



Coalizão Minerais Essenciais

Contribuição do Setor de Mineração para a
descarbonização e a transição energética

Resumo executivo

Mineração sustentável pode acelerar a industrialização verde e o protagonismo do Brasil na transição energética global

Transição Energética Global será suportada pela mineração



A transição energética global exige novas cadeias de suprimento de minerais como lítio, grafite, etc...



... além de aumentar a demanda por minerais com cadeias mais desenvolvidas como ferro e bauxita



Tensões geopolíticas, aumento de investimentos em defesa, e concentração produtiva elevam riscos de fornecimento...



... e levam à consequente reconfiguração das cadeias de beneficiamento e processamento globalmente

O Brasil está bem posicionado estrategicamente



O Brasil possui uma das maiores diversidades geológicas do mundo e grandes reservas de minerais com demanda em expansão



Experiência no setor mineral, matriz renovável e baixo custo de energia e mão de obra tornam o país competitivo



Governança e regulação sólidas permitem o fornecimento de minerais para a transição com segurança e sustentabilidade



Potencial alinhamento entre expansão da mineração e geração de valor local através do desenvolvimento de cadeias de beneficiamento

A Coalizão Mineração surgiu no contexto do “Mutirão” da COP30 com abordagem colaborativa para construir visão consolidada do setor

Presidência da COP30 convidou principais setores brasileiros a propor caminhos de descarbonização



No contexto do “Mutirão Global” da COP30, é esperado que o setor privado proponha caminhos convergentes para acelerar a descarbonização



No Brasil, a Presidência da COP30 sugeriu que 6 setores chave se mobilizassem nessa direção: Energia, Pecuária, Agricultura, Florestas, Transportes e Mineração

Abordagem colaborativa



Workshops reunindo principais atores da cadeia da mineração



Complementados por entrevistas para aprofundamento



Alavancagem da expertise da coalizão e de relatórios setoriais

Grupo coordenador



Organizações participantes



TABOCA

Entregável

Documento compilado dirigido à liderança da COP30, MMA e MME, com visão consolidada acerca das contribuições do setor brasileiro de mineração para a descarbonização...

... Para contribuir com insumos nas principais discussões que viabilizem investimentos e oportunidades mapeados

Coalizão analisou três escopos de contribuição da mineração para a descarbonização e a transição energética global



Cadeias de mineração no Brasil

1 Mineração brasileira: identificação de alavancas e potencial de descarbonização

Alavancas para descarbonização

Abertura de frente de lavra e extração

Movim. de máquinas e transporte interno

Minério de Ferro

Consumo de energia

Beneficiamento

Minerais para a Transição

Recuperação de áreas abertas e encerramento

Potencial de redução de 17-21 MtCO₂e/ano em 2050



Cadeias de valor globais, inclusive no Brasil

2 Cadeia do Minério de Ferro: contribuições da mineração brasileira para a descarbonização

Alavancas para descarbonização ao longo da cadeia global do ferro

Fornecimento de pelotas e briquetes para a siderurgia global

Potencial de redução de 100-110 MtCO₂e/ano em 2050



Resumo das conclusões

A mineração brasileira propõe caminhos de contribuição para descarbonização e transição energética

Até 2050, considerando a aceleração da transição energética global e de habilitadores sistêmicos¹, o setor identifica potencial para reduzir 70-80% e neutralizar ~14% de seus escopos 1 e 2 até 2050, resultando em emissões residuais líquidas de ~10% em comparação ao cenário de inação².

- Até 2035, com tecnologias com viabilidade técnico-econômica¹ esperada, há potencial para reduzir emissões em 25-35% e neutralizar³ ~14%, resultando em emissões residuais de 50~60%².

A mineração brasileira também pode contribuir indiretamente para reduções de 100-110 MtCO₂e na cadeia global do ferro em 2050 através do fornecimento de pelotas e briquetes e reduções de emissões de navegação, pelotização e ferrovias.

Por fim, soluções de transição energética com minerais brasileiros – como a eletrificação de veículos, expansão da geração solar e eólica, sistemas de armazenamento e distribuição – podem ajudar a evitar 1,6-2,0 GtCO₂e globais em 2050, das quais 260-300 MtCO₂e podem ser evitadas no Brasil.

A materialização dessas contribuições ancora-se na evolução de habilitadores que vão além do setor mineral

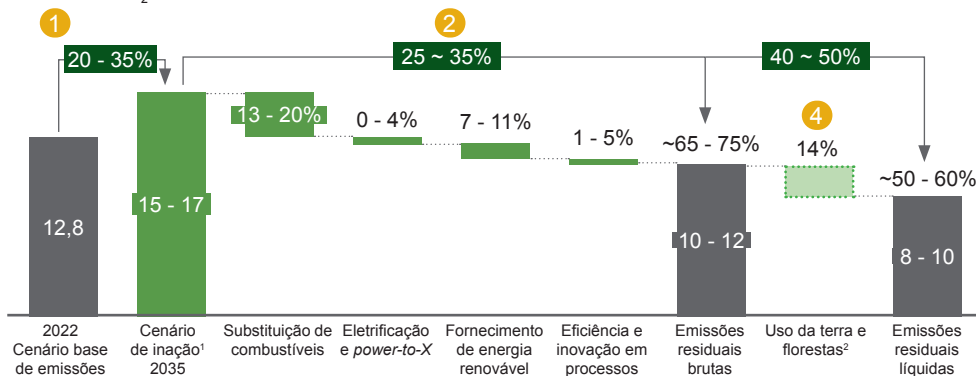
As contribuições dependerão da evolução de habilitadores sistêmicos que vão além do setor mineral e exigem colaboração com toda a cadeia de valor, financiadores e setor público:

- Cenário regulatório-econômico: Incentivos econômicos e precificação de carbono que viabilizem a descarbonização, além de regulação que permita a expansão sustentável da produção mineral e de cadeias de processamento;
- Tecnologia e P&D: Tecnologias críticas com maturidade técnica e viabilidade econômica considerando precificação de carbono;
- Infraestrutura: Rede de logística, energia e armazenamento com capilaridade e capacidade;
- Financiamento: Instrumentos financeiros verdes e taxonomias sustentáveis para reduzir riscos e ampliar o acesso a capital;
- Prêmio verde e cadeia de valor: Ecossistema integrado com previsibilidade de demanda por produtos de baixo carbono e mecanismos de rastreabilidade.

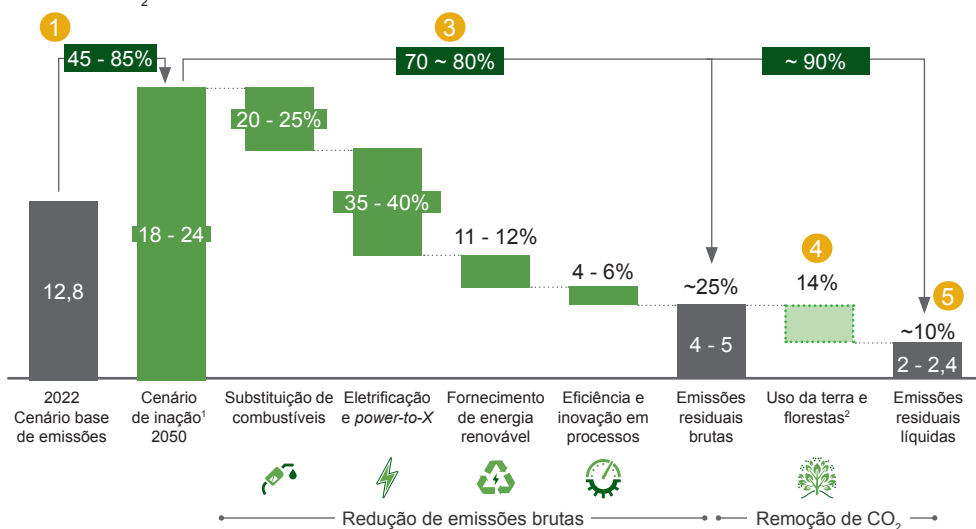
Nota: A redução e neutralização de 90% das emissões da mineração em 2050, 17-21 MtCO₂e, seria equivalente às emissões anuais de 8 a 10 milhões de veículos movidos a gasolina. A redução de 100-110 MtCO₂e na cadeia do minério de ferro seria equivalente a outros 50-55 milhões de veículos, grandeza próxima à frota brasileira de EVs projetada para 2050. Já a redução global de 1,6-2,0 GtCO₂e a partir de soluções da transição energética é comparável às emissões totais brasileiras, que foram de ~2,3 GtCO₂e em 2023. 1. Necessário que tecnologias apresentem reduções no custo de abatimento e que o preço do carbono torne soluções emissores desfavoráveis. 2. Em comparação aos cenários de inação sem melhoria nas intensidades de emissões - crescimento de volume resultaria em emissões de 15-17 MtCO₂ em 2035 e 18-24 MtCO₂ em 2050. 3. Remoção de carbono a partir de áreas próprias e diretamente afetadas das empresas considerada suficiente para neutralizar as emissões de uso da terra. A atual metodologia GHG Protocol não permite essa abordagem para cálculo de emissões líquidas, mas a contabilização do carbono sequestrado é uma oportunidade para as metas de neutralidade de carbono das mineradoras.

Potencial de redução das emissões

2035 – Mt CO₂e



2050 – Mt CO₂e



Conclusões

- 1 Expansão global da demanda por minerais amplia desafio brasileiro de descarbonização setorial em 2035 e 2050
- 2 Com tecnologias com perspectiva positiva de viabilidade, alavancas reduzem 25-35% das emissões em 2035
- 3 Considerando o desenvolvimento de habilitadores sistêmicos, alavancas reduzem 70-80% das emissões em 2050
- 4 Remoção de CO₂ por recuperação de áreas pode trazer neutralização adicional² 2035 e 2050
- 5 Resultando em ~10% de emissões líquidas residuais a serem compensadas em 2050

Redução de emissões brutas → Remoção de CO₂



Substituição de combustíveis

Substituição de combustíveis fósseis para geração de calor por fontes com menor teor de carbono ou zero emissões



Elettrificação e power-to-X

Substituição de equipamentos de combustível fóssil por elétricos e conversão de energia renovável em diversos vetores



Energia renovável

Eletricidade adquirida de fontes renováveis utilizada como substituto de fontes de maior intensidade de emissão



Eficiência e inovação em processos

Melhoria da eficiência através da implementação de novas tecnologias ao longo de toda a cadeia de valor



Uso da terra e florestas

Redução e neutralização (emissões líquidas) das emissões por meio de recuperação de áreas

1. Acréscimo de emissões por crescimento de volumes e perdas de eficiência, sem ações de descarbonização 2. Mineradoras já realizam recuperação de áreas suprimidas por requisitos legais e também realizam iniciativas voluntárias. A atual metodologia GHG Protocol não permite essa abordagem para cálculo de emissões líquidas, mas a contabilização do carbono sequestrado na recuperação de áreas será essencial para as metas de neutralidade de carbono das mineradoras.

Mineração brasileira
pode contribuir para
a redução de até 110
MtCO₂e na cadeia global
do minério de ferro até
2050, condicionada a
habilitadores sistêmicos

100 - 110

MtCO₂e evitados por ano em 2050



Equivalente a 7 a 8 vezes as
emissões da mineração em
2022 (12,8 MtCO₂e)



Fornecimento de insumos para rotas globais de siderurgia de baixo carbono¹

~80 MtCO₂e evitados
por ano em 2050

Produção de pelotas e briquetes *DR-grade* viabiliza rotas de redução direta, com emissões inferiores ao alto-forno

Descarbonização dependerá de avanços em dimensões além de insumos ferrosos:



Tecnologia madura e acessível para uso em escala



Viabilidade financeira considerando preço do CO₂



Outros insumos adequados (GN, H₂ e sucata)



Navegação de longo curso na exportação de minério brasileiro

15 - 25

MtCO₂e evitados por ano em 2050

Adoção de combustíveis
sustentáveis, inovação
tecnológica e maior eficiência



Pelotização no Brasil

4 - 5

MtCO₂e evitados
por ano em 2050

Utilizando biocarbono,
biocombustíveis, PPAs
solares e eólicos, hidrogênio
de baixo carbono e inovação
em tecnologia e processos



Transporte ferroviário do minério de ferro no Brasil

1 - 2

MtCO₂e evitados
por ano em 2050

Aumento de eficiência
operacional, biocombustíveis
e eletrificação parcial

1. O potencial de ~80 MtCO₂e evitadas considera a produção brasileira de pelotas e briquetes para redução direta (*DR-grade*) de ~50 Mt em 2050, que produzem 40 Mt de aço em rotas DRI a H₂ renovável. Deste modo, as emissões cairiam de ~90 para ~10 MtCO₂e (-90%).

Adicionalmente, produção de Minerais para Transição pode contribuir para reduções globais de 1,6 – 2,0 Gt CO₂e em 2050

Minerais brasileiros alimentando cadeias globais



Insumos para eletrificação da frota global de veículos



Insumos para expansão da geração solar



Insumos para expansão da geração eólica

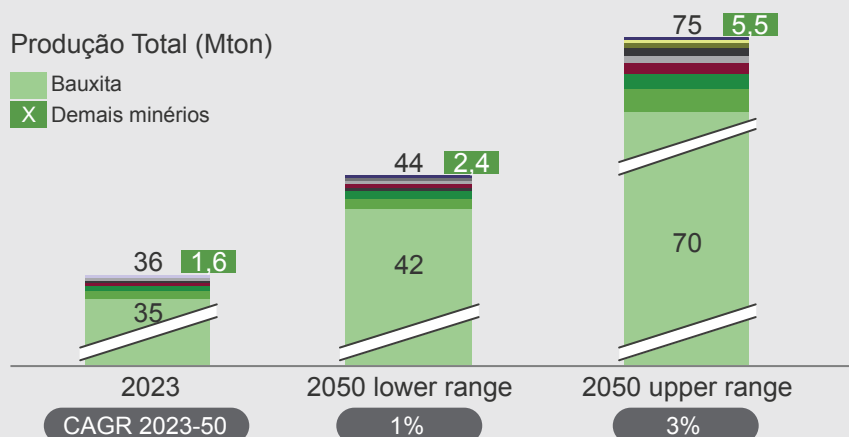


Insumos para sistemas de armazenamento e redes de distribuição elétrica¹

Estimativas resultam em crescimento de 1,2 a 2,1x na produção brasileira de minerais selecionados

Produção Total (Mton)

■ Bauxita
X Demais minérios



O fornecimento destes insumos impactará emissões globais através da expansão da frota de EVs e da geração de energia eólica e solar



Emissões globais evitadas² via geração de energia e eletrificação



14 – 38 Milhões de EVs em uso



600 – 830 GW em energia eólica



580 - 610 GW em energia solar



1,6 – 2,0
GtCO₂e evitados
por ano em 2050

Das quais, 260 – 300 Mt CO₂e poderiam ser evitadas no Brasil³ em 2050



Emissões nacionais evitadas² via geração de energia e eletrificação



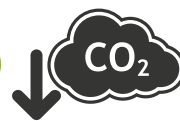
14 – 38 milhões de EVs em uso



~117 GW em energia eólica



~147 GW em energia solar



260 – 300
MtCO₂e evitados
por ano em 2050

1. Redes de apoio sem impacto direto nas reduções. 2. Estimativas consideram a capacidade adicional de eletrificação veicular, geração solar e eólica viabilizadas pela produção brasileira de minerais, assumindo o mineral de maior participação relativa por tecnologia. 3. Assumindo que as aplicações viabilizadas pela mineração brasileira sejam usadas em território brasileiro, com volumes limitados pela demanda da transição nacional.

Para permitir avanços na descarbonização, alavancas dependerão de contexto favorável até 2050 - habilitadores sistêmicos elencados pela coalizão:



Tecnologia e P&D

Tecnologias críticas com maturidade técnica e viabilidade econômica considerando precificação de carbono (e.g., eletrificação, combustíveis alternativos)



Infraestrutura

Rede de logística, energia e armazenamento com capilaridade e capacidade suficientes para atender minas em operação e novos projetos



Financiamento

Instrumentos financeiros verdes e taxonomias sustentáveis, viabilizando a atração de capital em escala para iniciativas de baixo carbono



Green Premium e Cadeia de Valor

Ecossistema integrado com previsibilidade de demanda por produtos de baixo carbono e mecanismos de rastreabilidade para alinhar incentivos ao longo da cadeia de valor



Cenário regulatório-econômico

- Precificação de carbono em vigor – ref. IEA¹: 65-125 USD/ton CO₂ (2035) e 160-200 USD/ton CO₂ (2050)
- Regulação que direcione investimentos, viabilize a expansão sustentável da produção e estimule inovação em soluções de descarbonização (e.g., eletrificação, combustíveis alternativos)

Entre os habilitadores analisados, alguns apresentam significativa relevância internacional e destacam-se no contexto da COP30 no Brasil

1

Viabilizar sistemas de contabilidade de emissões no nível do produto permitindo o reconhecimento de diferenciais de baixo carbono (biocombustíveis, matriz energética renovável, etc.)

2

Garantir a compatibilidade de sistemas domésticos com mecanismos internacionais e de ajuste de fronteira (CBAM², IMO³, CORSIA⁴, etc.)

3

Reconhecer oficialmente no âmbito do GHG Protocol as remoções de CO₂ por recuperação de áreas nos inventários corporativos

4

Compatibilizar taxonomias verdes para facilitar a elegibilidade e atrair investimento internacional para projetos de mineração e cadeias produtivas de baixo carbono

5

Estabelecer padrões e certificações para hidrogênio de baixa emissão a fim de acelerar o desenvolvimento de um mercado global

1. Intervalos de preço definidos pelos cenários *IEA Announced Pledges* e *Net Zero Emissions* para a categoria “Emerging markets and developing economies with net zero emissions pledges” - *Global Energy and Climate Model Documentation 2024 (IEA)* 2. *Carbon Border Adjustment Mechanism* (Mecanismo de Ajuste de Fronteira de Carbono) 3. *International Maritime Organization* (Organização Marítima Internacional) 4. *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (Esquema de Compensação e Redução de Carbono para a Aviação Internacional)