



INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES EFEITO ESTUFA DO SETOR MINERAL 2024

(ANO BASE 2022)

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

2024

Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Raul Jungmann
Diretor-Presidente do IBRAM

Fernando Azevedo e Silva
Vice-Presidente do IBRAM

Alexandre Valadares Mello
Diretor de Assuntos Associativos e Mudança do Clima

Julio Cesar Nery Ferreira
Diretor de Sustentabilidade

Paulo Henrique Leal Soares
Diretor de Comunicação

Rinaldo César Mancin
Diretor de Relações Institucionais

Osny Vasconcellos
Diretor Administrativo e Financeiro

CONSELHO DIRETOR

BIÊNIO 2024-2025

Presidente do Conselho:

- Anglo American Brasil
Ana Sanches – Titular

Vice-Presidente do Conselho:

- Lundin Mining
Ediney Maia Drummond - Titular

Conselheiros:

- Alcoa
Eduardo Doria - Titular
Michelle Shayo- Suplente
- Anglo American Brasil
Ivan de Araujo Simões Filho – Suplente
- AngloGold Ashanti
Marcelo Pereira – Titular
Othon de Villefort Maia - Suplente

- ArcelorMittal
Wagner de Brito Barbosa - Titular
Wanderley José de Castro - Suplente
- BAMIN
Eduardo Jorge Ledsham - Titular
Alexandre Victor Aigner - Suplente
- Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração -
CBMM
Eduardo Augusto Ayroza Galvão Ribeiro - Titular
Ricardo Fonseca de Mendonça Lima - Suplente
- Copelmi Mineração Ltda
Cesar Weinschenck de Faria - Titular
Roberto da Rocha Miranda de Faria - Suplente
- Embu S.A. Engenharia e Comércio
Daniel Debiazzi Neto - Titular
Luiz Eulálio Moraes Terra - Suplente
- Kinross Brasil Mineração S.A.
Gilberto Carlos Nascimento Azevedo - Titular
Ana Cunha - Suplente
- Lundin Mining
Luciano Antonio de Oliveira Santos – Suplente
- Mineração Caraíba S.A.
Eduardo de Come - Titular
Antonio Batista de Carvalho Neto - Suplente
- Mineração Paragominas S.A. (HYDRO)
Anderson Baranov - Titular
Paula Amelia Zanini Marlieri - Suplente
- Mineração Rio Do Norte S.A. – MRN
Guido Roberto Campos Germani - Titular
Vladimir Senra Moreira - Suplente
- Mineração Taboca S.A
Newton A. Viguetti Filho - Titular
Ronaldo Lasmar - Suplente
- Mineração Usiminas S.A.
Carlos Hector Rezzonico - Titular
Marina Pereira Costa Magalhães - Suplente
- Minerações Brasileiras Reunidas - MBR
Octavio Bulcão - Titular
Marcelo Sampaio - Suplente
- Mosaic Fertilizantes

Adriana Kupcinskask Alencar - Titular
Emerson Araken Martin Teixeira - Suplente

- Nexa Resources
Jones Belther - Titular
Guilherme Simões Ferreira - Suplente
- Samarco Mineração S.A.
Rodrigo Alvarenga Vilela - Titular
Felipe Starling - Suplente
- Vale
Alexandre Silva D´Ambrosio - Titular
Lauro Angelo Dias de Amorim - Suplente
Marcello Magistrini Spinelli - Titular
Rafael Bittar - Titular
Vinícius Resende Domingues – Suplente
Helga Paula Patrício Franco - Suplente

© 2024 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

SHIS QL 12 cj 0 (zero) casa 04, Lago Sul. CEP:71.630-205 – Brasília/DF

Telefone: (61) 3364-7272

Endereço eletrônico: <http://www.ibram.org.br>

Todos os direitos reservados.

É permitida a reprodução de dados e de informações contidos nesta publicação, desde que citada a fonte.



Coordenação Técnica e Executiva

IBRAM - Instituto Brasileiro de Mineração

- Alexandre Valladares Mello
- Cinthia de Paiva Rodrigues
- Cláudia Franco de Salles Dias
- Luisa Rates

Produção

WayCarbon

 @WayCarbon  /waycarbon

- Carolina Mendes
- Eloisa Casadei
- Higor Turcheto
- Matheus Fernandes

Projeto Gráfico, diagramação, capa e ilustrações:

Pablo Frioli

Fotografias

As ilustrações, tabelas e gráficos sem indicação de fonte foram elaboradas pelo IBRAM.

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM).....	11
1.2	Setor mineral no Brasil.....	11
2	OBJETIVO.....	13
3	METODOLOGIA.....	13
3.1	Definição dos bens minerais.....	13
3.2	Definição da abrangência do inventário.....	14
3.2.1	Fronteira organizacional.....	14
3.2.2	Fronteira operacional.....	14
3.2.3	Definição das fontes de emissão.....	16
3.2.4	Gases de efeito estufa considerados.....	18
3.2.5	Ano de referência das informações.....	18
3.3	Cálculo das emissões do setor mineral brasileiro.....	19
3.4	Coleta de dados.....	20
4	RESULTADOS.....	21
4.1	Resultados consolidados para o setor mineral brasileiro.....	21
4.2	Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com dados das empresas mineradoras.....	25
4.2.1	Agalmatolito.....	25
4.2.2	Areia.....	26
4.2.3	Argila.....	27
4.2.4	Bauxita.....	28
4.2.5	Calcário.....	29
4.2.6	Carvão Mineral.....	30
4.2.7	Cobre.....	32
4.2.8	Cromita.....	32
4.2.9	Espodumênio (Lítio).....	33
4.2.10	Estanho.....	34
4.2.11	Ferro.....	35
4.2.12	Fosfato.....	36
4.2.13	Magnesita.....	37
4.2.14	Nióbio.....	38
4.2.15	Níquel.....	39

4.2.16	Ouro	40
4.2.17	Potássio.....	41
4.2.18	Vanádio.....	42
4.2.19	Zinco.....	43
4.3	Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com dados primários	44
4.3.1	Rochas ornamentais.....	44
4.4	Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com premissas 45	
4.4.1	Brita.....	45
4.4.2	Cobalto.....	46
4.4.3	Gipsita	47
4.4.4	Chumbo.....	48
4.4.5	Prata.....	49
4.4.6	Caulim	50
4.4.7	Manganês.....	51
4.5	Resultados de emissões indiretas (Escopo 3)	52
4.5.1	Emissões de GEE da categoria 10 (processamento do produto vendido).....	52
4.5.2	Avaliação de completude do Escopo 3	56
5	RECOMENDAÇÕES	64
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
7	REFERENCIAS	68

Lista de Tabelas

Tabela 1. Reservas minerais do Brasil.	12
Tabela 2: Bens minerais considerados no Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa 2024 (GEE).....	13
Tabela 3: Definições de escopos e categorias	16
Tabela 4: Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos GEEs considerados no inventário.....	18
Tabela 5: Emissões do Escopo 1 e 2 do setor mineral nacional	21
Tabela 6: Escopo 1 e 2 – Agalmatolito.	26
Tabela 7: Escopo 1 e 2 – Areia.....	27
Tabela 8: Escopo 1 e 2 – Argila.....	28
Tabela 9: Escopo 1 e 2 – Bauxita.....	29
Tabela 10: Escopo 1 e 2 – Calcário.....	30
Tabela 11: Escopo 1 e 2 – Carvão Mineral.....	31
Tabela 12: Escopo 1 e 2 - Cobre.....	32
Tabela 13: Escopo 1 e 2 – Cromita.	33
Tabela 14: Escopo 1 e 2 - Espondumênio.....	33
Tabela 15: Escopo 1 e 2 - Estanho	34
Tabela 16: Escopo 1 e 2 – Ferro.	35
Tabela 17: Escopo 1 e 2 – Fosfato.....	36
Tabela 18: Escopo 1 e 2 - Magnesita	37
Tabela 19: Escopo 1 e 2 - Nióbio	38
Tabela 20: Escopo 1 e 2 - Níquel.....	39
Tabela 21: Escopo 1 e 2 – Ouro.....	40
Tabela 22: Escopo 1 e 2 – Potássio.....	41
Tabela 23: Escopo 1 e 2 – Vanádio.....	42
Tabela 24: Escopo 1 e 2 – Zinco.....	43
Tabela 25: Escopo 1 e 2 - Rochas Ornamentais	44
Tabela 26: Premissas usadas para estimar as emissões de brita.	46
Tabela 27: Fatores de emissão (FE) do Escopo 1 - Brita.	46
Tabela 28: Emissões dos Escopos 1 e 2 - Brita.	46
Tabela 29: Premissas usadas para estimar as emissões de Cobalto.	47
Tabela 30: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de cobalto.	47
Tabela 31: Emissões dos Escopo 1 e 2 - Cobalto.	47
Tabela 32: Premissas usadas para estimar as emissões de Gipsita.	48
Tabela 33: Emissões do Escopo 1 - Gipsita.	48
Tabela 34: Premissas usadas para estimar as emissões de Chumbo.	48
Tabela 35: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de chumbo.	49
Tabela 36: Emissões dos Escopos 1 e 2 - chumbo.	49
Tabela 37: Premissas usadas para estimar as emissões de Prata.....	49
Tabela 38: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de Prata.....	50
Tabela 39: Emissões dos Escopo 1 e 2 - Prata.....	50
Tabela 40: Premissas usadas para estimar as emissões de Caulim.	51
Tabela 41: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de caulim.	51
Tabela 42: Emissões do Escopo 2 - Prata.....	51

Tabela 43: Premissas usadas para estimar as emissões do Manganês.....	52
Tabela 44: Escopo 1 e 2 - Manganês.....	52
Tabela 45: Consideração da Categoria 10 de cada tipologia.....	53
Tabela 46: Dados de processamento utilizados nas tipologias consideradas utilizando premissas	55
Tabela 47: Emissões absolutas de processamento do produto das tipologias consideradas no inventário da mineração 2024	56
Tabela 48: Definições das categorias de metais, segundo a ICMM.....	57
Tabela 49: Avaliação de completude do Escopo 3 para os Metais Volumosos	58
Tabela 50: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Básicos.....	59
Tabela 51: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Preciosos.....	60
Tabela 52: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Diversos	61

Lista de Figuras

Figura 1: Operações e fontes de emissão de GEE do setor mineral . Erro! Indicador não definido.	
Figura 2: Divisão entre escopos do setor de mineração e metalurgia	16
Figura 3: Representatividade das categorias de emissões do setor mineral (%).....	22
Figura 4: Representatividade de cada GEE no resultado do setor mineral.....	22
Figura 5: Intensidade de emissões dos Escopos 1+2 por tonelada de minério para cada tipologia	24
Figura 6: Intensidade de emissões de processamento de produto (Categoria 10 do Escopo 3) para cada tipologia considerada	25
Figura 7: Indicadores – Agalmatolito (tCO ₂ e/tonelada de minério).	26
Figura 8: Indicadores - areia (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	27
Figura 9: Indicadores – argila (tCO ₂ e/tonelada de minério).	28
Figura 10: Indicadores – bauxita (tCO ₂ e/tonelada de minério).	29
Figura 11: Indicadores – calcário (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	30
Figura 12: Indicadores – Carvão Mineral (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	31
Figura 13: Comparação dos indicadores de emissão - Cobre (tCO ₂ e/tonelada de minério).	32
Figura 14: Indicadores – Cromita (tCO ₂ e/tonelada de minério).	33
Figura 15 Indicadores – Espodumênio (Lítio) (tCO ₂ e/tonelada de minério).	34
Figura 16: Indicadores - ferro (tCO ₂ e/tonelada de minério).	36
Figura 17: Indicadores – fosfato (tCO ₂ e/tonelada de minério).	37
Figura 18: Indicadores – magnesita (tCO ₂ e/tonelada de minério).	38
Figura 19: Indicadores – Nióbio (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	39
Figura 20: Indicadores – Níquel (tCO ₂ e/tonelada de minério).	40
Figura 21: Indicadores – Ouro (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	41
Figura 22: Indicadores – Potássio (tCO ₂ e/tonelada de minério.	42
Figura 23: Indicadores – Vanádio (tCO ₂ e/tonelada de minério).	43
Figura 24: Indicadores – Zinco (tCO ₂ e/tonelada de minério).	44
Figura 25: Indicadores - Rochas Ornamentais (tCO ₂ e/tonelada de minério)	45
Figura 26: Indicadores -Brita (tCO ₂ e/tonelada de minério).	46
Figura 27: Indicadores – Cobalto (tCO ₂ e/tonelada de minério).	47
Figura 28: Indicadores – Chumbo (tCO ₂ e/tonelada de minério).	49
Figura 29: Indicadores – Prata (tCO ₂ e/tonelada de minério).	50
Figura 30: Indicadores – Caulim (tCO ₂ e/tonelada de minério).....	51
Figura 31: Possibilidades de ações de descarbonização para o setor mineral	67

1 INTRODUÇÃO

1.1 Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM)

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), é uma entidade que representa as empresas e instituições do setor mineral do Brasil. Fundado em 1990, tem como objetivo promover a mineração sustentável e responsável, além de fomentar o desenvolvimento do setor mineral brasileiro. A entidade conta, em 2024, com mais de 200 associados, entre mineradoras, empresas de engenharia mineral, fabricantes de equipamentos, entres outros.

O IBRAM tem forte atuação na área de meio ambiente, social e governança (ESG) da mineração, incluindo atividades ligadas a segurança operacional, a saúde ocupacional, a mitigação de impactos ambientais e ao desenvolvimento local e futuro dos territórios. Sobre esse tema, desenvolve projetos e posicionamentos relevantes para o setor, tais como:

- Zero Carbon Mining (em andamento): Projeto setorial focado na descarbonização da indústria mineradora no Brasil. Em parceria, IBRAM, o Governo Britânico no Brasil e o Mining Hub, lançam projetos para estruturar *roadmap* de descarbonização.

- Inventários de emissões de gases de efeito estufa referentes aos anos de 2008 e 2011: Projeto para contabilização das emissões de tipologias selecionadas de acordo com diretrizes, com a finalidade de obter o perfil de emissões do setor.

- Mineração Resiliente: Um Guia para a Mineração se Adaptar aos Impactos da Mudança Climática – IBRAM. Orientação e elaboração de estratégias que visam reduzir os riscos e explorar oportunidades resultantes das mudanças climáticas.

1.2 Setor mineral no Brasil

O setor de mineração possui grande relevância no cenário econômico brasileiro. Segundos dados divulgados no Anuário Mineral Brasileiro da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2024), a produção comercializada no Brasil em 2021 chegou a 227 milhões de toneladas, valor esse que representa um aumento de 15% em relação ao ano de 2020. Em relação a 2022, o setor da mineração faturou R\$ 250 bilhões, tendo exportado 258,2 milhões de toneladas e gerando 5 mil vagas diretas e indiretas de emprego (IBRAM, 2022).

O Brasil detém grande parte das reservas minerais, como ferro, alumínio, cobre, estanho e ouro. O país ainda detém a terceira maior reserva de bauxita do mundo e é o segundo maior produtor de minério de ferro, ficando atrás somente da Austrália. O Brasil também possui destaque em suas reservas de minerais que serão importantes para a transição energética, tais como o nióbio, do qual é o maior produtor mundial, com 94,1% da participação mundial; lítio, no qual está entre os seis principais produtores mundiais (MME, 2023); e níquel, do qual é o terceiro maior detentor de reservas. Os números sobre reservas minerais do Brasil para as principais tipologias são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Reservas minerais do Brasil.

Tipologia	Reserva ^(p) (em 10 ³ t)	Participação mundial ^(p) (%)
Ferro ¹	34.000.000	18,90%
Carvão Mineral ¹	3.799.000	0,40%
Alumínio (Bauxita) ¹	2.700.000	8,40%
Fosfato ³	1.600.000	2,30%
Manganês ²	270.000	20,80%
Grafita Natural ¹	70.000	21,90%
Titânio ⁴	43.000	6,10%
Terras Raras ²	21.000	17,50%
Nióbio ²	16.000	94,10%
Níquel ²	16.000	16,80%
Cobre ²	11.212	1,60%
Vermiculita ¹	6.600	14,10%
Zinco ²	2.464	1,10%
Cromo ²	2.451	0,50%
Zircônio ¹	2.319	3,10%
Potássio ³	2.300	0,10%
Estanho ²	420	8,60%
Urânio ⁵	245	0,00%
Vanádio ²	120	0,50%
Lítio ²	95	0,40%
Cobalto ²	70	1,00%
Tântalo ²	40	28,60%
Tungstênio ²	28	0,90%
Prata ²	3,8	0,70%
Ouro ²	2,4	4,40%

Fonte: Adaptado de Boletim do Setor Mineral (MME, 2022).

Notas: ¹Reserva Lavrável de minério; ²Reserva Lavrável em metal contido; ³Reserva Lavrável em equivalente P₂O₅ ou K₂O; ⁴Reserva Lavrável de ilmenita+rutilo; ⁵Recursos; ^(p)dado preliminar; n.d. dado não disponível

Com relação a sua cadeia produtiva, o setor de mineração pode ser dividido em seis principais etapas, que foram consideradas como limites do inventário:

- a) Prospecção: busca por depósitos minerais;
- b) Pesquisa mineral: estudos geológicos e geofísicos para avaliar a viabilidade econômica da extração mineral;
- c) Lavra: extração do minério bruto;
- d) Beneficiamento mineral: processamento do minério bruto para separar os minerais de interesse dos minerais indesejáveis;
- e) Transporte: movimentação do minério beneficiado até o local de comercialização ou exportação;
- f) Fechamento de mina: encerramento das atividades de mineração e recuperação das áreas utilizadas durante o processo de extração mineral.

2 OBJETIVO

O Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) é o instrumento gerencial que permite avaliar o impacto de uma organização sobre o sistema climático global por meio da quantificação das emissões de GEE.

A mineração é um processo que envolve diversas etapas, com diferentes contribuições para as emissões de GEE. Portanto, monitorar e reportar as emissões é a principal iniciativa para desenhar a estratégia de descarbonização. O presente trabalho avaliou as emissões de GEE do ano de 2022 do setor de mineração do Brasil, focado em 27 bens minerais (tipologias), por meio dos dados fornecidos pelas empresas mineradoras parte do IBRAM e demais não associadas, como ABAL (Associação Brasileira do Alumínio) e SINDIROCHAS, para fornecimento de informações sobre as tipologias minerais referentes.

Neste relatório, chamado de Inventário de Emissões de GEE na Mineração 2024, é possível encontrar a metodologia de consolidação de resultados, o perfil de emissões do setor, os indicadores individualizados por bens minerais e um breve contexto sobre descarbonização do setor.

3 METODOLOGIA

3.1 Definição dos bens minerais

O IBRAM, em conjunto com as empresas associadas e a WayCarbon, considerou os bens minerais objeto de análise e contabilização das emissões de GEE baseado nos seguintes critérios:

- representatividade econômica;
- representatividade pela quantidade de minério movimentado;
- representatividade em número de empresas por bem mineral e distribuição geográfica;
- disponibilidade de informações por parte dos associados;
- relevância estratégica considerando cenários futuros, com especial atenção para minerais críticos e estratégicos.

Dos 70 bens minerais listados no ANM, 27 atendiam aos requisitos acima, e estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2: Bens minerais considerados no Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa 2024 (GEE)

Bens minerais			
Agalmatolito	Areia	Argila	Bauxita
Brita	Calcário	Carvão Mineral	Caulim
Chumbo	Cobre	Cobalto	Cromita
Espodumênio (Lítio)	Estanho	Ferro	Fosfato
Gipsita	Magnesita	Manganês	Nióbio
Níquel	Ouro	Potássio	Prata
Rochas ornamentais	Vanádio	Zinco	

3.2 Definição da abrangência do inventário

Foi considerada a metodologia do *GHG (Greenhouse Gases) Protocol* para mensuração das emissões deste Inventário. O GHG Protocol é um pacote de metodologias, elaborado por World Resource Institute (WRI) e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), globalmente utilizado para contabilização e gestão de emissões de GEE de maneira consistente entre empresas e ciclos de reporte, por meio da definição de cálculos padronizados, parâmetros (tais como fatores de conversão e fatores de emissão) e, até mesmo, uma ferramenta para cálculo de emissões de processos de alguns setores.

O GHG Protocol possui nacionalizações em diferentes países, ou seja, adaptações formalmente reconhecidas pela metodologia, que adaptam fatores de emissão de acordo com as características locais. No Brasil, temos o Programa Brasileiro GHG Protocol, que orienta o uso de fatores de emissão sobre energia elétrica fornecida pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) e de combustíveis com misturas renováveis, como diesel e gasolina.

Sendo amplamente utilizado pelas empresas globalmente, mas, principalmente, pelas empresas no Brasil, o GHG Protocol, por meio de sua nacionalização, o Programa Brasileiro GHG Protocol, se demonstrou a metodologia mais coerente para ser utilizada nesse trabalho. Dessa forma, abaixo temos as descrições dos principais aspectos de agregação das informações, conforme solicitado pela diretriz.

3.2.1 Fronteira organizacional

Duas abordagens são possíveis para a consolidação das emissões em nível organizacional. Abaixo, são definidas cada uma dessas abordagens e indicada a opção utilizada neste inventário.

- Participação Societária: a organização assume as emissões de GEE das operações de acordo com a sua participação societária.
- Controle Operacional: a organização é responsável pela totalidade das emissões de GEE das operações sobre as quais tem controle operacional.

A abordagem por controle operacional é hoje a prática mais relevante de registro e comunicação de inventários de GEE por diversas empresas, sendo de reporte obrigatório para as empresas que divulgam seus inventários no Registro Público de Emissões. O estudo do IBRAM considerou os inventários das empresas que adotam essa abordagem de limite operacional.

3.2.2 Fronteira operacional

A definição de fronteiras operacionais leva em conta a identificação das fontes de emissão de GEE associadas às operações por meio de sua categorização em emissões diretas ou indiretas, utilizando-se o conceito de Escopo. Abaixo, são definidas cada uma das três categorias adotadas pelo GHG Protocol e indicadas as opções contempladas neste inventário.

☒ Escopo 1: Emissões diretas de GEE provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização inventariante.

☒ Escopo 2: Emissões indiretas de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica que é consumida pela organização inventariante.

☒ Escopo 3: Emissões indiretas de GEE relacionadas a operações da cadeia de valor da organização inventariante.

O Inventário de Emissões de GEE na Mineração 2024 considerou os Escopo 1, 2 e 3.

Para a consolidação do inventário foram mapeadas as principais fontes de emissão, considerando as etapas do processamento mineral e relacionadas às categorias de emissões do GHG Protocol, que é uma metodologia de gestão e cálculo de emissões globalmente utilizada, apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

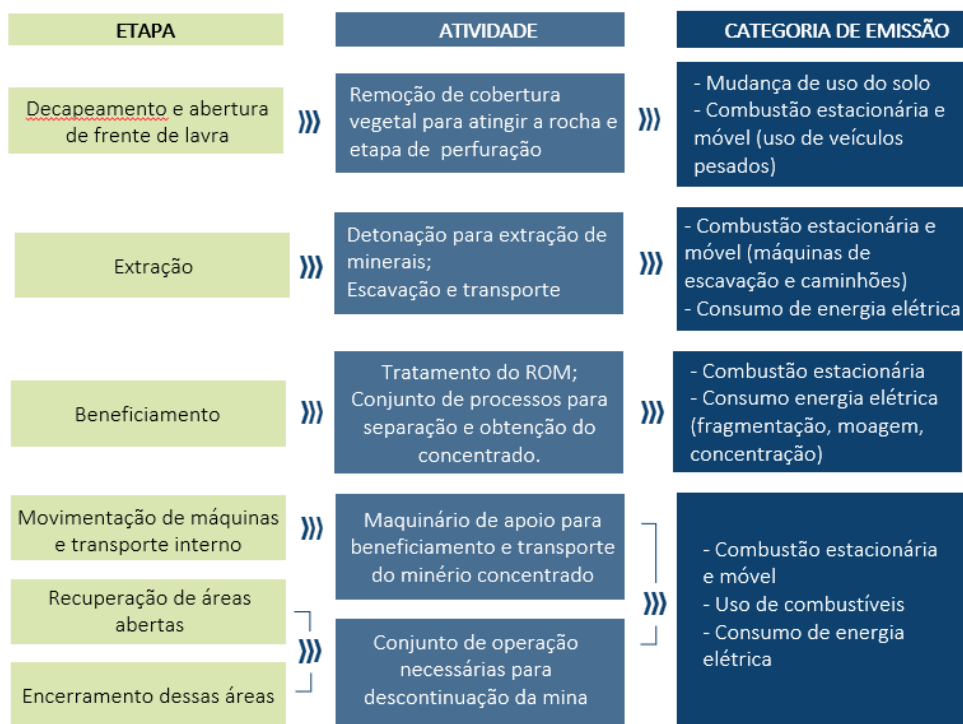


Figura 1: Operações e fontes de emissão de GEE do setor mineral

Como a maioria das participantes que fizeram parte desse inventário possuem os processos de mineração e metalurgia, foi realizada a separação dessas emissões por tipo de atividade, de modo que o limite operacional do inventário contenha apenas o processo mineral, contabilizando as emissões para além da etapa de mineração no Escopo 3 do Inventário de Emissões de GEE do Setor Mineral 2024. Essa adaptação está descrita na Figura 2 e foi realizada para uma visão clara das emissões do setor mineral, contendo apenas as atividades desse setor.

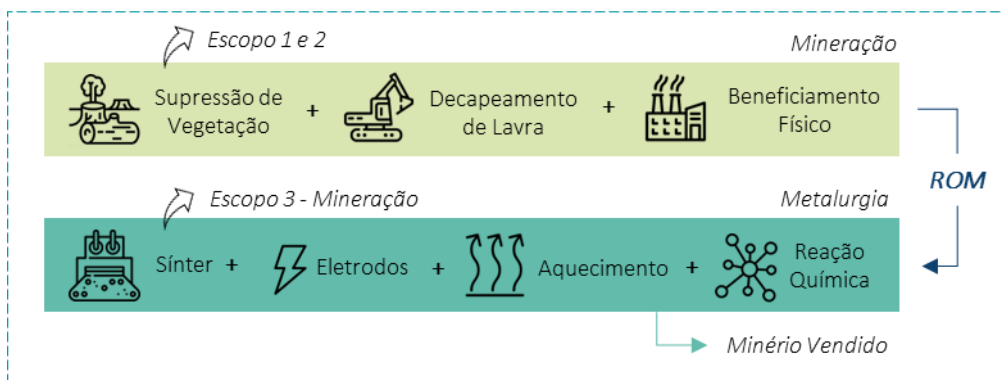


Figura 2: Divisão entre escopos do setor de mineração e metalurgia

3.2.3 Definição das fontes de emissão

As categorias de emissão, que correspondem à classificação das emissões de GEE do GHG Protocol de acordo com as características de suas fontes emissoras, foram definidas e alinhadas com os participantes em reuniões do Grupo de Trabalho. Estas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Definições de escopos e categorias

Escopo	Categoria	Definição
Escopo 1	Combustão estacionária	Emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia, geralmente utilizada para produzir vapor de água ou energia elétrica em equipamentos estacionários. Essa energia não é utilizada para meio de transporte
	Combustão móvel	Emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia utilizada para produzir movimento e percorrer um trajeto
	Fugitivas	Liberações de GEE, geralmente não intencionais, que não passam por chaminés, drenos, tubos de escape ou outra abertura funcionalmente equivalente
	Agrícolas e mudanças no uso do solo	Emissões não mecânicas de atividades de agricultura, pecuária ou de mudanças no uso do solo. As emissões mecânicas de atividades de agricultura ou pecuária devem ser contabilizadas nas categorias “Combustão estacionária” ou “Combustão móvel”
	Resíduos sólidos e efluentes líquidos	Emissões de GEE provenientes do tratamento de resíduos sólidos e de efluentes líquidos
Escopo 2	Processos industriais	Emissões de GEE provenientes da transformação química ou física de algum material, com exceção da sua combustão. De modo geral, essas emissões decorrem dos processos produtivos das indústrias, porém não resultam da queima de combustíveis.
	Aquisição de energia elétrica – Localização	Emissões de GEE utilizando como fator de emissão a média das emissões para geração da energia elétrica em um determinado sistema elétrico (<i>grid</i>), considerando seu limite geográfico e um dado período

	Aquisição de energia elétrica – Mercado	Emissões de GEE provenientes da geração de energia elétrica adquirida pela empresa inventariante, considerando a fonte fornecedora específica de energia (como fontes renováveis, entre outros)
Escopo 3	Categoria 1- Bens e Serviços comprados	Todas as emissões que ocorrem no ciclo de vida (extração, produção e transporte) dos produtos (bens e serviços) comprados ou adquiridos, até o ponto de recepção pela organização inventariante que não estejam contabilizadas em outra categoria de Escopo 3
	Categoria 2- Bens de capital	Todas as emissões que ocorrem no ciclo de vida (extração, produção, transporte) dos bens de capital comprados ou adquiridos, até o ponto de recepção pela organização inventariante
	Categoria 3- Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2	Emissões relativas à extração, produção e transporte de combustíveis e energia comprados e consumidos pela organização inventariante no ano inventariado, os quais não estão contabilizados nos Escopos 1 e 2 (ou seja, excluída a combustão de combustíveis ou o consumo de eletricidade)
	Categoria 4- Transporte e distribuição (upstream):	Emissões de transporte e distribuição de produtos (excluindo combustíveis e produtos energéticos - ver categoria 3) comprados ou adquiridos pela organização inventariante no ano inventariado em veículos e instalações que não são de propriedade nem operados pela organização, bem como de outros serviços terceirizados de transporte e distribuição (incluindo tanto logística de entrada quanto de saída)
	Categoria 5- Resíduos gerados nas operações	Inclui as emissões do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos e efluentes líquidos decorrentes das operações da organização inventariante no ano inventariado, realizados em instalações de propriedade ou controladas por terceiros
	Categoria 6- Viagens a negócios	Emissões do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios da organização inventariante, realizado em veículos operados por ou de propriedade de terceiros, tais como aeronaves, trens, ônibus, automóveis de passageiros e embarcações
	Categoria 7- Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	Emissões ocasionadas pelo deslocamento de funcionários entre suas casas e seus locais de trabalho nos diferentes modais de transporte não operados nem pertencentes à organização inventariante
	Categoria 8- Bens arrendados (a organização como arrendatária)	Emissões provenientes da operação de bens arrendados pela organização inventariante (arrendatária) e que não foram incluídas nos Escopos 1 e 2 da mesma
	Categoria 9- Transporte e distribuição (downstream)	Emissões do transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização inventariante (se não for pago por esta) entre suas operações e o consumidor final, incluindo varejo e armazenagem, em veículos e instalações de terceiros
	Categoria 10- Processamento de produtos vendidos	Emissões do processamento de produtos intermediários, realizado por outra organização, após sua venda pela organização inventariante

Categoria 11- Uso de bens e serviços vendidos	Emissões provenientes do uso final de bens e serviços vendidos pela organização inventariante no ano inventariado. São contabilizadas no ano inventariado todas as emissões ao longo da sua vida útil
Categoria 12- Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos	Emissões provenientes da disposição final e tratamento dos produtos, vendidos no ano inventariado pela organização inventariante, ao final de sua vida útil
Categoria 13- Bens arrendados (a organização como arrendadora)	Emissões da operação dos bens de propriedade da organização inventariante (arrendadora) e arrendados à outras entidades no ano inventariado, não incluídas nos Escopos 1 e 2 da organização inventariante
Categoria 14- Franquias	Emissões das operações de franquias no ano inventariado, não inclusas nos Escopos 1 e 2 da organização inventariante (franqueador)
Categoria 15- Investimentos	Emissões das operações de investimentos (incluindo investimentos de capital, investimento de dívida e financiamento de projetos) no ano inventariado, não incluídas nos Escopos 1 e 2

3.2.4 Gases de efeito estufa considerados

O Inventário de Emissões de GEE do Setor Mineral 2024 incluiu os três gases mais representativos contemplados pelo Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido de nitrogênio (N₂O). Adicionalmente, o inventário também computou as emissões de CO₂ de origem renovável (biogênico), que são tratados de maneira separada por não contribuir para o efeito estufa.

Cada GEE possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG – ou GWP, de *Global Warming Potential*) associado, que representa o impacto do aquecimento global de cada gás em referência ao CO₂, gás de referência e com PAG igual a 1. Dessa forma, trazendo os gases para a mesma base, é possível consolidar o resultado em tCO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente).

O Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Mineração 2024 seguiu os valores de PAG do Relatório de Avaliação (*Assessment Report – AR*) Cinco (5) do Painel Intergovernamental de Mudança do Clima (IPCC). A Tabela 4 apresenta os valores do PAG utilizados.

Tabela 4: Potencial de Aquecimento Global (PAG) dos GEEs considerados no inventário

Gás	Potencial de Aquecimento Global (AR-5)
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265

Fonte: IPCC (2013)

3.2.5 Ano de referência das informações

Todas as informações coletadas consideraram o ano calendário de 2022. Essa decisão foi tomada em conjunto com os participantes, considerando que a disponibilidade de dados das empresas

participantes era representativa para esse ano, e a disponibilidade dos dados atualizados do Anuário Mineral Brasileiro (ANM, 2024) – utilizado para extrapolação das emissões para cenário nacional - para esse ano, demonstrando ser o ano mais atualizado possível para consolidação do inventário.

3.3 Cálculo das emissões do setor mineral brasileiro

O Inventário de Emissões de GEE do Setor Mineral 2024 foi consolidado a partir das emissões das empresas mineradoras e entidades participantes desse processo. As informações foram solicitadas no formato determinado acima, ou seja, emissões de GEE de suas operações de mina e de processo separadamente, do ano de 2022, segregadas por categorias do GHG Protocol.

Adicionalmente aos dados relacionados às emissões de GEE, foi solicitado aos participantes:

- Minério movimentado (ROM - *Run-of-Mine*): Quantidade de minério bruto, excluindo a quantidade de estéril, produzida no ano. Considera-se a quantidade obtida diretamente da mina, sem sofrer qualquer tipo de beneficiamento.
- Minério vendido: Quantidade de minério após todos os processamentos, que será vendido para o cliente final.
- Estéril: Solo e rochas descartados diretamente da operação, não sendo encaminhados para a etapa de beneficiamento. Tem origem da superfície removida da mina ou do subsolo.

Estes dados foram utilizados para o cálculo de indicadores e para a extrapolação do resultado dos participantes para a totalidade do setor mineral brasileiro. Através dos dados de emissões de GEE e produção enviados, foi gerado um indicador de toneladas de CO₂e (tCO₂e) emitidos por cada tonelada de tipologia analisada. Este indicador foi posteriormente multiplicado pela produção total do Brasil em 2022, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (ANM, 2024), para estimar as emissões absolutas do setor mineral brasileiro.

Para total conhecimento do impacto da produção mineral, optou-se por quantificar o Escopo 3 pela primeira vez em um inventário setorial da mineração. Dessa forma, para elaboração deste relatório, foi solicitado que os participantes reportassem todas as categorias de Escopo 3 por elas quantificadas, para que houvesse uma avaliação da representatividade destas. Uma vez que nem todas as mineradoras contemplam esse Escopo em seus inventários, foram considerados então estudos setoriais que demonstraram a relevância de consideração da categoria 10 (processamento de produtos). Dessa forma, essa foi a categoria selecionada para mensuração nesse Inventário, sendo considerada por dois meios, a depender da disponibilidade de dados: ou a emissão calculada pela mineradora, e gerado um indicador para extrapolação, ou estimada (com base no minério vendido) para aquelas que não a reportaram.

Destaca-se que a análise atual, realizada de acordo com dados recebidos das empresas mineradoras, se baseia em uma amostra de 50% da produção bruta total do setor, de acordo com o Anuário Mineral Brasileiro. Ao extrapolar os resultados dessa parcela para o total, foi aplicada uma

abordagem metodológica consistente com as práticas do setor, embora esta análise possua limitações de dados públicos e envolva a adoção de premissas. Apesar do aumento da incerteza dos resultados, por causa da aplicação dessas premissas de cálculo, o exercício de consolidação desses resultados tem alta relevância para conhecimento do perfil de emissões do setor e de sua cadeia, e auxilia a tomada de decisões estratégicas para o setor e para as empresas mineradoras.

3.4 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através da plataforma CLIMAS, desenvolvida pela WayCarbon para gestão de informações ESG. O uso do sistema garante características importantes ao projeto, como confidencialidade dos dados, gestão sistematizada da coleta de dados e redução de incorrência de falhas de cálculo manual e facilidade na continuidade de próximos inventários, por existência de uma base já parametrizada no sistema.

O lançamento das informações que compuseram o inventário foi de responsabilidade de cada participante. Durante esta etapa, a WayCarbon esteve disponível para esclarecimentos e resolução de dúvidas, mas não foram realizadas verificações individuais da integridade e consistência dos dados. Estes apenas foram conferidos para garantir a completude e coerência das respostas. Ademais, não foi avaliada a consistência metodológica dos fatores de emissão e cálculos entre os inventários participantes.

Especificamente para as rochas ornamentais, pela ausência de inventários corporativos, a coleta de dados foi realizada através de um formulário no qual as empresas preencheram dados de consumo de combustíveis e energia elétrica para que as emissões fossem calculadas.

As empresas mineradoras que não possuíam inventário de GEE para o ano de 2022 e, portanto, não puderam reportar suas emissões, realizaram o lançamento apenas dos dados de produção e tiveram suas emissões estimadas a partir de dados de literatura e extrapoladas com base nos resultados divulgados no Anuário Mineral Brasileiro.

4 RESULTADOS

Utilizando todas as premissas citadas na metodologia e os dados recebidos das participantes por bem mineral, foram elaborados os cálculos, os ajustes e as validações que levaram ao panorama geral das emissões de gases de efeito estufa para a extração mineral.

Os resultados apresentados a seguir representam uma estimativa de emissões de GEE para o cenário nacional, classificadas em Escopo 1, 2 e 3, que foi feito por meio da extrapolação das emissões reportadas pelas empresas mineradoras para a produção total de cada um dos tipos de bem mineral, segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro da ANM para o ano de 2022. É válido pontuar que foram observadas discrepâncias dos dados reportados pelas mineradoras em relação àquelas disponíveis na base do governo, sem que pudesse ser identificado o motivo.

4.1 Resultados consolidados para o setor mineral brasileiro

Para o ano de 2022, os principais resultados das emissões de Escopo 1 e 2 estão representados abaixo. As emissões de Escopo 3 serão descritas na sequência.

- as emissões diretas de Escopo 1, provenientes dos processos de combustão, mudança de uso do solo, entre outros, totalizaram 11.298.225,77 tCO₂e, representando 88% do total do inventário;
- as emissões de Escopo 2, provenientes de energia elétrica adquirida e consideradas pela Localização, foram da ordem de 844.913,91 tCO₂e, representando 12% do total do inventário;

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, é possível verificar o resultado para os escopos 1 e 2, que foi de 12.771.155,03 tCO₂e.

Tabela 5: Emissões do Escopo 1 e 2 do setor mineral nacional

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	11.298.225,77	100,0%	93%
Combustão estacionária	1.194.399,14	10,6%	10%
Combustão móvel	7.550.657,29	66,8%	62%
Fugitivas	445.339,60	3,9%	4%
Mudança do uso do solo	1.783.999,09	15,8%	15%
Processos industriais	305.016,84	2,7%	3%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	18.813,80	0,2%	0%
Escopo 2	844.913,91	100,0%	12%
Energia - Localização	844.913,91	100,0%	7%
Total (Escopos 1+2)	12.143.139,67	100,0%	100%

Avaliando o Escopo 1, é possível identificar que as categorias de combustão móvel e mudança do uso do solo foram as mais representativas, com 62% e 15% do total de emissões do inventário, respectivamente, o que é coerente com o perfil macro de operações do setor (movimentação de grandes máquinas movidas a diesel para extração mineral e a necessidade de alteração da vegetação para limpeza do solo). A Figura 3 traz uma representação gráfica de cada categoria de

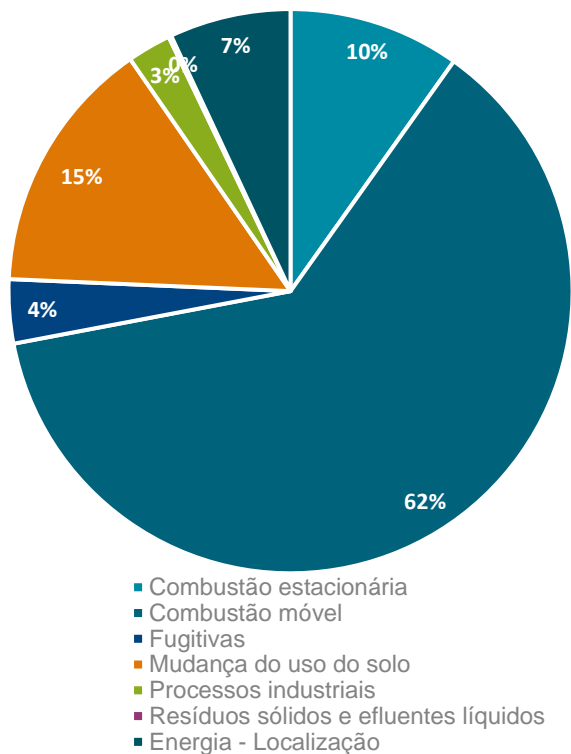
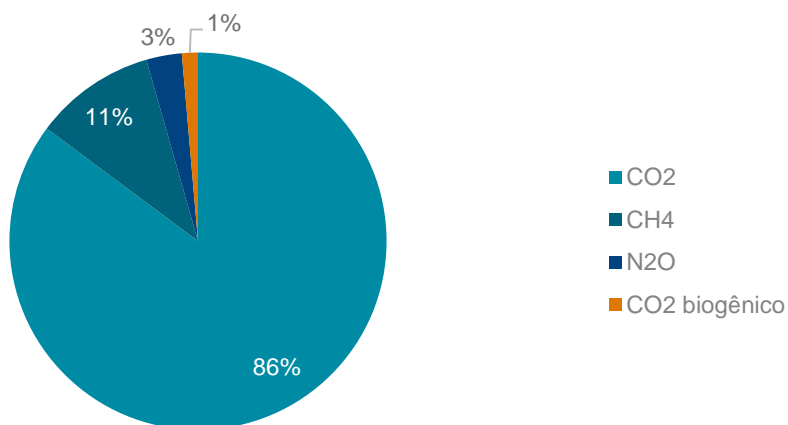


Figura 3: Representatividade das categorias de emissões do setor mineral (%)

emissões.

No tocante aos gases, nota-se que na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** que o CO₂ é o gás predominante no setor de mineração, com 85% do total de emissões em CO₂e. Em seguida,



tem-se o CH₄, com 10% e o N₂O, com 3% do total de emissões em CO₂e. As emissões biogênicas representaram 1%.

Em se tratando do resultado por tipologia, a intensidade de emissões dos Escopos 1+2 por tonelada de minério é apresentada na Figura 5.

Figura 4: Representatividade de cada GEE no resultado do setor mineral

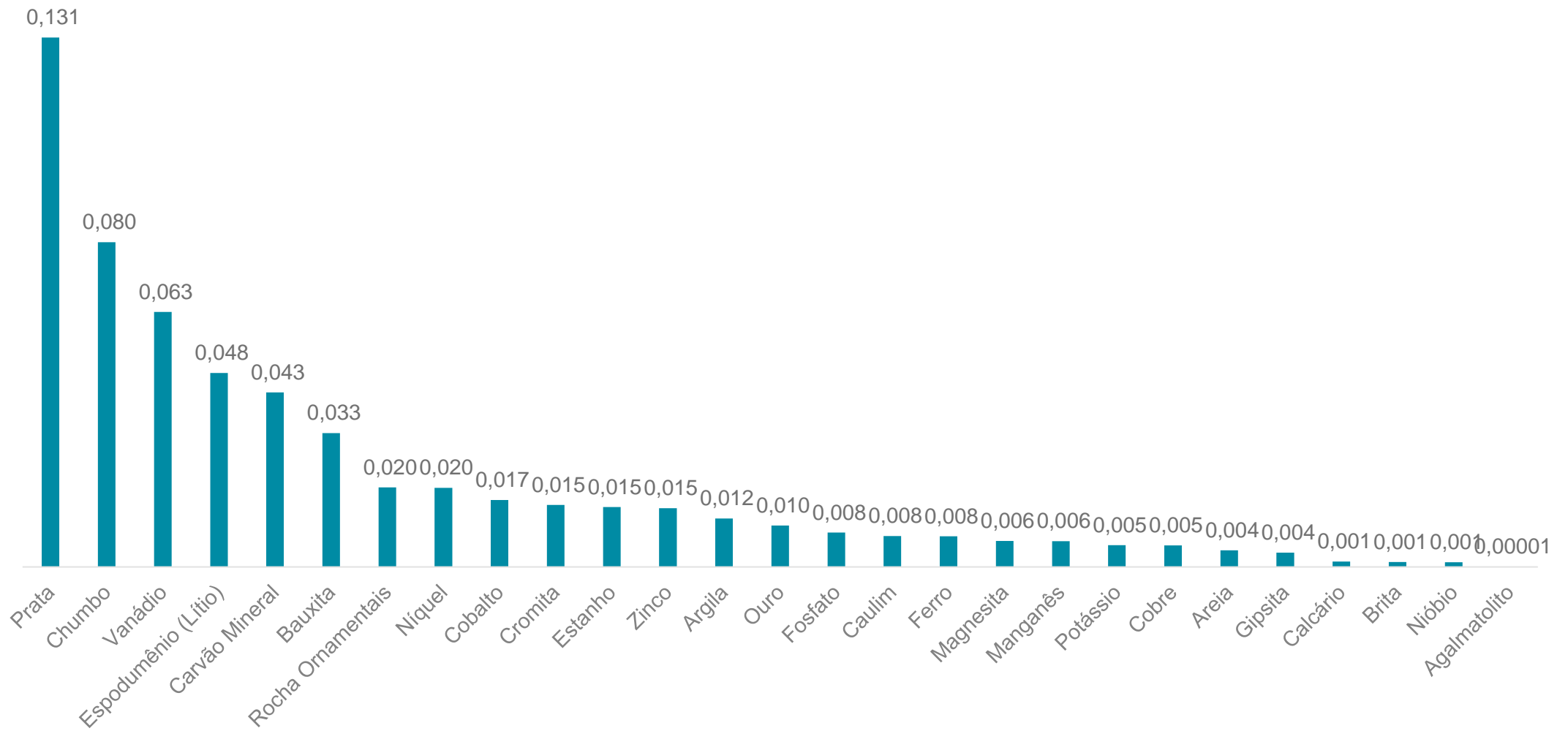


Figura 5: Intensidade de emissões dos Escopos 1+2 por tonelada de minério para cada tipologia

As emissões indiretas do Escopo 3 foram estimadas pela primeira vez, e tem sua consolidação realizada com base em emissões reportadas pelos participantes e por meio de estimativas de cálculo de mercado. Importante identificar que são um recorte limitado deste Escopo e, portanto, que não deve ser comparado com os demais por meio de avaliações de representatividade.

As emissões de processamento do produto (categoria 10 do Escopo 3) totalizaram 762.252.033 tCO₂e. Nessas emissões foram consideradas também as emissões da categoria 11 (uso do produto) para o carvão mineral, dado que essa é a categoria mais representativa desse bem mineral, em detrimento do processamento do produto.

Com os dados das tipologias reportadas por premissas e aquelas reportadas pelas mineradoras, é possível realizar um gráfico de indicadores de emissão (Figura 6):

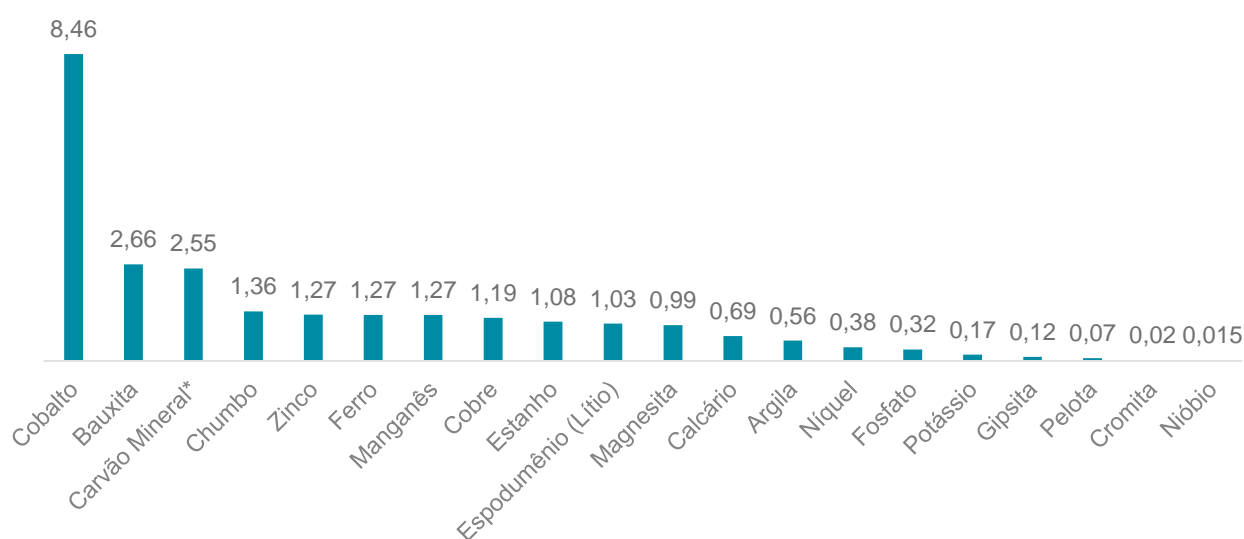


Figura 6: Intensidade de emissões de processamento de produto (Categoria 10 do Escopo 3) para cada tipologia considerada

* Para o Carvão, as emissões de queima do produto (categoria 11) foram calculadas

4.2 Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com dados das empresas mineradoras

4.2.1 Agalmatolito

O agalmatolito, constituído principalmente por pirofilita e moscovita, dois filossilicatos de alumínio, é utilizado como carga na indústria de tinta, bem como cerâmica, refratário, plástico, papel, celulose, entre outros (CETEM, 2008). Foi considerado pela primeira vez no inventário setorial da mineração, dessa forma, não há dados comparativos para essa tipologia. A Tabela 6 apresenta as emissões dos Escopo 1 e 2 referentes a produção de agalmatolito.

Tabela 6: Escopo 1 e 2 – Agalmatolito.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	111,00	100,0%	99,5%
Combustão estacionária	-	0,0%	0,0%
Combustão móvel	111,00	100,0%	99,5%
Fugitivas	-	0,0%	0,0%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0,0%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0,0%	0,0%
Escopo 2	0,56	100,0%	0,5%
Energia - Localização	0,56	100,0%	0,5%
Total (Escopos 1+2)	19.144,55	404.989,21	100,0%

A análise dos dados provenientes do inventário reportado neste relatório para a tipologia, permite notar que 99,5% das emissões são oriundas da combustão móvel, e que 0,5% têm sua origem no consumo de energia elétrica.

Por fim, em relação a produção, os dados reportados foram 8.140,61 toneladas. Uma vez que ANM não incluiu essa tipologia nos últimos reportes, não foi possível identificar se os dados aqui contabilizados representam a produção nacional do bem mineral e, portanto, não foi possível realizar extrapolação dos dados. A Figura 7 apresenta os indicadores em tCO₂e por tonelada produzida.

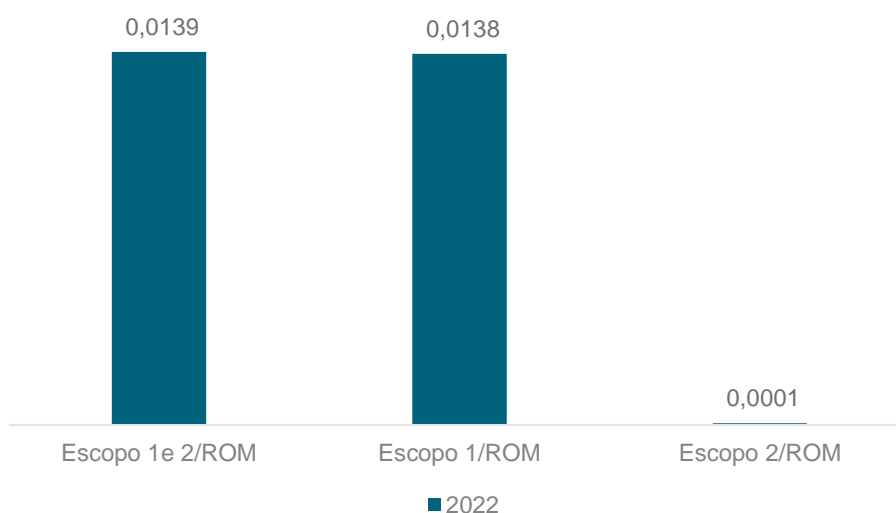


Figura 7: Indicadores – Agalmatolito (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.2 Areia

As emissões da areia foram consideradas pela segunda vez em um inventário da mineração. Anteriormente as emissões dessa foram contabilizadas por meio de dados secundários, já para 2022 foram utilizados dados primários das mineradoras participantes, aumentando a precisão das informações. As emissões do Escopo 1 e 2 totalizaram 349.893.74 e 55.09547 tCO₂e respectivamente.

A Tabela 7 apresenta os resultados encontrados, bem como a extrapolação com base em dados da ANM, que considerou as emissões diretas por meio do indicador tCO₂e reportadas/ t ROM, para chegar ao total de emissões referentes ao total nacional da movimentação da areia no ano de 2022.

Tabela 7: Escopo 1 e 2 – Areia.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	349.839,74	100,0%	86,4%
Combustão estacionária	227.745,62	65,1%	56,2%
Combustão móvel	122.148,12	34,9%	30,2%
Fugitivas	-	0,0%	0,0%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0,0%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0,0%	0,0%
Escopo 2	55.095,47	100,0%	13,6%
Energia - Localização	55.095,47	100,0%	13,6%
Total (Escopos 1+2)	404.989,21	100,0%	100,0%

O Escopo 1 representa 86,4% do total de emissões diretas, e, neste, destacam-se a combustão estacionária e móvel (65% e 35% do escopo 1, respectivamente). O Escopo 2, representou 13,6% das emissões.

Os indicadores de emissão podem ser vistos na Figura 8.

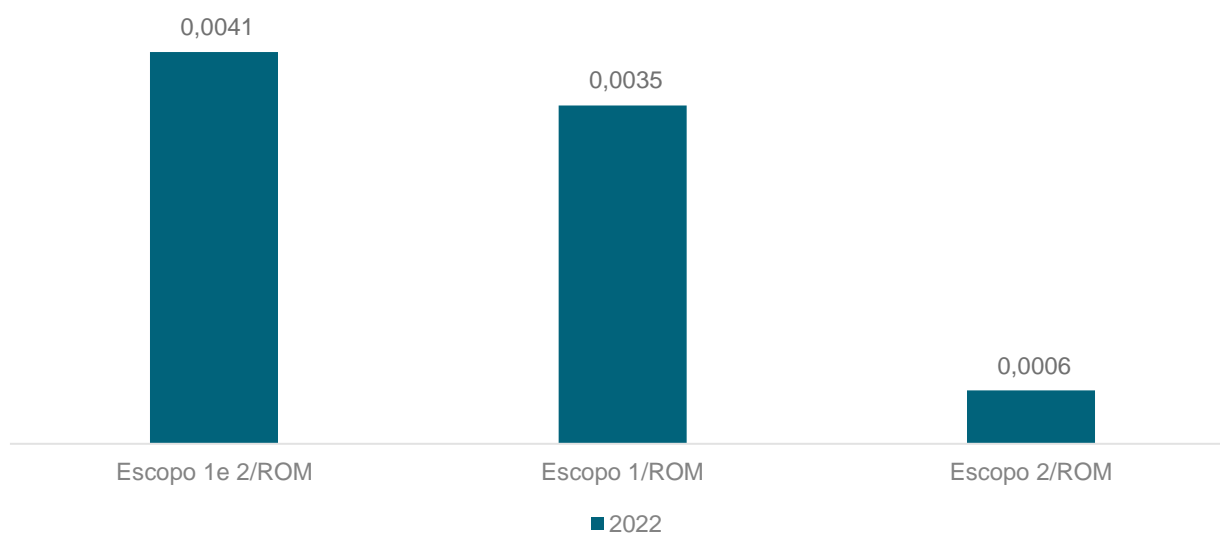


Figura 8: Indicadores - areia (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.3 Argila

Pela primeira vez, as emissões da produção de Argila foram consideradas no inventário setorial de mineração. A Tabela 8 traz as emissões do Escopo 1 e 2 (abordagem de localização) desta tipologia referentes à 100% da movimentação da argila no ano de 2022.

Tabela 8: Escopo 1 e 2 – Argila.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	514.652,79	100,0%	92,5%
Combustão estacionária	-	0,0%	0,0%
Combustão móvel	514.652,79	100,0%	92,5%
Fugitivas	-	0,0%	0,0%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0,0%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0,0%	0,0%
Escopo 2	41.627,66	100,0%	7,5%
Energia - Localização	41.627,66	100,0%	7,5%
Total (Escopos 1+2)	556.280,45	100,0%	100,0%

O Escopo 1 representa 92,5% das emissões diretas. Este que é formado em sua totalidade pela categoria de combustão móvel. Já a abordagem utilizada pela argila para o Escopo 2 foi a de localização, e as emissões corresponderam à 7,5%.

No que diz respeito à produção, o valor contabilizado foi de 53.414,06 toneladas. A Figura 9 apresenta os indicadores em tCO₂e por tonelada produzida.

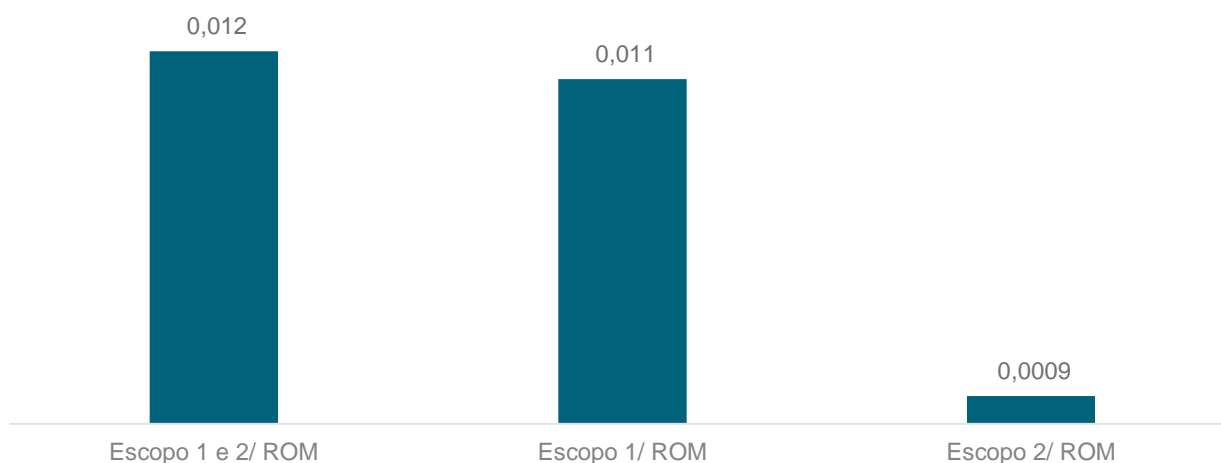


Figura 9: Indicadores – argila (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.4 Bauxita

Para esse Inventário, o reporte da bauxita foi realizado via a Associação Brasileira de Alumínio (Abal). Para essa tipologia considerou o Escopo 2 pela abordagem de localização, por ter sido o único dado reportado. A Tabela 9 apresenta os resultados referentes ao total da movimentação nacional no ano de 2022.

Tabela 9: Escopo 1 e 2 – Bauxita.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	1.448.909,05	100,0%	98,8%
Combustão estacionária	532.782,44	36,8%	36,3%
Combustão móvel	239.787,85	16,5%	16,4%
Fugitivas	3.091,23	0,2%	0,2%
Mudança do uso do solo	666.359,14	46,0%	45,5%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	6.888,39	0,5%	0,5%
Escopo 2	16.976,33	100,0%	1,2%
Energia - Localização	16.976,33	100,0%	1,2%
Total (Escopos 1+2)	1.465.885,38	100,0%	100,0%

Para essa tipologia, nota-se a predominância do Escopo 1, que representa quase 99% do total de emissões diretas, com destaque para as categorias de mudança do uso do solo (45% do total), que não havia sido reportada nos inventários anteriores, e combustão estacionária (36% do total). O Escopo 2 representou 1,2% das emissões.

Em relação à produção, o total de bauxita produzida, segundo dados da ANM, foi de 44.273.311,47 toneladas. Os indicadores de emissão podem ser vistos na Figura 10.

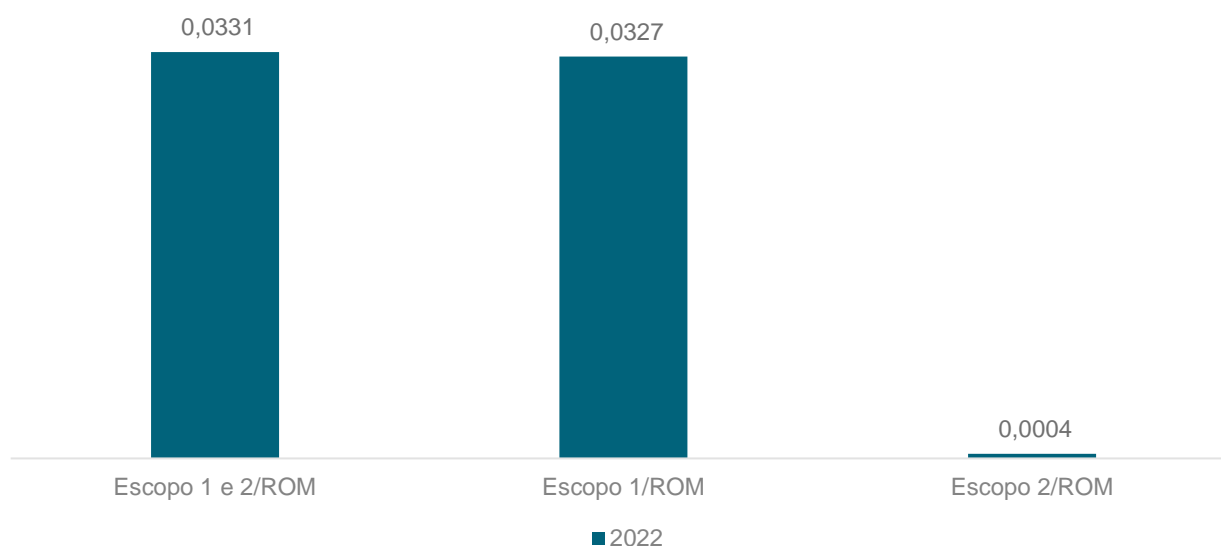


Figura 10: Indicadores – bauxita (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.5 Calcário

Não tendo sido contabilizadas nos inventários anteriores, as emissões da produção de calcário coletadas neste trabalho totalizaram 239.931,89 tCO₂e. A Tabela 10 apresenta as emissões dos Escopo 1 e 2 referentes ao total da movimentação nacional no ano de 2022.

Tabela 10: Escopo 1 e 2 – Calcário.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	224.804,25	100,0%	93,7%
Combustão estacionária	6.397,52	2,8%	2,7%
Combustão móvel	218.406,73	97,2%	91,0%
Fugitivas	-	0,0%	0,0%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0,0%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0,0%	0,0%
Escopo 2	15.127,65	100,0%	6,3%
Energia - Localização	15.127,65	100,0%	6,3%
Total (Escopos 1+2)	239.931,89	100,0%	100,0%

Os resultados permitem observar que 94% das emissões estão relacionadas ao Escopo 1 e 6% ao Escopo 2, sendo que 91% são oriundas da combustão móvel e outros 2,5% de combustão estacionária.

No que se refere à produção, foi divulgado pela ANM o total de 179.147.725,53 toneladas de ROM produzidas em 2022. A Figura 11 apresenta os resultados de indicadores.

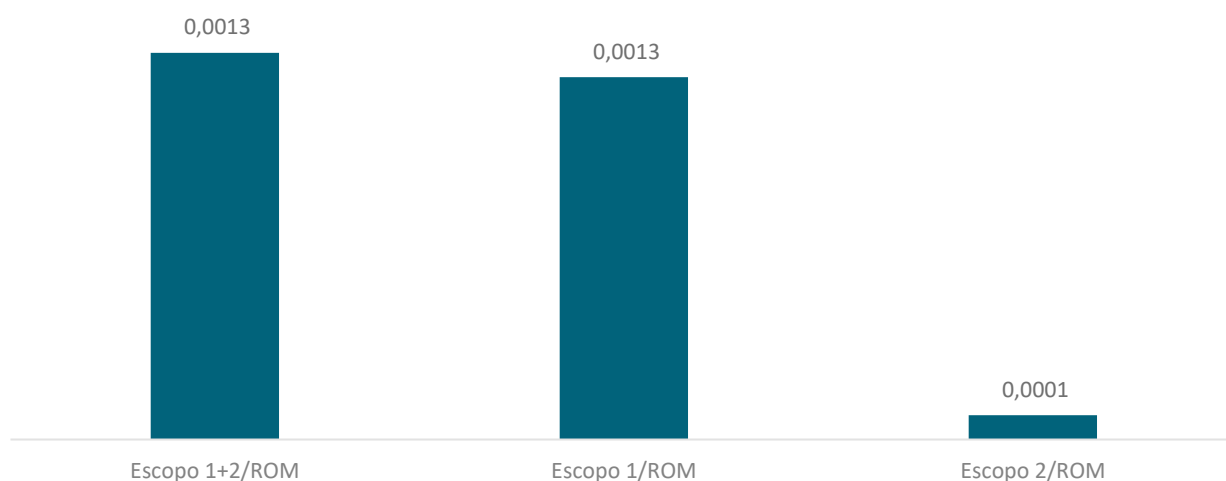


Figura 11: Indicadores – calcário (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.6 Carvão Mineral

Em 2022, as emissões reportadas para os Escopos 1 e 2 (abordagem de localização) totalizaram 430.514,45 e 3.604,39 tCO₂e, respectivamente. A Tabela 11 apresenta os resultados referentes ao total da movimentação nacional do carvão mineral no ano de 2022.

Tabela 11: Escopo 1 e 2 – Carvão Mineral

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	430.514,45	100,0%	99,4%
Combustão estacionária	443,54	0,0%	0,0%
Combustão móvel	11.597,95	1,1%	1,1%
Fugitivas	418.455,25	98,8%	98,3%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0,0%
Processos industriais	-	0,0%	0,0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	17,71	0,002%	0,002%
Escopo 2	3.604,39	100,0%	0,3%
Energia - Localização	3.604,39	100,0%	0,3%
Total (Escopos 1+2)	434.118,83	-	100,0%

É possível notar que 99% das emissões do Escopo 1 são relacionadas às emissões fugitivas. Isso aconteceu pois foram reportadas emissões de metano do “*seam gas*”, que é um gás rico em metano que é emitido das minas profundas.

Em relação a produção, foi de 10.052.628,70 toneladas em 2022, segundo dados da ANM. Os indicadores de emissão podem ser vistos na Figura 12.

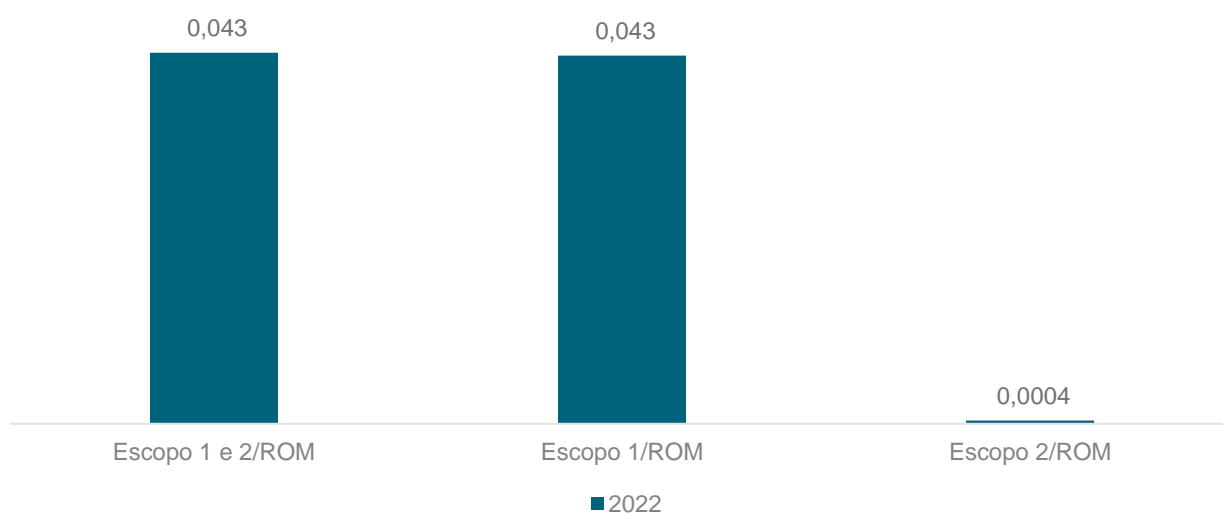


Figura 12: Indicadores – Carvão Mineral (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.7 Cobre

Pela terceira vez, as emissões do Cobre foram consideradas em um inventário setorial da mineração. É possível observar que o Escopo 1 é responsável pela maior parte das emissões dessa tipologia, 92%, enquanto o Escopo 2 representou 8%. A Tabela 12 apresenta as emissões segregadas por categoria, referentes ao total nacional em 2022.

Tabela 12: Escopo 1 e 2 - Cobre

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	416.321,74	100%	92%
Combustão estacionária	585,62	0%	0%
Combustão móvel	404.982,98	97%	90%
Fugitivas	2.816,13	1%	1%
Mudança do uso do solo	-	0%	0%
Processos industriais	7.937,01	2%	2%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0%	0%
Escopo 2	34.309,64	100%	8%
Energia - Localização	34.309,64	100%	8%
Total (Escopos 1+2)	450.631,38	-	100%

Por fim, a análise dos indicadores de emissão estão na Figura 13.

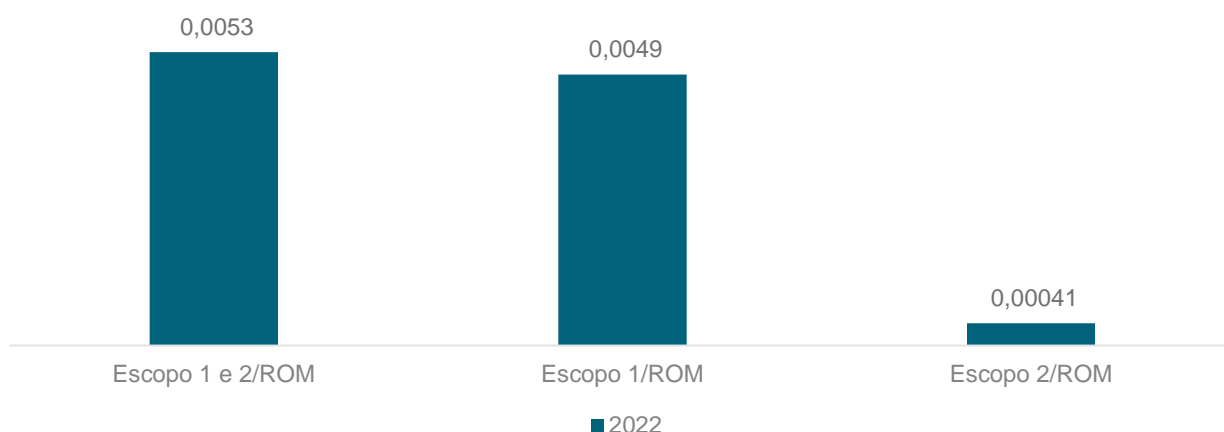


Figura 13: Comparação dos indicadores de emissão - Cobre (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.8 Cromita

A cromita está sendo considerada pela primeira vez no inventário setorial da mineração. A Tabela 13 apresenta os resultados de emissões referentes à totalidade da movimentação nacional de cromita no ano de 2022.

Tabela 13: Escopo 1 e 2 – Cromita.

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio Escopo	Representatividade no total
Escopo 1	20.111,42	100%	92%
Combustão estacionária	-	0%	0%
Combustão móvel	20.111,42	100%	92%
Fugitivas	-	0%	0%
Mudança do uso do solo	-	0%	0%
Processos industriais	-	0%	0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0%	0%
Escopo 2	1.776,52	100%	8%
Energia - Localização	1.776,52	100%	8%
Total (Escopos 1+2)	21.887,94	-	100%

As emissões diretas, do Escopo 1, da cromita são compostas exclusivamente pela categoria de combustão móvel. Em relação à produção, foi utilizada a produção nacional de Cromo, o que é viável, uma vez que segundo o CETEM (2005), a cromita é o único mineral de cromo economicamente aproveitável. Ademais, na base da ANM consta somente dados para o cromo. Com base nos dados, foram definidos indicadores de emissão para os escopos 1 e 2 de acordo com a produção ROM, que podem ser vistos na Figura 14.

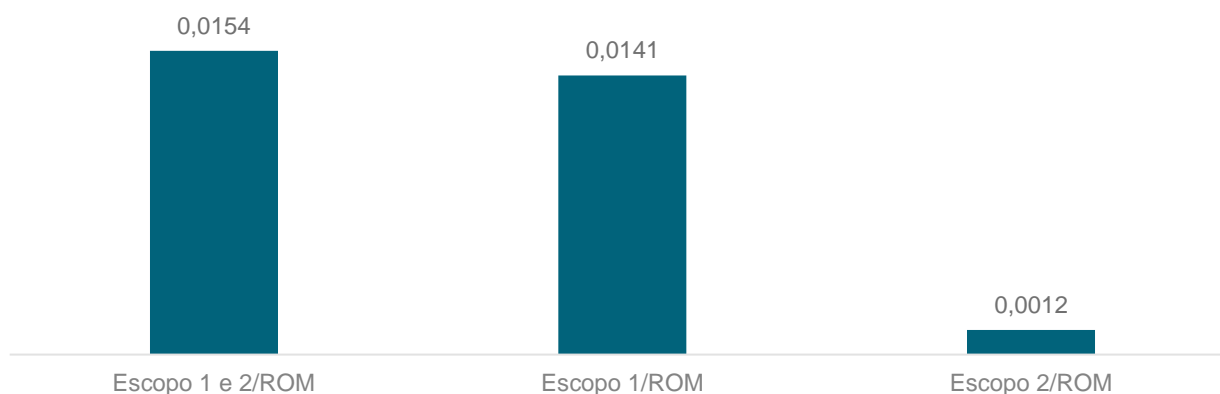


Figura 14: Indicadores – Cromita (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.9 Espodumênio (Lítio)

O espodumênio está sendo considerado pela primeira vez no inventário setorial da mineração. A Tabela 14 apresenta os resultados de emissões referentes à totalidade da movimentação nacional do espodumênio no ano de 2022.

Tabela 14: Escopo 1 e 2 - Espodumênio

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	41.841,16	100%	96%
Combustão estacionária	3.938,86	9%	9%

Combustão móvel	37.902,30	91%	87%
Fugitivas	-	0%	0%
Mudança do uso do solo	-	0%	0%
Processos industriais	-	0%	0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0%	0%
Escopo 2	1.733,92	100%	4%
Energia – Localização	1.733,92	100%	4%
Total (Escopos 1+2)	43.575,08	-	100%

As emissões de Escopo 1 dessa tipologia advêm das categorias de combustão móvel (91%) e estacionária (9%). O Escopo 2 por sua vez, representa 4% das emissões. Em relação a produção, os dados reportados foram 703.787,17 toneladas, o que corresponde a 77,5% da produção nacional. Com base nos dados reportados, foram definidos indicadores de emissão para os escopos 1 e 2 de acordo com a produção ROM, que podem ser vistos na Figura 15.

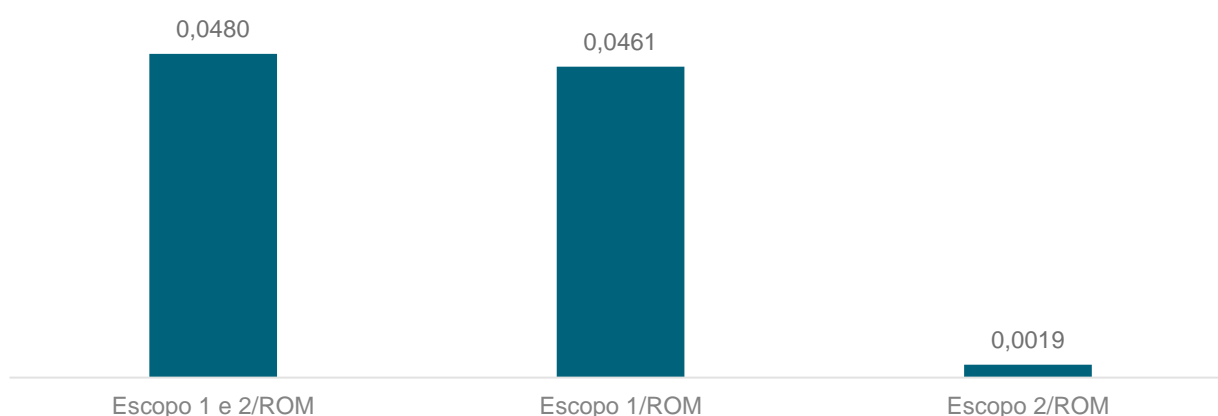


Figura 15 Indicadores – Espodumênio (Lítio) (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.10 Estanho

O estanho está sendo considerado pela primeira vez no inventário setorial da mineração. A Tabela 15 apresenta os resultados de emissões referentes ao total da movimentação nacional do estanho no ano de 2022.

Tabela 15: Escopo 1 e 2 - Estanho

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	262.969,62	100%	100%
Combustão estacionária	43.468,26	17%	17%
Combustão móvel	54.628,56	21%	21%
Fugitivas	1,16	0%	0%
Mudança do uso do solo	154.054,03	59%	59%
Processos industriais	8.932,15	3%	3%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	1.885,45	1%	1%
Escopo 2	-	0%	0%
Energia - Localização	-	0%	0%
Total (Escopos 1+2)	262.969,62	-	100%

Em relação ao Escopo 1, todas as categorias tiveram suas emissões contabilizadas, sendo, destas, mudança de uso do solo, combustão móvel e estacionária as de maior representatividade. Juntas essas categorias representam 96% no Escopo 1. Não foram reportadas emissões para o escopo 2.

Com base nos dados de emissões e a produção nacional da ANM, foi calculado o indicador de emissão que é 0,012 tCO₂e/toneladas de ROM.

4.2.11 Ferro

O ferro tem suas emissões contabilizadas desde a elaboração do Inventário de 2008. Em 2022, as emissões reportadas do ferro totalizaram 4.186.047,89 tCO₂e, considerando a abordagem de localização para o Escopo 2. A Tabela 16 apresenta os resultados de emissões referentes à totalidade da movimentação nacional de ferro no ano de 2022.

Tabela 16: Escopo 1 e 2 – Ferro.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	3.893.325,31	100,0%	93,0%
Combustão estacionária	60.718,51	1,6%	1,5%
Combustão móvel	3.442.393,13	88,4%	82,2%
Fugitivas	18.389,79	0,5%	0,4%
Mudança do uso do solo	366.600,71	9,4%	8,8%
Processos industriais	330,36	0,009%	0,008%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	4.892,82	0,1%	0,1%
Escopo 2	292.722,57	100,0%	7,0%
Energia - Localização	292.722,57	100,0%	7,0%
Total (Escopos 1+2)	4.186.047,89	-	100%

Nota-se que os principais pontos de atenção é a combustão móvel, oriunda do consumo de combustíveis para a movimentação de máquinas, seguido pela mudança de uso do solo, que

representam atualmente 9% do total de emissões. O Escopo 2 representa 7% do total de emissões. Os cálculos de intensidade de emissões por produção estão apresentados na Figura 16.

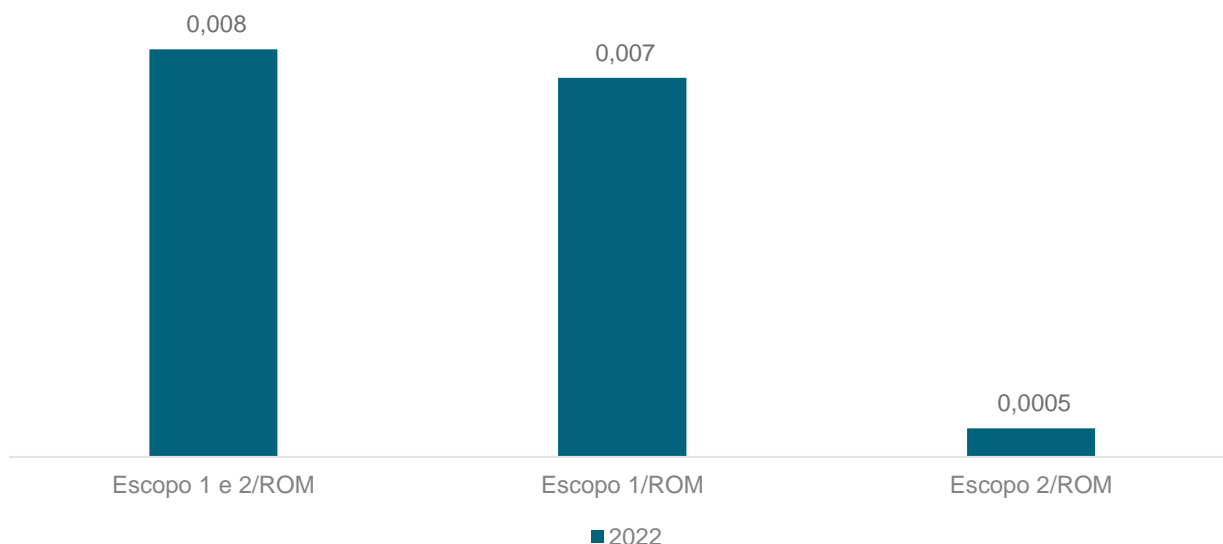


Figura 16: Indicadores - ferro (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.12 Fosfato

Em 2022, as emissões reportadas para os Escopos 1 e 2 (abordagem de localização) totalizaram 323.480,23 tCO₂e. A Tabela 17 apresenta os resultados de emissões referentes ao total da movimentação nacional do fosfato no ano de 2022.

Tabela 17: Escopo 1 e 2 – Fosfato.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	285.168,35	100,0%	88,2%
Combustão estacionária	11.654,22	4,1%	3,6%
Combustão móvel	197.462,28	69,2%	61,0%
Fugitivas	1.483,92	0,5%	0,5%
Mudança do uso do solo	73.342,55	25,7%	22,7%
Processos industriais	184,19	0,1%	0,1%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	1.041,18	0,4%	0,3%
Escopo 2	38.311,88	100,0%	11,8%
Energia - Localização	38.311,88	100,0%	11,8%
Total (Escopos 1+2)	323.480,23	-	100,0%

Por fim, a análise dos indicadores de emissão estão na Figura 17

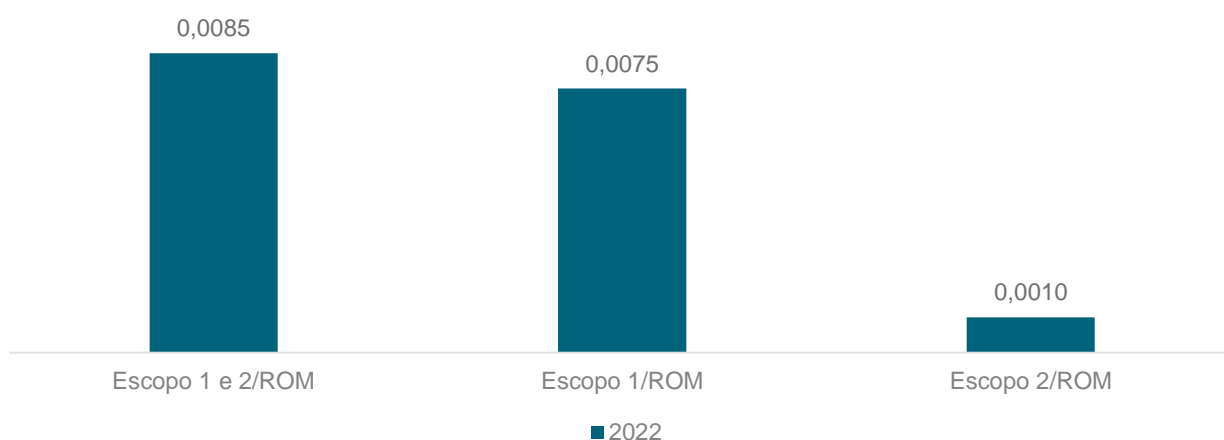


Figura 17: Indicadores – fosfato (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.13 Magnesita

A tipologia magnesita está sendo considerada pela primeira vez no inventário setorial da mineração. Em 2022, as emissões reportadas para os Escopos 1 e 2 (abordagem de localização) totalizaram 61.638,32 tCO₂e. A Tabela 18 apresenta os resultados de emissões referentes à totalidade da movimentação de magnesita no ano de 2022. É importante pontuar que a extrapolação da magnesita foi realizada com base nos dados de “dolomito e magnesita” da ANM. Para essa tipologia, foram reportadas apenas emissões de combustão móvel.

Tabela 18: Escopo 1 e 2 - Magnesita

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	61.436,47	100%	100%
Combustão estacionária	-	0%	0%
Combustão móvel	61.436,47	100%	99,7%
Fugitivas	-	0%	0%
Mudança do uso do solo	-	0,0%	0%
Processos industriais	-	0,0%	0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0,0%	0%
Escopo 2	201,86	100%	0%
Energia - Localização	201,86	100%	0,3%
Total (Escopos 1+2)	61.638,32	-	100%

Com base nos dados, foram definidos indicadores de emissão para os escopos 1 e 2 de acordo com a produção ROM, que podem ser vistos na Figura 18.

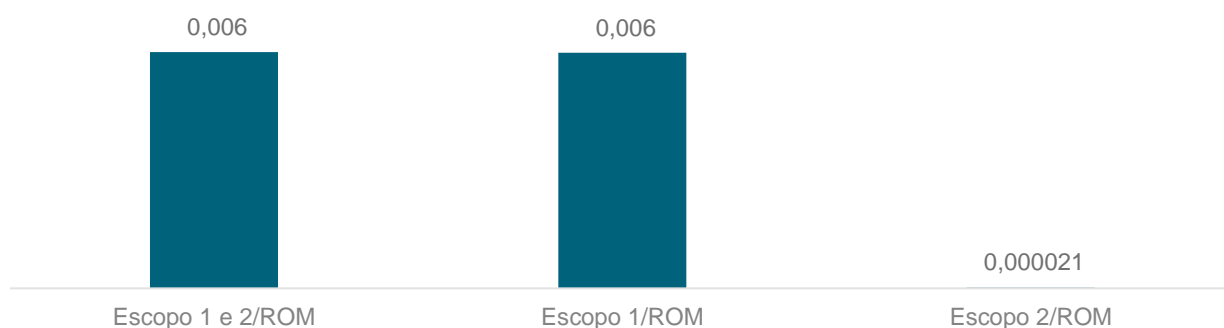


Figura 18: Indicadores – magnesita (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.14 Nióbio

Em 2022, as emissões reportadas para os Escopos 1 e 2 (abordagem de localização) totalizaram 19.529,86 tCO₂e. A Tabela 19 apresenta os resultados de emissões referentes à 100% da movimentação do nióbio no ano de 2022.

Tabela 19: Escopo 1 e 2 - Nióbio

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	11.557,43	100,0%	59,2%
Combustão estacionária	107,45	0,9%	0,6%
Combustão móvel	11.448,15	99,1%	58,6%
Fugitivas	1,83	0,02%	0,01%
Mudança do uso do solo	-	-	-
Processos industriais	-	-	-
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	-	-
Escopo 2	7.972,43	100,0%	40,8%
Energia - Localização	7.972,43	100,0%	40,8%
Total (Escopos 1+2)	19.529,86	-	100,0%

Os indicadores de emissão estão na Figura 19.

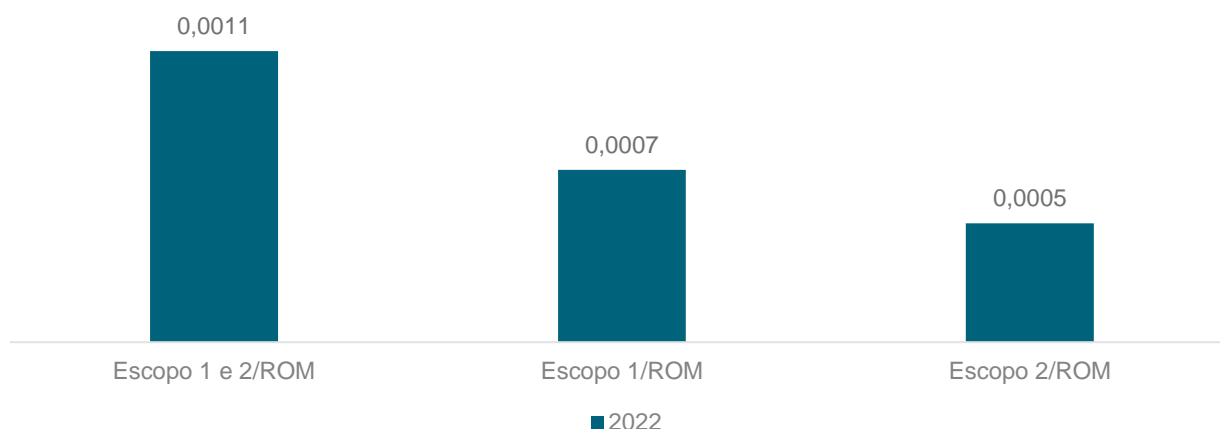


Figura 19: Indicadores – Nióbio (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.15 Níquel

Em 2022, as emissões reportadas para os Escopos 1 e 2 (abordagem de localização) totalizaram 242.658,43 tCO₂e. A Tabela 20 apresenta os resultados de emissões referentes à totalidade da movimentação do níquel no ano de 2022.

Tabela 20: Escopo 1 e 2 - Níquel

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	242.658,43	100%	100%
Combustão estacionária	56.156,69	23%	23%
Combustão móvel	30.405,37	13%	13%
Fugitivas	1,06	0%	0%
Mudança do uso do solo	155.944,61	64,3%	64%
Processos industriais	-	-	-
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	150,71	0,1%	0%
Escopo 2	1,32	100%	0%
Energia - Localização	1,32	100%	0%
Total (Escopos 1+2)	242.659,75	-	100%

É possível notar que 64% das emissões do Escopo 1 são relacionadas à mudança do uso do solo. Isso aconteceu, pois, uma das mineradoras que reportou dados tinha a licença apenas para a realização do decapeamento, que é a movimentação da camada superficial do solo, o que acarretou grandes emissões nessa categoria.

Os indicadores de emissão estão na Figura 20.

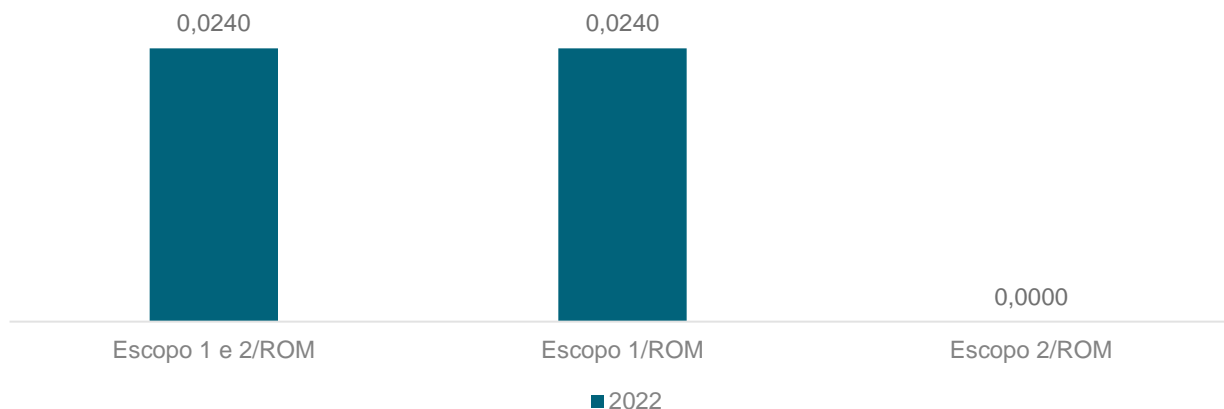


Figura 20: Indicadores – Níquel (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.16 Ouro

Em 2022, as emissões do Ouro totalizaram 2.412.104,63 tCO₂e, considerando a abordagem de localização para o Escopo 2. A Tabela 21 apresenta os resultados de emissões referentes à 100% da movimentação de ouro no ano de 2022.

Tabela 21: Escopo 1 e 2 – Ouro.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	2.277.692,22	100%	94%
Combustão estacionária	130.627,26	6%	5%
Combustão móvel	1.502.616,99	66%	62%
Fugitivas	1,39	0%	0%
Mudança do uso do solo	367.686,00	16,1%	15%
Processos industriais	272.940,79	12,0%	11%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	3.819,79	0,2%	0%
Escopo 2	134.412,41	100%	6%
Energia - Localização	134.412,41	100%	6%
Total (Escopos 1+2)	2.412.104,63	-	100%

Assim como para o Ferro, as categorias de emissão mais representativas para o Ouro são combustão móvel (62% do total de emissões) e mudança do uso do solo (15%). A categoria de processos industriais possui representatividade de 11%. Essas emissões são aquelas que não são oriundas de combustão, e podem estar associadas ao uso de produtos químicos e processos de redução, por exemplo.

Os indicadores de emissão por produção estão na Figura 21.

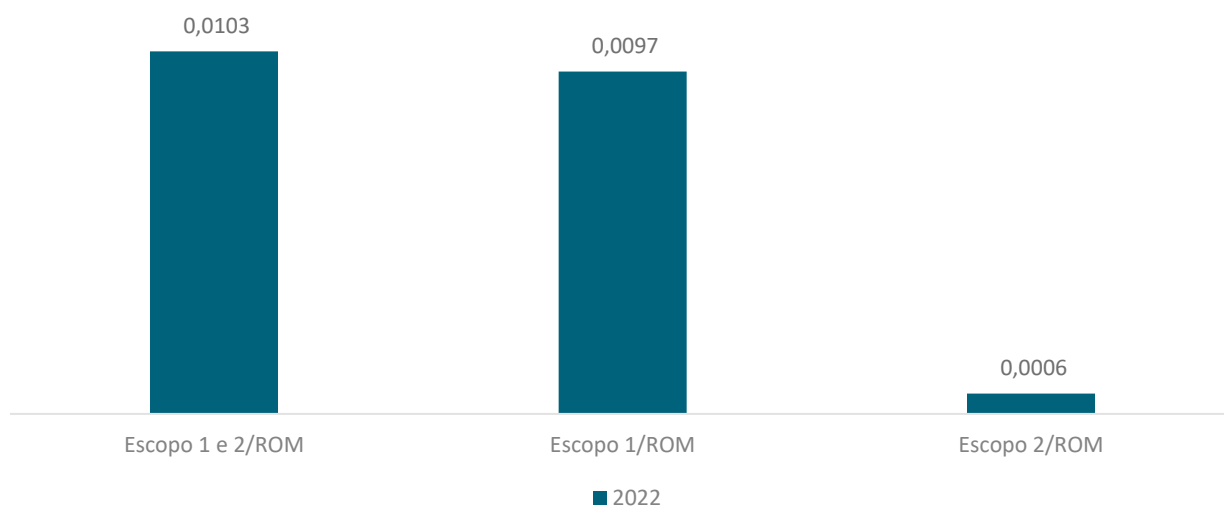


Figura 21: Indicadores – Ouro (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.17 Potássio

As emissões do potássio são contabilizadas desde a elaboração do primeiro inventário realizado em 2008. A Tabela 22 apresenta os resultados de emissões referentes à 100% da movimentação de potássio no ano de 2022.

Tabela 22: Escopo 1 e 2 – Potássio.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	3.926,32	100%	28%
Combustão estacionária	84,38	2%	1%
Combustão móvel	3.841,94	98%	27%
Fugitivas	-	-	-
Mudança do uso do solo	-	-	-
Processos industriais	-	-	-
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	-	-
Escopo 2	10.112,16	100%	72%
Energia - Localização	10.112,16	100%	72%
Total (Escopos 1+2)	14.038,48	100%	%

O uso de energia elétrica se mostrou relevante para essa tipologia, representando 72% do total de emissões dos Escopos 1 e 2. A aquisição de energia elétrica já tinha sido apontada como importante para o potássio em inventários anteriores do setor mineral.

Os indicadores de emissão estão na Figura 2222.

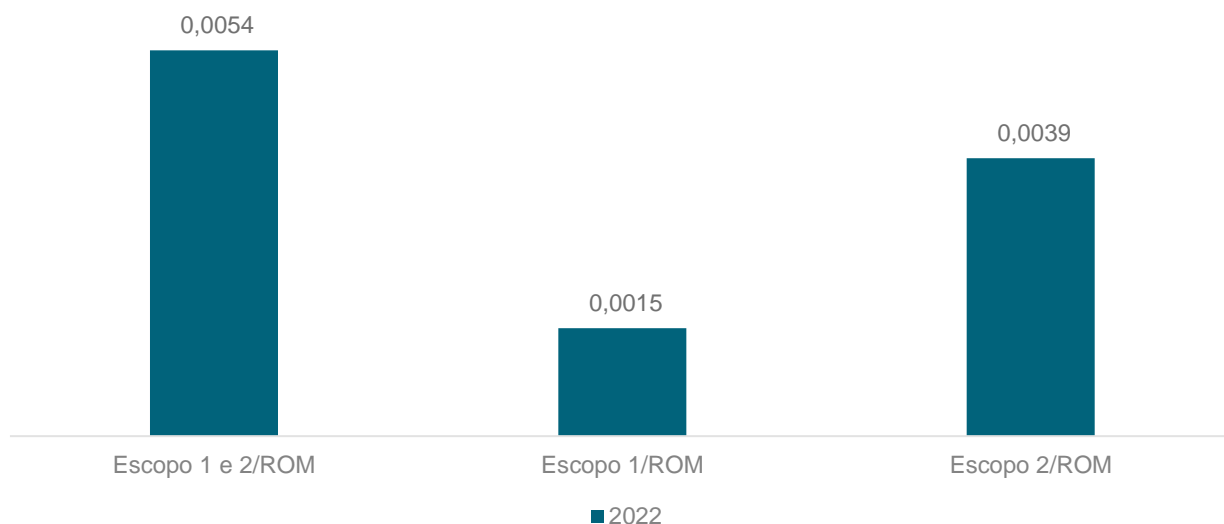


Figura 22: Indicadores – Potássio (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.18 Vanádio

O vanádio teve suas emissões contabilizadas pela primeira vez em um inventário da mineração. Os dados coletados corresponderam à totalidade da produção nacional, segundo reporte da ANM. Desta forma, para essa tipologia não houve a extrapolação dos dados. Em 2022, as emissões totalizaram 85.810,23 tCO₂e, considerando a abordagem de localização para o Escopo 2 (Tabela 23).

Tabela 23: Escopo 1 e 2 – Vanádio.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	82.979,95	100%	97%
Combustão estacionária	51.444,01	62%	60%
Combustão móvel	17.039,70	21%	20%
Fugitivas	96,94	0%	0%
Mudança do uso do solo	-	-	-
Processos industriais	14.366,79	17,3%	17%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	32,52	0,0%	0%
Escopo 2	2.830,28	100%	3%
Energia - Localização	2.830,28	100%	3%
Total (Escopos 1+2)	85.810,23	-	100%

Ao analisar os resultados, é possível observar que 83% das emissões no Escopo 1 advêm dos processos de combustão, principalmente a estacionária, que representa 62% das emissões diretas desta tipologia. O Escopo 2, por sua vez, totalizou 2.830,28 tCO₂E, representando 3% do total.

Com base nos dados de produção e emissões, os indicadores de emissão foram calculados e estão demonstrados na Figura 23.

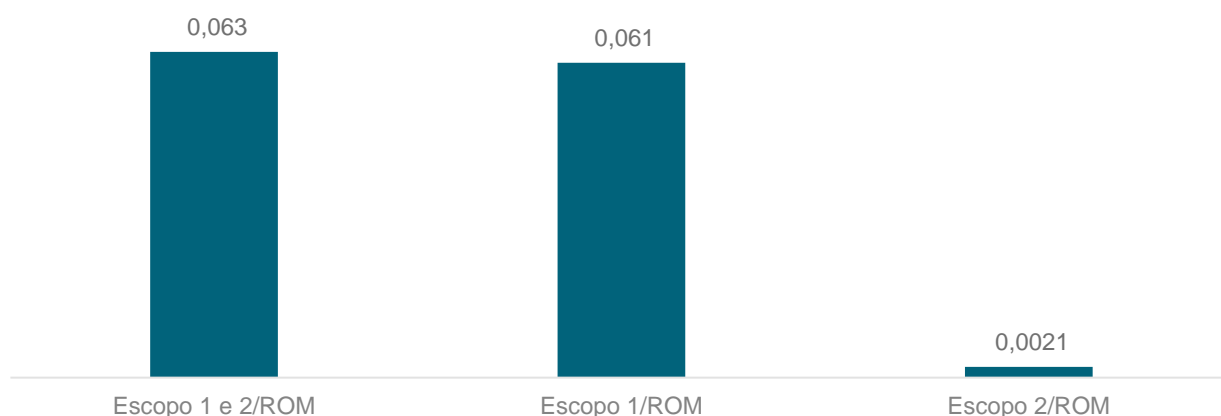


Figura 23: Indicadores – Vanádio (tCO₂e/tonelada de minério).

4.2.19 Zinco

Em 2022, as emissões reportadas totalizaram 43.131,30 tCO₂e, considerando a abordagem de localização para o Escopo 2. A Tabela 24 apresenta os resultados emissões referentes à 100% da movimentação de zinco no ano de 2022.

Tabela 24: Escopo 1 e 2 – Zinco.

Escopo	Resultado tCO ₂ e	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	24.385,01	100,0%	56,5%
Combustão estacionária	338,09	1,4%	0,8%
Combustão móvel	22.623,17	92,8%	52,5%
Fugitivas	1.000,91	4,1%	2,3%
Mudança do uso do solo	12,06	0,05%	0,03%
Processos industriais	325,55	1,3%	0,8%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	85,23	0,3%	0,2%
Escopo 2	18.746,29	100,0%	43,5%
Energia - Localização	18.746,29	100,0%	43,5%
Total (Escopos 1+2)	43.131,30	-	100,0%

No Escopo 1, nota-se a predominância da categoria de combustão móvel, que representa 92,8% deste escopo. No entanto, analisando os Escopos 1 e 2 em conjunto, nota-se a alta representatividade da aquisição de energia elétrica no Escopo 2, configurando um ponto de atenção para essa tipologia, com 43,5% do total de emissões.

Os indicadores de emissão por produção estão na Figura 24.

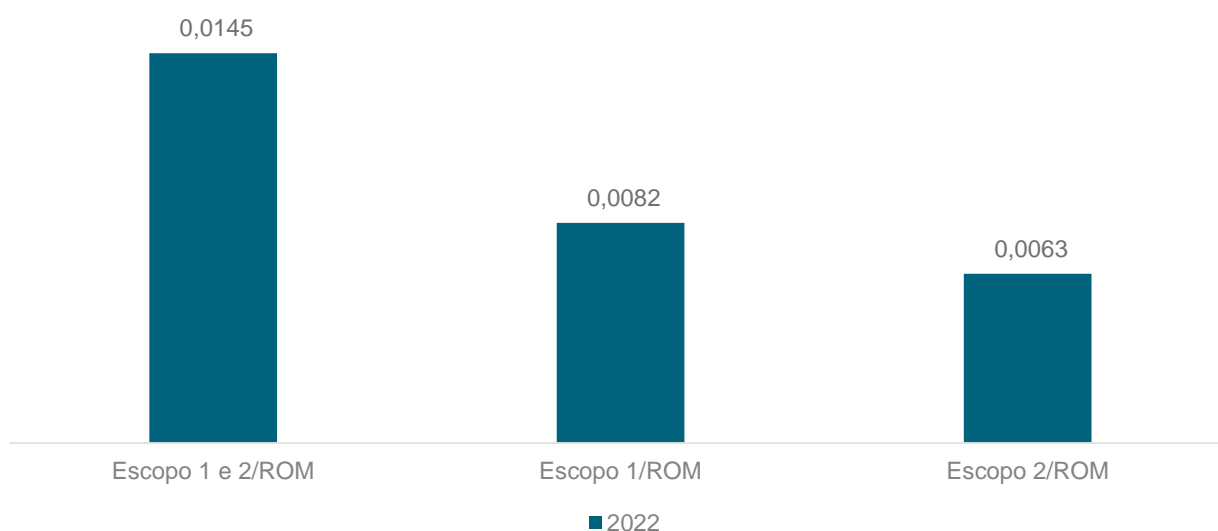


Figura 24: Indicadores – Zinco (tCO₂e/tonelada de minério).

4.3 Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com dados primários

4.3.1 Rochas ornamentais

As rochas ornamentais (mármore, granito e quartzito) tiveram suas emissões contabilizadas pela primeira vez em 2011. Naquela ocasião, as emissões de Escopo 1 foram estimadas utilizando dados de literatura. Neste inventário, foram coletados dados primários de produção, consumo de combustíveis e energia elétrica para calcular as emissões de Escopo 1 e 2 dessa tipologia, que foram posteriormente extrapolados para a produção nacional. O resultado é apresentado na Tabela 25.

Tabela 25: Escopo 1 e 2 - Rochas Ornamentais

Escopo	Resultado (tCO ₂ e)	Representatividade no próprio escopo	Representatividade no total
Escopo 1	92.352,41	100%	13%
Combustão estacionária	67.906,67	74%	71%
Combustão móvel	24.445,74	26%	25%
Fugitivas	-	0%	0%
Mudança do uso do solo	-	0%	0%
Processos industriais	-	0%	0%
Resíduos sólidos e efluentes líquidos	-	0%	0%
Escopo 2	3.752,23	100%	4%
Energia - Localização	3.752,23	100%	4%
Total (Escopos 1+2)	96.104,64	-	100%

Pela primeira vez, foram coletados dados de consumo de energia elétrica desse bem mineral. Os resultados mostraram que o Escopo 2 representou 4% do total de emissões. Os indicadores de emissão dos Escopos 1 e 2, bem como o consumo de diesel, estão na Figura 25

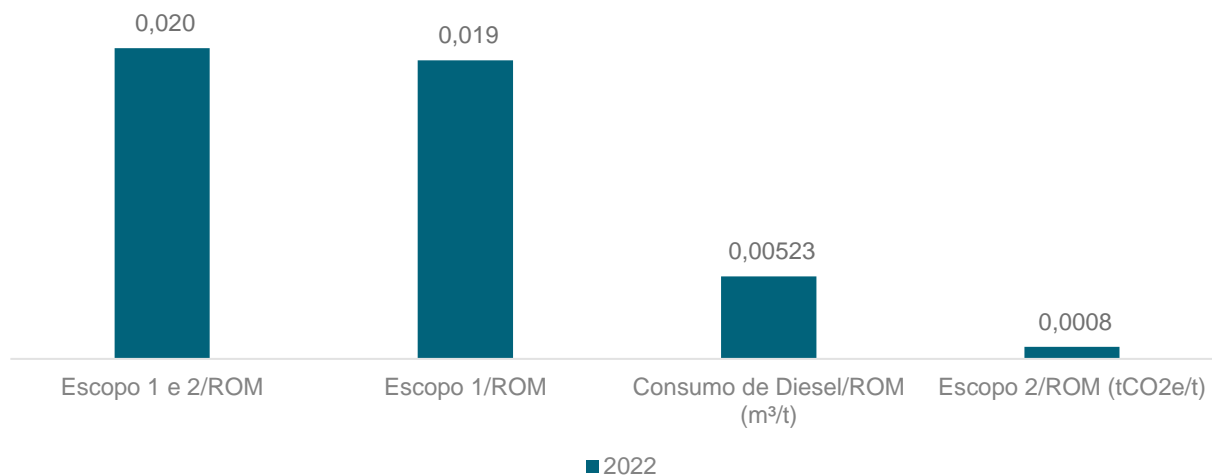


Figura 25: Indicadores - Rochas Ornamentais (tCO₂e/tonelada de minério)

4.4 Resultados das emissões diretas (Escopo 1 e 2) de tipologias calculadas com premissas

4.4.1 Brita

As emissões da brita foram contabilizadas pela primeira vez em 2011. Essa estimativa ocorreu naquele ano por meio de um levantamento de dados por Escopo de emissões de uma mineradora de extração de areia e brita. Os dados vieram agrupados de forma que foi preciso utilizar a movimentação total de cada uma das tipologias, brita e areia, para estimar o total de emissões por tipologia mineral.

Este ano, por sua vez, as emissões dos Escopos 1 e 2 foram estimadas utilizando informações sobre o consumo de combustível e eletricidade do *Ecoinvent*, que é um banco de dados onde é possível se obter a avaliação do ciclo de vida (ACV) de diversos produtos. Os dados se provaram coerentes com a operação padrão, pois é conhecido que combustão de equipamentos, como veículos e máquinas, e o consumo de energia elétrica são fontes de emissões representativas para a atividade. A Tabela 26 apresenta as premissas utilizadas.

Tabela 26: Premissas usadas para estimar as emissões de brita.

Consumo de diesel por kg de ROM (MJ)	Consumo de energia elétrica por kg de ROM (kWh)	Movimentação de ROM (t)
0,0147	0,0027	266.000.000,00

Foram considerados os fatores de emissão (FE) do óleo diesel comercial disponibilizado pelo GHG Protocol e o de eletricidade do GRID disponibilizado pelo MCTI (Tabela 27).

Tabela 27: Fatores de emissão (FE) do Escopo 1 - Brita.

FE diesel (kgCO ₂ e/MJ)	FE eletricidade (2022) (kgCO ₂ e/kWh)
0,074	0,04

De posse das informações, foram calculadas as emissões diretas para brita. O resultado está apresentado na Tabela 28.

Tabela 28: Emissões dos Escopos 1 e 2 - Brita.

Escopo 1 (kgCO ₂ e)	Escopo 2 (kgCO ₂ e)	Total (kgCO ₂ e)
290.565,66	30.771,03	321.336,69

Os indicadores de emissão estão na Figura 26.

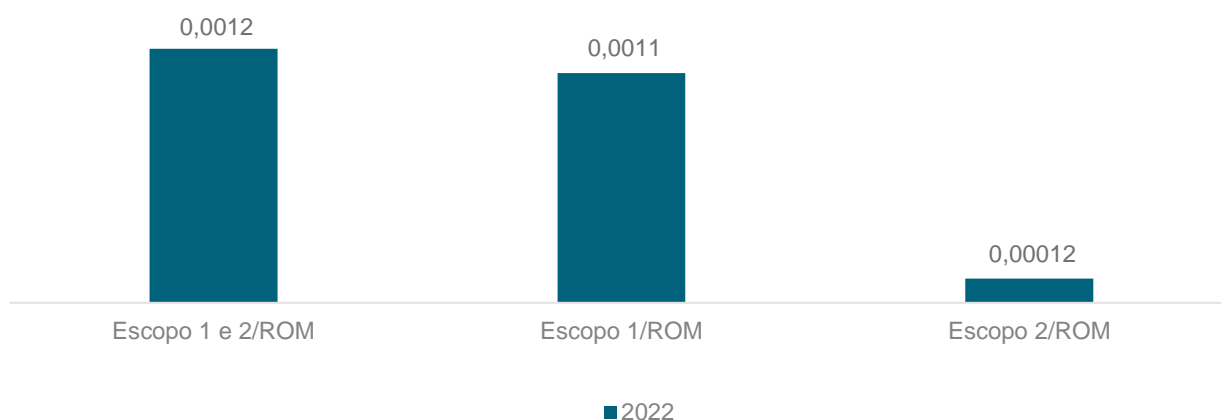


Figura 26: Indicadores -Brita (tCO₂e/tonelada de minério).

4.4.2 Cobalto

As emissões do cobalto foram estimadas pela primeira vez em um inventário setorial da mineração. Não foram obtidos dados de emissões referentes a essa tipologia e, desta forma, as emissões foram

estimadas considerando o consumo de óleo diesel e de energia por tonelada de ROM produzido, utilizando dados disponíveis no *Ecoinvent*. Já os dados de produção vieram de uma grande mineradora. A Tabela 29 apresenta as premissas utilizadas no cálculo.

Tabela 29: Premissas usadas para estimar as emissões de Cobalto.

Consumo de diesel por t de ROM (MJ)	Consumo de energia elétrica por t de ROM (kWh)	Movimentação de t de ROM
12,34	367,00	2.434.000,00

Os fatores de emissão foram obtidos utilizando a ferramenta de cálculo do GHG Protocol, esses estão apresentados na Tabela 30.

Tabela 30: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de cobalto.

FE diesel (kgCO ₂ e/MJ)	FE eletricidade (2022) (kgCO ₂ e/kWh)
0,074	0,04

A análise dos resultados das emissões (Tabela 31) mostrou que 94% das emissões estão alocadas no Escopo 2 e 6% no Escopo 1. As emissões totalizaram 40.281,60 tCO₂e.

Tabela 31: Emissões dos Escopo 1 e 2 - Cobalto.

Escopo 1	Escopo 2	Total
2.231,93	38.049,67	40.281,60

Por fim, os indicadores de emissões por tonelada de ROM produzido foram obtidos e estão apresentados na Figura 27.

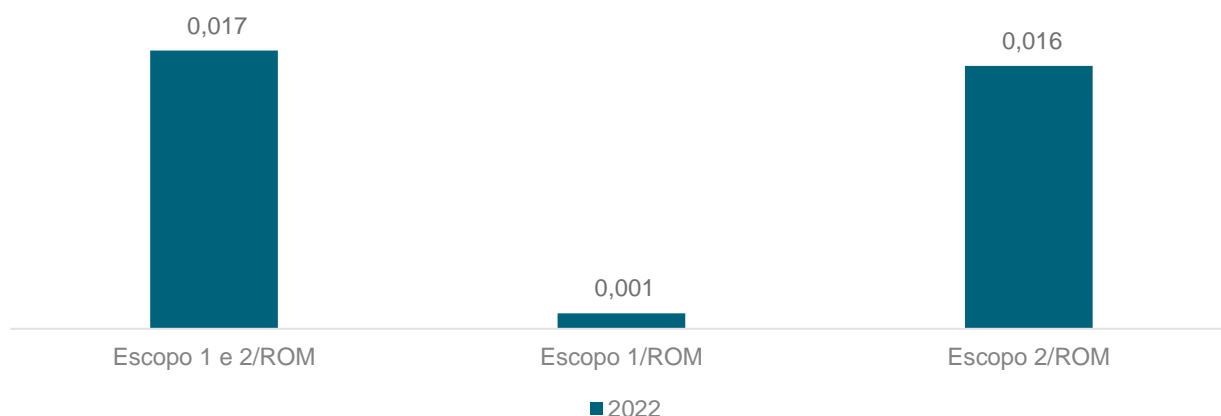


Figura 27: Indicadores – Cobalto (tCO₂e/tonelada de minério).

4.4.3 Gipsita

A gipsita teve suas emissões estimadas pela primeira vez em 2011. Naquela ocasião, as emissões foram estimadas com base no consumo de combustível por tonelada de ROM. Essa informação foi obtida por meio da associação de classe. Isto ocorreu em 2011, porque não foi possível obter dados quanto a produção individual das empresas e nem as emissões correspondentes. Este ano, por motivos similares, as emissões também foram estimadas com base no consumo de combustível. Essa estimativa continua sendo possível, uma vez que é de conhecimento que as emissões totais dessa tipologia são majoritariamente provenientes da combustão de equipamentos móveis, como veículos e máquinas (Tabela 32). O fator de emissão considerado, foi o do óleo diesel comercial disponibilizado pelo GHG Protocol.

Tabela 32: Premissas usadas para estimar as emissões de Gipsita.

Consumo de diesel por t de ROM (L/ton)	Movimentação de t de ROM	Consumo de diesel em litros – Total
1,3	5.155.339,54	6.873.786,05

De posse das informações calculou-se as emissões diretas para Gipsita. O resultado está apresentado na Tabela 33.

Tabela 33: Emissões do Escopo 1 - Gipsita.

FE diesel (kg CO ₂ e/L)	Escopo 1 (tCO ₂ e)
2,63	18.143,63

Os indicadores de emissão foi de 0,0035 tCO₂e/tonelada de minério

4.4.4 Chumbo

Tendo suas emissões também estimadas pela primeira vez em um inventário setorial da mineração, como as tipologias anteriores. Os cálculos para o chumbo, também foram feitos por meios de premissas obtidas pela base de dados do no *Ecoinvent*. A Tabela 34 apresenta as premissas utilizadas no cálculo.

Tabela 34: Premissas usadas para estimar as emissões de Chumbo.

Consumo de diesel por t de ROM (t)	Consumo de energia elétrica por t de ROM (kWh)	Movimentação de t de ROM
0,020	436,45	2.971.892,15

Os fatores de emissão foram obtidos utilizando a ferramenta de cálculo do GHG Protocol, esses estão apresentados na Tabela 35.

Tabela 35: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de chumbo.

FE diesel (tCO ₂ e/t)	FE eletricidade (2022) (kgCO ₂ e/kWh)
3,142309095	0,04

A análise dos cálculos das emissões (Tabela 36) mostrou que 77% das emissões estão alocadas no Escopo 1 e 23% no Escopo 2. As emissões totalizaram 238.721,90 tCO₂e.

Tabela 36: Emissões dos Escopos 1 e 2 - chumbo.

Escopo 1	Escopo 2	Total
183.472,35	55.249,55	238.721,90

Por fim, os indicadores de emissões por tonelada de ROM produzido foram obtidos e estão apresentados na Figura 28.

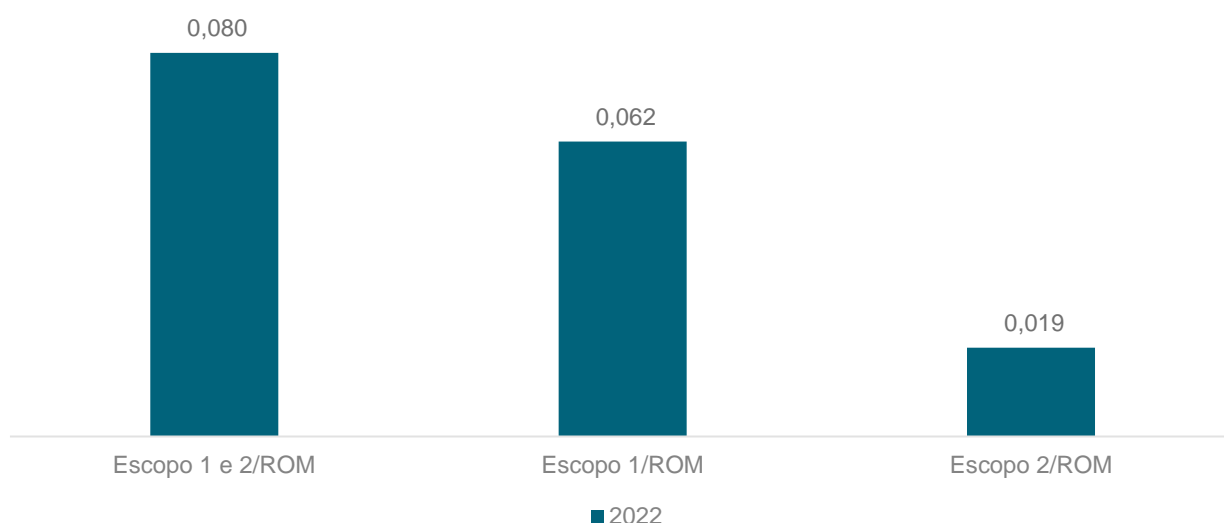


Figura 28: Indicadores – Chumbo (tCO₂e/tonelada de minério).

4.4.5 Prata

A prata teve suas emissões estimadas pela primeira vez em um inventário setorial da mineração. Similarmente ao que ocorreu com a gipsita, não foram obtidos dados de emissões referentes a essa tipologia. Todavia, dada sua relevância e com o intuito englobar o maior número de tipologias possíveis neste relatório, as emissões da prata foram estimadas considerando o consumo de óleo diesel energia (KWh) por tonelada de ROM produzido. Esses dados foram obtidos por meio do Ecoinvent. A Tabela 37 apresenta as premissas utilizadas no cálculo.

Tabela 37: Premissas usadas para estimar as emissões de Prata.

Consumo de diesel por t de ROM (MJ)	Consumo de energia elétrica por t de ROM (kWh)	Movimentação de t de ROM
-------------------------------------	--	--------------------------

1495	466,02	936.265,37
------	--------	------------

Por sua vez, os fatores de emissão foram obtidos utilizando a ferramenta de cálculo do GHG Protocol, esses estão apresentados na Tabela 38.

Tabela 38: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de Prata.

FE diesel (kgCO ₂ e/MJ)	FE eletricidade (2022) (kgCO ₂ e/kWh)
0,074309667	0,04

A análise dos cálculos das emissões (Tabela 39) mostrou que 85% das emissões estão alocadas no Escopo 1, aqui mensuradas pelo consumo de combustível, e 15% no Escopo 2. As emissões totalizaram 122.597,67 tCO₂e.

Tabela 39: Emissões dos Escopo 1 e 2 - Prata.

Escopo 1	Escopo 2	Total
104.012,48	18.585,19	122.597,67

Por fim, os indicadores de emissões por tonelada de ROM produzido foram obtidos e estão apresentados na Figura 29.

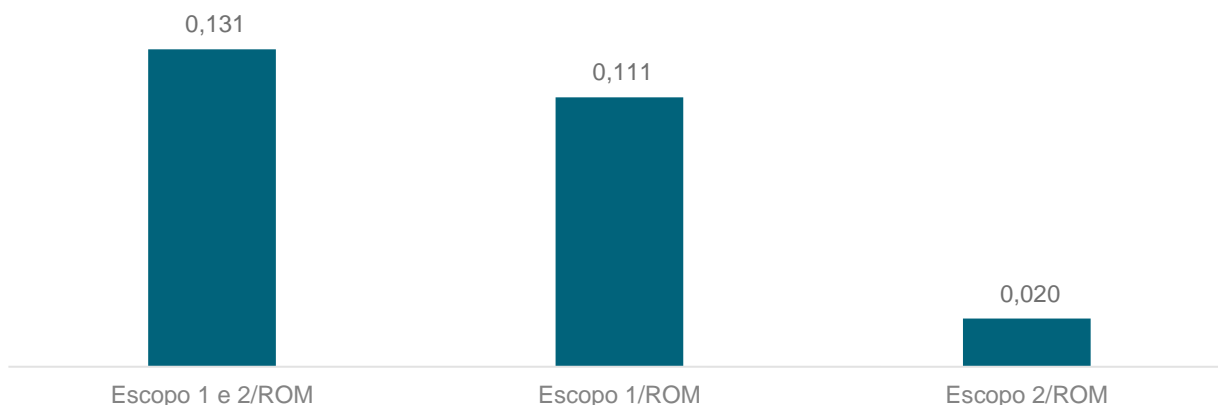


Figura 29: Indicadores – Prata (tCO₂e/tonelada de minério).

4.4.6 Caulim

O Caulim tem duas emissões contabilizadas desde o inventário de 2008. No inventário de 2011, por falta de dados de coleta, suas emissões foram estimadas a partir dos resultados encontrados para 2008, assumindo naquela época que não houve nenhuma mudança significativa no processo que pudesse alterar o indicador. Para o ano de 2022, as emissões foram estimadas utilizando informações sobre o consumo de eletricidade do Ecoinvent, isso porque segundo a literatura, a mineração de Caulim só usa eletricidade e calor. A Tabela 40 apresenta as premissas utilizadas.

Tabela 40: Premissas usadas para estimar as emissões de Caulim.

Consumo de energia elétrica por t de ROM (kWh)	Movimentação de t de ROM
0,18	2.968.686,23

O fator de emissão foi obtido utilizando a ferramenta de cálculo do GHG Protocol, esses estão apresentados na Tabela 41.

Tabela 41: Fatores de emissão (FE) utilizados para estimar as emissões de caulim.

FE eletricidade (2022) (kgCO ₂ e/kWh)
0,04

Devido à premissa presente na base de dados, foram calculadas apenas as emissões de Escopo 2 para a Prata, cujo resultado está na Tabela 44

Tabela 42: Emissões do Escopo 2 - Prata.

Escopo 2	Total
22.761.507,33	22.761.507,33

Os indicadores de emissão estão na Figura 30.

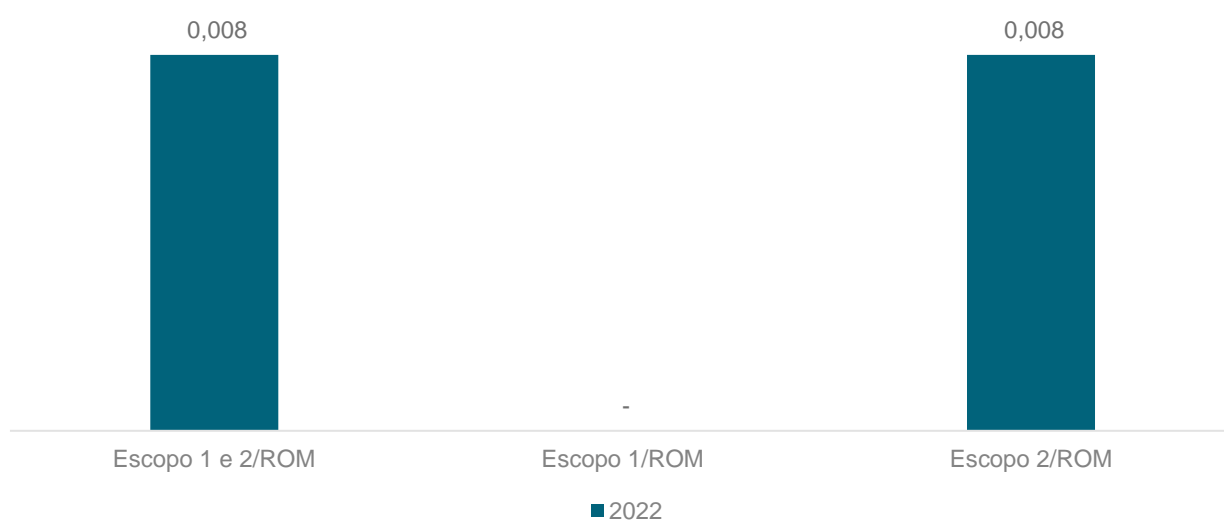


Figura 30: Indicadores – Caulim (tCO₂e/tonelada de minério).

4.4.7 Manganês

Pela terceira vez as emissões do manganês estão sendo contabilizadas em um inventário da mineração. Contudo esse ano não foram reportados dados para essa tipologia, em função disso

optou-se por usar os indicadores do inventário de 2011 assumindo que não houve alterações de rodas de produção que pudessem impactar as emissões. A Tabela 43 apresenta os valores utilizados.

Tabela 43: Premissas usadas para estimar as emissões do Manganês.

Escopo 1/ROM	Escopo 2/ROM	ROM
0,00628	0,00008	2.259.826,20

A análise dos cálculos das emissões (Tabela 44) mostrou que 99% das emissões estão alocadas no Escopo 1 e 1% no Escopo 2. As emissões totalizaram 14.370,02 tCO₂e.

Tabela 44: Escopo 1 e 2 - Manganês.

Escopo 1	Escopo 2	Total
14.188,61	181,41	14.370,02

4.5 Resultados de emissões indiretas (Escopo 3)

Segundo um levantamento realizado pelo *Carbon Disclosure Project* (CDP) (CDP, 2023), a representatividade do Escopo 3 no total de emissões dos setores de mineração e metalurgia chega a 92%. Embora os dois setores sejam considerados de maneira conjunta, o documento do CDP ressalta a importância da categoria 10, processamento de produtos vendidos, para o setor de mineração, dada sua atividade de fornecimento de insumos para transformação em outros produtos.

4.5.1 Emissões de GEE da categoria 10 (processamento do produto vendido)

As emissões da categoria 10 correspondem à transformação do minério em outros produtos. Para a maioria das tipologias, esta categoria representa as emissões da etapa de metalurgia, onde há alto consumo energético e transformações químicas capazes de liberarem gases de efeito estufa. Os cálculos foram estruturados da seguinte maneira:

- Para 6 das 27 tipologias, o resultado foi reportado pelas empresas, juntamente com a massa de minério beneficiado;
- Para outras 12 tipologias, as emissões foram estimadas com base em dados de literatura. Neste caso, foi necessário utilizar premissas para definir um processamento específico para cada metal que seria o mais representativo para aquela tipologia. Esse processamento foi definido em comunicação com as mineradoras que reportaram dados de Escopo 1 e 2, com o IBRAM e dados do Sumário Mineral;
- Para 8 tipologias, não foram consideradas emissões de processamento por entender que estas não passam por transformações significativas e, conseqüentemente, emissões representativas, em seu uso mais comum, incluindo o vanádio, para o qual não foram

encontradas referências em literatura sobre emissões de GEE de seus processamentos mais comuns.

- Para 1 tipologia, carvão mineral, foram realizados cálculos de uso do produto, referente à categoria 11 do Escopo 3, em detrimento do processamento (categoria 10). Essa decisão foi tomada considerando que o principal uso do carvão é a queima, cujas emissões são contempladas na categoria 11.

Para todas as tipologias, os resultados de emissão foram extrapolados para o cenário nacional utilizando a produção de minério beneficiado de 2022, divulgado pela ANM no Anuário Mineral Brasileiro. Embora este dado reflita a massa beneficiada no país, é possível que estas emissões de processamento não tenham ocorrido totalmente em território nacional, uma vez que processos envolvidos na cadeia de processamento podem ocorrer parcialmente no exterior.

As classificações de cada tipologia estão na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 45: Consideração da Categoria 10 de cada tipologia

Classificação	Tipologia
Dados reportados pelas empresas	Argila
	Cromita
	Estanho
	Níquel
	Ferro
	Magnesita
Cálculos utilizando premissas e dados de literatura	Bauxita
	Espodumênio (Lítio)
	Nióbio
	Potássio
	Calcário
	Gipsita
	Chumbo
	Cobalto
	Manganês
	Zinco
	Fosfato
	Cobre
	Carvão Mineral*
Não foram considerados	Agalmatolito
	Rochas Ornamentais
	Areia
	Brita
	Caulim
	Vanádio
	Ouro
Prata	

* Para o Carvão, as emissões de queima do produto foram calculadas, que corresponde à categoria 11

Para as tipologias cujas emissões foram calculadas utilizando premissas, buscou-se o fator de emissão por produção do produto gerado após o processamento e um balanço de massa foi realizado para calcular o resultado por massa de minério. A **Erro! Fonte de referência não**

encontrada. concentra todas as informações referentes às premissas adotadas para essas tipologias.

Tabela 46: Dados de processamento utilizados nas tipologias consideradas utilizando premissas

Tipologia	Processamento assumido	Fonte	Referência	Exclusões ou adaptações	Fator de emissão (tCO ₂ e/t produto)	Massa de minério por massa de produto	Resultado final (tCO ₂ e/t minério)
Bauxita	Alumínio	IAI, 2023, Ecoinvent	Fator de emissão Global	Mineração e refino da bauxita. Foram utilizados dados do Ecoinvent para realização do balanço de massa	12,400	4,653	2,665
Espodumênio (Lítio)	Carbonato de Lítio	Ecoinvent	lithium carbonate production, from spodumene Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração	8,527	8,299	1,027
Nióbio	Ferriónio	Dolganova et al., 2019	Estudo desenvolvido no Brasil.	Mineração (aproximadamente 40% do resultado total)	4,560	2,200	2,073
Potássio	Cloreto de Potássio	Ecoinvent	potassium chloride production Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração	0,382	2,209	0,173
Calcário	Cimento	SNIC, 2021; Ecoinvent	Estudo desenvolvido no Brasil	Foram utilizados dados do Ecoinvent para realização do balanço de massa	0,565	0,824	0,686
Gipsita	Gesso	Ecoinvent, ANM	gypsum plasterboard production Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Dados do Sumário Mineral (ANM, 2019) utilizados para o balanço de massa	0,146	1,250	0,117
Chumbo	Chumbo primário	Ecoinvent	primary lead production from concentrate Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração e flotação	2,265	1,663	1,362
Cobalto	Sulfato de cobalto	Zhang et al., 2021	Estudo baseado na China	Mineração (aproximadamente 5% do resultado total). Assumido que é necessário 0,25 t de cobalto (mineral) para cada 1t de sulfato de cobalto.	33,820	0,250	8,455
Manganês	Ferromanganês	Ecoinvent	ferromanganese production, high-coal, 74.5% Mn Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração e concentração	2,956	2,330	1,269
Zinco	Zinco primário	Ecoinvent	primary zinc production from concentrate zinc Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração	1,691	1,327	1,274
Fosfato	P ₂ O ₅ (32%)	Ecoinvent	phosphate rock, beneficiated Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Processo de infraestrutura de mina e fluxos de uso da terra	0,101	0,320	0,032
Cobre	Catodo de Cobre	Ecoinvent	electrorefining of copper, anode copper, cathode Allocation: Cut-off - RoW. Versão da Base: 3.9.1	Mineração e concentração	3,942	3,306	1,193
Carvão Mineral*	Queima em combustão estacionária	GHG Protocol Brasil - ferramenta versão 2023.0.3	Carvão metalúrgico Nacional - Combustão Estacionária		2,554	1,000	2,554

* Para o Carvão, as emissões de queima do produto foram calculadas, que corresponde à categoria 11

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, temos as emissões absolutas de processamento do produto das tipologias consideradas no Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Mineração 2024.

Tabela 47: Emissões absolutas de processamento do produto das tipologias consideradas no inventário da mineração 2024

	Tipologia	Massa beneficiada em 2022 (ANM, 2024)	Emissões extrapoladas (tCO ₂ e)
Calculados a partir de dados reportados	Argila	6.203.334,530	3.488.010,181
	Cromita	565.574,810	8.752,979
	Estanho	13.399,216	14.522,951
	Ferro	411.427.979,580	522.571.688,691
	Pelota	41.565.435,18***	3.113.187,32
	Magnesita	16.654.359,460	16.467.600,812
Calculados a partir de premissas e dados de literatura	Bauxita	31.608.693,910	84.227.601,246
	Espodumênio (Lítio)	143.719,730	147.663,913
	Nióbio	3.925.240,849	8.135.953,759
	Potássio	301.876,820	52.148,483
	Calcário	141.610.807,153	97.146.801,896
	Gipsita	3.203.473,810	373.550,674
	Níquel	360.615,890	676.130,066
	Chumbo	29.416,770	40.065,864
	Cobalto	167.818,150*	1.418.902,458
	Manganês	1.344.154,960	1.705.317,078
	Zinco	417.963,820	532.560,542
	Fosfato	9.719.980,680	3.067.699,902
	Cobre	1.024.424,510	1.221.692,110
	Carvão Mineral**	6.985.388,420	17.842.182,074
		Total	677.105.840,10

* Utilizada a mesma premissa do ROM, pois não consta na ANM

** Consideradas as emissões de queima

*** Soma das produções de duas grandes mineradoras

4.5.2 Avaliação de completude do Escopo 3

Em seu *Scope 3 Emissions Accounting and Reporting Guidance*, o ICMM traz uma referência para emissões representativas dentro do Escopo 3, isto é, categorias que costumam ter relevância no Escopo para cada grupo de metais. A definição dessas emissões tem o objetivo de ajudar as empresas, sobretudo aquelas que ainda não calculam o Escopo 3, a priorizar o cálculo das categorias de acordo com sua materialidade e, posteriormente, avaliar a inclusão destas no inventário de GEE.

Sendo assim, a avaliação de completude visa identificar se, dentro de cada tipologia, foram consideradas aquelas categorias classificadas como relevantes pelo ICMM e, portanto, deveriam

receber prioridade na inclusão futura no reporte de emissões. O ICMM traz as recomendações por categorias de metais, apresentadas na Tabela 48.

A expansão da abrangência do escopo 3 se torna cada vez mais estratégica, pois permite uma visão completa e transparente das emissões de GEE. Isso facilita a identificação de oportunidades de redução de emissões, gestão de riscos na cadeia de suprimentos e fortalecimento reputacional da mineração, promovendo a sustentabilidade e a competitividade a longo prazo para toda a cadeia de valor. Um mecanismo que pode ser utilizado nesse processo é o *screening*, que é uma análise mais simplificada, normalmente utilizando dados financeiros devido a sua disponibilidade, para avaliar a materialidade de uma categoria de emissões e decidir sobre sua inclusão no cálculo.

Tabela 48: Definições das categorias de metais, segundo a ICMM

Metais Volumosos	Minérios metálicos, óxidos metálicos, carvão metalúrgico, carvão térmico e, principalmente, minerais não processados - podem incluir ferro.
Metais Básicos	Metais primários não ferrosos, como cobre, alumínio, chumbo, níquel, estanho e zinco, bem como ligas metálicas relacionadas, podendo ou não incluir ferro.
Metais Preciosos	Principais commodities incluem ouro, prata e metais do grupo da platina, bem como diamantes e produtos similares.
Minerais Diversificados	Combinam volumosos, metais básicos e/ou metais preciosos. Neste trabalho, consideramos aquelas tipologias que não se encaixariam nas outras categorias.

Na categoria de Metais Volumosos, temos o Ferro e o Carvão e a avaliação está na Tabela 49. Para o Ferro, nota-se que a maior parte das categorias mais relevantes segundo o ICMM foram reportadas (Categorias 1 – Bens e Serviços Comprados; Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2; e Categoria 10 – Processamento do produto vendido). A exceção seria a Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos, para qual é necessário avaliar a aplicabilidade para essa tipologia em específico, uma vez que as emissões dessa categoria são dependentes do processamento e do produto final.

Para o carvão, nota-se não houve reporte das categorias que o ICMM coloca como mais relevantes, em especial a Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos, que traria as emissões de queima deste produto, uma vez que este é o uso prioritário do carvão mineral. O *screening* pode ser utilizado para avaliar a materialidade das categorias antes de seguir para o cálculo por dado de atividade e para o aprimoramento dos dados de entrada.

Tabela 49: Avaliação de completude do Escopo 3 para os Metais Volumosos

Legenda

Normalmente **maior que 5%** do total de emissões do Escopo 3
 Normalmente **por volta de 5%** do total de emissões do Escopo 3
 Normalmente **inferior a 5%** do total de emissões do Escopo 3
 Não houve reporte por parte das empresas

	Metais Volumosos		
	ICMM (Referência)	Ferro	Carvão Mineral
Categoria 1 - Bens e Serviços comprados			
Categoria 2 - Bens de capital			
Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2			
Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream)			
Categoria 5- Resíduos gerados nas operações			
Categoria 6- Viagens a negócios			
Categoria 7 - Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)			
Categoria 8 - Bens arrendados (a organização como arrendatária)			
Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream)			
Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos			
Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos			
Categoria 12 - Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos			
Categoria 13 - Bens arrendados (a organização como arrendadora)			
Categoria 14 - Franquias			
Categoria 15 - Investimentos			

Na Tabela 50, podemos ver a referência de representatividade de cada categoria para os Metais Básicos, segundo o ICMM, e os reportes para o Níquel, Cobre e Zinco. Para esse tipo de materiais, o ICMM categoriza as Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos e Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos como as mais possivelmente relevantes.

No caso do níquel, é observado o cálculo da Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, de extrema importância dadas os seus possíveis processamentos. A representatividade dessa categoria foi refletida no reporte das empresas, onde essa foi a única categoria com relevância maior de 5% do total do Escopo 3. Assim como para o ferro, não é realizado o cálculo da Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos. Como essas emissões dependem do uso do produto produzido a partir do níquel, é necessário avaliar se essa tipologia teria emissões relevantes nessa categoria.

No caso do zinco, a Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream), foi a mais relevante no reporte das empresas. Para o ICMM, esta representaria por volta de 5% do total do Escopo 3. Para

esse tipo de metais, a expansão do escopo 3 poderia iniciar pelas categorias Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos e Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos, para uma melhor identificação da representatividade deste escopo dentro do total de emissões desta tipologia. Ademais, é recomendado um *screening* das categorias que o ICMM coloca com a representatividade por volta de 5%, com destaque para a Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream), cujo cálculo pode ser priorizado dada a representatividade atual da Categoria 4, que também é de transportes. Essa avaliação simplificada pode ser realizada pela estimativa de rotas e modais, por exemplo.

Para o cobre, é percebida uma baixa adesão do Escopo 3. Assim como para o zinco, o cálculo do Escopo 3 pode se iniciar pela Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, seguido de um *screening* da Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos e das categorias que ICMM coloca com a representatividade por volta de 5%. Essa análise pode ser realizada através de dados financeiros e bancos de dados disponíveis publicamente.

Tabela 50: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Básicos

Legenda

	Normalmente maior que 5% do total de emissões do Escopo 3
	Normalmente por volta de 5% do total de emissões do Escopo 3
	Normalmente inferior a 5% do total de emissões do Escopo 3
	Não houve reporte por parte das empresas

	Metais Básicos			
	ICMM (Referência)	Níquel	Cobre	Zinco
Categoria 1 - Bens e Serviços comprados				
Categoria 2 - Bens de capital				
Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2				
Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream)				
Categoria 5- Resíduos gerados nas operações				
Categoria 6- Viagens a negócios				
Categoria 7 - Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)				
Categoria 8 - Bens arrendados (a organização como arrendatária)				
Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream)				
Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos				
Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos				
Categoria 12 - Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos				
Categoria 13 - Bens arrendados (a organização como arrendadora)				
Categoria 14 - Franquias				
Categoria 15 - Investimentos				

Na Tabela 51, podemos ver a referência de representatividade de cada categoria para Metais Preciosos, segundo o ICMM, sendo o Ouro a única tipologia que compõe esse grupo. Para o Ouro,

nota-se que a categoria mais relevante foi a Categoria 1 - Bens e Serviços comprados, que foi apontada também como importante pelo ICMM. Porém, é possível identificar a possibilidade de implementar o reporte da Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2, através de fatores de emissão do ciclo de vida dos combustíveis e energia contabilizados nos Escopos 1 e 2, e as categorias Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream) e Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream) através de dados financeiros relacionados ao frete.

Tabela 51: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Preciosos

Legenda

	Normalmente maior que 5% do total de emissões do Escopo 3
	Normalmente por volta de 5% do total de emissões do Escopo 3
	Normalmente inferior a 5% do total de emissões do Escopo 3
	Não houve reporte por parte das empresas

	Metais Preciosos	
	ICMM (Referência)	Ouro
Categoria 1 - Bens e Serviços comprados		
Categoria 2 - Bens de capital		
Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2		
Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream)		
Categoria 5- Resíduos gerados nas operações		
Categoria 6- Viagens a negócios		
Categoria 7 - Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)		
Categoria 8 - Bens arrendados (a organização como arrendatária)		
Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream)		
Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos		
Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos		
Categoria 12 - Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos		
Categoria 13 - Bens arrendados (a organização como arrendadora)		
Categoria 14 - Franquias		
Categoria 15 - Investimentos		

Para os metais diversos (Tabela 52), nota-se de maneira geral uma baixa adesão ao Escopo 3. O ICMM coloca como mais relevantes as categorias Categoria 1 - Bens e Serviços comprados, Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2, Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos e Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos.

A areia é a tipologia com o maior número de categorias do Escopo 3 calculadas (7). Em comparação com as categorias colocadas como relevantes pelo ICMM, nota-se que não houve reporte das

Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos e Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos. Como a areia possui usos muitos variados, de produção de vidro a utilização na construção civil, a representatividade dessas categorias depende da utilização de combustíveis e energia no processamento de cada empresa, sendo essa uma etapa importante para a avaliação para uma possível inclusão no Escopo 3.

No estanho, também foi realizado o cálculo de 7 categorias, as quais incluem as a Categoria 1 - Bens e Serviços comprados e Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, sinalizadas como relevantes pelo ICMM. Uma expansão do Escopo 3 poderia ser orientada em um cálculo da Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2, utilizando fatores de ciclo de vida dos dados utilizados no Escopo 1 e 2, e uma avaliação da Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos que considere a utilização do produto final produzido a partir do estanho.

O Fosfato também apresenta boa abrangência do Escopo 3, com 6 categorias calculadas. Embora parte das categorias colocadas como relevantes para o ICMM já estejam consideradas, existe a oportunidade de avaliar a Categoria 1 - Bens e Serviços comprados, possivelmente através de um *screening* de dados financeiros, e principalmente a Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, que pode ser relevante para essa categoria pelo fato de um dos processamentos comuns do fosfato ser a produção de fertilizantes.

Para o Nióbio e Bauxita, nota-se o cálculo da Categoria 1 - Bens e Serviços comprados, que foi colocado ao ICMM como relevante. Para essas tipologias, uma expansão do Escopo 3 poderia começar pelo cálculo da Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, que pode ser relevante, sobretudo no caso da bauxita, uma vez que o processamento do alumínio tem emissões importantes associadas.

Para a Magnesita, Argila e Cromita, observa-se apenas o cálculo da Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos. Recomenda-se um *screening* das categorias Categoria 1 - Bens e Serviços comprados, que pode ser feito através de dados financeiros de compras; da Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não inclusas nos Escopos 1 e 2, que tende a ser relevante para aquelas tipologias cuja mineração é energo-intensiva, e para a Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos, que pode ser relevante a depender da utilização dada ao produto final de cada categoria. Estas observações também se aplicam ao Agalmatolito, Potássio, Calcário e Vanádio, mas a estes soma-se a importância da avaliação da Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos, que pode ser relevante por concentrar emissões de processos metalúrgicos e industriais de transformação das tipologias minerais.

Tabela 52: Avaliação de completude do Escopo 3 para Metais Diversos

Legenda

Normalmente **maior que 5%** do total de emissões do Escopo 3
Normalmente **por volta de 5%** do total de emissões do Escopo 3
Normalmente **inferior a 5%** do total de emissões do Escopo 3
Não houve reporte por parte das empresas

	Metais Diversos						
	ICMM (Referência)	Fosfato	Magnesita	Bauxita	Estanho	Areia	Nióbio
Categoria 1 - Bens e Serviços comprados							
Categoria 2 - Bens de capital							
Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2							
Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream)							
Categoria 5- Resíduos gerados nas operações							
Categoria 6- Viagens a negócios							
Categoria 7 - Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)							
Categoria 8 - Bens arrendados (a organização como arrendatária)							
Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream)							
Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos							
Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos							
Categoria 12 - Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos							
Categoria 13 - Bens arrendados (a organização como arrendadora)							
Categoria 14 - Franquias							
Categoria 15 - Investimentos							

	Metais Diversos						
	ICMM (Referência)	Argila	Cromita	Agalmatolito	Potássio	Vanádio	Calcário
Categoria 1 - Bens e Serviços comprados							
Categoria 2 - Bens de capital							
Categoria 3 - Atividades relacionadas com combustível e energia não incluídas nos Escopos 1 e 2							
Categoria 4 - Transporte e distribuição (upstream)							
Categoria 5- Resíduos gerados nas operações							
Categoria 6- Viagens a negócios							
Categoria 7 - Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)							
Categoria 8 - Bens arrendados (a organização como arrendatária)							
Categoria 9 - Transporte e distribuição (downstream)							
Categoria 10 - Processamento de produtos vendidos			%				
Categoria 11 - Uso de bens e serviços vendidos							

Categoria 12 - Tratamento de fim de vida dos produtos vendidos							
Categoria 13 - Bens arrendados (a organização como arrendadora)							
Categoria 14 - Franquias							
Categoria 15 - Investimentos							

5 RECOMENDAÇÕES

O inventário de emissões GEE é a primeira etapa da gestão do impacto climático de uma instituição e deve ser continuamente aprimorado para representar as emissões mais fidedignas das operações, além de ser a base para um diagnóstico bem estruturado. Por isso, foram identificados pontos de melhoria para futuros inventários:

- Aumentar gradativamente o número de bens minerais incluídas no inventário, para estimular o aumento da maturidade do tema entre as empresas e identificar o perfil de emissão de outras tipologias.
- Ampliar as categorias e fontes de emissão calculadas nos inventários de GEE das empresas para todos os Escopos, de forma a aumentar a confiabilidade e precisão dos resultados.
- Focar na expansão da contabilização de emissões para o Escopo 3, principalmente dos minerais críticos, cuja importância tende a crescer muito nos próximos anos devido a políticas governamentais e movimentos de mercado, mas também de todas outras tipologias, tendo as orientações do ICMM (*International Council on Mining and Metals*) (ICMM, 2023) como guia.
- Identificar o melhor formato de estimativa ou extrapolação para as categorias do Escopo 3, considerando que para algumas categorias a variação está ligada diretamente a produção (como transporte e distribuição e uso do produto vendido, entre outras) e, para outras, a variação não tem relação direta com a produção (deslocamento de funcionário e viagens à negócios, por exemplo).
- Segregar as emissões dentro das categorias por atividade, conforme sua relevância para o setor, como o decapeamento e o uso de explosivos, mas mantendo a comparabilidade com as categorias de emissão do GHG Protocol. Esse processo ajuda ainda na comparação dos inventários de GEE do setor mineral realizados anteriormente, bem como com os inventários de empresas do setor, além de fornecer insumos para fontes específicas de mineração.
- Refinar a contabilização das emissões fugitivas de carvão, sobretudo as emissões de metano da exploração de minas profundas, que pode ser bastante representativa para parte das minas no Brasil.
- Fortalecer o uso de indicadores de emissão pela massa movimentada total, considerando o estéril, pois o indicador de emissões por ROM pode ser superestimado ou subestimado pelas diferentes variações de estéril a depender na fase da mineração, como mudança de frente de lavra.
- Elaborar o inventário de remoções do setor, considerando a contabilização de estoques de carbono no solo e das áreas verdes da mineração.
- Estimular a elaboração dos inventários setoriais por bem mineral pelas associações relacionadas aos mesmos, de maneira a ampliar a participação das instituições na metodologia e no refino de resultados.

Essas recomendações visam a melhoria contínua dos reportes das empresas para o relatório setorial, somando em qualidade e precisão dos dados para tomada de decisões estratégicas para o setor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os atuais impactos das mudanças climáticas e o aumento expressivo de emissões ao longo dos tempos, as empresas estão, cada vez mais, sendo estimuladas a realizarem a descarbonização de seus processos. O Inventário de Emissões de GEE do Setor Mineral 2024 representa um grande passo e um importante instrumento para esse que processo seja iniciado nas corporações e acompanhado por instituições como associações e institutos setoriais.

Além do estímulo setorial, existem as pressões de mercado, principalmente de investidores, e de regulamentações do Governo, como leis, decretos e taxações de carbono. Para o Brasil, em especial, os últimos anos têm sido de grande movimentação sobre o tema, com a necessidade de atendimento à Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, do inglês *Nationally Determined Contribution*) – determinada no Acordo de Paris, os alinhamentos sobre a criação do mercado de carbono brasileiro, a revisão da Política Nacional de Mudança do Clima, a elaboração dos Planos Setoriais de Adaptação e de Mitigação de Emissões de GEE e a realização da COP30 em Belém do Pará, no Brasil, em 2025. Esses mecanismos do Governo se traduzem em obrigações legais para as instituições, gerando maior relevância sobre o tema e maior urgência na elaboração de um inventário de emissões de GEE e seus desdobramentos, como a descarbonização.

Analisando setorialmente, à medida que avanços tecnológicos e iniciativas inovadoras continuam a se desenvolver, é provável que a mineração se torne menos intensiva em carbono no futuro. Neste trabalho foi realizado um levantamento de iniciativas de descarbonização das emissões diretas (de Escopo 1 e Escopo 2) para o setor, segregadas em relação a sua origem. Na Figura 31, é possível identificar as tecnologias elencadas, uma avaliação de barreiras e a mensuração estimada da aplicabilidade atual na indústria e seu potencial de redução. O intuito é que haja uma avaliação, principalmente das barreiras, que podem ser trabalhadas setorialmente ou por meio de *advocacy* das empresas, para que haja uma aceleração dos processos de liberação da tecnologia, caso o potencial de redução seja relevante para o setor.

As tecnologias foram identificadas com base na principal fonte de emissão do setor, a combustão móvel, de acordo com uma revisão dos principais planos de descarbonização do setor publicamente disponíveis.

Sobre as possíveis barreiras de execução, destacamos que os principais são:

- Necessidade de desenvolvimento de arcabouço regulatório, como no caso do hidrogênio, em especial o verde, que ainda não tem todos os aspectos de sua produção plenamente autorizada e regulamentada.
- Necessidade de troca de equipamentos, gerando um maior custo para as empresas na atualização de seus ativos físicos, e a disponibilidade de equipamentos modernos e totalmente acessíveis para uso, como veículos elétricos de grande porte, e a infraestrutura necessária para seu uso e manutenção.

Dessa forma, podemos notar que a maior parte das tecnologias tem aplicabilidade mínima ou bem próxima de mínima na indústria da mineração, demonstrando a relevância de alinhamento com o Governo sobre a urgência de liberação de tecnologias para o setor e financiamentos verdes, mas também de grupos de inovação e desenvolvimento sustentável entre as instituições ou, até mesmo, na governança das companhias.

Já a mensuração do impacto das tecnologias em termos de potencial de redução e possíveis barreiras foi realizado levando-se em conta:

- a substituição total de tecnologia atualmente utilizadas pelas empresas;
- os percursos associados a cada uma e;
- os fatores de emissão.

Na avaliação dos principais resultados dessa análise, é possível identificar que, considerando as premissas estimadas, a eletrificação ainda é um item de alta relevância para redução de emissões, assim como a substituição de combustíveis fósseis. O hidrogênio verde também possui alto potencial de redução, porém, ainda a necessidade de desenvolvimento da estrutura legal e adaptações tecnológicas para sua produção.

A questão de eficiência em produção pode ser a mais financeiramente viável para as mineradoras em curto prazo, considerando que otimizações logísticas podem ser realizadas com baixo custo de implementação e que sistemas de sensoriamento podem ter custo menor do que modificações profundas em ativos ou combustíveis.

Considerando as fontes cobertas por esse inventário, foi também realizado um levantamento sobre oportunidades de descarbonização do principal elo da cadeia de valor da mineração e fonte importantes das emissões de Escopo 3, a metalurgia. Estas incluem:

- economia circular (principalmente o uso de sucata reciclada), identificada como a atividade mais disponível para descarbonização industrial;
- na sequência, alteração nos processos produtivos (como eletrificação de equipamentos e troca de combustíveis, ou alteração de rotas de produção) podem ser alvo de reduções significativas em médio prazo;
- o transporte de produtos vendidos (como alteração do combustível) pode ser considerado para projetos de médio a longo prazo, considerando que o setor ainda busca combustíveis alternativos e aprovações legais;
- chegando a CCUS (*Carbon Capture, Use and Storage*) – sendo essa ainda muito dependente de aprovações legais e alto investimento financeiro, devendo ser considerada para planos de médio a longo prazo.

Figura 31: Possibilidades de ações de descarbonização para o setor mineral

	Descrição	Possíveis barreiras na execução	Aplicabilidade na indústria	Potencial de redução
Hidrogênio Verde	Fonte de energia menos carbono-intensiva para caminhões e equipamentos de mineração	<ul style="list-style-type: none"> - Custos da eletrólise e transporte; - Outros combustíveis com menor custo; - Necessidade de troca de equipamentos. - Necessidade de arcabouço regulatório e metodológico robusto 		
Energia renovável e otimização do consumo	Aquisição de energia elétrica de fontes renováveis e processos para otimização/redução do consumo de energia.	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade da compra de certificados; - Necessidade da troca de equipamentos por outros mais eficientes. 		
Eletrificação de equipamentos e frota	Substituição de motores a diesel por energia elétrica de baixo carbono, como baterias e eletricidade proveniente de fontes renováveis	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de troca de equipamentos; - Aumento do consumo de energia elétrica; - Tempo de carregamento das baterias dos veículos; - Disponibilidade de veículos e de capacidade 		
Uso de Veículos Autônomos	Veículos autônomos na mineração permite otimização ao reduzir o consumo de combustível e minimizar emissões, pois esses veículos podem ser programados para operar de forma mais eficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de troca de equipamentos; - Necessidade de treinamento para monitoramento desses veículos. 		
Substituição de combustíveis fósseis	Substituição de combustíveis fósseis, como diesel e gasolina, por etanol, biometano e HVO (diesel verde).	<ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiência dos combustíveis menos carbono-intensivos se comparados aos convencionais* - Aumento do custos de aquisição em relação aos combustíveis convencionais 		
Processos mais eficientes de produção	Sistema de sensoriamento, controle e automação dos processos da mina Indústria 4.0 ou manufatura inteligente	- Necessidade de aquisição e implementação de equipamentos e veículos que permitam sua automação e controle de maneira remota		
	Otimização do tempo de carregamentos nas filas; substituição de caminhões que circulam nas minas por correias transportadoras de longa distância	- Necessidade de troca de equipamentos		

7 REFERENCIAS

ANEPAC - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção. Agregados para Construção. Disponível em: <<https://anepac.org.br/agregados-para-construcao/>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ANM – Agência Nacional de Mineração. Anuário Mineral Brasileiro, 2024. Disponível em: <<https://dados.gov.br/dados/conjuntos-dados/anuario-mineral-brasileiro-amb>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

ANM – Agência Nacional de Mineração. Sumário Mineral Brasileiro, 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2018>>. Acesso em: 12 mar. 2024.

CDP. [S. I.], 25 jan. 2023. Disponível em: https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/guidance_docs/pdfs/000/003/504/original/CDP-technical-note-scope-3-relevance-by-sector.pdf. Acesso em: 10 out. 2023.

CETEM. Agalmatolito. 2008. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1033/1/03.AGALMATOLITO%20proposta%20Paulo%20Tomedi.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2024.

CETEM. Cromita. 2005. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1052/1/16.CROMITA.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2024.

Dolganova, I., Bosch, F., Bach, V., Baitz, M., & Finkbeiner, M. (2019). Life cycle assessment of ferro niobium. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 611–619.

Ecoinvent Version 3 - Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>> Acesso em: 19 mar. 2024.

IAI - International Aluminium Institute. Greenhouse Gas Emissions Intensity - Primary Aluminium. 2023. Disponível em: <https://international-aluminium.org/statistics/greenhouse-gas-emissions-intensity-primary-aluminium/>. Acesso em: 01 mar. 2024.

IBRAM. Desempenho da mineração tem queda em 2022, mas setor cria mais empregos e aumentará investimentos para US\$ 50 bi até 2027. Disponível em: <<https://ibram.org.br/noticia/desempenho-da-mineracao-tem-queda-em-2022-mas-setor-cria-mais-empregos-e-aumentara-investimentos-para-us-50-bi-ate-2027/>>. Acesso em: 4 abr. 2024.

International Council on Mining and Metals (ICMM). Scope 3 Emissions Accounting and Reporting Guidance. 2023. Disponível em: <https://www.icmm.com/website/publications/pdfs/environmental-stewardship/2023/guidance_scope-3-reporting.pdf?cb=69120>. Acesso em: 10 out. 2023.

Ministério de Minas e Energia (MME). Boletim do Setor Mineral 2002. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/boletim-do-setor-mineral/boletim-do-setor-mineral-2013-1-sem2022.pdf/@download/file#:~:text=A%20Secretaria%20de%20Geologia%2C%20Minera%C3%A7%C3%A3o,alcan%C3%A7ou%20quase%20850%20mil%20postos>>. Acesso em: 4 abr. 2024.

Ministério de Minas e Energia (MME). Potencial brasileiro de minerais para transição energética é destaque no maior evento mundial do setor, no Canadá. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/potencial-brasileiro-de-minerais-para-transicao-energetica-e-destaque-no-maior-evento-mundial-do-setor-no-canada>>. Acesso em: 4 abr. 2024.

PBGHG Protocol. Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. 2008. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/15413>. Acesso em: 4 mar. 2024.

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. Roadmap – Neutralidade de Carbono. 2023. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10438/15413>>. Acesso em: 4 mar. 2024

Zhang, T., Bai, Y., Shen, X., Zhai, Y., Ji, C., Ma, X., & Hong, J. (2021). Cradle-to-gate life cycle assessment of cobalt sulfate production derived from a nickel–copper–cobalt mine in China. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26, 1198–1210.

Carolina Mendes

carolina.mendes@waycarbon.com.br

Eloisa Casadei

eloisa.casadei@waycarbon.com.br



Higor Turcheto

higor.turcheto@waycarbon.com.br

Matheus Fernandes

matheus.fernandes@waycarbon.com.br

WAYCARBON.COM

 @WayCarbon  /waycarbon

