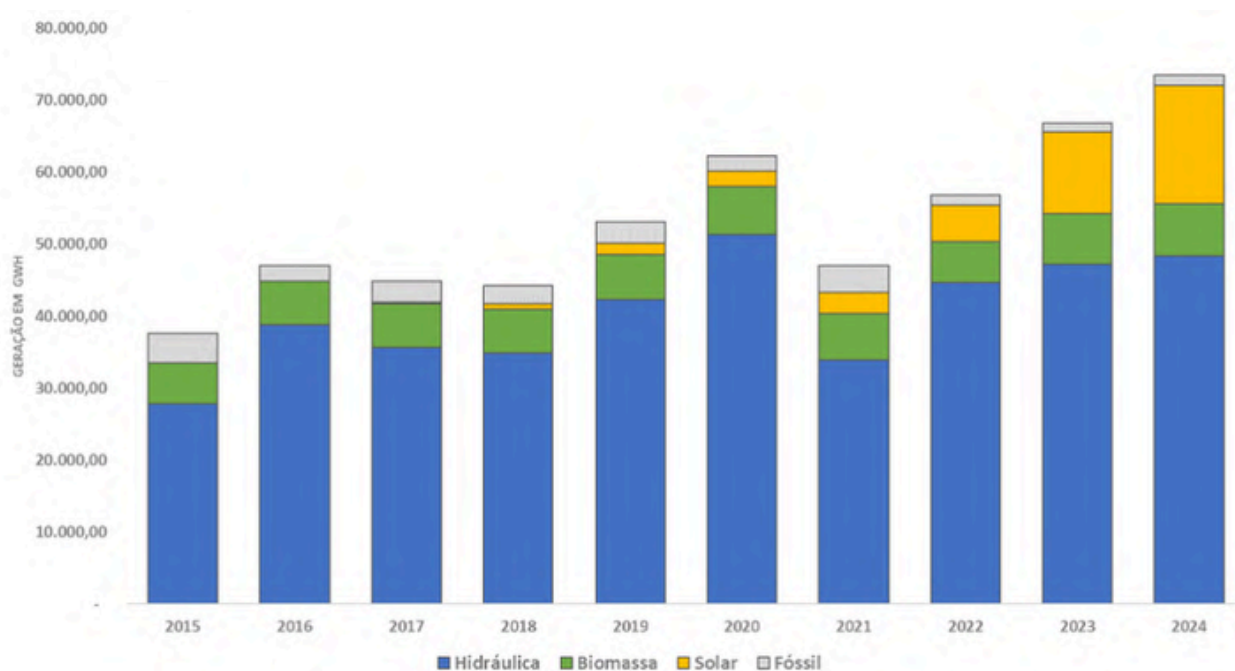
Entre as principais entregas associadas a esse eixo está o Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais 2025 – ano-base 2024, publicação elaborada pela Diretoria de Energia com o objetivo de consolidar informações sobre geração, capacidade instalada, consumo por classe, evolução da oferta elétrica e indicadores setoriais. O estudo utiliza bases públicas consolidadas, como o Balanço Energético Nacional da EPE e sistemas de informação da ANEEL, permitindo organizar os dados em uma leitura integrada sobre o setor elétrico mineiro.

O Panorama reúne informações sobre:

- Evolução da geração por fonte de energia entre 2015 e 2024;
- Capacidade instalada por tecnologia e região;
- Consumo desagregado por classe, incluindo industrial, residencial, comercial, rural e poder público;
- Indicadores de intensidade elétrica e consumo;
- Análise de tendências e perspectivas de curto prazo.

Um dos resultados extraídos do estudo é a análise da evolução da geração elétrica por fonte em Minas Gerais. Assim, o Gráfico 1 apresenta a geração total de energia elétrica no Estado entre 2015 e 2024, em GWh, permitindo observar tanto a permanência da fonte hidráulica como principal componente da matriz estadual quanto o crescimento de fontes renováveis complementares, especialmente a solar.

Gráfico 1. Geração total de energia elétrica por fonte em Minas Gerais, 2015-2024 -GWh



Fonte: EPE/BEM (2025). Elaboração: SEDE-MG/DIEN

Entre 2015 e 2024, a geração de energia elétrica em Minas Gerais cresceu aproximadamente 95%, passando de 37.681,2 GWh para 73.478,0 GWh. A fonte hidráulica permaneceu predominante na matriz estadual e registrou aumento de cerca de 73,4% no período, passando de 27.883,6 GWh para 48.350,0 GWh. Ao mesmo tempo, observou-se uma expansão expressiva da geração solar, que avançou de 6,3 GWh em 2015 para 16.433,2 GWh em 2024, ampliando de forma significativa sua participação na oferta de energia elétrica mineira. A biomassa também apresentou crescimento moderado, de aproximadamente 29,2%, enquanto as fontes fósseis perderam participação, com destaque para a redução de cerca de 41,7% na geração a partir de derivados de petróleo.

Essa leitura é relevante para o Programa porque mostra como os estudos técnicos podem apoiar a identificação de tendências da matriz elétrica estadual e indicar temas que merecem acompanhamento institucional, como a complementaridade entre fontes, a integração da geração renovável, a necessidade de infraestrutura energética adequada e as oportunidades associadas às tecnologias de menor intensidade de emissões. Nesse sentido, o eixo de inteligência energética contribui para transformar dados setoriais em subsídios técnicos para políticas públicas, articulação institucional e avaliação de oportunidades no setor energético mineiro.

3.2 Eficiência Energética

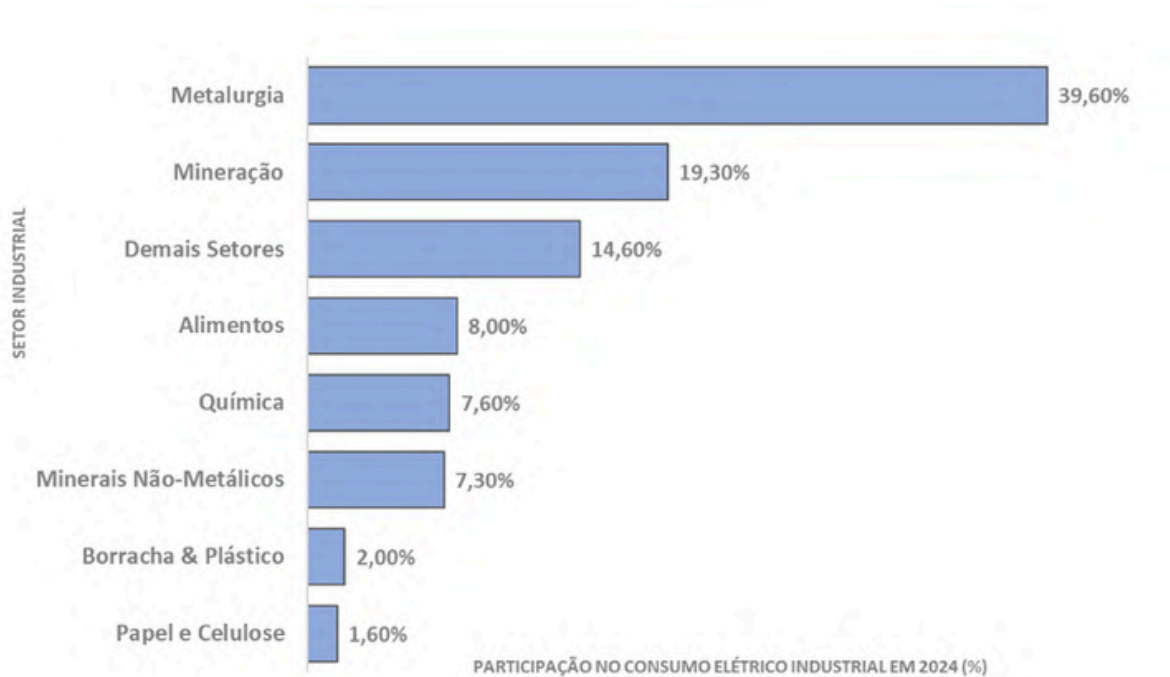
A eficiência energética constitui um eixo estratégico do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão por sua relação direta com o uso racional da energia, a redução de custos operacionais, a modernização de processos e a melhoria do desempenho energético de grandes consumidores e edificações públicas. Em Minas Gerais, essa agenda ganha relevância diante do peso da indústria no consumo elétrico estadual e da necessidade de apoiar soluções que contribuam para uma economia mais eficiente, competitiva e de menor intensidade de emissões.

O Estudo de Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Minas Gerais contribui para o Programa ao organizar informações sobre o consumo energético industrial, os setores de maior participação, as tecnologias aplicáveis e os instrumentos de apoio à modernização produtiva. O estudo evidencia oportunidades relacionadas à gestão de energia, sistemas motrizes, recuperação de calor residual, automação e controle de processos, cogeração, autoprodução e integração de fontes renováveis. Essas frentes podem contribuir para reduzir desperdícios, melhorar o desempenho operacional e apoiar trajetórias produtivas mais eficientes.

Em relação ao consumo de energia elétrica na indústria de Minas Gerais, observa-se concentração em alguns segmentos como a metalurgia e mineração, além de setores como alimentos, química e minerais não metálicos. Esse perfil ajuda a identificar onde a eficiência energética pode ter maior importância dentro da estrutura industrial do Estado.

Para evidenciar essa distribuição, o Gráfico 2 apresenta o ranking e peso ou valor estrutura setorial do consumo elétrico industrial de Minas Gerais em 2024, destacando os segmentos de maior participação.

Gráfico 2. Estrutura setorial do consumo elétrico industrial de Minas Gerais, 2024



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da EPE, 2025.

O perfil de consumo ganha maior relevância quando associado aos dados de emissões. Em 2024, o setor de Energia respondeu por 38,76 MtCO₂e em Minas Gerais, enquanto os Processos Industriais somaram 26,89 MtCO₂e. Em 2023, dentro dos Processos Industriais, a produção de metais respondeu por 15,72 MtCO₂e, e cimento e outras matérias-primas industriais e minerais somaram 10,94 MtCO₂e. A combinação desses indicadores evidencia que a eficiência energética deve ser compreendida como parte de uma agenda mais ampla de tecnologias de baixa emissão, considerando que as emissões industriais resultam tanto do uso da energia quanto das características dos próprios processos produtivos.

A partir dessa relação entre consumo energético, emissões e perfil produtivo, o Programa organiza a eficiência energética em frentes de atuação que permitem qualificar diagnósticos, identificar oportunidades e orientar discussões técnicas sobre modernização energética. O Quadro 2 sintetiza essas frentes, destacando sua contribuição na modernização energética e produtiva.

Quadro 2. Frentes de eficiência energética em Minas Gerais

Frente de eficiência energética	Contribuição para o Programa
Gestão de energia	Fornecer subsídios para o acompanhamento do consumo energético, a análise de indicadores, a definição de linhas de base e a melhoria contínua do desempenho energético
Sistemas motrizes	Representa uma frente relevante de oportunidade tecnológica, especialmente em setores industriais com uso intensivo de motores, acionamentos, bombas, ventiladores, compressores e demais equipamentos auxiliares.
Recuperação de calor residual	Aponta oportunidades de aproveitamento energético em processos industriais com geração de calor, especialmente em atividades que utilizam fornos, caldeiras ou processos de alta temperatura.
Automação e digitalização	Destaca o papel de sistemas de monitoramento, controle operacional e digitalização na identificação de perdas, melhoria de processos e qualificação da gestão do consumo energético.
Cogeração e autoprodução	Relaciona-se à avaliação de alternativas para maior aproveitamento de recursos energéticos locais, integração de soluções de menor emissão e aumento da autonomia energética em determinados perfis de consumo.
Eficiência em edifícios públicos	Aponta oportunidades de melhoria da gestão energética em equipamentos públicos, como escolas, hospitais e prédios administrativos, a partir de diagnósticos, boas práticas e estruturação de projetos.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da EPE, 2025.

De forma complementar, o Guia de Eficiência Energética nos Edifícios Públicos de Minas Gerais amplia a abordagem para o setor público ao reunir conceitos, referências metodológicas, instrumentos orientadores e temas relevantes para a gestão do consumo em edificações públicas. O material apresenta, de forma geral, elementos associados a diagnóstico energético, auditorias, indicadores, iluminação eficiente, climatização, automação predial, geração distribuída, estruturação de projetos e fontes de financiamento, oferecendo apoio inicial a gestores estaduais e municipais interessados em compreender possibilidades de atuação em eficiência energética.

Assim, o eixo de eficiência energética reúne duas frentes complementares: a identificação de oportunidades no setor produtivo e a disseminação de referências técnicas para edificações públicas. No âmbito do Programa, esses materiais contribuem para orientar discussões, dar visibilidade a oportunidades e reforçar a eficiência energética como componente relevante da modernização energética e produtiva em Minas Gerais.

3.3 Tecnologias e Combustíveis de Baixa Emissão

A modernização energética de Minas Gerais também envolve a organização de instrumentos, planos e marcos institucionais relacionados ao desenvolvimento de tecnologias e combustíveis de menor intensidade de emissões. Em setores produtivos com alto consumo de energia e processos industriais de difícil abatimento, como siderurgia, cimento, mineração, química e transporte pesado, essas soluções podem complementar a eficiência energética e a ampliação da geração renovável.

Nesse eixo, destacam-se o hidrogênio de baixa emissão, o biogás, e o biometano, que vêm ganhando relevância nas estratégias de transição energética por sua possibilidade de aproveitamento em diferentes usos industriais, energéticos e logísticos. O papel do Programa é organizar e dar visibilidade aos instrumentos já existentes que apoiam essa agenda, reunindo informações técnicas, planos e marcos normativos associados ao desenvolvimento dessas cadeias em Minas Gerais.

Hidrogênio de baixa emissão

O hidrogênio de baixa emissão integra a agenda estadual de tecnologias energéticas estratégicas, especialmente pelo seu potencial de aplicação em setores de difícil descarbonização, como segmentos industriais intensivos em energia, transporte pesado, produção de fertilizantes, armazenamento de energia e substituição parcial de combustíveis ou insumos de maior intensidade de emissões.

Nesse contexto, o Plano Estadual de Hidrogênio de Baixa Emissão constitui uma referência institucional importante para reunir informações sobre rotas tecnológicas, possibilidades de produção, usos potenciais, infraestrutura, demanda setorial e articulação com políticas nacionais e estaduais. No âmbito do Programa, o Plano de Hidrogênio apresenta-se como instrumento orientador para apoiar a compreensão das oportunidades, condicionantes e desafios associados ao desenvolvimento dessa cadeia em Minas Gerais.

Minas Gerais apresenta condições relevantes para avaliar oportunidades relacionadas ao hidrogênio de baixa emissão, considerando sua matriz elétrica com forte participação de fontes renováveis, sua base industrial consolidada, a presença de potenciais setores consumidores, a disponibilidade de recursos energéticos e sua localização estratégica em relação a cadeias produtivas industriais. A disponibilidade de eletricidade renovável é especialmente relevante para rotas como a eletrólise da água, nas quais a intensidade de emissões do hidrogênio produzido depende diretamente da origem da energia elétrica utilizada no processo.

Esses atributos reforçam o potencial de Minas Gerais para participar da agenda do hidrogênio de baixa emissão, especialmente em articulação com a indústria, a infraestrutura energética e as políticas de transição energética. No âmbito do Programa, o tema é tratado como uma frente estratégica para sistematizar informações, qualificar o debate técnico e apoiar a identificação de oportunidades no Estado.

Biogás, biometano e gases renováveis

O biogás e o biometano também compõem esse eixo por sua relação com o aproveitamento energético de resíduos, a diversificação da matriz energética e a possibilidade de substituição parcial de combustíveis fósseis em determinados usos. Em Minas Gerais, a presença de atividades agropecuárias, agroindustriais e urbanas gera oportunidades para avaliação do aproveitamento de resíduos orgânicos, efluentes, dejetos animais, resíduos agroindustriais e resíduos sólidos urbanos.

O biometano pode ter aplicações no transporte, em processos industriais, na geração de energia e na integração com a infraestrutura de gás canalizado, desde que observadas as condições técnicas, econômicas, regulatórias e logísticas aplicáveis. Além disso, sua produção pode gerar benefícios associados à gestão de resíduos, redução de emissões de metano, interiorização de oportunidades produtivas e diversificação de fontes energéticas.

No âmbito estadual, os instrumentos normativos relacionados ao biogás, ao biometano, ao hidrogênio de baixa emissão e à integração de gases renováveis à infraestrutura energética compõem uma base institucional relevante para essa agenda. No Programa, esses instrumentos são reunidos para evidenciar como diferentes marcos legais e regulatórios dialogam com a modernização energética, a redução da intensidade de emissões e o desenvolvimento de novas cadeias produtivas.

Para facilitar essa leitura integrada, o Quadro 3 sintetiza os principais instrumentos relacionados às tecnologias e combustíveis de baixa emissão considerados neste documento.

Quadro 3. Instrumentos relacionados a tecnologias e combustíveis de baixa emissão

Tema	Instrumentos associados	Papel no Programa
Hidrogênio de baixa emissão	Plano Estadual de Hidrogênio de Baixa Emissão; política estadual; instrumentos regulatórios correlatos.	Organizar referências para avaliação de oportunidades, usos potenciais, desafios de infraestrutura, demanda e desenvolvimento da cadeia do hidrogênio em Minas Gerais.
Biogás e biometano	Política estadual de biogás e biometano; decretos e resoluções associados.	Dar visibilidade aos instrumentos que apoiam o aproveitamento energético de resíduos, a diversificação da matriz energética e o desenvolvimento de gases renováveis no Estado.
Gases renováveis	Normas e diretrizes relacionadas à integração de gases renováveis à infraestrutura energética e de gás canalizado.	Evidenciar possibilidades de articulação entre infraestrutura existente, novos energéticos e tecnologias de baixa emissão.
Modernização energética e integração tecnológica	Estudos, planos, marcos normativos e iniciativas institucionais relacionados à transição energética e à diversificação da matriz.	Apresentar, de forma integrada, os instrumentos que contribuem para a organização da agenda estadual de tecnologias de baixa emissão.

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da EPE, 2025.

3.4 Desenvolvimento Econômico e Atração de Investimentos

A transição energética vem alterando critérios de competitividade industrial e decisões de investimento, especialmente em setores intensivos em energia e com maior exposição a exigências de redução da intensidade de emissões. Nesse contexto, ganham relevância soluções associadas à eletrificação, eficiência energética, combustíveis renováveis, armazenamento, aproveitamento energético de resíduos e desenvolvimento de novas cadeias industriais vinculadas à economia de baixo carbono.

Minas Gerais reúne condições relevantes para se posicionar nessa agenda, combinando base industrial diversificada, presença de setores eletrointensivos, disponibilidade de recursos energéticos renováveis, infraestrutura energética consolidada e recursos minerais associados às novas tecnologias energéticas. Essa combinação permite conectar a agenda energética a temas como industrialização verde, inovação tecnológica, agregação de valor e fortalecimento de cadeias produtivas.

Também se inserem nesse debate os minerais estratégicos relacionados à eletrificação, ao armazenamento de energia, à mobilidade elétrica e a outras tecnologias emergentes. Para Minas Gerais, essa agenda reforça a importância de integrar mineração, energia e indústria em uma perspectiva de desenvolvimento produtivo, considerando tanto as oportunidades de inserção em novas cadeias quanto os desafios de infraestrutura, tecnologia e agregação de valor.

No âmbito institucional, destacam-se as articulações com a Invest Minas e iniciativas como a Rota da Descarbonização, voltadas à identificação de oportunidades econômicas e produtivas associadas à economia de baixo carbono. Essas iniciativas contribuem para aproximar informações técnicas, oportunidades setoriais e potenciais rotas de investimento no Estado.

Assim, o eixo de desenvolvimento econômico e atração de investimentos conecta os estudos, diagnósticos e instrumentos apresentados ao longo do Programa a uma agenda de competitividade, diversificação produtiva e modernização energética. Seu papel é reunir subsídios para discussões sobre cadeias produtivas, infraestrutura energética, tecnologias de baixa emissão e oportunidades de investimento relacionadas à nova dinâmica energética e industrial.



04. PRINCIPAIS ENTREGAS ESTRUTURANTES



PRINCIPAIS ENTREGAS ESTRUTURANTES

O Programa de Tecnologias de Baixa Emissão consolida um conjunto de estudos, guias, painéis de dados, planos e instrumentos normativos relacionados ao setor energético e às tecnologias de menor intensidade de emissões em Minas Gerais. Esses materiais constituem uma base técnica e institucional voltada à organização de informações estratégicas, à identificação de oportunidades e ao apoio à tomada de decisão.

Mais do que produtos isolados, esses documentos e ferramentas passam a ser apresentados como componentes de uma agenda integrada, que reúne planejamento energético, eficiência energética, geração renovável, gases renováveis, hidrogênio de baixa emissão, modernização energética e oportunidades produtivas. O quadro 4 apresenta uma síntese dos principais estudos, instrumentos e materiais associados ao Programa, destacando seus objetivos e sua contribuição para a agenda de tecnologias de baixa emissão no Estado.

ENTREGAS ESTRUTURANTES

01



Inteligência energética e informação setorial

ENTREGAS

- ▶ Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais
- ▶ Painéis de Dados e Dashboards Energéticos

CONTRIBUIÇÃO

Consolidação de dados, indicadores e informações estratégicas sobre geração, consumo, fontes energéticas, capacidade instalada, infraestrutura e evolução do setor elétrico estadual.

02



Eficiência energética e diagnóstico de oportunidades

ENTREGAS

- ▶ Estudo de Oportunidades de Eficiência Energética na Indústria de Minas Gerais
- ▶ Guia de Eficiência Energética nos Edifícios Públicos de Minas Gerais

CONTRIBUIÇÃO

Identificação de setores, usos finais, processos e práticas com potencial de melhoria, apoiando diagnósticos, gestão energética e formulação de políticas públicas.

03



Soluções energéticas para municípios

ENTREGAS

- ▶ Guia Geral para Municípios sobre Energia Solar Fotovoltaica e Soluções Energéticas

CONTRIBUIÇÃO

Disseminação de informações técnicas, regulatórias e institucionais sobre geração distribuída, energia solar e soluções energéticas aplicadas à gestão pública municipal.

04



Tecnologias e combustíveis de baixa emissão

ENTREGAS

- ▶ Plano Estadual de Hidrogênio de Baixa Emissão
- ▶ Instrumentos normativos relacionados a biogás, biometano, hidrogênio de baixa emissão e gases renováveis

CONTRIBUIÇÃO

Sistematização de marcos, oportunidades e desafios tecnológicos relacionados às cadeias de hidrogênio, biogás, biometano e gases renováveis em Minas Gerais.

CONTRIBUIÇÃO GERAL

Organização
de dados

Diagnósticos
técnicos

Identificação de
oportunidades

Subsídios para
políticas
públicas

Apoio à
articulação
institucional

Apoio à atração
de investimentos

Em conjunto, esses estudos, guias, painéis e instrumentos permitem apresentar o Programa como uma base organizada de informações e referências técnicas sobre energia e tecnologias de baixa emissão em Minas Gerais. A sistematização desses materiais contribui para dar visibilidade ao que já foi desenvolvido, facilitar a comunicação institucional e apoiar a leitura integrada das oportunidades associadas à eficiência energética, geração renovável, gases renováveis, hidrogênio de baixa emissão e modernização energética no Estado.

05. ACOMPANHAMENTO TÉCNICO E CONTINUIDADE DO PROGRAMA



ACOMPANHAMENTO TÉCNICO E CONTINUIDADE DO PROGRAMA

O acompanhamento técnico do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão será orientado pela atualização de produtos e indicadores associados à agenda energética estadual, especialmente aqueles baseados em dados públicos e passíveis de revisão periódica. Esse acompanhamento tem caráter técnico e informativo, voltado à sistematização de dados, à atualização de painéis e à produção de subsídios para análises institucionais.

Os principais instrumentos de acompanhamento do Programa são o Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais e os painéis de dados associados ao setor elétrico e à eficiência energética. O Panorama permite acompanhar a evolução da geração, do consumo, das fontes energéticas, da capacidade instalada e de outros aspectos relevantes do setor elétrico estadual, com base em dados secundários oficiais. Já os painéis de eficiência energética permitem atualizar e visualizar indicadores relacionados ao consumo elétrico, à intensidade energética, ao perfil setorial e às emissões, conforme a disponibilidade de dados.

A atualização de estudos mais amplos, como o diagnóstico de oportunidades de eficiência energética na indústria, poderá ser avaliada conforme necessidade técnica ou institucional. Considerando seu caráter mais aprofundado, esse tipo de estudo pode ser revisado em ciclos específicos, enquanto o acompanhamento periódico poderá priorizar indicadores selecionados já organizados nos painéis, como consumo, intensidade energética, perfil setorial e emissões.

Dessa forma, o monitoramento do Programa se concentra na atualização de informações estratégicas e na manutenção de referências técnicas úteis para o acompanhamento da agenda de tecnologias de baixa emissão em Minas Gerais. Assim, o Quadro 5 apresenta os indicadores gerais para o monitoramento.

Quadro 5. Indicadores iniciais de acompanhamento técnico do Programa

Dimensão de acompanhamento	Indicador sugerido	Forma de verificação	Periodicidade
Inteligência energética	Atualização do Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais	Publicação ou atualização do estudo, painel ou base de dados associada	Anual (pós-lançamento do BEN)
Eficiência energética	Atualização de estudos, diagnósticos ou painéis sobre oportunidades de eficiência energética	Revisão de dados, atualização de análises ou publicação de novos materiais técnicos	Anual ou conforme planejamento
Tecnologias de baixa emissão	Atualização de informações sobre hidrogênio, biogás, biometano, gases renováveis e instrumentos associados	Revisão de quadros normativos, sínteses temáticas, notas técnicas ou materiais orientadores	Semestral ou anual

Fonte: Elaboração própria, 2026.

Essa estruturação permite acompanhar os produtos indicados no Quadro 5, preservando a natureza técnica e institucional do Programa. O acompanhamento proposto concentra-se na atualização de referências, indicadores e informações associadas aos estudos e painéis mencionados, conforme a periodicidade indicada e as fontes de dados disponíveis.

Para apoiar esse acompanhamento, o Quadro 6 apresenta capacidades institucionais de referência relacionadas à análise de dados, produção técnica, comunicação institucional e articulação com atores estratégicos. Essas capacidades indicam os tipos de apoio que contribuem para manter a consistência dos produtos técnicos associados ao Programa.

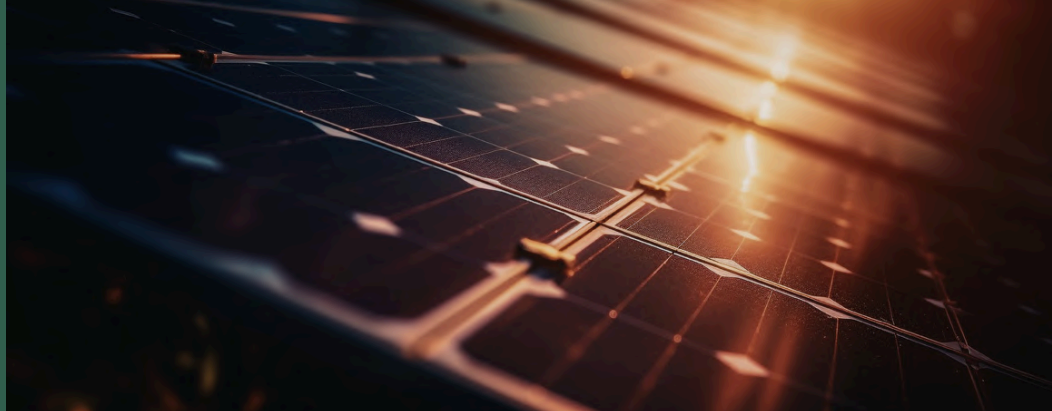
Quadro 6. Capacidade indicativas para continuidade do Programa

Capacidade necessária	Indicador sugerido
Análise técnica e de dados	Atualizar informações sobre geração, consumo, fontes energéticas, eficiência energética e tecnologias de baixa emissão.
Produção e revisão de estudos	Manter diagnósticos, guias, painéis e documentos técnicos como referências atualizadas para a agenda energética estadual.
Comunicação e organização dos produtos	Facilitar a divulgação institucional, a formatação dos materiais e o acesso às informações produzidas.
Articulação institucional	Apoiar o diálogo com órgãos estaduais, setor produtivo, municípios, instituições técnicas e parceiros estratégicos.

Fonte: Elaboração própria, 2026.

As capacidades apresentadas apoiam a continuidade técnica do Programa e a qualidade das informações produzidas, podendo ser mobilizadas conforme a disponibilidade institucional, a evolução das demandas e a necessidade de atualização dos produtos. Esse acompanhamento permite revisar dados e identificar mudanças regulatórias, tecnológicas, econômicas e de infraestrutura que possam influenciar o desenvolvimento das tecnologias de baixa emissão no Estado.

Diante dos diferentes níveis de maturidade, necessidades de infraestrutura e condições de inserção econômica dessas tecnologias, o acompanhamento deve manter uma abordagem flexível e compatível com cada tema. Assim, o Programa sustenta uma base técnica atualizada para apoiar análises, qualificar oportunidades e orientar o diálogo institucional, sem estabelecer trajetórias únicas ou compromissos de execução além de seu caráter informativo e de apoio à decisão.



06. CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estruturação do Programa de Tecnologias de Baixa Emissão permite conferir maior coerência institucional às iniciativas relacionadas à agenda energética e climática de Minas Gerais. Ao articular informações técnicas, instrumentos orientadores e marcos associados à eficiência energética, à geração renovável, aos gases renováveis, ao hidrogênio de baixa emissão e ao desenvolvimento produtivo, o Programa contribui para qualificar a leitura sobre os desafios e oportunidades da transição energética no Estado.

Sua contribuição principal está na construção de uma base comum de referência para apoiar análises técnicas, subsidiar decisões institucionais e ampliar a visibilidade das oportunidades associadas às tecnologias de menor intensidade de emissões. Essa abordagem conecta diferentes frentes de atuação, informação setorial, eficiência energética, tecnologias emergentes e atração de investimentos, dentro de uma mesma lógica estratégica, alinhada às competências estaduais e às diretrizes climáticas e energéticas em curso.

A continuidade dessa agenda poderá ocorrer por meio da atualização de estudos, bases de dados e painéis informativos, conforme a evolução das demandas do setor energético, das políticas públicas, da regulação e das transformações tecnológicas. Nesse contexto, produtos como o Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais, os estudos de eficiência energética, os guias orientadores e os instrumentos relacionados às tecnologias de baixa emissão funcionam como referências para apoiar discussões técnicas, orientar consultas, subsidiar análises e facilitar a identificação de oportunidades associadas ao uso eficiente da energia, à diversificação da matriz, à redução da intensidade de emissões e ao fortalecimento de cadeias produtivas estratégicas.

Dessa forma, o Programa se consolida como um instrumento de sistematização, comunicação institucional e apoio técnico à agenda de transição energética em Minas Gerais. Sua relevância está em transformar informações dispersas em uma leitura integrada, capaz de apoiar o diálogo com diferentes atores, fortalecer a capacidade analítica do Estado e contribuir para um desenvolvimento energético mais eficiente, competitivo e de menor intensidade de emissões.

REFERÊNCIAS



REFERÊNCIAS

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Atlas da Eficiência Energética Brasil 2024: relatório de indicadores. Rio de Janeiro: EPE, 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional 2025: ano-base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional: manual metodológico. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Plano de Energia e Mudanças Climáticas de Minas Gerais. Belo Horizonte: FEAM, 2015.

INVEST MINAS. Invest Minas. Belo Horizonte: Invest Minas, 2025. Disponível em: <https://investminas.mg.gov.br/>. Acesso em: 12 maio 2026.

MINAS GERAIS. Decreto nº 49.172, de 2026. Regulamenta instrumentos relacionados ao hidrogênio de baixa emissão, hidrogênio verde, biogás, biometano e integração à infraestrutura de gás canalizado. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2026.

MINAS GERAIS. Lei nº 24.396, de 2023. Dispõe sobre a política estadual do biogás e do biometano. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2023.

MINAS GERAIS. Lei nº 24.940, de 2024. Dispõe sobre a política estadual do hidrogênio de baixa emissão e do hidrogênio verde. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2024.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Rota da Descarbonização. Belo Horizonte: SEDE-MG, 2025. Disponível em: <https://desenvolvimento.mg.gov.br/inicio/projetos/projeto/1177>. Acesso em: 12 maio 2026.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Diretoria de Energia. Guia de Eficiência Energética para Edifícios Públicos. Belo Horizonte: SEDE-MG, 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Diretoria de Energia. Guia Geral para Municípios sobre Energia Solar Fotovoltaica e Soluções Energéticas. Belo Horizonte: SEDE-MG, 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Diretoria de Energia. Oportunidades de Eficiência Energética para a Indústria de Minas Gerais. Belo Horizonte: SEDE-MG, 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico. Diretoria de Energia. Panorama do Setor Elétrico de Minas Gerais 2025: oferta, consumo e tendências do setor elétrico: ano-base 2024. Belo Horizonte: SEDE-MG, 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Plano Estadual de Ação Climática de Minas Gerais – PLAC-MG. Belo Horizonte: SEMAD, 2024.

DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO



**GOVERNO
DE MINAS**