



Nota metodológica do Sistema de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa no Brasil (1970-2023): **Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP)**

SEEG Setor Processos Industriais e Uso de Produtos 1970-2023

Versão 12 – dezembro de 2024

Coordenação Técnica
Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA)

Equipe Responsável
André Luís Ferreira
David Shiling Tsai
Felipe Barcellos e Silva
Ingrid Graces
Marcelo dos Santos Cremer

Revisão
Shiguelo Watanabe Jr.
Anderson Matheus Cardoso
Priscila Aparecida Alves

Sumário

1. Introdução	4
1.1 Emissões de gases de efeito estufa associadas à atividade industrial	4
1.2 Escopo e estruturação da estimativa de emissões	4
2. Método de Cálculo	8
2.1 Produção de Metais	8
2.2 Produtos Minerais	16
2.3 Indústria Química	24
2.4 Emissões de HFCs	34
2.5 Setor de Eletroeletrônicos	48
2.6 Uso não energético de combustíveis e uso de solventes	49
2.7 Outros	51
3. Diferenças entre coleções do SEEG	53
3.1 SEEG 6 (2017) – SEEG 5 (2016)	53
3.2 SEEG 10 (2021) – SEEG 11 (2022)	53
3.3 SEEG 11 (2022) – SEEG 12 (2023)	53
4. Qualidade dos dados	55
5. Resultados	59
6. Referências bibliográficas	67
Anexo A – Produção de metais	69
Anexo B – Produção física de cimento	74
Anexo C – Produção física de cal e vidro	77
Anexo D – Produção, importação, exportação e consumo de barrilha	79
Anexo E – Produção física de substâncias químicas	80
Anexo F – Capacidade instalada de produção de substâncias químicas	84
Anexo G – Consumo Não Energético de Combustíveis	85
Anexo H – Alocação de emissões por municípios	87

1. Introdução

1.1 Emissões de gases de efeito estufa associadas à atividade industrial

As atividades industriais podem gerar emissões atmosféricas pela queima de combustíveis (geração de calor ou energia elétrica), pela disposição de resíduos (tratamento de efluentes industriais e incineração de resíduos) e por processos de transformação química e/ou física de materiais.

Para cada um desses três tipos de processos, as emissões ocorrem sob uma grande variedade de especificidades, dentre elas: o produto em produção, os insumos que alimentam os processos, o tipo de rota tecnológica utilizado na produção, os equipamentos da planta industrial e os níveis de eficiência.

1.2 Escopo e estruturação da estimativa de emissões de Processos Industriais e Uso de Produtos

O SEEG adota as recomendações do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), onde as estimativas da categoria “Processos Industriais e Uso de Produtos” levam em conta exclusivamente as emissões ocorridas nas transformações químicas ou físicas de materiais. Assim, as emissões por queima de combustíveis são estimadas no “Setor de Energia”, e as emissões pela disposição de resíduos, no “Setor de Resíduos” do SEEG.

Este trabalho tomou como base os relatórios de referência preparados para o Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa, publicado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação em 2016. De tal modo, as estimativas foram realizadas conforme os seguintes agrupamentos:

- **Produção de metais:** produção de ferro-gusa e aço, ferroligas, alumínio, magnésio e outros metais não-ferrosos;¹
- **Produtos minerais:** produção de cal, cimento e vidro e consumo de barrilha;
- **Indústria química:** produção de ácido adípico, ácido fosfórico, ácido nítrico, acrilonitrila, amônia, caprolactama, carbureto de cálcio, cloreto de vinila, eteno,

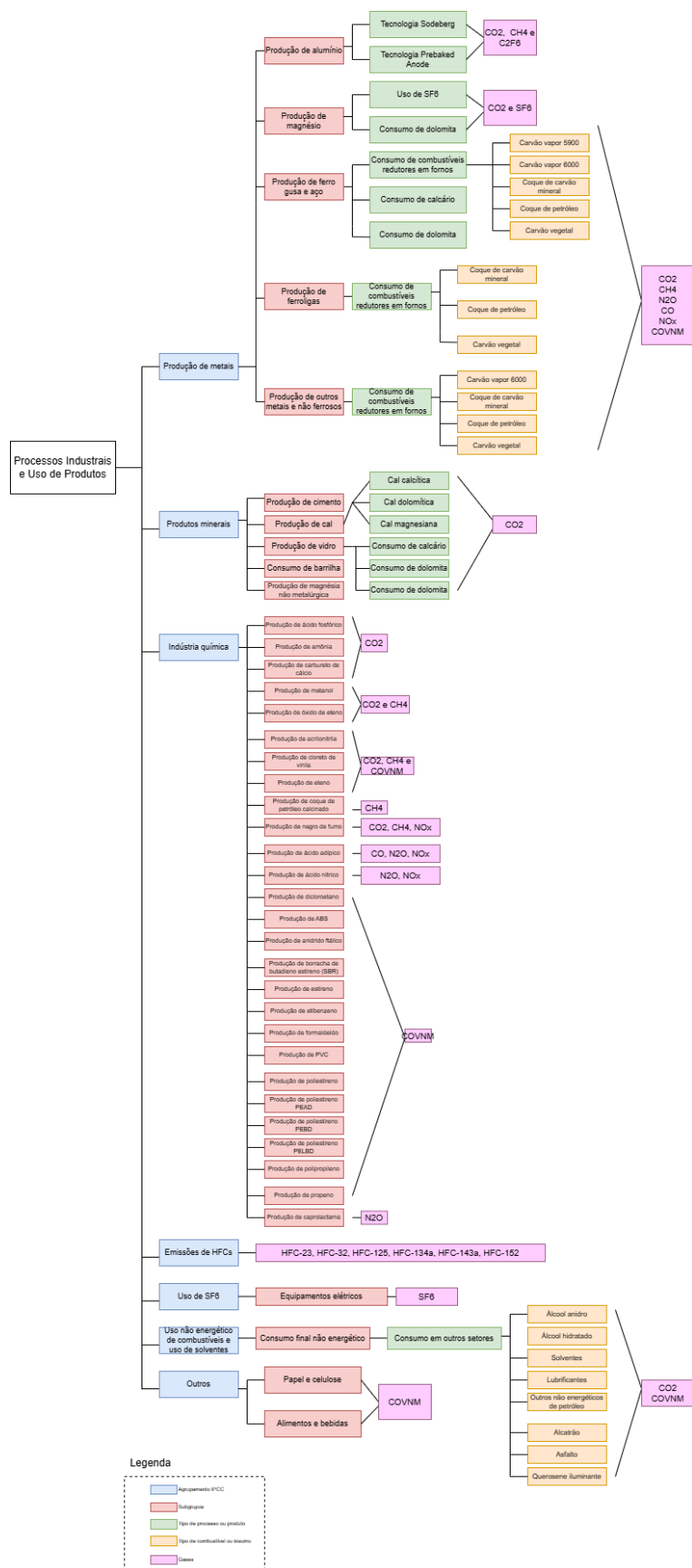
¹ Apesar das emissões relacionadas ao consumo de carbonatos como fundentes em altos-fornos e a produção de magnésio serem reportadas pela Comunicação Nacional na categoria “Produtos Minerais”, optou-se por alocá-las em “Produção de Metais” conforme apresentado nas Guidelines 2006 do IPCC.

metanol, negro-de-fumo, óxido de eteno, coque de petróleo calcinado e outros petroquímicos;

- Emissões de hidrofluorcarbonos (HFCs);
- Uso de hexafluoreto de enxofre (SF₆) em equipamentos elétricos;
- Uso não energético de combustíveis e uso de solventes.
- Outros: papel e celulose e alimentos e bebidas

A Figura 1 apresenta a árvore estrutural da estimativa de emissões por Processos Industriais e Uso de Produtos, contendo os agrupamentos de atividade industrial, os tipos de processos industriais ou uso de produtos, os tipos de produtos, insumos e os gases emitidos. Os gases inventariados são dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM), óxidos de nitrogênio (NO_x), perfluorcarbonos (CF₄ e C₂F₆), hidrofluorcarbonos (HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a) e hexafluoreto de enxofre (SF₆).

Figura 1: Estruturação da estimativa de emissões segundo agrupamentos sugeridos pelo IPCC, tipos de processos industriais ou uso de produtos, tipos de produtos, insumos e gases emitidos



Foram estimadas as emissões anuais a nível nacional, entre 1970 e 2023. Além disso, quando possível, as emissões foram alocadas nas unidades da federação (UFs), uma das inovações em relação à primeira versão do SEEG. Este trabalho buscou distribuir as emissões estimadas a nível nacional entre as unidades da federação, obtendo-se uma primeira aproximação para as emissões por UF. No entanto, foram considerados os dados oficiais disponíveis de maneira agregada em instituições de abrangência nacional e algumas hipóteses simplificadoras foram assumidas. Desta forma, foram alocadas nas unidades da federação (UFs) somente as emissões relacionadas à produção de ferro-gusa e aço, ferroligas, alumínio, cimento, cal, magnésio, ácido adípico, ácido nítrico, amônia, acrilonitrila, caprolactama, coque de petróleo calcinado e resinas ABS. Não foram alocadas emissões associadas à produção de outros metais não-ferrosos (que não alumínio e magnésio), ácido fosfórico, carbureto de cálcio, cloreto de vinila, eteno, metanol, negro-de-fumo, óxido de eteno e outros petroquímicos, ao consumo de barrilha, ao uso de SF₆ em equipamento elétricos, ao uso não energético de combustíveis e ao uso de solventes; tampouco foram alocadas as emissões de HFCs.

Não se tratou, portanto, de um esforço de inventariar as emissões a partir de informações oficiais de cada UF, de modo que a comparação entre os resultados gerados por esta metodologia e os resultados de inventários oficiais das UFs deve ser feita com muita cautela. Entretanto, como muitas UFs ainda não dispõem de inventários, o SEEG pode trazer informações valiosas, tanto pelos resultados que puderam ser gerados quanto pelas dificuldades metodológicas e lacunas de dados que o procedimento de alocação de emissões por UF apontou.

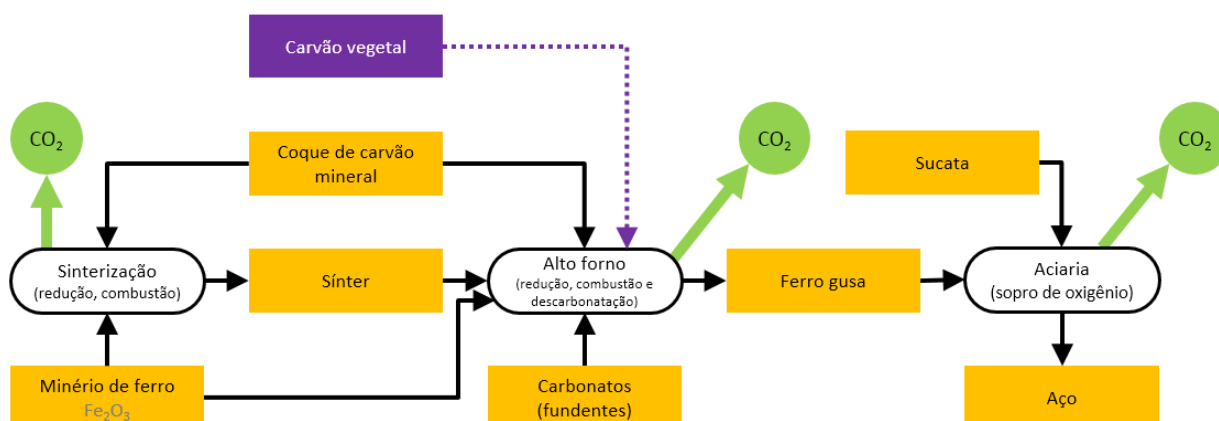
2. Método de Cálculo

2.1 Produção de Metais

Produção de ferro e aço (usinas integradas)

As emissões da produção de ferro-gusa e aço se dão pelo consumo de combustíveis como agentes redutores em altos-fornos (carvão vegetal, coque de petróleo, coque de carvão mineral e carvão mineral) e pelo consumo de carbonatos (calcário e dolomita) como fundentes nos altos-fornos. Uma representação simplificada do processo de produção de ferro-gusa e de aço e das emissões de CO₂ contabilizadas em Processos Industriais e Uso de Produtos que estão relacionadas a ele é apresentada na Figura 2.

Figura 2: Representação simplificada da produção de ferro-gusa e de aço e dos processos que geram emissões



Processo siderúrgico – usinas integradas e semi-integradas

No Brasil, a produção de aço ocorre principalmente por três rotas: usinas integradas (alto-forno + aciaria LD), redução direta (gás natural + forno a arco elétrico), e usinas semi-integradas (forno a arco elétrico). A rota integrada é responsável pela maior parte da produção global e envolve a redução do óxido de ferro a ferro-gusa, seguida pelo refino para obtenção do aço. Os principais insumos são minério de ferro, carvão (mineral ou vegetal), calcário e sucata ferrosa. As rotas de redução direta e semi-integradas utilizam gás natural e sucata metálica, com uma maior dependência de eletricidade.

O processo siderúrgico pode ser dividido em quatro etapas: preparação do minério e do carvão, redução do minério, refino e conformação mecânica. Na etapa de preparação, o

minério de ferro é sinterizado ou pelletizado, e o carvão mineral é coqueificado para remoção dos voláteis. A gaseificação do coque gera gás de coqueria, reutilizado no processo. No caso do carvão vegetal, amplamente utilizado no Brasil, a madeira é carbonizada para produção do agente redutor.

Durante a redução, o oxigênio do minério é removido, resultando na produção de ferro-gusa ou ferro esponja, dependendo da rota. O refino ocorre em conversores a oxigênio (BOF) ou fornos elétricos a arco (EAF), sendo este último o mais utilizado. O objetivo dessa etapa é reduzir o teor de carbono e impurezas. Na última etapa, o aço solidificado é então transformado em produtos finais por meio de processos como laminação e forjamento.

As emissões de CO₂ são calculadas com base no balanço de carbono entre as entradas de materiais ricos em carbono (coque, carvão vegetal, gás natural) e as saídas (aço, escórias, gases). O cálculo segue as diretrizes do IPCC 2006, com fatores de emissão específicos para cada etapa. As emissões de CH₄ e N₂O são estimadas usando a abordagem Tier 1 para processos como a sinterização.

Os dados de produção e consumo energético são obtidos do Instituto Aço Brasil (IABr) e do Balanço Energético Nacional (BEN).

Processo siderúrgico – usinas dedicadas ao ferro-gusa

O ferro-gusa, considerado o ferro de primeira fusão, é produzido nas etapas iniciais de preparação e redução do minério de ferro. Parte das indústrias siderúrgicas é dedicada exclusivamente à produção de ferro-gusa, não seguindo para a etapa de refino para obtenção do aço. As emissões dessas usinas dedicadas são tratadas separadamente e apresentadas no item específico correspondente.

No Brasil, a produção de ferro-gusa e aço em usinas integradas e semi-integradas utiliza predominantemente coque de petróleo, carvão vapor (com poder calorífico ≥ 5.900 kcal/kg), carvão metalúrgico e coque de carvão mineral como principais combustíveis e agentes redutores. A metodologia adotada para o cálculo das emissões de CO₂ baseia-se em um balanço de carbono, conforme as diretrizes do IPCC 2006, considerando o carbono presente nas matérias-primas e produtos.

As emissões de CO₂ são calculadas pela seguinte equação:

$$E_{CO_2} = \frac{\sum (Q_{Entrada} \times C_{Entrada}) - \sum (Q_{Saída} \times C_{Saída})}{1000} \times \frac{44}{12}$$

Sendo:

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂ (Gg)
$Q_{Entrada}$	Quantidade da entrada (matéria-prima) em toneladas
$C_{Entrada}$	Quantidade de carbono na entrada (matéria-prima) em tC/t matéria-prima
$Q_{Saída}$	Quantidade da saída (produto) em toneladas
$C_{Saída}$	Quantidade de carbono na saída (produto) em tC/t produto
$\frac{44}{12}$	Relação entre as massas molares de CO ₂ e C

As emissões de CO₂ foram calculadas com base em um balanço de carbono, considerando o carbono contido nas matérias-primas e nos produtos finais da cadeia produtiva do aço. Os principais insumos incluídos são o coque de petróleo, carvão metalúrgico, carvão PCI, calcário e dolomita, enquanto as saídas consideradas são o aço bruto, ferro-gusa e gases siderúrgicos. O conteúdo de carbono dos materiais foi obtido a partir do IPCC 2006 e da World Steel Association (WSA), com valores como 0,870 t C/t para o coque de petróleo, 0,834 t C/t para o carvão metalúrgico e 0,047 t C/t para o ferro-gusa. Além disso, foram incluídas as densidades energéticas dos gases siderúrgicos, sendo 7,06 GJ/t para o gás de aciaria e 2,47 GJ/t para o gás de alto-forno.

Os dados utilizados para o período de 2007 a 2023 foram fornecidos pelo IABr e incluíram informações detalhadas sobre o consumo de matérias-primas e a produção em processos como coqueria, sinterização, alto-forno, aciaria (BOF e EAF) e laminação. Para o período de 1990 a 2006, foram utilizados dados do II Inventário Nacional, ajustados para compatibilização com as séries mais recentes. As entradas e saídas de carbono foram ajustadas para garantir a consistência entre os dois períodos, aplicando médias das relações de consumo de carbono com a produção de aço bruto.

Emissões dos gases não CO₂

As emissões provenientes da produção de ferro e aço em usinas integradas foram estimadas seguindo as diretrizes do IPCC 2006, utilizando a abordagem Tier 1 para os gases não-CO₂. As emissões de CH₄ e N₂O foram calculadas considerando o consumo de gases de aciaria e de alto-forno, aplicando fatores de emissão padrão. No caso da produção de sinter, as emissões de CH₄ foram consideradas apenas quando antracito é utilizado como insumo, conforme dados fornecidos pelo Instituto Aço Brasil (IABr).

As emissões de CH₄ e N₂O foram calculadas com fatores de emissão de 1 kg CH₄/TJ e 0,1 kg N₂O/TJ para o gás de aciaria e gás de alto-forno, conforme o IPCC 2006. Para a produção de sinter com antracito, foi aplicado um fator de emissão de 0,07 kg CH₄ por tonelada de sinter. As emissões relacionadas ao gás de coqueria foram alocadas exclusivamente ao setor de Energia, enquanto as emissões de gás de aciaria e de alto-forno foram

integralmente atribuídas ao setor PIUP. Combustíveis como GLP, gás natural, óleo leve e óleo pesado foram contabilizados no setor de Energia, exceto quando utilizados diretamente nos processos siderúrgicos.

Produção de ferro-gusa (usinas dedicadas)

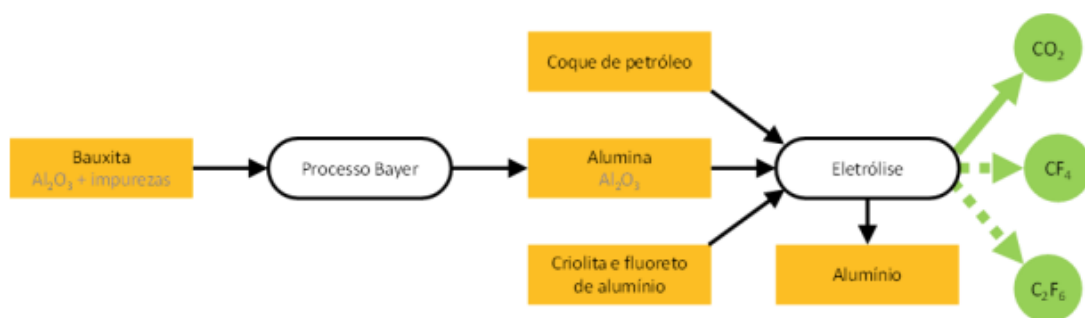
As emissões da produção de ferro-gusa em usinas dedicadas foram calculadas com base no consumo de carvão vegetal, utilizando fatores de emissão padrão para os diversos gases resultantes do processo de redução. O consumo de carvão vegetal é informado diretamente no Balanço Energético Nacional (BEN), no subsetor de ferro e aço, já que esse combustível é utilizado exclusivamente nas guseiras dedicadas. Para o CO₂, foi considerado o abatimento da fração de carbono incorporada ao ferro-gusa, assumindo-se um conteúdo médio de carbono de 4% em massa.

Os fatores de emissão utilizados para a produção de ferro-gusa com carvão vegetal são os seguintes: 106.519 kg CO₂/TJ, 200 kg CH₄/TJ, 4 kg N₂O/TJ, 4.000 kg CO/TJ, 100 kg NO_x/TJ e 100 kg NMVOC/TJ, conforme as diretrizes do IPCC 1996 e IPCC 2006. O consumo de carvão vegetal, reportado em mil tep no BEN, foi convertido para terajoules utilizando o fator de 41,868 TJ/mil tep.

Produção de alumínio

As emissões de CO₂ da produção de alumínio são aquelas decorrentes da redução eletrolítica da alumina (Al₂O₃) em alumínio metálico (Al) através de um ânodo de carbono (C), este último geralmente oriundo de coque de petróleo. Além disso, tal meio eletrolítico é composto de criolita e fluoreto de alumínio (fundentes), substâncias que, por um fenômeno chamado efeito anódico, provocam a ocorrência de emissões de fluorocarbonos (CF₄ e C₂F₆). Essas emissões de gases de efeito estufa são representadas na Figura 3.

Figura 3: Produção de alumínio metálico e processos que geram emissões



As emissões reportadas pelo relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produção de Metais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)** foram estimadas a partir de metodologias distintas conforme a disponibilidade de informações de cada uma das sete plantas produtoras do metal no país.

Dessa forma, o Relatório de Referência apresenta fatores de emissão implícitos específicos para cada rota de produção (*Soderberg* ou *Prebaked Anode*²) que representariam a produção nacional. Esses fatores foram utilizados nas estimativas do SEEG como representado na equação a seguir.

$$E_{g,p,i} = P_{p,i} * Fe_{g,i,t}$$

Onde:

$E_{g,p,i}$	Emissão do gás g, na planta p, no ano i na produção de alumínio (t gás/ano)
$P_{p,i}$	Produção de alumínio metálico na planta p, no ano i (t alumínio/ano)
$Fe_{g,i}$	Fator de emissão implícito do gás g na produção de alumínio no ano i, pela rota tecnológica t (t gás/t alumínio)

Os fatores de emissão utilizados para os anos entre 1990 e 2010 são os mesmos apresentados pelo Relatório de Referência para os três gases: CO₂, CF₄ e C₂F₆. Para o período 1970-1989 foram utilizados os fatores reportados para 1990 e, da mesma forma, os fatores de 2010 foram utilizados para o período entre 2011 e o último ano das estimativas³.

Para o período de 1970 a 2012, a produção física de alumínio de cada planta foi obtida a partir de comunicação direta com a Associação Brasileira de Alumínio (Abal). Já para o período de 2013 a 2022, tal produção foi retirada do **Anuário Estatístico 2022 da Abal (Abal, 2023)**. A obtenção da produção por planta possibilitou a alocação das emissões nas unidades da federação.

² A diferença principal entre as duas rotas tecnológicas se encontra na configuração do ânodo utilizado no processo: na rota com ânodos pré-cozidos (Prebaked Anode) são utilizados blocos de carbono pré-cozido como ânodo, já na rota Soderberg é utilizada uma pasta anódica que é cozida ao longo da redução eletrolítica. No Brasil apenas uma rota tecnológica é utilizada em cada planta.

³ Na década de 1990 houve um esforço da indústria produtora de alumínio para reduzir o efeito anódico, dessa forma, manter constante os fatores de emissão pode ter feito com que as emissões estimadas para o período entre 1970 e 1989 tenham sido subestimadas. Porém, na ausência de dados referentes a esse período, assumiram-se constantes os fatores reportados para 1990.

Produção de magnésio⁴

A produção brasileira de magnésio metálico é baseada no processo sílico-térmico e utiliza a dolomita como matéria-prima. Toda a produção é realizada pela Rima Industrial S.A. em Minas Gerais, dessa forma, as emissões de CO₂ e de SF₆ associadas a esse processo foram alocadas nesse Estado.

As atividades da Rima tiveram início em 1987, porém não foi possível levantar dados referentes à produção de magnésio para o período anterior a 1990. Dessa forma, as emissões entre 1987 e 1989 não foram estimadas.

Consumo de dolomita

Durante o processo sílico-térmico a dolomita sofre reação química semelhante a calcinação, gerando emissões de CO₂. No relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Minerais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**, essas emissões são estimadas pelo produto entre a produção física de magnésio e o fator de emissão *default* apresentado nas *Guidelines 2006* do IPCC (5,13 tCO₂/t magnésio).

A produção física de magnésio entre 1990 e 2011 foi obtida no Relatório de Referência. A produção física entre 2012 e o último ano das estimativas foi levantada nos relatórios produzidos pela Rima para a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC) segundo o Projeto 2486 dentro dos mecanismos de desenvolvimento limpo (MDL) da Convenção⁵.

Consumo de hexafluoreto de enxofre

O magnésio se encontra fundido no final do processo sílico-térmico e, de modo a evitar a oxidação do metal, é utilizado um “gás de cobertura” como proteção. Esse gás, em geral, escapa para a atmosfera e, de acordo com o relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produção de Metais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**, todo o gás utilizado no processo é emitido.

A Rima utilizava o hexafluoreto de enxofre (SF₆) como gás de cobertura e o Relatório de Referência apresenta as emissões decorrentes desse consumo entre 1990 e 2009. Devido

⁴ Apesar dessas emissões serem reportadas pela Comunicação Nacional na categoria “Produtos Minerais”, optou-se por alocá-las em “Produção de Metais” conforme apresentado nas Guidelines 2006 do IPCC.

⁵ <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1239262577.48/view>

a um programa de controle de emissões de gases de efeito estufa, a proteção do metal passou a ser feita com dióxido de enxofre (SO₂). Sendo assim, as emissões de SF₆ por conta dessa atividade passam a ser nulas a partir de 2010.

Produção de ferroligas e de outros metais não-ferrosos

A produção de ferroligas no Brasil é realizada por meio da redução metalúrgica de minérios utilizando agentes redutores carbonados, como carvão vegetal, coque de petróleo, carvão betuminoso e coque de carvão mineral. O processo ocorre em fornos elétricos a arco (EAF), onde o carbono dos combustíveis e dos eletrodos de grafite é consumido para reduzir os óxidos metálicos e produzir diferentes tipos de ferroligas, como ferro-silício (FeSi), ferro-manganês (FeMn) e ferro-cromo (FeCr). No Brasil, a maior parte do combustível utilizado na produção de ferroligas é carvão vegetal, mas o uso de combustíveis fósseis vem aumentando desde 1998.

As emissões de CO₂ na produção de ferroligas foram calculadas utilizando a abordagem Tier 1 do IPCC 2006, com base no consumo de combustíveis redutores. Os dados de consumo foram obtidos no Balanço Energético Nacional (BEN), considerando o uso integral desses combustíveis para aquecimento direto e redução metalúrgica. Não foi possível contabilizar o carbono incorporado nas ferroligas devido à ausência de informações detalhadas sobre a composição final dos produtos.

Para o cálculo das emissões de CH₄, também foi utilizada a abordagem Tier 1, considerando apenas as ferroligas à base de silício, como o ferro-silício (FeSi), que são responsáveis pela maior parte das emissões de metano no setor. O fator de emissão adotado foi de 1 kg CH₄ por tonelada de FeSi produzido, conforme as diretrizes do IPCC 2006.

$$E_{CO_2} = \frac{\sum \text{Combustível redutor} \times FE}{1000}$$

Onde:

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂ (Gg)
$\text{Combustível redutor}$	Consumo do combustível redutor do tipo informado no BEU para aquecimento direto (mil t)
FE	fator de emissão do redutor do tipo informado (tCO ₂ /t redutor tipo)

Os fatores de emissão de CO₂ aplicados para os combustíveis redutores foram: 3,5 t CO₂/t para o coque de petróleo, 3,1 t CO₂/t para o carvão betuminoso (CV 6000), 3,3 t CO₂/t para o coque de carvão mineral e 3,5 t CO₂/t para o carvão vegetal. Esses valores foram

baseados nas diretrizes do IPCC 2006. Para a conversão de volumes em massa, como no caso do coque de petróleo, foi utilizada a densidade de 1,041 t/m³, conforme dados do BEN.

Ao se levantar o consumo de combustíveis redutores para os principais estados produtores de ferro-gusa e aço, foi possível estimar a participação de Minas Gerais, Bahia e São Paulo nas emissões associadas à produção de ferroligas. O restante das emissões nessa atividade não foi alocado.

Outros metais não-ferrosos

A produção de metais não ferrosos no Brasil inclui chumbo (apenas produção secundária), cobre, estanho, níquel, silício metálico e zinco. A maior parte desses processos utiliza combustíveis como redutores de óxidos em fornos durante alguma fase da produção, resultando em emissões de CO₂. O cobre e o zinco, por sua vez, não utilizam redutores em seus processos produtivos e, portanto, não geram emissões significativas de CO₂.

A metodologia para o cálculo das emissões de CO₂ foi baseada na abordagem Tier 1 do IPCC 2006, utilizando o consumo de combustíveis informados no Balanço Energético Nacional (BEN). Esses combustíveis são considerados como usados em aquecimento direto e processos de redução. As emissões da produção de alumínio foram subtraídas do total, pois já estão reportadas em seu respectivo subsetor.

$$E_{CO_2} = \frac{\sum \text{Combustível redutor} \times FE}{1000}$$

Onde:

E_{CO_2}	Emissão de CO ₂ (Gg)
<i>Combustível redutor</i>	Consumo do combustível redutor do tipo informado no BEU para aquecimento direto (mil t)
FE	fator de emissão do redutor do tipo informado (tCO ₂ /t redutor tipo)

Os fatores de emissão de CO₂ utilizados para os combustíveis foram os seguintes: 97.500 kg CO₂/TJ para o coque de petróleo, 94.600 kg CO₂/TJ para o carvão betuminoso (CV6000), 107.000 kg CO₂/TJ para o coque de carvão mineral e 106.519 kg CO₂/TJ para o carvão vegetal. Esses valores foram obtidos a partir das diretrizes do IPCC 2006.

As emissões foram calculadas considerando que o consumo de combustíveis informado no BEN corresponde integralmente a processos de aquecimento direto e redução metalúrgica. Não foi considerado o carbono incorporado nos produtos finais devido à falta de informações detalhadas sobre a composição desses metais.

Também não foram alocadas as emissões associadas à produção de outros metais não-ferrosos. Todos os dados utilizados na elaboração dessas estimativas são apresentados no ANEXO A – Produção de metais: dados necessários para as estimativas de emissões.

2.2 Produtos Minerais

Nesta seção são apresentados a metodologia e os dados necessários à elaboração das estimativas de emissões de CO₂ relacionadas a quatro processos envolvendo produtos minerais: produção de cimento, produção de cal, produção de vidro e consumo de barrilha.

O carbono emitido na forma de CO₂ nessas atividades se encontrava presente em substâncias químicas que possuem o ânion carbonato (CO₃²⁻) em sua estrutura; calcário, dolomita e barrilha, por exemplo. As reações químicas a seguir (descarbonatação térmica do calcário e da dolomita) ilustram essas emissões:

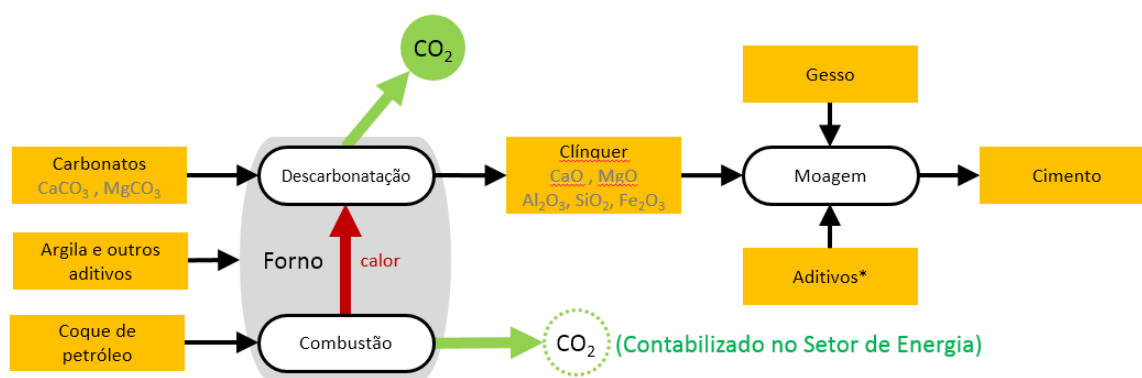


Produção de cimento

As emissões relacionadas à produção de cimento estão associadas à descarbonatação do calcário e da dolomita (CaCO₃ e MgCO₃, respectivamente) nos fornos de clinquerização onde esse mineral se transforma em cal (mistura de CaO e MgO) que é parte integrante do clínquer, matéria-prima da fabricação do cimento. O dióxido de carbono (CO₂) é o outro produto dessa reação.

Não são aqui contabilizadas emissões provenientes da queima de combustíveis nos fornos de clinquerização; essas emissões são reportadas no Setor de Energia, no subsetor industrial Cimento. A Figura 4 ilustra as emissões contabilizadas além de representar o processo produtivo de cimento.

Figura 4: Produção de cimento e processos que geram emissões



O relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Minerais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)** aponta que as emissões de CO₂ foram estimadas através de fatores de emissão baseados no teor de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) presentes no clínquer, na quantidade de aditivos utilizados na produção (escória, *fly ash*, pozolanas e CKD) e na quantidade de carbono orgânico presente nos carbonatos.

Uma vez que esses dados não são disponibilizados no Relatório de Referência, foi adotada uma metodologia simplificada que utiliza fatores de emissão baseados na produção física de clínquer. A equação a seguir representa a metodologia empregada no SEEG para estimar as emissões de cada ano:

$$E_{CO_2} = Prod_{cimento} * X_{clínquer} * Fe_{clínquer}$$

Onde:

E_{CO_2}	Emissão anual de CO ₂ pela produção de cimento (tCO ₂ /ano)
$Prod_{cimento}$	Produção física anual de cimento (t cimento/ano)
$X_{clínquer}$	Teor de clínquer contido no cimento no ano estimado (t clínquer/t cimento)
$Fe_{clínquer}$	Fator de emissão de CO ₂ na produção de clínquer no ano estimado (tCO ₂ /t clínquer)

Dois conjuntos de dados de atividade são necessários na aplicação da equação apresentada: a evolução da produção de cimento e o teor de clínquer presente no cimento ao longo do escopo temporal das estimativas.

A produção física de cimento foi levantada junto ao SNIC (Sindicato Nacional da Indústria do Cimento) através de comunicação direta, do **Relatório Anual 2023 (SNIC, 2024)** e dos

relatórios de Produção Regional disponíveis na página do SNIC⁶. Desta forma, obteve-se a produção anual e por UF de cimento para o período entre 1971 e 2023. Para 1970 a produção por UF não se encontrava disponível e a produção nacional foi obtida através da página do MME (Ministério de Minas e Energia)⁷. A série histórica levantada para essas estimativas é apresentada no ANEXO B – Produção física de cimento.

Parte da produção divulgada para o período 1971-2012 não se encontrava por UF (produção de cimento branco ou ajustes estatísticos); portanto, as emissões associadas à produção dessas quantidades de cimento não foram alocadas. Recentemente, o SNIC voltou a publicar a produção por UF e, portanto, todas as emissões associadas à produção de cimento entre 2013 e 2023 foram alocadas de acordo com esse dado. As parcelas anuais de produção não alocada em cada região foram distribuídas nos estados correspondentes de acordo com sua respectiva participação na produção regional, conforme recomendação do SNIC.

O teor de clínquer contido no cimento foi obtido através dos dados de produção de cimento e de clínquer publicados no Relatório de Referência para o período entre 1990 e 2010; para anos anteriores a 1990 e posteriores a 2010, foram utilizados os teores dos anos mais próximos disponíveis⁸. Apesar de haver diferença entre os teores de clínquer do cimento produzido em cada UF, por falta de informação aplicou-se o teor médio nacional nas estimativas estaduais de emissões.

Os fatores de emissão foram obtidos de maneira semelhante ao teor de clínquer contido no cimento: para o período 1990-2010 utilizaram-se as emissões de CO₂ e a produção de clínquer divulgados no Relatório de Referência, de modo a obter um fator de emissão implícito para cada ano. Para preencher as lacunas restantes na série histórica o procedimento foi o mesmo adotado na obtenção do teor de clínquer; tanto os fatores de emissão implícitos quanto o teor de clínquer utilizados são os mesmos apresentados pelo Relatório de Referência⁹.

⁶ <http://snic.org.br/numeros-industria.php>

⁷ <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores>

⁸ Manter constante para o período 1970-1989 o teor de clínquer apresentado no Relatório de Referência para 1990 subestima as emissões desse período, uma vez que, segundo a tendência apresentada pelos dados do relatório, o teor passou a ser reduzido a partir de 1990. Ainda que essas condições sejam conhecidas, a ausência de dados mais precisos a esse respeito impede que outras premissas sejam assumidas.

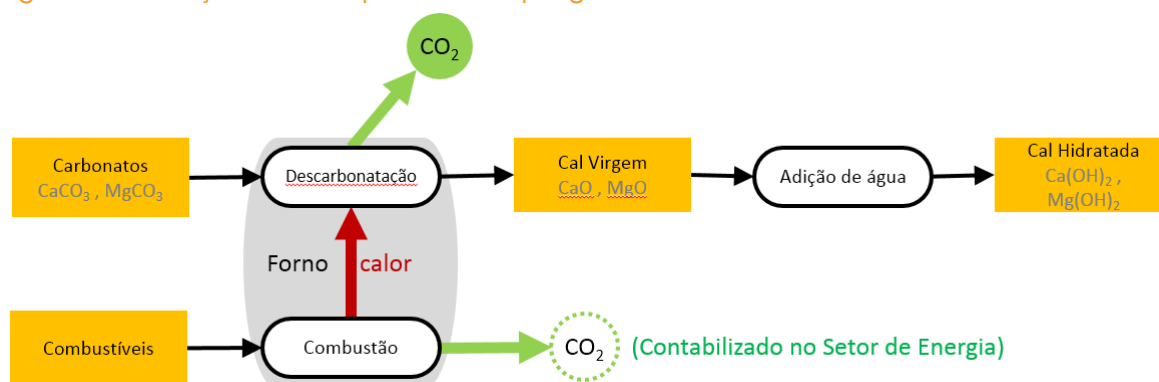
⁹ Assumir que o fator de emissão implícito apresentado no Relatório de Referência se manteve constante entre 1970 e 1989 superestima as emissões desse período, pois não era prática recorrente das indústrias produtoras reinjetar nos fornos o CKD gerado na descarbonatação (cement kiln dust). Dessa forma, ainda que as emissões desses particulados fossem

Produção de cal

A produção de cal é realizada a partir da descarbonatação de carbonatos de cálcio e magnésio (CaCO_3 e MgCO_3). Ambos os minerais (calcários calcíticos e dolomíticos) emitem CO_2 ao serem aquecidos nos fornos de produção de cal. Mais uma vez não são contabilizadas aqui as emissões provenientes do consumo de combustível nos fornos, as quais são reportadas no Setor de Energia.

A Figura 5 representa o processo produtivo da cal virgem (mistura de CaO e MgO) e da cal hidratada (mistura de Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2).

Figura 5: Produção de cal e processos que geram emissões



Segundo o relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Minerais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**, as emissões são estimadas a partir de fatores de emissão específicos para a composição química de cada tipo de cal: calcítica, dolomítica e magnesiana.

$$E_i = Prod_i * Fe_i$$

Onde:

E_i Emissão anual de CO_2 pela produção de cal do tipo i (tCO_2/ano)

$Prod_i$ Produção física anual de cal do tipo i (t cal/ano)

Fe_i Fator de emissão de CO_2 na produção de cal do tipo i ($\text{tCO}_2/\text{t cal}$)

Foram levantadas as séries históricas de produção de cal virgem e hidratada e, a partir das composições químicas médias apresentadas no Relatório de Referência, foram obtidas as

maiores, as emissões de CO_2 seriam menores. Ainda que essas condições sejam conhecidas, a ausência de dados mais precisos a esse respeito impede que outras premissas sejam assumidas.

produções físicas de cal por tipo (calcítica, magnesiana e dolomítica); considera-se que toda a cal virgem é calcítica e que a cal hidratada está dividida em 20% calcítica, 30% dolomítica e 50% magnesiana.

Entre 1990 e 2012 as produções de cal virgem e hidratada são apresentadas no Relatório de Referência. Para o período entre 1970 e 1989, a produção total de cal foi obtida no relatório **Estudos de Referência do Plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral 2030 (MME, 2009) – Perfil da Cal**; a distribuição entre os tipos de cal em 1990 foi adotada para estimar a produção total de cada tipo de cal (virgem e hidratada).

A produção de cal virgem e hidratada entre 2013 e 2014 foi obtida a partir de comunicação pessoal com a ABPC (Associação Brasileira dos Produtores de Cal). O **Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2023 (MME, 2022)** foi usado como fonte de informação para a produção total de cal entre 2017 e o último ano das estimativas e a distribuição entre os tipos de cal em 2014 foi considerada constante nesse período¹⁰.

No ANEXO C são apresentados os dados da produção física de cal, por tipo, utilizados nas estimativas das emissões.

A partir dos dados fornecidos pela ABPC, foi possível estimar a distribuição da produção de cal virgem e hidratado entre os principais estados produtores (Minas Gerais, São Paulo e Paraná¹¹) para os anos entre 2005 e 2014. Essa distribuição é apresentada na Tabela 1. Considerou-se que a distribuição estadual da produção física dos dois tipos de cal foi constante ao longo desse período e entre 2015 e o último ano das estimativas.

Tabela 1: Distribuição da produção de cal entre as UFs

UF (%)	Cal Virgem	Cal Hidratada
MG	80%	32%
SP	1%	35%
PR	9%	14%
Nordeste	10%	19%

¹⁰ A ABPC encerrou suas atividades em 2015 e, com a indisponibilidade de dados, o anuário reportou a mesma produção de 2014 até 2017.

¹¹ A ABPC reporta uma parcela da produção como ocorrida na região Nordeste. Esses dados não são especificados por Unidade da Federação, dessa forma, as emissões associadas a essa parcela da produção não foram alocadas.

O fator de emissão de cada tipo de cal produzida depende da sua composição química, que está diretamente relacionada com o consumo de calcário e dolomita no forno de produção.

A Tabela 2 apresenta a composição química dos três tipos de cal e os fatores de emissão empregados, conforme exposto no Relatório de Referência. Não estavam disponíveis valores referentes à evolução histórica da composição química média dos tipos de cal produzidos no país. Desta forma, utilizou-se a mesma composição ao longo de todo o período. Além disso, foi adotado o valor de 95% para pureza da cal, conforme especificado no relatório de referência.

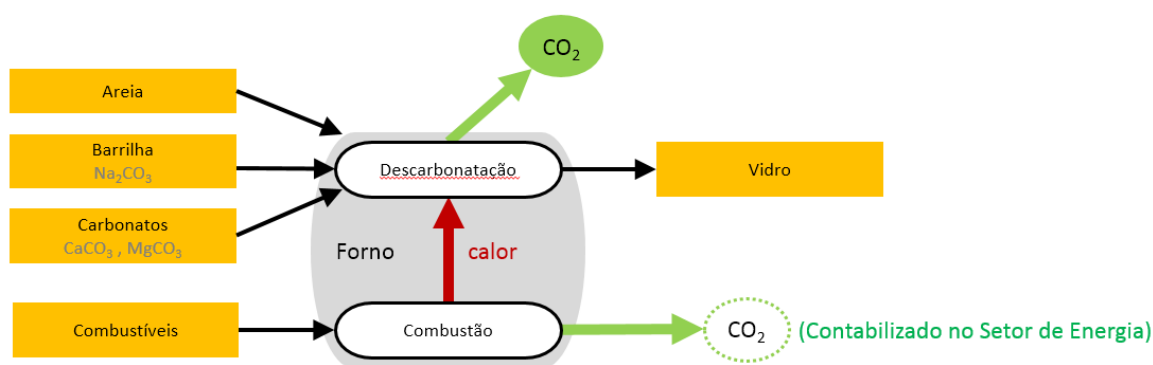
Tabela 2: Composição química e fatores de emissão dos tipos de cal

Tipo de Cal	Composição Mássica Média		Fator de Emissão (tCO ₂ /t cal)
	% CaO	% CaO.MgO	
Calcítica	88,0	12,0	0,800
Magnesianas	46,2	53,8	0,854
Dolomítica	8,2	91,8	0,903

Produção de vidro

Os fornos de produção de vidro consomem, entre outros minerais, calcário e dolomita, os quais emitem CO₂ devido à reação de descarbonatação que ocorre em temperaturas elevadas. As emissões contabilizadas nesta seção dizem respeito apenas a esse consumo. Emissões por consumo de barrilha são estimadas conforme descrito na seção 2.2.4, e emissões geradas pelo consumo de combustível nos fornos são estimadas no Setor de Energia. O processo de produção de vidro e as emissões associadas podem ser representados pelo esquema da Figura 6.f

Figura 6: Produção de vidro e processos que geram emissões



O SEEG utiliza a mesma metodologia apresentada no relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Minerais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**, nela, as emissões são estimadas através da produção física de vidro virgem (diferença entre a quantidade total de vidro produzida e a quantidade de vidro reciclado) conforme a equação a seguir:

$$E_{CO_2,i} = Prod_{vidro\ virgem} * X_i * Fe_{CO_2,i}$$

Onde:

$E_{CO_2,i}$	Emissão anual de CO ₂ pelo consumo do carbonato <i>i</i> na produção de vidro virgem (tCO ₂ /ano)
$Prod_{vidro\ virgem}$	Produção física anual de vidro virgem (t vidro/ano)
X_i	Consumo específico do carbonato <i>i</i> na produção de vidro virgem (t carbonato/t vidro)
$Fe_{CO_2,i}$	Fator de emissão de CO ₂ do consumo do carbonato <i>i</i> na produção de vidro virgem (tCO ₂ /t carbonato)

O Relatório de Referência apresenta a evolução da produção física de vidro. No que diz respeito às estimativas para o período anterior a 1990, estimou-se a produção total de vidro a partir da extrapolação por uma função exponencial obtida através dos valores disponíveis para o período 1990-2016 como uma forma provisória de estimar essa variável devido à ausência de informações mais precisas para o período. A produção de vidro virgem do período anterior foi estimada através da porcentagem de vidro reciclada apresentada no Relatório de Referência para 1990 (11%).

O consumo específico foi obtido no Relatório de Referência e é apresentado como sendo 10% para o calcário, 2% para a dolomita e 15% para a barrilha.

Não foi possível levantar dados para que as emissões pudessem ser alocadas nas UFs com a qualidade necessária para estimativas confiáveis.

Os fatores de emissão são os mesmos apresentados nas estimativas de emissões geradas pelo consumo de fundentes em altos-fornos: 0,440 tCO₂/t calcário, 0,477 tCO₂/t dolomita e 0,415 tCO₂/t barrilha.

Consumo de barrilha

Além das emissões associadas à produção de vidro, o consumo de barrilha (Na₂CO₃) também é responsável por emissões relacionadas às indústrias de papel e celulose e de produção de sabões e detergentes, além do uso no tratamento de água.

A metodologia empregada pelo SEEG é a mesma utilizada no relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Minerais – Relatório de Referência (MCTI, 2020)** que estima as emissões de CO₂ como sendo o produto entre o consumo de barrilha em toneladas e o fator de emissão em tCO₂/tNa₂CO₃.

Para os anos entre 1990 e 2016 o consumo de barrilha foi levantado no Relatório de Referência, para os demais anos o dado foi obtido em versões do **Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim)**¹² conforme listado na Tabela 4. No ANEXO D – Produção, importação, exportação e consumo de barrilha são apresentados os dados de atividade utilizados nas estimativas.

O fator de emissão é apresentado também no Relatório de Referência e se baseia na proporção estequiométrica 1 mol CO₂: 1 mol Na₂CO₃ da reação de consumo de barrilha (0,415tCO₂/tNa₂CO₃).

Não foi possível levantar dados para que as emissões pudessem ser alocadas nas UFs com a qualidade necessária para estimativas confiáveis.

Produção de magnésia não metalúrgica

A produção de óxido de magnésio (MgO), conhecido como magnésia, ocorre por meio da calcinação da magnesita (MgCO₃) ou da dolomita (CaMg(CO₃)₂). Além disso, a magnésia pode ser extraída de fontes não minerais, como salmouras e água marinha. O setor siderúrgico representa a maior parte do consumo de magnésia para refratários, absorvendo aproximadamente 70% da produção total, enquanto os segmentos de fundição, cimento, vidro e química também apresentam consumo significativo.

¹² Os Anuários da Abiquim e o Relatório de Referência apresentam os dados de produção, importação e exportação de barrilha ao longo do tempo, o consumo é estimado como sendo produção + importação – exportação.

A metodologia para estimativa das emissões segue a abordagem baseada no relatório de referência, considerando a quantidade de magnesita beneficiada e submetida à calcinação. O fator de emissão adotado é o default do IPCC 2006, de 0,52197 t CO₂/t magnesita calcinada. As informações sobre a produção, importação e exportação de magnesita beneficiada foram obtidas a partir do Balanço Mineral Brasileiro, 2022.

2.3 Indústria Química

As emissões relacionadas às atividades da indústria química estimadas no setor de Processos Industriais são aquelas denominadas como emissões de processo, ou seja, os gases estimados são subprodutos dos processos de produção de outras substâncias químicas. A Tabela 3 resume as substâncias químicas cujas emissões associadas aos processos de produção foram estimadas e os respectivos gases de efeito estufa emitidos.

Tabela 3: Substâncias químicas e GEEs emitidos em seus processos de produção

Substância Química	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x	COVN M
Amônia	X					
Ácido Nítrico			X		X	
Ácido Adípico			X	X	X	
Caprolactama			X			
Carbureto de Cálcio	X					
Metanol	X	X				
Etileno	X	X				X
Dicloroetano e Cloreto de Vinila	X	X				X
Óxido de Eteno	X	X				
Acrilonitrila	X	X				X
Coque de Petróleo Calcinado		X				
Negro-de-fumo	X	X			X	
Ácido Fosfórico	X					
Outros Produtos Químicos ¹³						X

¹³ Inclui a produção de Resinas ABS, Anidrido Ftálico, Borracha de Butadieno Estireno (SBR), Estireno, Etilbenzeno, Formaldeído, Policloreto de Vinila (PVC), Poliestireno, Polietileno (PEAD, PEBD, PELBD), Polipropileno e Propeno.

Em alguns dos processos que geram emissões de CO₂, o carbono presente nesse gás é proveniente de biomassa que é utilizada como matéria-prima; se assume que essas emissões tenham sido compensadas pela absorção de CO₂ ocorrida no processo de fotossíntese que gerou a biomassa. Segundo a metodologia do IPCC, emissões de CO₂ associadas a queima ou uso de biomassa são contabilizadas nos setores de Mudança de Uso da Terra e Agropecuária. No que diz respeito aos outros gases de efeito estufa, as emissões de biomassa também devem ser contabilizadas.

De modo geral, as emissões foram estimadas baseando-se em dois conjuntos de dados: fatores de emissão e produção física de substâncias químicas. A equação a seguir representa a metodologia empregada.

$$E_{g,p} = Prod_p * Fe_{g,p}$$

Onde:

$E_{g,p}$	Emissão anual do gás g pela produção da substância química p (t gás/ano)
$Prod_p$	Produção física anual da substância química p (t substância/ano)
$Fe_{g,p}$	Fator de emissão do gás g na produção da substância química p (t gás/t substância)

A produção física das substâncias químicas de interesse foi levantada através das edições disponíveis do Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim) e do relatório Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência (MCTI, 2020) de modo a preencher a série histórica do escopo temporal das estimativas do SEEG.

A Tabela 4 resume as fontes de informação utilizadas para a maioria das substâncias químicas. No ANEXO E – Produção física de substâncias químicas são apresentados os valores utilizados na formulação das estimativas realizadas por tipo de produto.

Tabela 4: Fontes de informação da produção física de substâncias químicas

Período	Fonte de Informação
1970-1971	Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim, 1973)
1972-1973	Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim, 1974)
1974-1984	Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim, 1985)
1985-1989	Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim, 1990)
1990-2016	Relatório de Referência do 4º Inventário Nacional (MCTI, 2020)
2017-2023	Indústria Química Brasileira (Abiquim, 2023)

Para alguns produtos essas fontes de informação não foram suficientes para obter os dados de atividade necessários às estimativas, as adaptações realizadas são listadas nas seções a seguir.

Produção de amônia

Processos que geram emissões

São estimadas emissões de CO₂ originadas durante a produção de hidrogênio (insumo da produção de amônia) a partir de gás natural, resíduo asfáltico, gás de refinaria e nafta; é possível obter hidrogênio a partir de etanol, porém nesse caso as emissões líquidas de CO₂ associadas são consideradas nulas. Segundo o relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**, cerca de 10% da produção de amônia é destinada à síntese de aminas e outros compostos orgânicos, incluindo fluidos refrigerantes que substituem substâncias destruidoras da camada de ozônio, além da produção de ureia grau técnico utilizada como insumo químico em diferentes processos industriais.

O fator de emissão utilizado nas estimativas representa uma média das medições realizadas por cada uma das empresas produtoras uma vez que as emissões são dependentes da matéria-prima utilizada na produção de hidrogênio. Para todo o escopo temporal das estimativas o fator de emissão foi 1,46 tCO₂/t amônia, conforme apresentado no relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**. O desconto do CO₂ utilizado na produção de ureia foi calculado utilizando o fator de emissão de 0,20 t C/t ureia, conforme adotado no setor Agropecuário. A conversão do carbono para CO₂ seguiu o fator estequiométrico 44/12.

No Brasil, a produção de amônia ocorre em seis UFs: Bahia, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Sergipe e São Paulo, conforme o **Guia da Indústria Química Brasileira 2014 (Abiquim, 2015)**. A produção física de amônia não se encontra disponibilizada para cada UF. Assim, simplificada, distribui-se a produção nacional proporcionalmente aos valores de capacidade instalada de cada uma das plantas ao longo do tempo de acordo com os valores reportados nas edições do **Anuário da Indústria Química Brasileira (Abiquim)**. Dessa forma, todas as emissões pela produção de amônia foram alocadas.

Produção de ácido nítrico

A produção tradicional de ácido nítrico (HNO₃) é baseada na oxidação catalítica da amônia com o ar seguida da reação dos produtos da oxidação com água (processo de Ostwald),

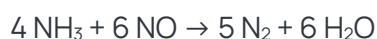
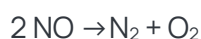
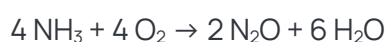
essas reações são responsáveis pelas emissões de NO_x do processo; além delas, parte da amônia participa de reações paralelas indesejáveis. Em uma delas o óxido nitroso (N₂O) é um subproduto.

As reações mencionadas são representadas a seguir:

- Sequência de reações de oxidação catalítica da amônia e produção do HNO₃:



- Reações paralelas indesejáveis:



Parte das plantas no país produzem ácido nítrico sob condições de alta pressão, rota tecnológica que não provoca emissões de NO_x e N₂O. Dessa forma, a produção física utilizada nas estimativas deve representar apenas aquela associada às plantas responsáveis pelas emissões. Para o período entre 1990 e 2010 esses dados foram obtidos no relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**; para períodos anteriores a 1990 e posteriores a 2010 foram utilizadas as proporções dos anos mais próximos disponíveis entre a produção responsável por emissões e a produção total levantada conforme a Tabela 4 (70% em 2010 e 75% em 1990).

Segundo o Relatório de Referência, no que diz respeito às emissões de N₂O das plantas que não utilizam a rota tecnológica de alta pressão, foram feitas medições reais de emissões através de projetos de controle de emissões¹⁴ ou foi aplicado o fator de emissão default apresentado nas Guidelines 2006 do IPCC através do método Tier 1. Uma vez que

¹⁴ Plantas PAN2 e PAN4, da Fosfertil e planta de Paulínia, da Rhodia.

esses dados não estão explicitados no relatório, foi estimado um fator de emissão implícito através da produção de ácido nítrico pelas plantas que não são de alta pressão e as emissões reportadas pelo relatório de referência para o período entre 1990 e 2010. As emissões anteriores a 1990 foram estimadas pelo fator calculado para 1990 ($6,12 \text{ kgN}_2\text{O/tHNO}_3$), e as posteriores a 2010, pelo fator calculado para 2010 ($2,22 \text{ kgN}_2\text{O/tHNO}_3$)¹⁵. Projetos de controle de emissões de GEE ocorridos após 2010 não foram considerados e poderão ser incorporados nas próximas versões do SEEG.

As emissões de NO_x foram estimadas através do fator apresentado no Relatório de Referência, específico para as condições nacionais de produção que leva em conta o controle de emissões desses gases no país: $1,75 \text{ kgNO}_x/\text{tHNO}_3$.

Uma vez que a produção de ácido nítrico em cada UF não está publicamente disponível, utilizou-se metodologia similar à apresentada na alocação das emissões provenientes da produção de amônia, onde assumiu-se que a produção local é proporcional à respectiva capacidade instalada. Dessa forma, foi possível distribuir as emissões nacionais entre as UFs produtoras de HNO_3 : Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo.

Produção de ácido adípico

A única planta responsável pela produção nacional de ácido adípico realiza o processo em dois estágios: oxidação do cicloexano para produzir a mistura cicloexanona/cicloexanol, seguida da oxidação do cicloexanol através do ácido nítrico; nesta última etapa é emitido óxido nitroso. Por meio de um projeto de controle de emissões foi construída uma instalação de decomposição térmica do N_2O em N_2 , reduzindo drasticamente as emissões desse GEE a partir de 2007.

As emissões de N_2O foram estimadas através de fatores de emissão levantados no projeto de controle de emissões: $0,27 \text{ tN}_2\text{O/t}$ ácido adípico para o período 1990-2006 e variando entre $0,0064$ e $0,00155 \text{ tN}_2\text{O/t}$ ácido adípico para o período 2007-2010 (estimados fatores de emissão implícitos através dos dados do Relatório de Referência). O fator de 2010 foi fixado para os anos posteriores e o fator levantado para 1990 foi fixado para os anos anteriores.

¹⁵ Após 2010, alterações nos processos produtivos de algumas plantas, que implicariam em mudanças no fator de emissão, mas que, por falta de informações prontamente disponíveis, essas alterações não foram levadas em conta nesta versão do SEEG.

Os fatores de emissão de CO e NO_x levam em conta o controle de emissões desses gases no país, sendo 16 kgCO e 5 kgNO_x/t ácido adípico, conforme publicado no Relatório de Referência.

A produção física dessa substância possui as mesmas fontes de informação apresentadas na Tabela 4, excetuando o ano de 2011. Todas as emissões foram alocadas em São Paulo, UF onde se localiza a planta responsável por toda a produção nacional de ácido adípico.

Produção de caprolactama

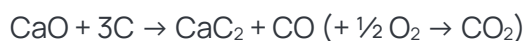
A planta responsável pela produção nacional de caprolactama encerrou suas atividades em 2010. Essa produção era realizada através da hidrogenação do benzeno a cicloexano, seguida da oxidação deste composto a cicloexanona e cicloexanol através de HNO₃ (emissões de N₂O ocorrem nesta etapa); por fim o cicloexanol é desidrogenado e, após essa etapa, reagido com sulfato.

Segundo o Relatório de Referência, foi levantado um fator de emissão pela metodologia Tier 3 – Guidelines 2006 (medições diretas) e aplicado para todo o escopo temporal: 6 kgN₂O/t caprolactama; esse mesmo fator foi utilizado na elaboração das estimativas.

O único estado responsável pela produção de caprolactama no país foi a Bahia; assim, todas as emissões nacionais foram alocadas nessa UF.

Produção de carbureto de cálcio

A produção nacional de carbureto de cálcio é realizada através da redução da cal (CaO) com coque de petróleo ou carvão vegetal (C). As emissões relacionadas à produção de cal (descarbonatação do calcário) são contabilizadas no subsetor de Produtos Minerais (seção 2.2.2). Já as associadas à redução da cal através de coque de petróleo¹⁶ devem ser alocadas como processos da indústria química. Essas emissões estão associadas às seguintes reações químicas:



Tanto os dados de produção física de carbureto de cálcio quanto os fatores de emissão associados não são publicados pela única fabricante no Brasil, que os classifica como

¹⁶ Na rota do carvão vegetal, as emissões não são contabilizadas por se tratar de uma fonte renovável de carbono.

confidenciais no Relatório de Referência. Dessa forma, para o período entre 1990 e 2016, as emissões reportadas pelo SEEG são as mesmas apresentadas pelo 4º Inventário Brasileiro. Segundo o relatório de referência da Comunicação Nacional, as emissões começaram a ocorrer em 1995. As emissões anteriores a esse ano foram consideradas nulas.

A ausência de informações a respeito dos dados necessários à elaboração das estimativas impossibilitou qualquer alocação das emissões associadas à produção de carbureto de cálcio.

Produção de metanol

O metanol é produzido no país através da síntese em altas e baixas pressões, utilizando como matéria-prima o gás natural (metano é o componente majoritário da mistura que compõem esse combustível) e o dióxido de carbono. As principais emissões de GEE decorrentes desse processo são das próprias matérias-primas (CH_4 e CO_2).

Os fatores de emissão aplicados para todo o período são aqueles apresentados pelo IPCC para a utilização da metodologia *Tier 1*: 0,267 t CO_2 e 2,3kg CH_4 /t metanol. As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de etileno

De modo geral o etileno é produzido através do craqueamento de matérias-primas petroquímicas. Essa rota de produção gera ainda propileno, butadieno e compostos aromáticos. No Brasil é utilizada a nafta, em geral, na reação de craqueamento; em 2004 passou a ser utilizado o gás natural como outra fonte através do processo de pirólise. Nessa rota são emitidos CO_2 , CH_4 e COVNM.

Os fatores de emissão de CO_2 e de CH_4 utilizados são os mesmos apresentados pelo Relatório de Referência. Segundo o relatório, são fatores *Tier 1* apresentados nas *Guidelines* 2006 do IPCC como fatores default, com as correções apropriadas para o processo de craqueamento a vapor existente na América do Sul; além das variações temporais do fator relacionado às emissões de metano.

Até 2005 os fatores utilizados eram 1,73 kg CO_2 /t etileno e 3 kg CH_4 /t etileno. A partir de 2006 o fator de CO_2 passou a ser 1,74 kg CO_2 /t etileno; já os de metano foram 3,54 kg CH_4 /t etileno para o período 2006-2009 e 3,25 kg CH_4 /t etileno para os anos posteriores. As emissões de compostos orgânicos voláteis não-metânicos (COVNM) são estimadas através dos fatores default das *Guidelines* 1996: 1,4 kgCOVNM/t etileno.

As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de dicloroetano e cloreto de vinila

Plantas de produção de dicloroetano e cloreto de vinila (MVC¹⁷) podem operar através do processo balanceado entre os dois produtos, por meio da rota tecnológica de cloração direta e oxicloração do eteno. A conversão de eteno não é igual a 100% e a fração não-reagida é convertida a CO₂ antes de ser emitida à atmosfera de modo a atender exigências de controle ambiental, gerando emissões de COVNM, CO₂ e CH₄.

Os fatores de emissão de CO₂ e CH₄ empregados são baseados na produção de cloreto de vinila através da metodologia *Tier 1* das *Guidelines 2006* e apresentados no Relatório de Referência: 0,294 tCO₂/tMVC e 0,0226 kgCH₄/tMVC.

Emissões de COVNM são estimadas em separado para cada um dos produtos segundo o Relatório de Referência: 8,5 kgCOVNM/tMVC (definido pelos autores do relatório e pela Abiquim) e 2,2 kgCOVNM/t dicloroetano (*Guidelines 1996*).

As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de óxido de eteno

No Brasil, o óxido de eteno é produzido por meio oxidação direta do eteno com ar. Nesse processo são emitidos dióxido de carbono e metano.

O fator de emissão de dióxido de carbono foi estimado pelo método Tier 2 das *Guidelines 2006* do IPCC (balanço de massa do carbono no processo produtivo); já as emissões de metano utilizaram o fator default. O Relatório de Referência apresenta os seguintes valores: 0,52 tCO₂/t óxido de eteno e 1,79 kgCH₄/t óxido de eteno

As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de acrilonitrila

Por meio da tecnologia Sohio de reação catalítica entre propeno, amônia e ar são produzidos acrilonitrila (produto principal), acetonitrila e ácido cianídrico (produtos secundários). A chamada amoniação do propeno não possui rendimento 100% na produção da acrilonitrila. Desta forma, uma parcela é convertida para dióxido de carbono ou para outros hidrocarbonetos (metano e COVNM) através da oxidação direta.

¹⁷ Monocloreto de vinila.

Os valores indicados pelo Relatório de Referência e utilizados nas estimativas do SEEG são: 0,2325 tCO₂/t acrilonitrila; 0,18 kgCH₄/t acrilonitrila e 1 kgCOVNM/t acrilonitrila.

A produção nacional dessa substância é feita exclusivamente na Bahia; sendo assim, todas as emissões nacionais foram alocadas nesse Estado.

Produção de coque de petróleo calcinado

O coque de petróleo calcinado é utilizado como anodo na eletrólise da alumina para a produção de alumínio metálico. Este coque calcinado é produzido a partir de um processo de transformação do coque verde de petróleo grau anodo. Trata-se de um processo térmico que reduz o teor de matéria volátil do coque original. Essa matéria volátil é constituída essencialmente por metano, que é emitido à atmosfera¹⁸.

A produção física foi levantada conforme a Tabela 4 para o período a partir de 1990 e mantida constante a produção de 1990 para o período entre 1985-1989, por simplificação na indisponibilidade de dados.

O fator de emissão utilizado é proveniente das *Guidelines 1996* do IPCC e o valor apresentado no Relatório de Referência é 0,5 kgCH₄/t coque.

O único Estado produtor de coque de petróleo calcinado é São Paulo. Assim, todas as emissões nacionais foram alocadas ali.

Produção de negro de fumo

A produção nacional de negro-de-fumo é baseada na oxidação parcial de resíduos aromáticos e óleo combustível pesado (fontes de hidrocarbonetos). É produzido um gás de purga destinado à geração de calor e, então, são emitidos CO₂, CH₄ e NO_x.

Os fatores de emissão de CO₂ foram estimados através do método *Tier 2*, CH₄ através do *Tier 1* e NO_x por meio de fator de emissão determinado pela Abiquim no âmbito da 4ª Comunicação Nacional. O Relatório de Referência apresenta os seguintes valores: 2,62 tCO₂/t negro-de-fumo, 0,06 kgCH₄/t negro-de-fumo e 0,14 tCO₂/kg negro-de-fumo.

¹⁸ Coque verde de petróleo grau anodo ■ CALCINAÇÃO ■ Coque de petróleo calcinado + CH₄

As fontes de informação utilizadas para a produção estão detalhadas na Tabela 4 para o período até 2023. As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de ácido fosfórico

A produção do ácido é feita através da reação entre a rocha fosfática e o ácido sulfúrico. Essa reação faz com que o carbonato de cálcio presente na rocha reaja com o ácido e forme CO_2 e gesso agrícola.

Os fatores de emissão de CO_2 foram elaborados através de composições químicas médias das rochas fosfáticas nacionais e é apresentado no Relatório de Referência como $0,02 \text{ kgCO}_2/\text{t}$ rocha fosfática.

A produção física foi levantada pelo relatório de referência da comunicação nacional para o período entre 1990 e 2012. Por simplificação, a produção de 2012 foi mantida constante para o período entre 2013 e o último ano das estimativas. Para o período anterior a 1990, ela foi estimada através da tendência da evolução temporal da produção física no período 1990-2005, como forma provisória de estimar essa variável devido à ausência de informações mais precisas para o período. As emissões associadas a esse processo produtivo não foram alocadas em UFs.

Produção de outros produtos químicos

Uma série de outros produtos tiveram as emissões de COVNM relacionadas a sua produção estimadas através de fatores de emissão apresentados nas Guidelines 1996 do IPCC em geral. Os produtos que tiveram essas emissões estimadas são: resinas ABS, anidrido ftálico, borracha de butadieno estireno (SBR), estireno, etilbenzeno, formaldeído, policloreto de vinila (PVC), poliestireno, polietileno (PEAD, PEBD e PELDB), polipropileno e propeno.

Para alguns casos foram utilizados fatores derivados de tecnologias sugeridas pelo projeto Corinair, o inventário europeu de emissões (anidrido ftálico, policloreto de vinila e poliestireno) ou determinados pela Abiquim e pelos autores do Relatório de Referência (borracha de butadieno estireno - SBR).

A produção física desses produtos foi levantada conforme a Tabela 4 e através de simplificações no caso de ausência de dados (regressões lineares ou produções fixadas para o período conhecido):

- Resinas ABS: produção física entre 1985 e 1989 estimada por interpolação linear dos valores de 1984 e 1990;

As emissões associadas a esses processos produtivos não foram alocadas em UFs.

2.4 Emissões de HFCs

Uma determinada gama de hidrocarbonetos halogenados, ou halocarbonos¹⁹ é utilizada como fluidos refrigerantes²⁰ em equipamentos de refrigeração ou como gás em aerossóis²¹. Tratam-se dos compostos que contém cloro (Cl) e flúor (F). Os hidrofluorcarbonos (HFCs) passaram a ser usados em substituição aos clorofluorcarbonos (CFCs) e hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), após as determinações de restrição de uso destes dois últimos pelo Protocolo de Montréal, em 1987.

As emissões de HFCs podem ocorrer durante o processo produtivo de halocarbonos e durante a montagem, o uso ou o descarte de produtos que contenham HFCs.

O relatório Setor processos industriais e uso de produtos subsector gases substitutos para as substâncias destruidoras da camada de ozônio (ODS) (MCTI, 2020) apresenta as emissões potenciais dos gases HFCs para o período entre 1990 e 2016 e essas emissões são reportadas pelo SEEG. As emissões não foram alocadas nas unidades da federação (UFs).

Para os anos anteriores a 1990, assumiu-se que o consumo desses gases não foi relevante; dessa forma, as emissões reportadas para esses anos são nulas. Para o período a partir de 2017, as emissões foram estimadas por extrapolação (regressões lineares) com o uso da ferramenta Microsoft Excel. Exceção se faz às emissões de ar-condicionado veicular, que foram calculadas de maneira proporcional à venda anual de veículos novos considerando como base o ano de 2016.

Os gráficos das seções 2.4.1 a 2.4.8 apresentam as emissões históricas de HFCs e as extrapolações adotadas para o período 2017-2022 para cada um dos gases e fontes de emissão.

¹⁹ Halocarbono é qualquer hidrocarboneto (composto químico formado exclusivamente por átomos de hidrogênio e carbono) combinado com qualquer dos 5 elementos da família VIIA da tabela periódica (flúor – F, cloro – Cl, bromo – Br, iodo – I, astato – At).

²⁰ Fluidos refrigerantes usados no ciclo termodinâmico de compressão de vapor (Rankine reverso).

²¹ Aerossol é uma mistura de substâncias líquidas com gás em um recipiente, onde o gás impulsiona o líquido para fora quando um mecanismo é ativado (por exemplo: spray).

Emissões da refrigeração doméstica

Gráfico 1: Evolução das emissões de HFC-134a na Refrigeração doméstica - Montagem e tendência estimada

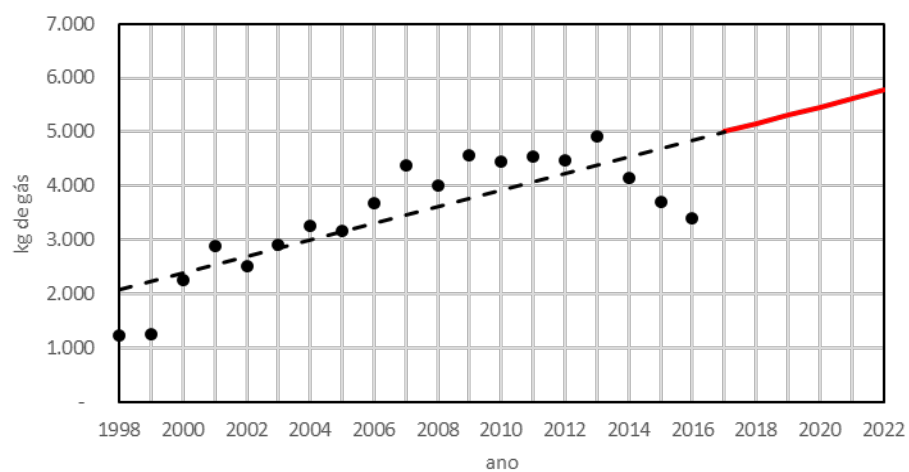
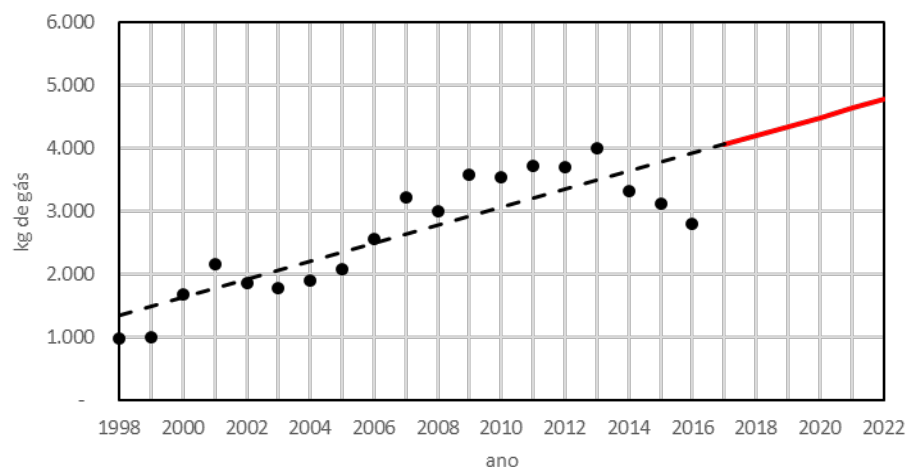


Gráfico 2: Evolução das emissões de HFC-134a na Refrigeração doméstica - Uso e tendência estimada



Congelador comercial

Gráfico 3: Evolução das emissões de HFC-134a no Congelador comercial - Montagem e tendência estimada

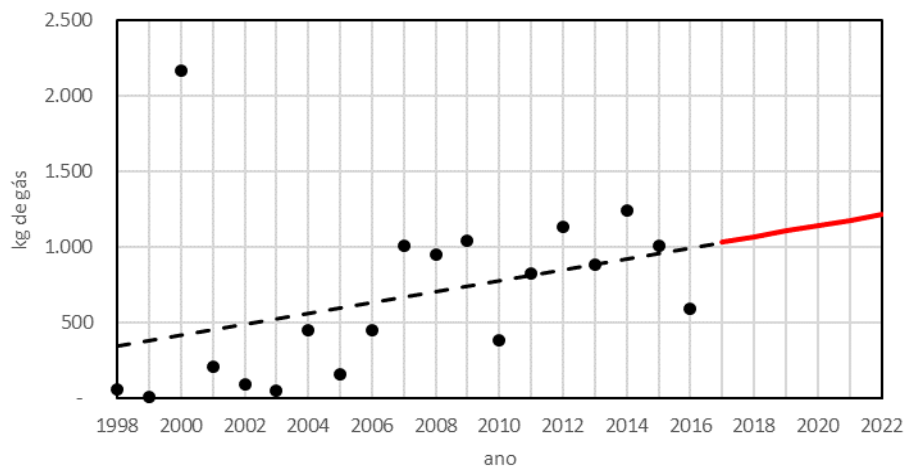
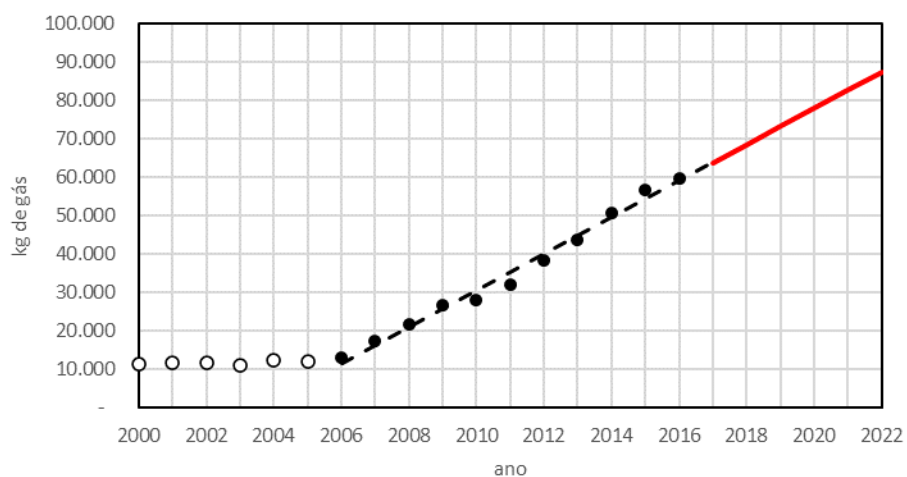


Gráfico 4: Evolução das emissões de HFC-134a no Congelador comercial - Uso e tendência estimada



Vitrinas e câmaras frigoríficas

Gráfico 5: Evolução das emissões de HFC-134a em Vitrinas e câmaras frigoríficas - Montagem e tendência estimada

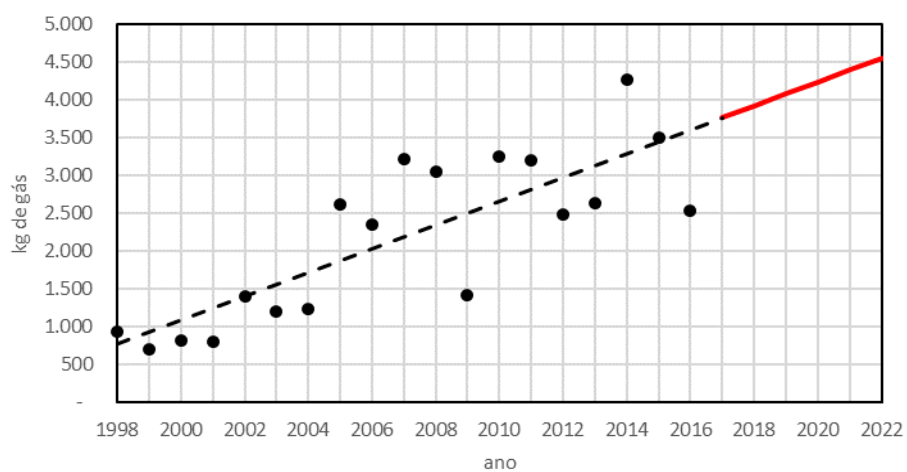
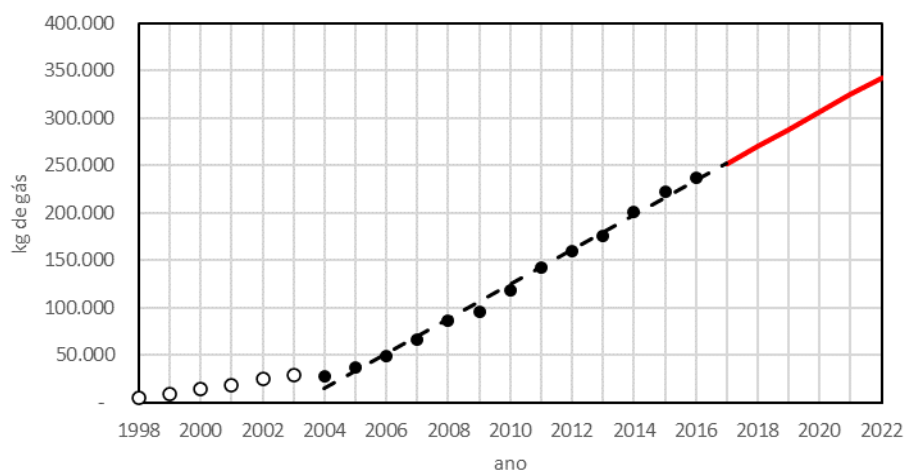


Gráfico 6: Evolução das emissões de HFC-134a em Vitrinas e câmaras frigoríficas - Uso e tendência estimada



Resfriamento de águas, sucos e bebedouros

Gráfico 7: Evolução das emissões de HFC-134a no Resfriamento de águas, sucos e bebedouros - Montagem e tendência estimada

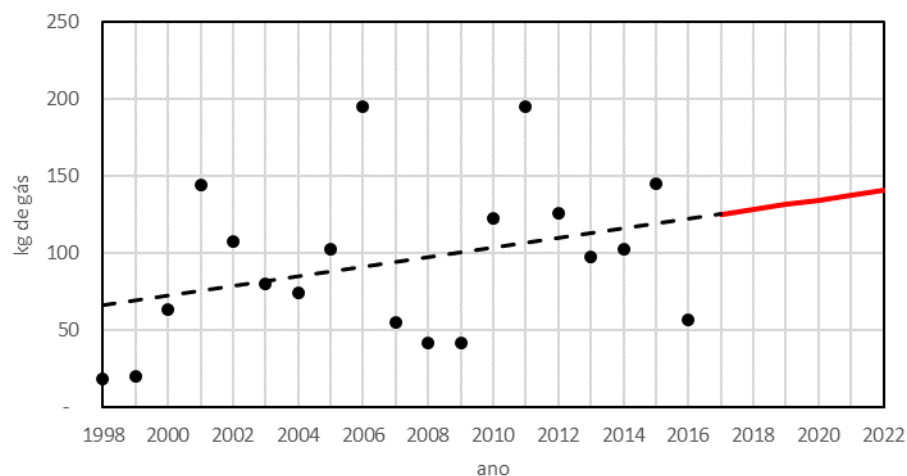
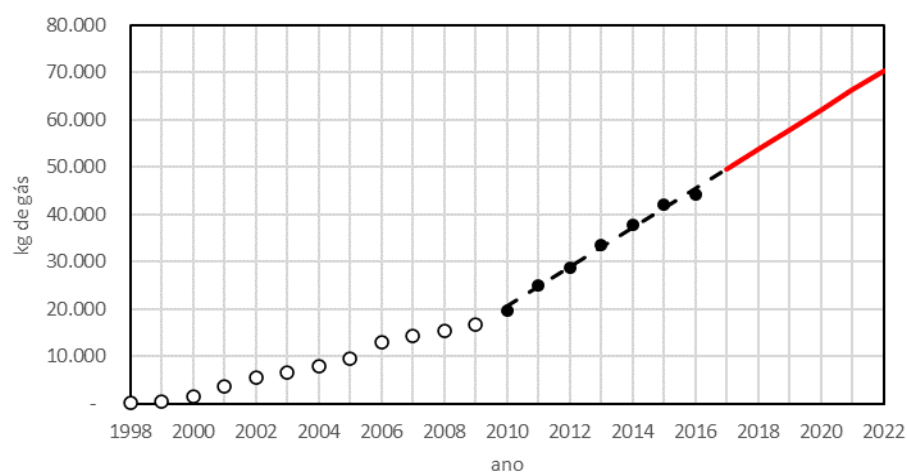


Gráfico 8: Evolução das emissões de HFC-134a no Resfriamento de águas, sucos e bebedouros - Uso e tendência estimada



Ar-condicionado Split

Gráfico 9: Evolução das emissões de HFC-32 em Ar-condicionado Split - Montagem e tendência estimada

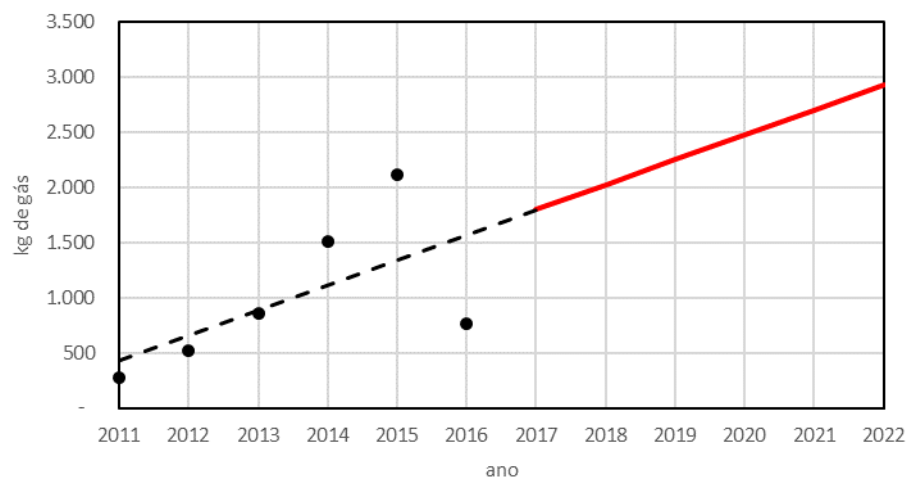
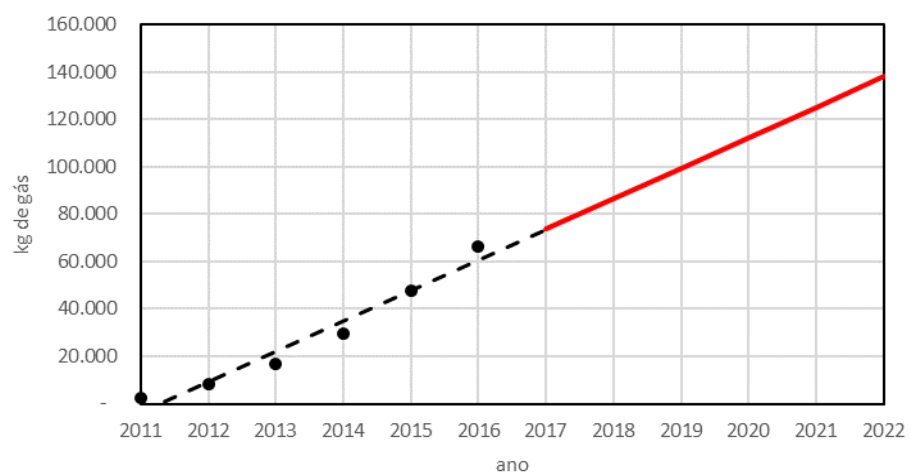


Gráfico 10: Evolução das emissões de HFC-32 em Ar-condicionado Split - Uso e tendência estimada



Ar-condicionado central (VRF)

Gráfico 11: Evolução das emissões de HFC-32 em Ar-condicionado central (VRF) - Montagem e tendência estimada

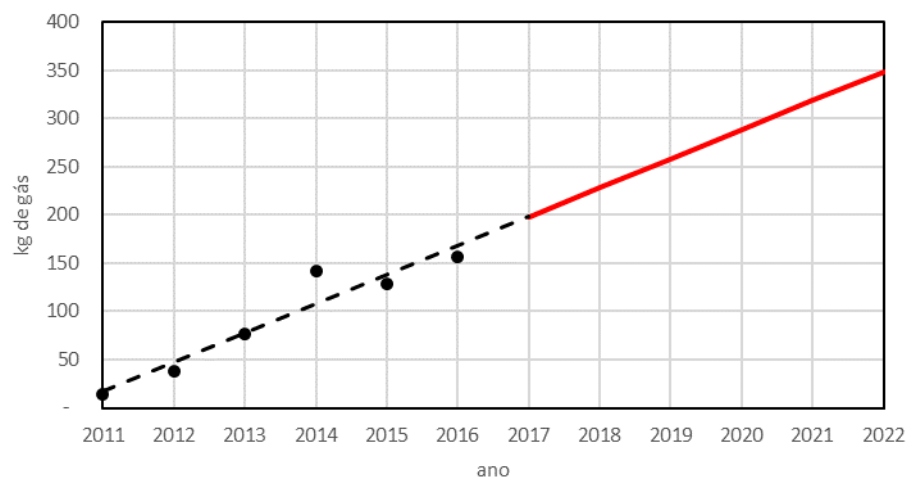
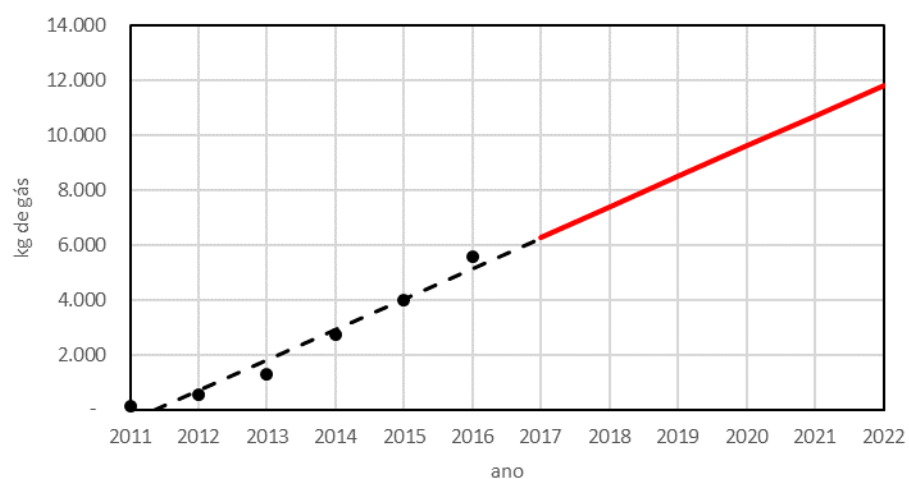


Gráfico 12: Evolução das emissões de HFC-32 em Ar-condicionado central (VRF) - Uso e tendência estimada



Chillers

Gráfico 13: Evolução das emissões de HFC-134a em Chillers – Montagem e tendência estimada

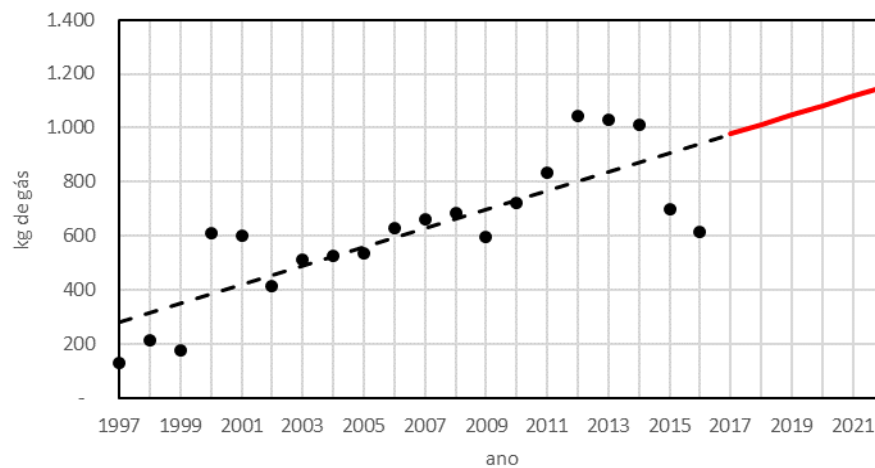
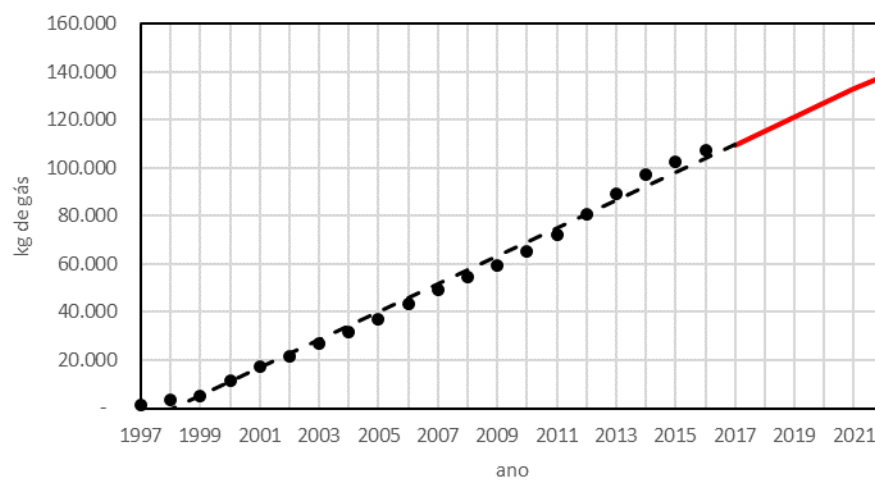


Gráfico 14: Evolução das emissões de HFC-134a em Chillers – Uso e tendência estimada



Ar-condicionado veicular

Gráfico 15: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Automóveis) - Montagem e tendência estimada

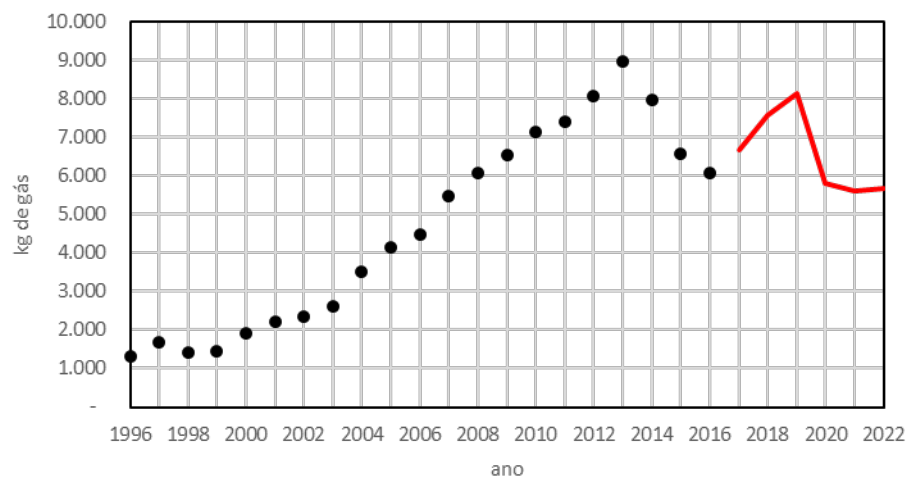


Gráfico 16: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Automóveis) - Uso e tendência estimada

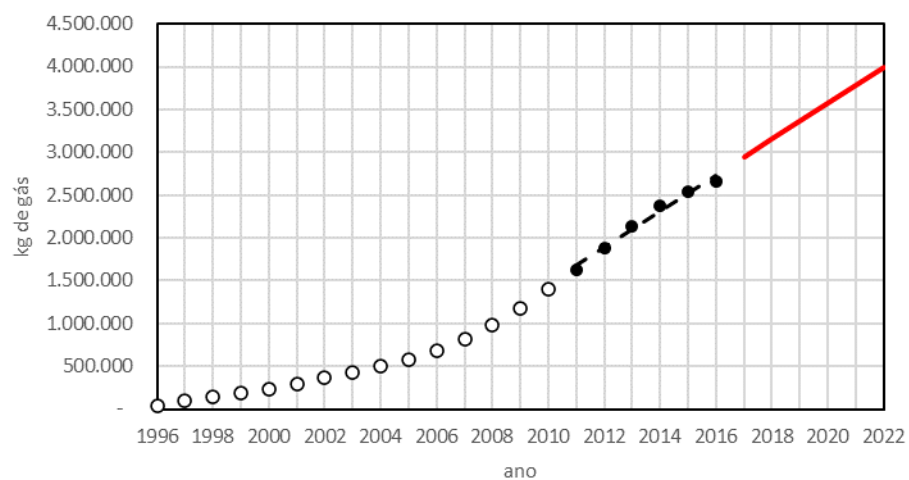


Gráfico 17: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Automóveis) - Sucateamento e tendência estimada

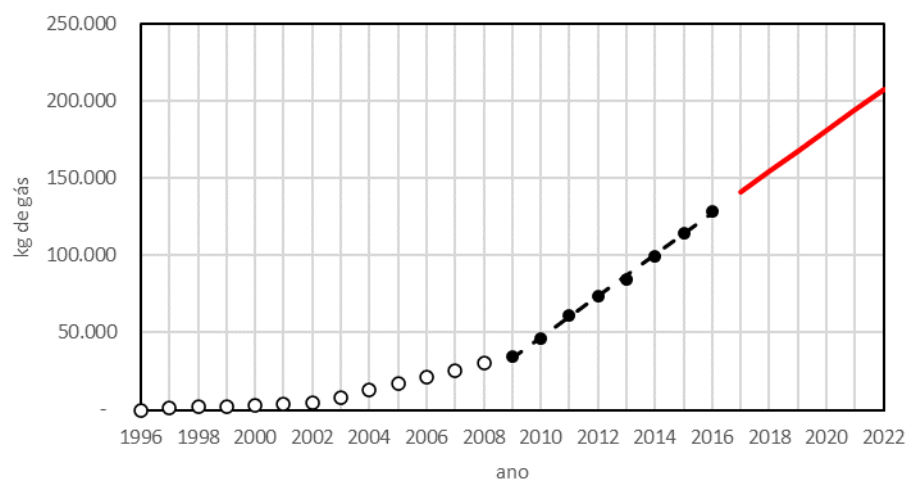


Gráfico 18: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Comerciais leves) - Montagem e tendência estimada

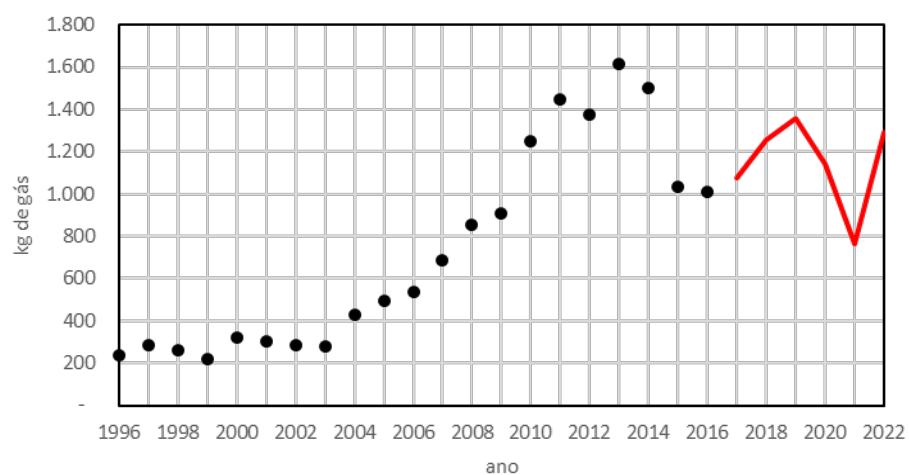


Gráfico 19: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Comerciais leves) - Uso e tendência estimada

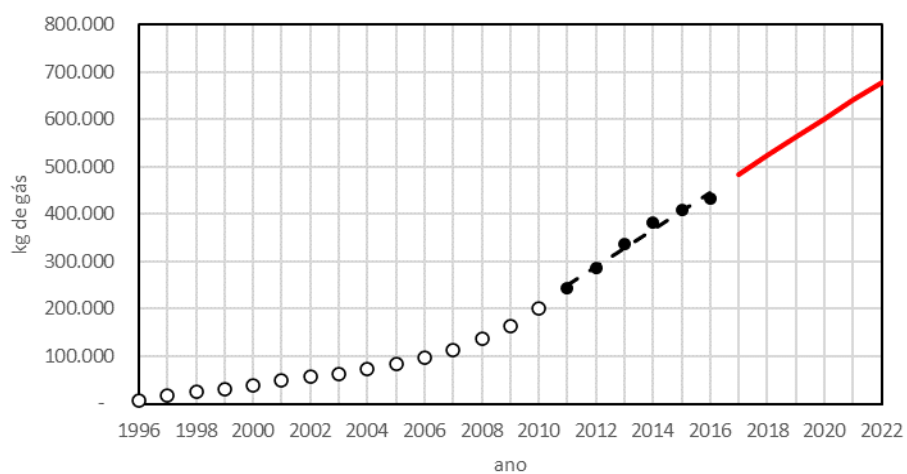


Gráfico 20: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Comerciais leves) - Sucateamento e tendência estimada

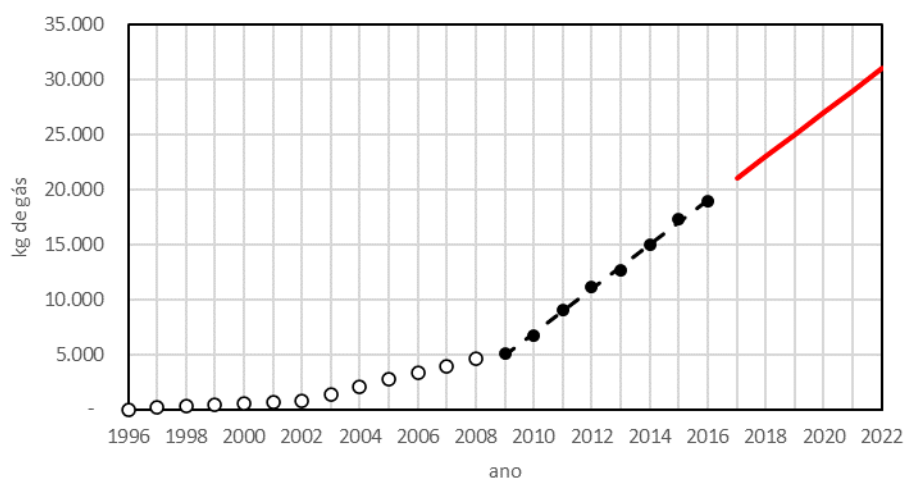


Gráfico 21: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Ônibus urbanos) - Montagem e tendência estimada

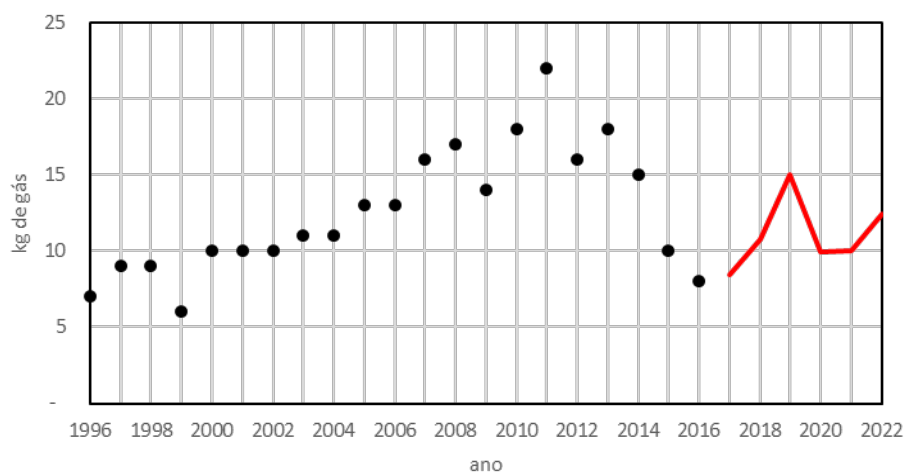


Gráfico 22: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Ônibus urbanos) - Uso e tendência estimada

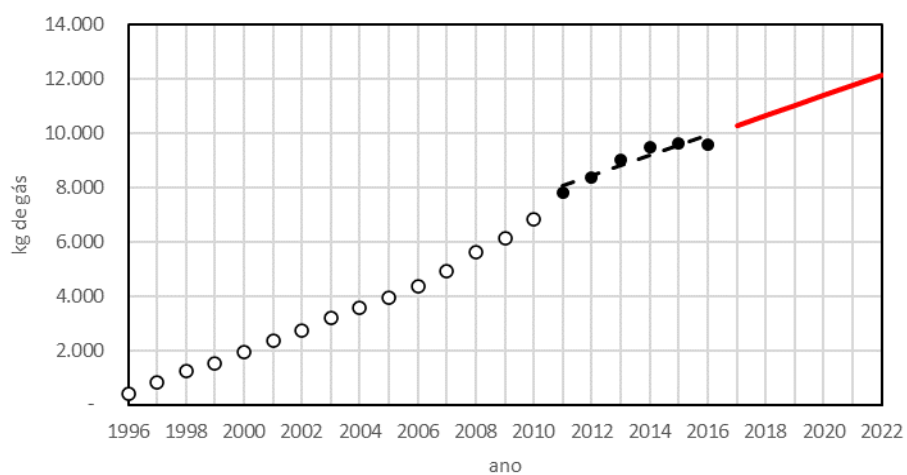


Gráfico 23: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Ônibus urbanos) - Sucateamento e tendência estimada

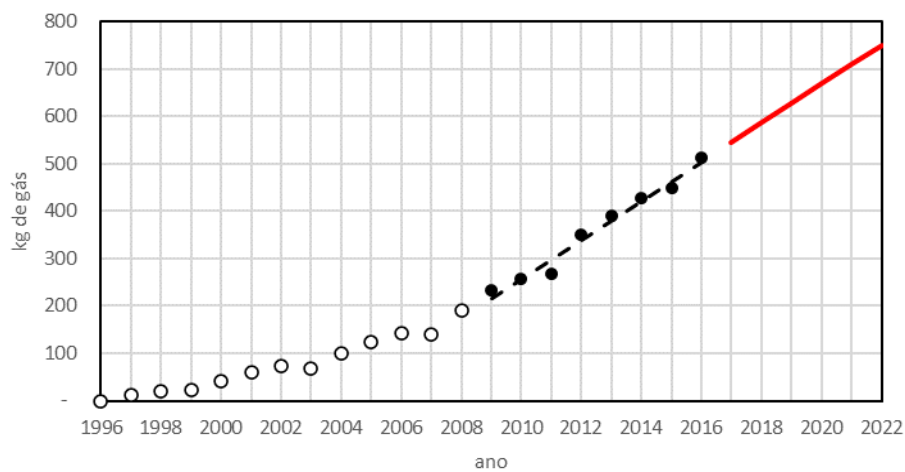


Gráfico 24: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Ônibus rodoviários) - Uso e tendência estimada

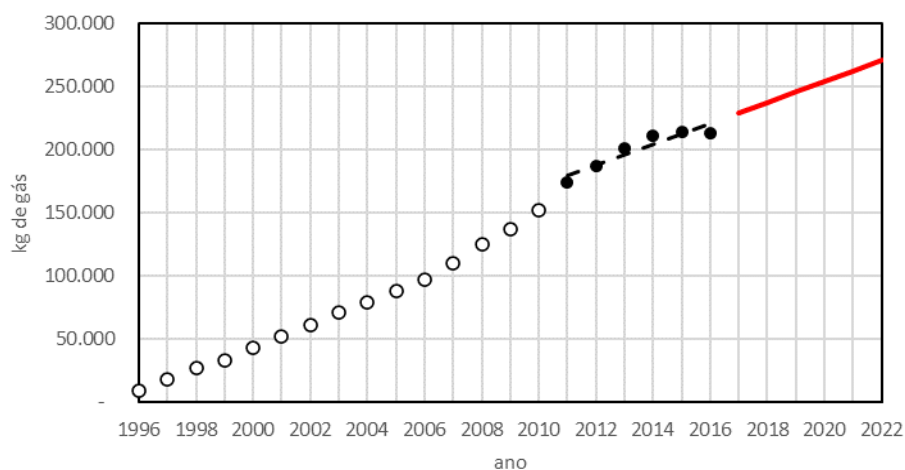


Gráfico 25: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Ônibus rodoviários) - Sucateamento e tendência estimada

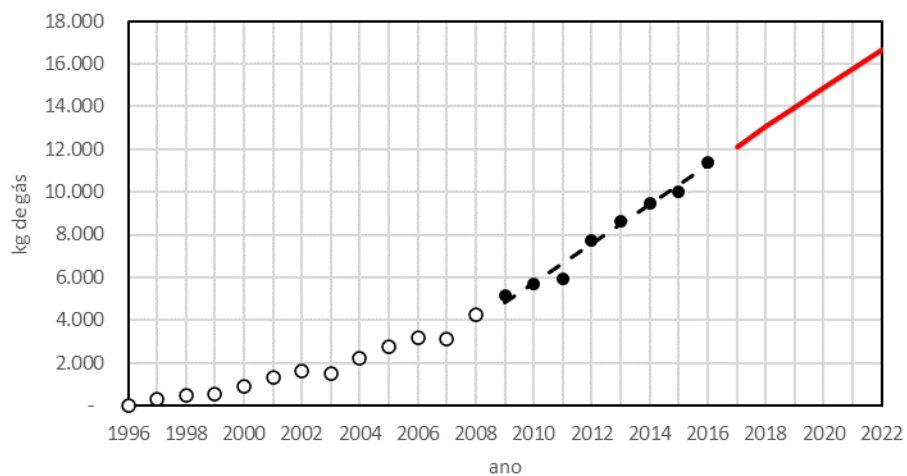


Gráfico 26: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Caminhões) - Montagem e tendência estimada

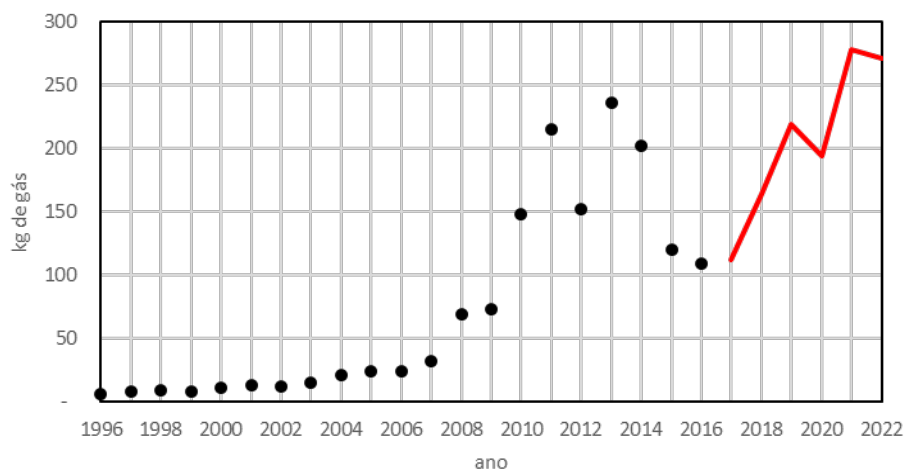


Gráfico 27: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Caminhões) - Uso e tendência estimada

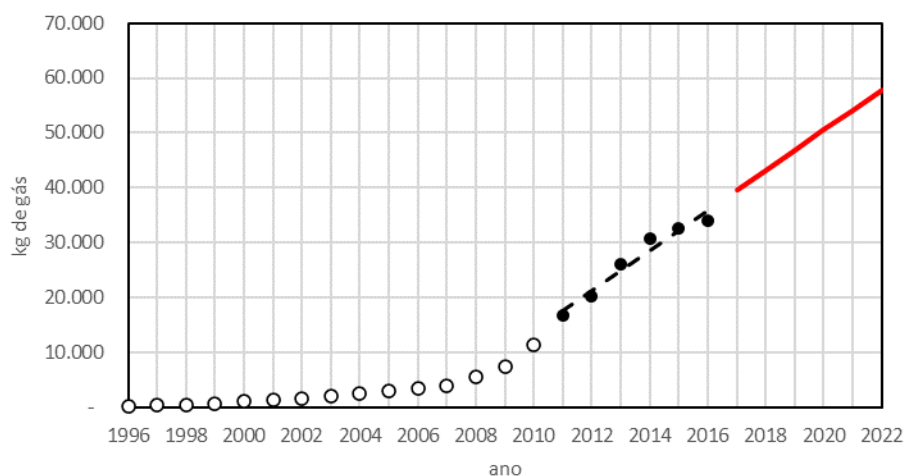
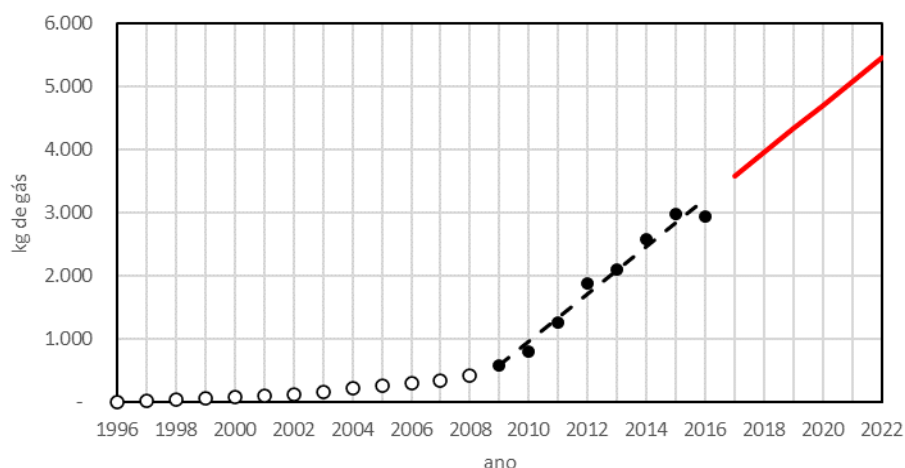


Gráfico 28: Evolução das emissões de HFC-134a em Ar-condicionado veicular (Caminhões) - Sucateamento e tendência estimada



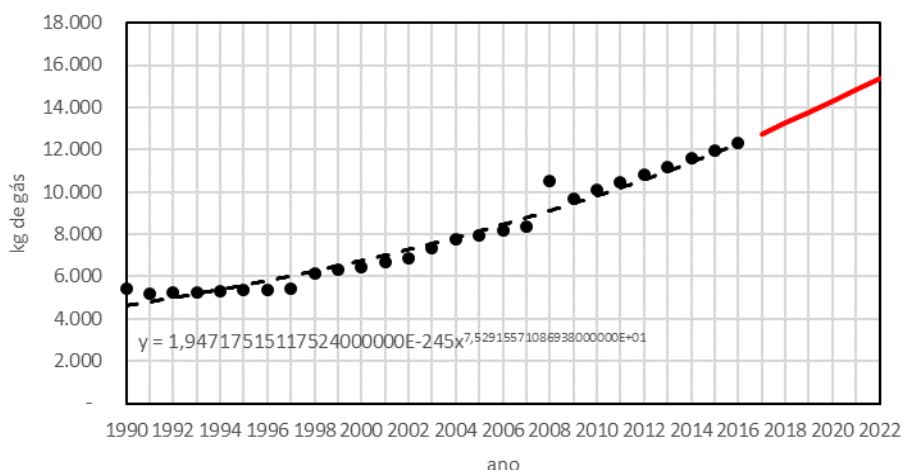
2.5 Setor de Eletroeletrônicos

Além da aplicação na proteção do magnésio fundido²², o hexafluoreto de enxofre (SF₆) é um gás utilizado como isolante em equipamentos elétricos (chaves e disjuntores de grande porte) e as emissões desse gás ocorrem devido a perdas durante a manutenção e o descarte desses equipamentos.

²² Como visto na seção 2.1.3.

Para o período entre 1990 e 2016 as emissões foram obtidas do relatório Setor processos industriais e uso de produtos subsetor gases substitutos para as substâncias destruidoras da camada de ozônio (ODS) (MCTI, 2020)²³. As emissões para o período a partir de 2017 foram estimadas através da função previsão linear na ferramenta Microsoft Excel das emissões entre 2010 e 2016.

Gráfico 29: Estimativas das emissões de SF₆ em equipamentos elétricos



Devido à ausência de informações mais detalhadas a respeito do parque instalado de SF₆ em equipamentos elétricos, não foram feitas estimativas para o período entre 1970 e 1989 e tampouco foi possível alocá-las nas UFs.

2.6 Uso não energético de combustíveis e uso de solventes

Dados de uso não energético de combustíveis são apresentados no BEN, que os designa como “Consumo Final Não Energético”. Nas planilhas detalhadas (Matriz 49x47), esses dados são ainda desagregados nas categorias: (i) Matéria-prima da indústria química e (ii) Outros usos. As emissões associadas ao consumo não energético de combustíveis como matéria-prima da indústria química já foram contabilizadas na categoria “Indústria química”, conforme exposto no item 2.3 deste relatório e também conforme a metodologia exposta no relatório **Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência (MCTI, 2020)**.

²³ Setor processos industriais e uso de produtos subsetor gases substitutos para as substâncias destruidoras da camada de ozônio (ODS) (MCTI, 2020)

Devido à ausência de informações mais detalhadas a respeito do consumo não energético desses combustíveis e do uso de solventes, não foi possível alocar as emissões nas UFs.

Emissões evaporativas (NMVOC)

As emissões de compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOC) ocorrem a partir da evaporação de determinados combustíveis e solventes durante o armazenamento, transporte e uso industrial. No cálculo das emissões, considera-se que 100% do volume evaporado dos seguintes produtos é emitido como NMVOC: gás natural seco, querosene iluminante, álcool anidro, álcool hidratado e solventes. Além disso, o uso de asfalto na pavimentação também gera emissões de NMVOC devido à liberação de compostos voláteis durante a aplicação e o resfriamento do material.

A estimativa das emissões é realizada por meio da conversão dos valores de consumo de combustíveis, reportados pelo Balanço Energético Nacional (BEN), para unidade de massa, utilizando os respectivos fatores de densidade, de acordo com relatório de referência.

Para o uso de asfalto na pavimentação, aplica-se um fator de emissão específico de 320 kg NMVOC por tonelada de asfalto utilizado, conforme os coeficientes padrão adotados para estimativas de emissões evaporativas

Densidade dos combustíveis utilizados no cálculo das emissões de NMVOC:

Produto	Densidade (kg/m ³)
Querosene iluminante	790
Álcool anidro	791
Álcool hidratado	809
Solventes	740
Asfalto	1.040
Outros não energéticos de petróleo	873

Uso de lubrificantes

Os lubrificantes são derivados de petróleo, sendo utilizados em máquinas e equipamentos com o objetivo de evitar atritos, além de serem empregados em processos na indústria química. Embora a fonte de informação seja o Balanço Energético Nacional (BEN), os lubrificantes são tratados no setor Energia, mas reportados no setor industrial, conforme o IPCC 2006. Estima-se que 80% dos lubrificantes sejam estocados de forma definitiva, enquanto 20% são emitidos nos motores de dois tempos, sendo queimados junto ao combustível.

Para o cálculo das emissões de CO₂ provenientes do uso de lubrificantes, foi utilizado o fator de emissão default de 20 tC/TJ, o qual deve ser multiplicado por 44/12 para se obter a emissão em CO₂.

Alcatrão

O alcatrão é um combustível secundário derivado do processamento do carvão mineral nas coquearias. Ele tem uso energético, cujas emissões são consideradas no setor Energia, e uso não energético, com emissões reportadas no setor de PIUP.

Na ausência de mais informações, adotou-se, conforme o default do IPCC 1996, que 75% do carbono seja estocado, enquanto o restante, 25%, é emitido. Para o cálculo das emissões de CO₂ pelo uso de alcatrão, foi utilizado o fator de emissão default de 22 tC/TJ, que deve ser multiplicado por 44/12 para se obter a emissão em CO₂.

2.7 Outros

Papel e celulose

O setor de Papel e Celulose no Brasil abrange cerca de 1.000 municípios em 23 estados e é composto por 44 empresas associadas. A preparação da pasta celulósica envolve a separação das fibras de celulose da lignina, sendo que madeiras como pinho possuem fibras longas (3 a 5 mm), enquanto o eucalipto apresenta fibras curtas e finas (0,8 a 1,2 mm). Os processos de preparação variam entre mecânicos e químicos, sendo que o uso de produtos químicos gera emissões de gases de efeito estufa.

A produção de papel e celulose ocorre em três fases principais: polpação, branqueamento e produção de papel. O processo mais comum é o Kraft, mas no Brasil predomina o processo Sulfato, que utiliza maiores dosagens de sulfeto de sódio e soda cáustica, além de temperaturas e tempos mais elevados. Durante o processo, são gerados gases como CO, NO_x e NMVOC.

Para o cálculo das emissões no processo Sulfato, foram utilizados os fatores de emissão default do IPCC 1996 para o processo Kraft, com emissões de 1,5 kg de NO_x, 3,7 kg de VOC e 5,6 kg de CO por tonelada de celulose produzida. As informações sobre a produção anual de celulose (em toneladas) são fornecidas pelo Relatório da Indústria Brasileira de Árvores (Ibá).

Alimentos e bebidas

No processamento de alimentos e na produção de bebidas, pode ocorrer a emissão de NMVOC. O IPCC 1996 fornece fatores de emissão para alguns subsetores, como indicado abaixo:

Produção	Unid.	FE (kg NMVOC/unid.)
Carnes, peixes e aves	t	0,3
Açúcar	t	10
Margarinas e gorduras sólidas para cozinha	t	10
Bolos, biscoitos e cereais matinais	t	1
Pães	t	8
Rações animais	t	1
Torrefação de café	t	0,55
Vinho	hL	0,08
Cerveja	hL	0,035
Destilados	hL	15

De acordo com o relatório de referência para calcular as emissões, foram usados dados de produção brasileira de 1990 a 2016. Para carnes de bovinos, suínos e aves, foi considerada a produção do Relatório de Referência de Resíduos, com adição de 0,67% para carnes de outros animais. A produção de peixes foi baseada no Ministério da Pesca e Aquicultura, com extrapolação linear para os últimos anos. A produção de açúcar e cerveja também veio do Relatório de Referência de Resíduos, enquanto margarinas, rações e destilados foram obtidos a partir da base de dados IDRA-IBGE.

A produção de pães, bolos e biscoitos foi baseada no consumo total de farinha, com dados da Abitrito. Para o vinho, a produção foi obtida através do banco de dados Sidra-IBGE de 2005 a 2016, com uma correlação com a comercialização de vinhos no Rio Grande do Sul para os anos anteriores. Os dados sobre torrefação de café vieram da Abic, com correlação posterior com o banco de dados Sidra-IBGE.

3. Diferenças entre coleções do SEEG

3.1 SEEG 6 (2017) – SEEG 5 (2016)

- Em 2017 o SNIC voltou a disponibilizar dados de produção alocados por estado. Esses dados foram utilizados para aprimorar a estadualização no período 2014 – 2016 para o qual os dados por estado não estão disponíveis. Assim, a produção de cimento em cada estado no período 2014 – 2016 não segue a distribuição de 2013 como na versão anterior do SEEG e, consequentemente, a alocação das emissões nesse período é diferente na versão atual. Destacamos que os valores totais não sofreram alterações uma vez que os valores agregados já estavam disponíveis e continuaram sendo respeitados.
- Esta versão do SEEG passou a incluir dados de consumo de combustíveis reductores do estado da Bahia nos anos de 1980, 1985 e no período 1990 – 2016. Essa mudança teve impacto significativo na alocação estadual das emissões relacionadas à produção de ferroligas.

3.2 SEEG 10 (2021) – SEEG 11 (2022)

- No SEEG 11 as estimativas de emissões de HFCs e de SF₆ passaram a ser reportadas conforme a metodologia da 4ª Comunicação Nacional com do Inventário Brasileiro para o período de 1990 – 2016 e dados extrapolados para o período posterior.

3.3 SEEG 11 (2022) – SEEG 12 (2023)

A coleção SEEG 12 foi atualizada de acordo com as diretrizes da 4ª Comunicação Nacional, abrangendo todas as categorias com a revisão dos dados de atividade de 1990 a 2016. As principais alterações específicas incluem:

- Produção de cal: Foi adotado um índice geral de pureza de 95% para a cal produzida, em substituição ao valor anterior de 100%.
- Emissões na produção de vidro: Passaram a incluir as emissões de barrilha associadas ao processo produtivo.
- Produção de magnésia não metalúrgica: As emissões dessa atividade foram incorporadas à base de dados.
- Indústria química:
As emissões de CO₂ na produção de amônia passaram a considerar o desconto referente à produção de ureia.

O fator de emissão do negro de fumo foi revisado e atualizado.

- Setor siderúrgico:

As estimativas de emissões de ferro-gusa e aço foram ajustadas conforme a 4ª Comunicação Nacional, sendo agora reportadas nas seguintes categorias: Produção de ferro e aço em usinas integradas, Processo siderúrgico em usinas dedicadas ao ferro-gusa e Produção de ferro-gusa em usinas dedicadas.

Alterações metodológicas semelhantes foram aplicadas ao setor de Ferroligas.

- Metais não ferrosos: O uso de carvão 6000 foi excluído desta categoria, sendo agora reportado no setor de Energia.
- Emissões não energéticas de combustíveis e solventes: Foram detalhadas e separadas em subcategorias específicas, incluindo emissões evaporativas, uso de lubrificantes e alcatrão.
- Novas inclusões: Esta versão passou a incluir as emissões associadas aos setores de Papel e Celulose e Alimentos e Bebidas.

4. Qualidade dos dados

Dada a complexidade dos cálculos necessários para consolidar o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa – SEEG – e devido à opção de usar apenas dados disponíveis de forma pública e gratuita, considerou-se necessário divulgar uma avaliação da qualidade dos dados. Assim, qualquer usuário ou leitor pode aferir a confiabilidade de cada cálculo e eventualmente contribuir para aumentar a robustez dos dados.

São três avaliações de qualidade dos dados: (A) qualidade das estimativas nacionais no ano mais recente (2023); (B) qualidade da alocação dos dados por estados e (C) qualidade das estimativas no período histórico (1970 a 2023). As seguintes legendas foram utilizadas:

Legenda para Análise de Qualidade das ESTIMATIVAS NACIONAIS 1990-2015

Aspecto	Valores
TIER	1 Tier 1 do IPCC - fatores globais 2 Tier 2 do IPCC - fatores nacionais ou regionais 3 Tier 3 do IPCC - fatores específicos por planta
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados. 2 dados incompletos 3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita 2 dados disponíveis com alguma restrição (pago, em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica) 3 dados não disponíveis
FATORES DE EMISSÃO	1 fator explícito, com referência 2 fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7 3 fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
NECESSIDADE DE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento 2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo 3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
QUALIDADE GERAL DO DADO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário 2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas 3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Legenda para Análise de Qualidade da ALOCAÇÃO DE EMISSÕES POR ESTADOS

Aspecto	Valores
OCCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão nacional nos estados (não fica resíduo/montante não alocado) 2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões nacionais não foi alocada 3 Alocação para os estados não foi possível
CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	1 Critério de alocação está diretamente relacionado com os fatores de emissão 2 Critério de alocação usa fatores indiretos com alta correlação com os fatores diretos. 3 Critério de alocação usa fatores indiretos com baixa correlação com fatores diretos.
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	1 dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados. 2 dados incompletos 3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita 2 dados disponíveis com alguma restrição (pago, em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica) 3 dados não disponíveis
FATORES DE EMISSÃO	1 fator explícito, com referência 2 fator implícito com correlação R2 maior ou igual a 0,7 3 fator implícito com correlação R2 menor que 0,7
NECESSIDADE DE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento 2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo 3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário 2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas 3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

Legenda para Análise de Qualidade das Estimativas do Período Pré Inventário de Emissões 1970-1989

Aspecto	Valores
QUALIDADE RELATIVA DO DADO HISTÓRICO	1 Dado de atividade existente/disponível para o respectivo ano e fator de emissão adequado para época 2 Dados de atividades estimados pelo projeto ou correlação com outros dados [e/ou] fatores de emissão inadequados para época 3 Dados de atividades estimados e fatores de emissão inadequados

Tabela 5: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais em 2023

Processos Industriais					4%	89.595912	51,4%	99%
Indústria Química								
Produção de Ácido Adípico	3	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Ácido Fosfórico	s/i	ND	Ø	3	3	3	3	0,0%
Produção de Ácido Nítrico	3	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Acrilonitrila	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Amônia	3	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Caprolactama	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Carbureto de Cálcio	s/i	ND	Ø	3	3	3	3	0,0%
Produção de Cloreto de Vinila	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Coque de Petróleo Calcinado	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Eteno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Metanol	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Negro-de-fumo	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Óxido de Eteno	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Dicloroetano	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de ABS	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Anidrido Itálico	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Borracha de Butadieno Estireno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Estireno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Etilbenzeno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Formaldeído	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de PVC	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Poliestireno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Polietileno PEAD	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Polietileno PEBD	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Polietileno PELBD	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Polipropileno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Propeno	1	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produtos Minerais								
Produção de Cimento	3	ND	1	3	3	2	3	1,0%
Produção de Cal								
Cal Caldeira	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,2%
Cal Dolomítica	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,2%
Cal Magnésiana	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,3%
Produção de Vidro								
Consumo de Barrilha	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,2%
Consumo de Caldeira	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,0%
Consumo de Dolomita	s/i	ND	Ø	2	3	2	3	0,0%
Produção de Metais								
Produção de Ferro Gusa e Aço								
Consumo de Combustíveis Redutores	s/i	ND	Ø	3	3	3	3	1,7%
Produção de Alumínio								
Tecnologia Prebaked Anode	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Tecnologia Soderberg	2	ND	1	3	3	2	3	0,0%
Produção de Magnésio								
Consumo de Dolomita	s/i	ND	Ø	3	3	2	3	0,2%
Uso de SF6	2	ND	Ø	3	3	2	3	0,0%
Produção de Ferramentas	s/i	ND	Ø	3	3	2	3	0,0%
Produção de Outras Não-Ferrosas	s/i	ND	Ø	3	3	2	3	0,0%
Emissões de HFCs	2	2	Ø	3	3	2	3	0,3%
Uso de SF6 em Equipamentos Elétricos	2	2	Ø	3	3	2	3	0,2%
Uso Não-Energético de Combustíveis e Uso de Solv	2	ND	Ø	3	3	2	3	0,3%

Tabela 6: Quadro de Qualidade das estimativas nacionais entre 1970 e 2023

[illegible]

Tabela 7: Quadro de Qualidade dos Dados de Alocação nas UFs em 2023

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Ocorrência de alocação	Critério de Alocação	Nível de Atividade		Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral da Alocação	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP)	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
			Existência do Dado	Disponibilidade do Dado						
Processos Industriais							4%	89.59.5.912	2,5%	84,1%
Indústria Química										
Produção de Ácido Adípico	3	2	3	3	2	3	0,00%	23.620	0,03%	0,03%
Produção de Ácido Fosfórico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	90.395	0,00%	0,00%
Produção de Ácido Nítrico	3	2	3	3	2	2	0,01%	243.906	0,00%	0,27%
Produção de Acrilonitrila	3	3	3	3	2	3	0,00%	16.153	0,02%	0,02%
Produção de Amônia	3	2	3	3	2	2	0,02%	456.061	0,00%	0,51%
Produção de Caprolactama	3	3	3	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Carburante de Cálida	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	42.000	0,00%	0,00%
Produção de Clorato de Vinila	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	209.610	0,00%	0,00%
Produção de Coque de Petróleo Calcina	3	3	3	3	2	3	0,00%	5.214	0,01%	0,01%
Produção de Eteno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	270.030	0,00%	0,00%
Produção de Metanol	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Negro-de-fumo	3	n/a	3	3	2	n/a	0,04%	884.555	0,00%	0,00%
Produção de Óxido de Eteno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,01%	175.597	0,00%	0,00%
Produção de Dicarboxetano	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de ABS	3	3	3	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Anidrido Ftálico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Borracha de Butadieno Est	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Estireno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Etilbenzeno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Formaldeído	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de PVC	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Poliestireno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PEAD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PEBD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PELBD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Polipropileno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Prapeno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produtos Minerais										
Produção de Cimento	2	2	2	2	2	2	1,01%	24.139.575	0,00%	26,94%
Produção de Cal	3	3	3	3	2	3	0,21%	5.096.394	0,00%	5,08%
Cal Calórica	2	3	2	2	2	2	0,02%	410.722	0,00%	0,46%
Cal Dolomítica	2	3	2	2	2	2	0,03%	647.392	0,00%	0,72%
Produção de Vidro	3	3	3	3	2	3	0,01%	146.065	0,00%	0,00%
Consumo de Bauxita	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	103.243	0,00%	0,00%
Consumo de Caladrita	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	22.385	0,00%	0,00%
Consumo de Dolomita	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%
Produção de Metais										
Produção de Ferro Gusa e Aço	3	3	3	3	2	3	1,72%	41.327.812	0,00%	46,13%
Consumo de Combustíveis Redut	2	2	2	2	2	2	0,03%	774.412	0,88%	0,86%
Produção de Alumínio	3	3	3	3	2	3	0,05%	1.236.292	1,38%	1,38%
Tecnologia Prebaked Anode	3	3	3	3	2	3	0,03%	-	0,00%	0,00%
Tecnologia Soderberg	3	3	3	3	2	3	0,03%	-	0,00%	0,00%
Produção de Magnésio	3	3	3	3	2	3	0,01%	146.595	0,16%	0,16%
Consumo de Dolomita	3	3	3	3	2	3	0,00%	-	0,00%	0,00%
Uso de SF6	3	3	3	3	2	3	0,03%	812.977	0,00%	0,91%
Produção de Ferroligas	3	n/a	3	3	2	n/a	0,08%	1.940.201	0,00%	0,00%
Produção de Outros Não-Ferrosos	3	n/a	3	3	2	n/a	0,36%	8.202.592	0,00%	0,00%
Emissões de HFCs	3	n/a	3	3	2	n/a	0,02%	375.017	0,00%	0,00%
Uso de SF6 em Equipamentos Elétricos	3	n/a	3	3	2	n/a	0,03%	806.708	0,00%	0,00%
Uso Não-Energético de Combustíveis e Uso d	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	-	0,00%	0,00%

As tabelas aqui apresentadas podem ser melhor visualizadas em suas versões em planilha Excel, disponibilizadas na plataforma web, possuindo comentários explicando as razões para classificações (2) e (3) de cada dado.

5. Resultados

Tabela 8: Emissões nacionais de CO₂e (GWP) por atividade (tCO₂e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de ácido adípico	1.645.650	2.564.066	3.808.750	2.716.253	2.286.950	3.996.200	4.640.150	5.376.850	34.450	18.622	28.135	23.620
	Produção de ácido fosfórico	25.638	32.391	40.900	51.613	61.974	85.536	103.952	123.882	111.577	90.395	90.395	90.395
	Produção de ácido nítrico	97.964	402.348	462.546	443.645	479.650	543.250	553.850	593.600	212.000	178.356	243.906	243.906
	Produção de acrilonitrila			11.812	16.699	13.884	18.962	20.752	18.238	22.448	19.450	19.241	16.153
	Produção de amônia	42.156	299.472	647.786	1.691.289	285.957	303.271	282.619	521.955	296.082	554.589	456.061	456.061
	Produção de caprolactama			55.572	67.481	66.874	83.647	89.048	78.951				
	Produção de carbureto de cálcio						4.000	51.000	35.000	42.000	42.000	42.000	42.000
	Produção de cloreto de vinila	14.025	30.246	76.375	95.482	141.546	114.584	163.877	179.492	140.114	162.019	200.309	209.810
	Produção de coque de petróleo calcinado				3.167	3.167	4.453	3.720	4.212	6.791	2.204	5.809	5.214
	Produção de eteno	1.469	25.739	61.341	111.787	128.570	161.265	225.797	231.457	303.874	305.709	280.731	270.030
	Produção de metanol	5.035	10.429	41.955	51.846	58.306	67.981	70.119	79.655	68.268	25.136		
Produção de metais	Produção de negro-de-fumo	97.742	193.040	296.241	251.301	467.695	525.788	602.619	734.437	1.048.829	985.647	985.647	884.555
	Produção de óxido de eteno		15.004	63.967	84.218	72.541	91.975	145.971	169.430	182.580	171.546	195.665	175.597
	Produção de alumínio	258.950	559.905	1.202.895	2.395.427	3.869.516	4.285.710	3.217.165	3.408.787	3.160.026	1.544.562	1.392.369	2.010.704
	Produção de ferro gusa e aço	6.157.104	9.473.063	17.487.316	23.322.848	23.732.566	28.854.947	33.137.098	35.979.017	40.973.277	43.432.474	40.534.328	41.327.812
	Produção de ferroligas	13.865	134.219	295.522	241.956	215.882	308.001	620.385	1.073.161	1.327.063	893.611	791.892	812.977
Produção e uso de CFs	Produção de magnésio					165.700	288.871	294.663	521.224	95.136	128.696	128.745	146.995
	Produção de outros não-ferrosos	188.532	236.384	787.786	889.550	560.210	1.240.519	510.385	822.888	1.303.703	2.232.276	2.280.067	1.940.201
	Setor eletrônico									8	14	32	38
	Montagem de equipamento ou produto					1.490.976	1.897.696	11.918	39.293	88.389	129.743	180.289	209.822
Produção e uso de HFCs	Setor eletrônico									87	153	345	405
	Sucateamento de equipamento ou prod..							6.413	31.766	81.074	194.558	303.829	370.299
	Uso em equipamento ou produto							485.861	1.148.130	2.676.102	5.067.110	7.270.284	8.622.065
Produtos minerais	Consumo de barrilha	47.211	86.787	157.337	120.344	182.053	247.348	242.550	248.123	396.171	512.848	512.848	512.848
	Produção de cal	1.386.812	1.572.674	2.787.922	3.188.239	3.502.773	3.897.719	4.756.304	5.087.193	5.651.307	6.071.118	5.851.713	6.144.298
	Produção de cimento	3.852.658	7.162.921	11.637.365	8.830.695	11.062.000	11.528.000	16.047.000	14.349.000	21.271.627	24.145.849	22.643.650	24.139.575
	Produção de magnésia não metalúrgica					133.040	136.483	183.846	175.605	202.201	789.224	1.094.981	1.094.981
	Produção de vidro	67.044	80.440	96.512	115.796	144.541	138.601	193.385	250.263	245.792	279.894	235.232	271.693
Uso de SF ₆ em equipamentos elé..	Setor elétrico					127.605	125.537	151.716	187.154	236.763	280.849	335.370	375.017
Uso não-energético de combustív..	Uso não-energético de combustíveis e s..	35.374	54.865	101.067	631.688	520.478	470.168	624.491	660.699	783.740	751.186	820.088	806.708

Tabela 9: Emissões nacionais por tipo de gás (t)

Gás	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
C2F6 (t)	1	3	6	15	26	26	12	10	6	3	2	3
CF4 (PFC-14) (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
CF4 (t)	21	46	99	191	302	306	147	124	82	35	33	43
CH4 (t)	825	2.535	5.351	10.155	11.393	12.196	13.974	15.712	18.505	16.524	16.116	18.878
CO (t)	14.175	36.023	68.160	125.771	141.234	144.762	134.830	184.383	211.877	195.163	223.160	304.252
CO2 (t)	12.010.178	19.549.476	34.900.594	40.347.159	42.538.845	49.842.827	59.736.539	62.814.450	76.460.682	82.383.717	77.828.583	80.455.259
CONNM (t)	1.549.026	2.405.593	3.567.485	2.425.140	2.827.807	2.869.472	3.948.348	3.738.861	5.537.413	6.169.160	6.274.498	6.506.351
HFC-125 (t)	-	-	-	-	-	-	1	2	4	65	142	189
HFC-134a (t)	-	-	-	-	-	-	379	904	2.155	3.897	5.453	6.408
HFC-143a (t)	-	-	-	-	-	-	2	3	5	13	21	25
HFC-152a (t)	-	-	-	-	-	-	0	175	-	-	-	-
HFC-22/ea (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	7	9
HFC-23 (t)	-	-	-	-	120	153	-	-	0	0	0	0
HFC-32 (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	125	167
HFC-365mic (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	0	5	10	13
N2O (t)	6.592	11.223	16.382	12.287	10.816	17.566	20.037	22.963	1.072	858	1.151	1.199
NOx (t)	2.275	4.251	8.093	10.733	11.911	15.911	17.359	23.837	30.692	33.493	38.870	50.934
SF6 (t)	-	-	-	-	11	15	17	27	10	12	14	16

Tabela 10: Emissões nacionais de CO2e (GWP) por tipo de gás (tCO2e)

Gás	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
C2F6 (t)	15.492	33.497	71.964	166.592	291.930	291.930	129.870	114.330	71.040	28.860	27.218	36.480
CF4 (t)	141.514	305.983	657.373	1.268.125	2.003.586	2.028.780	971.295	821.457	544.966	234.702	221.612	288.061
CH4 (t)	23.091	70.984	149.820	284.329	319.000	341.493	391.278	499.948	518.142	462.669	451.239	528.599
CO2 (t)	16.330.175	26.613.674	47.512.273	54.927.009	57.910.681	67.854.031	81.322.935	85.513.079	104.090.513	112.153.898	105.952.720	109.528.571
HFC-125 (t)	-	-	-	-	-	-	4.316	7.023	13.920	207.088	460.337	598.101
HFC-134a (t)	-	-	-	-	-	-	492.141	1.175.476	2.801.734	5.065.575	7.089.285	8.330.353
HFC-143a (t)	-	-	-	-	-	-	7.723	12.567	24.910	64.332	98.888	121.036
HFC-152a (t)	-	-	-	-	-	-	14	24.122	-	-	-	-
HFC-23 (t)	-	-	-	-	1.490.976	1.897.696	-	-	87	153	345	405
HFC-32 (t)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36.543	84.376	113.290
N2O (t)	1.746.954	2.974.053	4.341.217	3.256.119	2.866.213	4.654.899	5.309.714	6.085.259	284.208	227.462	304.961	317.741
SF6 (t)	-	-	-	-	263.905	362.887	393.766	634.829	236.763	280.849	335.370	375.017

Tabela 11: Emissões nacionais de CO2e (GWP) alocadas por UF (tCO2e)

Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
AL			134.905	106.639	146.447	109.904	197.422	162.008	242.520	212.140	149.289	130.306
AM					165.748	129.840	250.739	232.446	260.871	242.218	241.326	155.999
BA	10.742	290.187	1.115.739	1.415.378	804.002	889.469	733.976	1.007.698	989.121	1.087.258	992.203	954.395
CE		35.602	151.544	211.176	258.143	281.317	590.868	534.959	670.349	1.076.610	1.032.882	1.119.461
DF		152.061	265.270	294.458	363.549	340.617	763.715	860.829	1.136.679	1.477.435	1.060.713	1.051.972
ES		155.594	283.932	5.476.939	4.792.171	5.106.346	5.322.313	5.489.374	8.874.889	10.538.474	10.871.461	11.041.510
GO		205.091	356.885	317.405	399.441	362.859	286.964	292.504	476.405	481.868	749.185	853.691
MA		45.247	86.012	495.826	1.093.414	1.270.519	967.520	913.004	907.141	355.404	141.178	538.532
MG	152.324	2.656.045	9.831.087	9.261.465	11.135.769	13.798.181	16.056.632	20.534.337	24.894.985	23.273.540	25.214.799	26.657.510
MS			159.786	141.511	130.692	202.879	318.758	242.085	320.599	309.153	308.758	327.681
MT		144.937				182.328	230.335	236.153	358.743	493.645	472.608	553.552
NA	11.892.508	11.945.281	6.964.277	6.585.855	8.228.716	11.672.112	15.909.291	14.371.643	14.070.997	25.492.067	26.114.690	27.417.857
PA		90.656	135.015	178.280	899.046	1.262.794	1.053.884	1.209.487	1.341.222	1.242.394	996.940	1.173.791
PB		161.546	195.485	135.733	474.425	368.616	659.620	596.500	777.936	755.813	1.396.691	1.723.803
PE		288.146	444.487	353.475	173.566	183.551	200.799	189.812	305.129	343.716	173.295	122.101
PI								153.110	225.609	261.595		
PR		406.093	815.644	1.134.211	1.035.232	1.201.450	1.614.874	2.054.879	2.629.997	2.862.585	3.186.032	3.308.763
RJ	234	845.981	5.853.281	7.730.893	7.618.990	7.835.620	7.282.740	7.109.697	10.153.934	7.189.197	6.587.993	7.332.562
RN		72.312	108.183	101.604	57.776	68.274	142.878	135.315	166.598	722.935	444.913	395.442
RO									207.258	166.226	110.815	89.411
RS		250.561	318.232	390.189	577.178	629.731	757.704	560.204	777.259	668.410	557.215	540.520
SC		104.580	151.433	116.978	227.297	218.799	141.095	77.482	163.719	682.734	632.855	681.721
SE		65.109	67.039	424.665	247.499	219.973	824.439	903.636	1.175.689	1.314.320	1.068.167	841.031
SP	1.881.420	5.018.966	12.682.732	10.448.643	10.945.354	13.085.336	13.130.089	14.262.298	9.664.712	7.460.218	4.131.999	3.884.221
TO									169.117	299.884	287.954	307.948

Tabela 12: Emissões nacionais de CO2e (GWP) por atividade em 2023 alocadas por UF (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	AL	AM	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PR	RJ	RN	RO	RS	SC	SE	SP	TO	PI	NA
Indústria química	Produção de ácido adípico																					27.139.696				
	Produção de ácido fosfórico																								908.647	
	Produção de ácido nítrico			245.503													1.197						4.208.321			
	Produção de acrilonitrila			177.639																						
	Produção de amônia			2.218.344						32.206							1.309.726	23.658				1.069.073	1.184.291			
	Produção de caprolactama			441.573																						
	Produção de carbureto de cálcio																									258.000
	Produção de cloreto de vinila																									1.527.879
	Produção de coque de petróleo c.																						38.736			
	Produção de eteno																									2.107.769
	Produção de metanol																									478.730
	Produção de negro-de-fumo																									7.073.543
	Produção de óxido de eteno																									1.368.495
Produção de metais	Produção de alumínio		1.238.258						5.552.287	4.271.585			6.777.544				1.432.512						8.033.829			
	Produção de ferro gusa e aço					62.890.229				113.934.536							61.252.145			106.153			35.963.851		70.264.936	
	Produção de ferroligas			2.143.633						1.399.929	556												21.987			3.162.429
	Produção de magnésio									1.770.030																
Produção e uso de CFs	Produção de outros não-ferrosos																									12.992.502
	Setor eletrônico																									93
Produção e uso de HFCs	Montagem de equipamento ou p.																									4.048.127
	Setor eletrônico																									989
	Sucateamento de equipamento ..																									987.939
Produtos minerais	Uso em equipamento ou produto																									25.269.552
	Consumo de barrilha																									3.266.467
	Produção de cal									16.225.333							2.488.362						2.408.606			28.775.771
	Produção de cimento	1.591.579	1.679.188	3.825.220	5.962.912	7.767.298	5.062.774	4.782.298	1.261.509	45.833.055	2.461.346	2.672.301	2.805.964	7.246.168	2.778.078	16.451.671	12.831.610	2.416.231	573.710	5.921.049	3.198.693	6.082.492	27.596.670	1.064.902	640.314	4.163.309
	Produção de magnésia não meta.																									3.810.361
Uso de SF6 em equipa..	Produção de vidro																									2.119.193
	Setor elétrico																									1.820.010
Uso não-energético de ..	Uso não-energético de combustif.																									6.260.553

Tabela 13: Emissões de CO2e (GWP) na Produção de Cimento alocadas por UF (tCO2e)

Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
AL			134.905	106.639	146.447	109.904	197.422	162.008	242.520	212.140	149.289	130.306
AM					165.748	129.840	250.739	232.446	260.871	242.218	241.326	155.999
BA		213.873	347.989	237.065	217.470	372.089	277.705	205.754	424.231	553.213	499.840	475.992
CE		35.602	151.544	211.176	258.143	281.317	590.868	534.959	670.349	1.076.610	1.032.882	1.119.461
DF		152.061	265.270	294.458	363.549	340.617	763.715	860.829	1.136.679	1.477.435	1.060.713	1.051.972
ES		155.594	283.932	296.889	426.108	352.864	572.808	616.890	852.779	922.403	309.612	272.895
GO		205.091	356.885	317.405	399.441	362.859	286.964	292.504	476.405	481.868	749.185	853.691
MA		45.247	86.012	88.877	56.132	54.283	133.781	114.184	138.172	293.003	141.178	110.640
MG		2.261.389	3.434.858	2.490.651	2.832.623	2.886.403	3.620.066	3.504.856	5.095.806	5.768.294	6.506.682	7.431.428
MS			159.786	141.511	130.692	202.879	318.758	242.085	320.242	308.953	308.758	327.681
MT		144.937				182.328	230.335	236.153	358.743	493.645	472.608	553.552
PA		90.656	135.015	144.139	137.747	126.937	219.806	266.924	540.453	462.024	316.872	365.391
PB		161.546	195.485	135.733	474.425	368.616	659.620	596.500	777.936	755.813	1.396.691	1.723.803
PE		288.146	444.487	353.475	173.566	183.551	200.799	189.812	305.129	343.716	173.295	122.101
PI								153.110	225.609	261.595		
PR		406.093	815.644	671.551	956.912	1.112.976	1.534.128	1.489.582	2.045.591	2.195.240	2.563.224	2.660.732
RJ		845.018	1.243.273	798.588	1.028.572	1.014.117	1.172.987	874.175	1.501.899	1.413.475	1.150.674	1.788.831
RN		72.312	108.183	101.604	57.776	68.274	142.878	135.315	166.598	722.935	444.913	395.442
RO									207.258	166.226	110.815	89.411
RS		250.561	318.232	390.189	577.178	592.920	716.200	546.081	763.543	668.410	557.215	540.520
SC		104.580	151.433	116.978	227.297	218.799	141.095	77.482	163.719	682.734	632.855	681.721
SE		65.109	67.039	170.473	196.419	163.485	760.563	766.664	1.090.622	1.154.981	937.136	710.000
SP		1.665.108	2.937.394	1.763.294	2.235.757	2.402.943	3.118.219	2.163.935	3.250.996	3.189.034	2.599.932	2.270.058
TO									169.117	299.884	287.954	307.948
NA	3.852.658						137.543	86.750	86.357			

Tabela 14: Emissões de CO2e (GWP) na Produção de Alumínio alocadas por UF (tCO2e)

Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
BA			128.783	269.567	260.252	160.303	172.989	146.277	100.087			
MA				406.948	1.037.282	1.216.235	833.739	798.820	768.970	62.401		427.892
MG	152.324	394.657	689.149	702.073	643.489	547.660	433.870	374.099	334.266			
PA				34.141	761.299	1.135.856	834.078	942.563	800.768	780.369	680.068	808.400
RJ				356.325	363.973	305.969	209.129	197.116				
SP	106.626	165.248	384.963	626.373	803.221	919.686	733.360	949.912	1.155.935	701.792	712.301	774.412

Tabela 15: Emissões de CO2e (GWP) na Indústria Química alocadas por UF (tCO2e)

Sub-categoria emissora	Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de ácido adípico	SP	1.645.650	2.564.066	3.808.750	2.716.253	2.286.950	3.996.200	4.640.150	5.376.850	34.450	18.622	28.135	23.620
Produção de ácido fosfórico	NA	25.638	32.391	40.900	51.613	61.974	85.536	103.952	123.882	111.577	90.395	90.395	90.395
Produção de ácido nítrico	BA				56.343	32.656	36.173	37.658	34.078	11.688	9.881	13.513	13.513
	RJ		234	963									
	SP	97.729	401.385	462.546	387.302	446.994	507.077	516.192	559.522	200.312	168.475	230.393	230.393
Produção de acrilonitrila	BA			11.812	16.699	13.884	18.962	20.752	18.238	22.448	19.450	19.241	16.153
Produção de amônia	BA	10.742	76.313	421.540	684.044	108.836	105.208	93.881	168.298	92.292	172.871	142.159	142.159
	MG				11.870	2.070	2.172	1.831	3.162	1.864	3.492	2.872	2.872
	PR				462.660	78.321	88.474	80.746	142.179	76.817	143.885	118.322	118.322
	RJ			3.349	7.754	948	2.421	855	1.938	1.074	2.012	1.654	1.654
	SE				254.192	51.079	56.488	63.876	136.972	85.067	159.339	131.031	131.031
	SP	31.414	223.159	222.897	270.769	44.703	48.509	41.431	69.407	38.968	72.990	60.023	60.023
Produção de caprolactama	BA			55.572	67.481	66.874	83.647	89.048	78.951				
Produção de carbureto de cálcio	NA					4.000	51.000	35.000	42.000	42.000	42.000	42.000	42.000
Produção de cloreto de vinila	NA	14.025	30.246	76.375	95.482	141.546	114.584	163.877	179.492	140.114	162.019	200.309	209.810
Produção de coque de petróleo calcinado	SP				3.167	3.167	4.453	3.720	4.212	6.791	2.204	5.809	5.214
Produção de eteno	NA	1.469	25.739	61.341	111.787	128.570	161.265	225.797	231.457	303.874	305.709	280.731	270.030
Produção de metanol	NA	5.035	10.429	41.955	51.846	58.306	67.981	70.119	79.655	68.268	25.136		
Produção de negro-de-fumo	NA	97.742	193.040	296.241	251.301	467.695	525.788	602.619	734.437	1.048.829	985.647	985.647	884.555
Produção de óxido de eteno	NA			15.004	63.967	84.218	72.541	91.975	145.971	169.430	182.580	171.546	175.597

Tabela 16: Emissões de CO2e (GWP) na Produção de Magnésio alocadas por UF (tCO2e)

Detalhamento	Estado	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Consumo de dolomita	MG	29.400	51.521	52.613	73.549	95.136	128.696	128.745	146.995
Uso de SF6	MG	136.300	237.350	242.050	447.675				

Tabela 17: Emissões de CO2e (GWP) na Produção de Ferro-gusa e Aço alocadas por UF (tCO2e)

Produto ou sistema	Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Consumo de combustíveis redutores	ES				5.180.050	4.366.063	4.753.482	4.749.505	4.872.484	8.022.110	9.616.071	10.561.849	10.768.615
	MG			5.659.857	5.932.935	7.380.544	9.923.765	11.589.871	13.251.017	15.832.435	13.858.700	15.104.871	15.400.542
	NA	6.157.104	9.473.063	2.357.623	969.074	636.407	2.421.828	6.781.067	7.119.441	3.982.661	11.366.064	9.408.217	9.592.388
	RJ			4.606.659	6.568.227	6.225.497	6.513.113	5.899.769	6.036.469	8.650.961	5.773.710	5.435.664	5.542.076
	RS						36.811	41.504	14.122	13.715			
	SP			4.863.178	4.672.562	5.124.055	5.205.948	4.075.382	4.685.484	4.471.395	2.817.929	23.727	24.191

Tabela 18: Emissões de CO2e (GWP) na Produção de Ferroligas alocadas por UF (tCO2e)

Produto ou sistema	Estado	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Consumo de combustíveis redutores	BA			150.043	84.180	104.031	113.088	41.944	356.102	338.374	331.842	317.451	306.578
	MG			47.224	123.935	111.344	149.311	116.331	237.205	262.874	49.655	132.483	169.568
	MS									357	199		
	SP			3.005	8.923	508	520	1.635	1.394	1.115	1.115	1.328	2.443
	NA	13.865	134.219	95.251	24.918		45.083	460.475	478.460	724.342	510.799	340.630	334.387

Tabela 19: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs - Alagoas (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	134.905	106.639	146.447	109.904	197.422	162.008	242.520	212.140	149.289	130.306

Tabela 20: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs - Amazonas (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	165.748	129.840	250.739	232.446	260.871	242.218	241.326	155.999

Tabela 21: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs - Bahia (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de ácido nítrico				56.343	32.656	36.173	37.658	34.078	11.688	9.881	13.513	13.513
	Produção de acrilonitrila			11.812	16.699	13.884	18.962	20.752	18.238	22.448	19.450	19.241	16.153
	Produção de amônia	10.742	76.313	421.540	684.044	108.836	105.208	93.881	168.298	92.292	172.871	142.159	142.159
	Produção de caprolactama			55.572	67.481	66.874	83.647	89.048	78.951				
Produção de metais	Produção de alumínio			128.783	269.567	260.252	160.303	172.989	146.277	100.087			
	Produção de ferroligas			150.043	84.180	104.031	113.088	41.944	356.102	338.374	331.842	317.451	306.578
Produtos minerais	Produção de cimento		213.873	347.989	237.065	217.470	372.089	277.705	205.754	424.231	553.213	499.840	475.992

Tabela 22: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs - Ceará (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	35.602	151.544	211.176	258.143	281.317	590.868	534.959	670.349	1.076.610	1.032.882	1.119.461

Tabela 23: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Distrito Federal (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	152.061	265.270	294.458	363.549	340.617	763.715	860.829	1.136.679	1.477.435	1.060.713	1.051.972

Tabela 24: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Espírito Santo (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de metais	Produção de ferro gusa..			5.180.050	4.366.063	4.753.482	4.749.505	4.872.484	8.022.110	9.616.071	10.561.849	10.768.615
Produtos minerais	Produção de cimento	155.594	283.932	296.889	426.108	352.864	572.808	616.890	852.779	922.403	309.612	272.895

Tabela 25: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Goiás (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	205.091	356.885	317.405	399.441	362.859	286.964	292.504	476.405	481.868	749.185	853.691

Tabela 26: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Maranhão (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de metais	Produção de alumínio			406.948	1.037.282	1.216.235	833.739	798.820	768.970	62.401		427.892
Produtos minerais	Produção de cimento	45.247	86.012	88.877	56.132	54.283	133.781	114.184	138.172	293.003	141.178	110.640

Tabela 27: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Minas Gerais (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de amônia				11.870	2.070	2.172	1.831	3.162	1.864	3.492	2.872	2.872
Produção de metais	Produção de alumínio	152.324	394.657	689.149	702.073	643.489	547.660	433.870	374.099	334.266			
	Produção de ferro gusa..			5.659.857	5.932.935	7.380.544	9.923.765	11.589.871	13.251.017	15.832.435	13.858.700	15.104.871	15.400.542
	Produção de ferroligas			47.224	123.935	111.344	149.311	116.331	237.205	262.874	49.655	132.483	169.568
	Produção de magnésio					165.700	288.871	294.663	521.224	95.136	128.696	128.745	146.995
Produtos minerais	Produção de cal								2.642.775	3.272.604	3.464.703	3.339.147	3.506.104
	Produção de cimento		2.261.389	3.434.858	2.490.651	2.832.623	2.886.403	3.620.066	3.504.856	5.095.806	5.768.294	6.506.682	7.431.428

Tabela 28: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso do Sul (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de metais	Produção de ferroligas							357	199		
Produtos minerais	Produção de cimento	159.786	141.511	130.692	202.879	318.758	242.085	320.242	308.953	308.758	327.681

Tabela 29: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Mato Grosso (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	144.937	182.328	230.335	236.153	358.743	493.645	472.608	553.552

Tabela 30: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Pará (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de metais	Produção de alumínio			34.141	761.299	1.135.856	834.078	942.563	800.768	780.369	680.068	808.400
Produtos minerais	Produção de cimento	90.656	135.015	144.139	137.747	126.937	219.806	266.924	540.453	462.024	316.872	365.391

Tabela 31: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Paraíba (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	161.546	195.485	135.733	474.425	368.616	659.620	596.500	777.936	755.813	1.396.691	1.723.803

Tabela 32: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Pernambuco (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	288.146	444.487	353.475	173.566	183.551	200.799	189.812	305.129	343.716	173.295	122.101

Tabela 33: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Piauí (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	2005	2010	2015
Produtos minerais	Produção de cimento	153.110	225.782	259.392

Tabela 34: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Paraná (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de amônia			462.660	78.321	88.474	80.746	142.179	76.817	143.885	118.322	118.322
Produtos minerais	Produção de cal							423.118	507.589	523.460	504.485	529.709
	Produção de cimento	406.093	815.644	671.551	956.912	1.112.976	1.534.128	1.489.582	2.045.591	2.195.240	2.563.224	2.660.732

Tabela 35: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Rio de Janeiro (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de ácido nítrico	234	963										
	Produção de amônia			3.349	7.754	948	2.421	855	1.938	1.074	2.012	1.654	1.654
Produção de metais	Produção de alumínio				356.325	363.973	305.969	209.129	197.116				
	Produção de ferro gusa e aço			4.606.659	6.568.227	6.225.497	6.513.113	5.899.769	6.036.469	8.650.961	5.773.710	5.435.664	5.542.076
Produtos minerais	Produção de cimento		845.018	1.243.273	798.588	1.028.572	1.014.117	1.172.987	874.175	1.501.899	1.413.475	1.150.674	1.788.831

Tabela 36: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Norte (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	72.312	108.183	101.604	57.776	68.274	142.878	135.315	166.598	722.935	444.913	395.442

Tabela 37: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Rondônia (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	207.258	166.226	110.815	89.411

Tabela 38: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Rio Grande do Sul (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produção de metais	Produção de ferro gusa e aço					36.811	41.504	14.122	13.715			
Produtos minerais	Produção de cimento	250.561	318.232	390.189	577.178	592.920	716.200	546.081	763.543	668.410	557.215	540.520

Tabela 39: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Santa Catarina (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	104.580	151.433	116.978	227.297	218.799	141.095	77.482	163.719	682.734	632.855	681.721

Tabela 40: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Sergipe (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de amônia			254.192	51.079	56.488	63.876	136.972	85.067	159.339	131.031	131.031
Produtos minerais	Produção de cimento	65.109	67.039	170.473	196.419	163.485	760.563	766.664	1.090.622	1.154.981	937.136	710.000

Tabela 41: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – São Paulo (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2023
Indústria química	Produção de ácido adipico	1.645.650	2.564.066	3.808.750	2.716.253	2.286.950	3.996.200	4.640.150	5.376.850	34.450	18.622	28.135	23.620
	Produção de ácido nítrico	97.729	401.385	462.546	387.302	446.994	507.077	516.192	559.522	200.312	168.475	230.393	230.393
	Produção de amônia	31.414	223.159	222.897	270.769	44.703	48.509	41.431	69.407	38.968	72.990	60.023	60.023
	Produção de coque de petróleo				3.167	3.167	4.453	3.720	4.212	6.791	2.204	5.809	5.214
Produção de metais	Produção de alumínio	106.626	165.248	384.963	626.373	803.221	919.686	733.360	949.912	1.155.935	701.792	712.301	774.412
	Produção de ferro gusa e aço			4.863.178	4.672.562	5.124.055	5.205.948	4.075.382	4.685.484	4.471.395	2.817.929	23.727	24.191
	Produção de ferroligas			3.005	8.923	508	520	1.635	1.394	1.115	1.115	1.328	2.443
Produtos minerais	Produção de cal								451.581	504.751	488.056	470.350	493.867
	Produção de cimento		1.665.108	2.937.394	1.763.294	2.235.757	2.402.943	3.118.219	2.163.935	3.250.996	3.189.034	2.599.932	2.270.058

Tabela 42: Emissões de CO2e (GWP) alocadas nas UFs – Tocantins (tCO2e)

Categoria emissora	Sub-categoria emissora	2010	2015	2020	2023
Produtos minerais	Produção de cimento	169.117	299.884	287.954	307.948

6. Referências bibliográficas

Abal – Associação Brasileira do Alumínio (2024). Anuário Estatístico Alumínio 2023. São Paulo, 2024.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (1973). Anuário da Indústria Química Brasileira 1973. São Paulo, 1973.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (1974). Anuário da Indústria Química Brasileira 1974. São Paulo, 1974.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (1985). Anuário da Indústria Química Brasileira 1985. São Paulo, 1985.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (1990). Anuário da Indústria Química Brasileira 1990. São Paulo, 1990.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (2013). Anuário da Indústria Química Brasileira 2013. São Paulo, 2013.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (2014). Anuário da Indústria Química Brasileira 2014. São Paulo, 2014.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (2015). Anuário da Indústria Química Brasileira 2015. São Paulo, 2015.

Abiquim – Associação Brasileira da Indústria Química (2014). Guia da Indústria Química Brasileira 2014. São Paulo, 2015.

ASPE – Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (2015). Balanço Energético do Estado do Espírito Santo 2015, Ano-base 2014. Vitória, 2015.

CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica (2014). Balanço Energético do Rio Grande do Sul 2014: ano base 2013. Porto Alegre, 2014.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais (2018). 32º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG 2017: ano base 2016. Belo Horizonte, 2018.

GERJ – Governo do Estado do Rio de Janeiro (2014). Balanço Energético do Estado do Rio de Janeiro 2014 – Ano Base 2013. Rio de Janeiro, 2014.

Instituto Aço Brasil (2016). Relatório de Sustentabilidade 2016. Rio de Janeiro, 2016.

Instituto Aço Brasil (2018). Relatório de Sustentabilidade 2018. Rio de Janeiro, 2018.

Instituto Aço Brasil (2024). Anuário Estatístico 2024. Rio de Janeiro, 2024.

Instituto Aço Brasil (2021). Relatório de Sustentabilidade 2020. Rio de Janeiro, 2021.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2010). Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up - Relatório de Referência. Brasília, 2010.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2010). Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal – Parte 2. Brasília, 2010.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Setor processos industriais e uso de produtos subsector gases substitutos para as substâncias destruidoras da camada de ozônio (ODS). Brasília, 2020.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2013). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília, 2013.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2014). Emissões de Gases de Efeito Estufa por Queima de Combustíveis: Abordagem Bottom-Up (Anexo Metodológico) – Relatório de Referência. Brasília, 2014.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Indústria Química – Relatório de Referência. Brasília, 2020.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produção de Metais – Relatório de Referência. Brasília, 2020.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produção e Consumo de HFCs e SF6 – Relatório de Referência. Brasília, 2020.

MCTI – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (2020). Emissões de Gases de Efeito Estufa nos Processos Industriais: Produtos Mineraiis – Relatório de Referência. Brasília, 2020.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2020). Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico 2021. Brasília, 2021.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2022). Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos 2020. Brasília, 2022.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2024). Balanço Energético Nacional 2024, Ano-base 2023. Brasília, 2024.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2009). Estudos de Referência do Plano Duodecenal de Geologia, Mineração e Transformação Mineral 2030 – Perfil da Cal. Brasília, 2009.

SEESP – Secretaria de Energia do Estado de São Paulo (2022). Balanço Energético do Estado de São Paulo 2022 – Ano-base 2021. São Paulo, 2022.

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (2024). Relatório Anual 2023. Rio de Janeiro, 2024.

Anexo A – Produção de metais: dados necessários para as estimativas de emissões

Tabela 43: Produção física de aço, alumínio e magnésio em t²⁴

Ano	Aço	Alumínio							Magnésio
		Soderberg			Prebaked Anode				
		Aratu (BA)	Ouro Preto (MG)	Poços de Caldas (MG)	Alumínio (SP)	Barcarena (PA)	São Luís (MA)	Santa Cruz (RJ)	
1970	5.400.000	-	25.100	7.900	23.100	-	-	-	-
1971	5.980.000	-	27.200	25.000	28.500	-	-	-	-
1972	6.518.000	-	35.800	31.300	30.500	-	-	-	-
1973	7.149.000	-	41.700	30.400	39.600	-	-	-	-
1974	7.507.000	-	45.500	29.500	38.600	-	-	-	-
1975	8.308.000	-	55.600	29.900	35.800	-	-	-	-
1976	9.169.000	-	59.400	41.300	38.500	-	-	-	-
1977	11.164.000	-	59.300	59.400	48.400	-	-	-	-
1978	12.106.000	26.700	29.100	59.000	66.000	-	-	-	-
1979	13.891.000	27.600	52.100	82.300	76.100	-	-	-	-
1980	15.337.000	27.900	60.000	89.300	83.400	-	-	-	-
1981	13.226.000	27.700	59.700	88.500	80.500	-	-	-	-
1982	12.995.000	27.700	60.800	89.700	96.600	-	-	24.200	-
1983	14.671.000	45.400	61.700	90.200	120.300	-	-	83.100	-
1984	18.386.000	58.000	61.600	89.900	127.900	-	26.400	91.200	-
1985	20.455.000	58.400	61.700	90.400	135.700	8.700	103.700	90.800	-
1986	21.233.000	58.100	62.100	90.500	158.800	98.800	198.100	90.900	-
1987	22.228.000	50.900	61.800	89.700	169.000	166.000	215.300	90.800	*
1988	24.657.000	56.500	60.500	89.800	170.100	170.400	234.400	91.800	*
1989	25.055.000	56.500	59.100	90.200	169.100	169.200	252.100	91.700	*
1990	20.567.000	56.900	59.000	88.500	174.500	194.000	264.400	93.300	5.731
1991	22.617.000	56.800	56.800	89.500	204.300	288.000	351.200	93.000	5.805
1992	23.934.000	51.100	51.100	89.700	217.400	335.200	356.100	92.700	6.945
1993	25.207.000	28.900	48.300	90.200	218.100	345.000	356.600	84.900	10.046
1994	25.747.000	29.900	42.200	90.800	221.800	347.400	361.500	91.000	9.833
1995	25.076.000	38.400	41.500	90.000	220.500	341.100	363.700	92.900	10.043
1996	25.237.000	49.000	44.400	89.500	220.000	339.700	362.100	92.700	9.706
1997	26.153.000	45.700	47.600	90.000	221.000	338.000	353.400	93.400	12.692
1998	25.760.000	53.600	48.900	91.100	221.000	344.700	354.500	94.200	10.025
1999	24.996.000	52.700	49.700	91.300	233.900	361.200	367.400	93.400	9.753
2000	27.885.000	56.600	50.300	91.700	240.100	369.200	370.900	92.600	10.256
2001	26.717.000	47.600	44.500	69.700	230.400	334.800	325.100	79.900	9.291
2002	29.604.000	52.500	49.500	88.100	248.800	416.100	370.500	92.900	10.092
2003	31.147.000	56.300	50.200	94.900	313.800	435.900	334.900	94.600	10.693
2004	32.909.000	57.800	51.000	293.100	345.300	440.500	174.800	95.300	12.105
2005	31.610.000	57.000	50.600	95.300	370.400	449.500	380.800	94.000	14.337
2006	30.901.000	58.500	51.400	96.100	404.900	459.900	437.900	95.800	16.648
2007	33.782.000	58.600	48.400	96.400	450.900	459.000	447.800	93.700	18.181
2008	33.716.000	58.700	40.500	97.200	465.700	459.300	454.000	85.700	20.043
2009	26.506.400	52.100	48.200	65.300	471.300	453.800	434.100	10.200	21.904
2010	32.927.500	40.900	48.600	88.300	472.000	451.100	435.200	-	18.545
2011	35.220.100	-	47.100	87.900	409.000	458.100	438.300	-	17.848

²⁴ A produção física de magnésio metálico entre 1987 e 1989 não estava disponível.

2012	34.523.600	-	46.500	85.900	454.900	446.700	402.400	-	20.040
2013	34.162.500	-	29.200	69.400	413.700	452.300	339.500	-	20.666
2014	33.897.000	-	18.000	17.500	318.500	441.000	167.000	-	21.957
2015	33.258.000	-	-	-	302.200	435.200	34.800	-	25.087
2016	31.642.000	-	-	-	343.907	446.100	-	-	27.176
2017	34.778.000	-	-	-	354.956	446.702	-	-	25.275
2018	35.407.000	-	-	-	351.523	307.522	-	-	25.794
2019	32.568.934	-	-	-	323.600	326.600	-	-	26.845
2020	31.415.000	-	-	-	340.969	344.131	-	-	25.096
2021	36.071.000	-	-	-	344.800	387.630	-	-	28.654
2022	34.089.000	-	-	-	345.900	405.400	59.700	-	28.654
2023	34.089.000	-	-	-	345.900	405.400	59.700	-	28.654

Fontes: Elaboração própria a partir de IABr, Abal e MCTI.

Tabela 44: Consumo de combustíveis redutores em ktep

Ano	Ferro-gusa e Aço					Ferroligas			Outros Não-Ferrosos				
	Carvão Vapor 5900	Carvão Vapor 6000	Coque de Carvão Mineral	Coque de Petróleo	Carvão Vegetal	Carvão Vapor 6000	Coque de Carvão Mineral	Coque de Petróleo	Carvão Vegetal	Carvão Vapor 6000	Coque de Carvão Mineral	Coque de Petróleo ²⁵	Carvão Vegetal
1970	-	-	1.172,5	-	1.040,9	-	-	-	49,7	-	-	26,7	10,3
1971	-	-	1.156,0	-	1.207,5	-	-	-	53,0	-	-	32,2	12,9
1972	-	-	1.248,4	-	1.439,4	-	-	-	58,1	-	-	37,7	19,4
1973	-	-	1.263,6	-	1.520,1	-	19,3	-	63,3	-	-	42,4	21,3
1974	-	-	1.288,4	-	1.997,9	-	20,7	-	76,8	-	-	50,1	32,3
1975	-	-	1.578,1	-	2.476,4	-	24,1	-	91,0	-	-	55,1	43,9
1976	-	-	1.843,6	-	2.122,6	-	29,0	-	103,3	-	-	52,3	29,1
1977	-	-	2.440,2	-	2.119,3	-	34,5	-	122,7	-	-	117,8	23,9
1978	-	-	2.634,7	-	2.126,4	-	40,7	-	135,6	-	-	207,9	23,9
1979	-	-	3.018,2	-	2.619,8	-	41,4	-	157,6	-	-	206,3	14,9
1980	-	-	3.142,4	-	2.954,9	-	54,5	-	178,9	-	-	189,2	58,8
1981	-	-	2.630,6	-	2.574,6	-	25,5	-	248,6	-	6,2	107,8	69,1
1982	-	-	2.829,9	-	2.517,1	-	24,8	-	227,9	-	4,8	122,4	68,4
1983	-	-	3.350,0	-	2.824,5	-	22,8	-	299,0	-	5,5	111,2	102,0
1984	-	-	4.406,6	-	3.714,3	-	26,2	-	350,0	-	6,9	156,7	118,8
1985	-	-	4.901,2	-	3.819,6	-	27,6	-	421,7	-	10,3	199,1	122,7
1986	-	-	4.902,6	-	4.329,1	-	31,0	-	443,0	-	12,4	35,6	72,3
1987	-	-	5.510,9	-	4.245,8	-	27,6	-	450,1	-	6,9	76,6	171,8
1988	-	-	6.199,2	-	4.560,9	-	29,0	-	548,9	-	8,3	63,4	219,6
1989	-	-	6.037,8	-	5.326,7	-	33,1	-	663,2	-	10,3	56,6	257,0
1990	-	-	4.936,4	-	4.365,2	-	25,5	-	361,6	-	71,7	39,8	254,4
1991	-	-	5.946,8	-	3.680,7	-	26,2	-	487,5	-	67,6	22,1	204,1
1992	-	-	6.022,7	-	3.431,5	-	43,5	-	413,3	-	62,8	12,3	205,3
1993	-	133,9	6.275,1	-	3.761,4	-	42,1	-	500,4	-	175,2	65,7	113,0
1994	3,4	201,7	6.459,3	1,7	3.882,2	-	39,3	-	437,2	61,5	87,6	48,3	122,7
1995	-	206,8	6.604,8	14,0	3.562,6	10,8	35,2	-	381,0	10,8	168,3	106,9	145,9
1996	-	378,3	6.582,0	5,2	3.090,5	11,4	39,3	-	577,9	74,6	165,5	147,1	31,0
1997	-	647,3	6.571,7	89,1	3.236,5	3,4	33,8	-	387,4	74,6	80,7	66,4	25,8
1998	-	885,4	6.401,3	164,0	2.968,5	-	6,9	125,6	324,8	62,1	75,2	19,6	22,0
1999	-	1.156,6	5.701,3	203,3	3.389,5	26,2	4,1	77,7	361,0	86,0	75,2	16,7	2,6
2000	-	1.268,9	6.413,1	241,7	3.660,1	27,9	5,5	89,0	430,1	121,9	86,9	27,6	5,8
2001	-	1.219,9	6.221,3	330,7	3.438,6	27,9	18,6	89,9	263,5	94,6	86,9	27,6	5,8
2002	-	1.462,0	6.582,0	305,4	3.561,3	33,5	7,2	87,3	334,6	123,5	84,0	14,7	7,7
2003	-	1.678,1	6.470,1	454,8	4.056,9	12,5	78,7	122,2	531,7	86,6	108,3	59,3	7,8

²⁵ Não inclui o consumo de coque de petróleo na produção de ânodos utilizados na produção de alumínio metálico.

2004	-	1.888,4	6.573,6	363,2	4.901,8	-	106,3	108,3	558,1	87,8	136,6	39,7	7,8
2005	-	1.828,5	6.066,5	424,9	4.803,7	-	92,2	121,9	570,2	89,5	138,9	46,4	7,9
2006	-	1.813,2	5.762,9	416,4	4.635,6	-	93,2	123,1	575,3	86,8	146,3	43,4	8,5
2007	-	1.935,2	6.319,7	493,3	4.774,6	-	104,2	143,6	615,6	91,8	151,1	77,5	8,9
2008	-	2.052,4	6.289,4	488,9	4.679,2	-	118,7	143,2	627,9	29,1	149,0	87,8	9,1
2009	-	1.576,0	4.968,6	487,2	2.723,7	-	91,7	142,7	485,0	26,9	137,9	142,7	8,4
2010	-	1.769,3	7.153,2	39,2	3.372,0	-	107,4	167,2	568,4	615,8	152,1	149,2	9,3
2011	-	1.921,4	7.750,1	41,9	3.491,6	-	96,2	150,3	509,2	790,3	231,4	290,6	9,0
2012	-	1.854,2	7.494,9	40,0	3.338,2	-	93,4	147,2	498,9	750,8	278,7	259,3	10,3
2013	-	1.807,9	7.308,9	40,2	3.021,3	-	83,8	136,7	468,8	746,7	276,0	254,5	11,3
2014	-	2.052,6	7.237,0	40,7	2.961,9	-	78,3	127,0	436,2	782,9	278,8	300,4	13,6
2015	-	2.124,4	7.441,3	40,3	2.987,7	-	70,2	114,3	392,4	689,4	245,3	273,9	10,6
2016	-	1.933,2	6.727,8	36,7	2.489,8	-	69,0	111,7	381,0	707,1	228,4	281,3	10,0
2017	-	2.289,3	7.340,4	40,3	2.621,7	-	75,8	122,7	418,4	711,6	240,7	274,6	10,8
2018	-	2.420,0	7.455,1	40,6	2.773,4	-	77,1	124,9	426,0	620,6	255,8	247,3	11,4
2019	-	2.202,9	6.809,3	37,0	2.899,7	-	76,3	123,5	421,4	644,0	261,5	248,1	10,9
2020	-	2.094,8	6.449,9	35,0	2.873,6	-	82,1	72,1	453,7	705,3	267,2	261,6	10,5
2021	-	2.412,2	7.400,4	40,6	3.013,1	-	85,5	66,3	904,3	716,0	320,7	204,0	11,1
2022	-	2.262,8	6.949,6	38,4	2.895,3	-	80,5	62,5	892,7	678,7	291,8	148,0	10,1
2023	-	2.262,8	6.949,6	38,4	2.895,3	-	80,5	62,5	892,7	678,7	291,8	148,0	10,1

Fontes: Elaboração própria a partir de MME e MCTI.

Tabela 45: Fatores de emissão de combustíveis redutores

Combustível Redutor	tCO ₂ /ktep	kgCO/TJ	kgCH ₄ /TJ	kgNO _x /TJ	kgN ₂ O/TJ	kgCOVNM/TJ
Carvão Vapor 5900	3.961	150	10	300	1,5	20
Carvão Vapor 5900	3.961	9	10	209	1,5	1
Coque de Carvão Mineral	4.480	931	10	173	1,5	89
Coque de Petróleo	4.082	931	3	173	0,6	89
Carvão Vegetal	4.460	4.000	200	100	4,0	100

Fontes: MCTI.

Tabela 46: Consumo de carbonatos como fundentes em altos-fornos da produção de ferro-gusa e aço em toneladas

Ano	Calcário	Dolomita
1970	622.930,89	269.645,55
1971	689.838,29	298.607,48
1972	751.900,66	325.472,16
1973	824.691,29	356.980,75
1974	865.989,30	374.857,25
1975	958.390,72	414.854,67
1976	1.057.713,59	457.848,15
1977	1.287.851,94	557.467,20
1978	1.396.518,78	604.505,37
1979	1.602.432,04	693.638,21
1980	1.769.239,10	765.843,29
1981	1.525.719,26	660.431,86
1982	1.499.071,66	648.897,02
1983	1.692.410,95	732.587,01
1984	2.120.964,33	918.093,16
1985	2.359.639,15	1.021.407,35
1986	2.449.387,34	1.060.256,28
1987	2.564.168,13	1.109.940,97
1988	2.844.371,67	1.231.231,54
1989	2.890.283,99	1.251.105,41
1990	2.372.559,20	1.027.000,00
1991	2.716.950,07	951.000,00
1992	2.402.022,11	939.000,00
1993	2.044.938,84	1.008.000,00
1994	1.833.584,52	1.194.000,00
1995	2.005.130,71	1.531.000,00
1996	2.264.524,61	1.237.000,00

1997	2.676.388,55	1.470.000,00
1998	2.415.792,62	1.565.000,00
1999	2.160.385,52	1.506.000,00
2000	2.468.742,87	1.106.000,00
2001	2.373.597,72	867.000,00
2002	2.351.325,61	1.178.000,00
2003	2.329.997,68	1.579.000,00
2004	2.306.997,68	1.802.000,00
2005	2.265.597,72	1.319.000,00
2006	1.296.908,35	1.145.000,00
2007	1.431.431,17	1.202.000,00
2008	1.849.898,18	1.493.000,00
2009	2.008.690,09	1.653.000,00
2010	3.657.152,10	2.603.000,00
2011	1.828.264,80	1.178.000,00
2012	1.846.049,57	1.525.000,00
2013	1.760.480,03	1.702.000,00
2014	1.910.702,39	1.860.000,00
2015	2.323.179,56	1.612.000,00
2016	1.972.176,53	1.565.000,00
2017	2.471.404,96	1.891.000,00
2018	2.341.948,11	1.833.000,00
2019	2.053.284,24	1.967.000,00
2020	2.012.526,86	1.544.000,00
2021	3.290.525,86	1.918.000,00
2022	3.048.525,86	1.737.000,00
2023	3.048.525,86	1.737.000,00

Fontes: Elaboração própria a partir de MME e MCTI.

Anexo B – Produção física de cimento

Tabela 47: Produção física de cimento em kt

	RO	AM	PA	TO	MA	PI	CE	RN	PB	PE	AL	SE	BA
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1971	-	-	101,01	-	-	-	83,59	-	188,02	577,19	-	76,88	235,30
1972	-	-	195,14	-	-	-	106,86	53,26	292,64	539,46	-	131,60	272,60
1973	-	-	142,23	-	-	-	95,39	149,60	391,69	616,00	-	152,86	390,64
1974	-	-	167,63	-	40,38	-	93,96	177,83	383,31	671,91	-	152,88	481,11
1975	-	-	211,83	-	105,73	-	83,19	168,97	377,48	673,30	-	152,14	499,75
1976	-	-	237,55	-	176,46	-	102,18	208,04	392,73	804,75	-	155,52	589,28
1977	-	-	273,29	-	175,20	-	119,09	207,46	424,68	798,84	-	158,67	687,99
1978	-	-	300,03	-	198,37	-	143,14	240,76	442,66	818,53	223,94	155,80	673,75
1979	-	-	326,04	-	200,10	-	162,55	250,50	468,25	858,11	281,39	158,62	758,70
1980	-	-	315,49	-	200,98	-	354,11	252,79	456,79	1038,63	315,23	156,65	813,14
1981	-	-	388,00	-	170,55	-	453,56	192,43	463,04	980,84	272,07	160,01	799,81
1982	-	-	510,00	-	217,53	-	511,51	208,00	458,43	1068,16	313,17	133,67	836,15
1983	-	-	400,00	-	171,66	-	476,04	162,76	337,75	788,11	256,96	145,85	697,02
1984	-	-	359,81	-	203,47	-	431,40	158,48	282,21	795,87	221,15	328,81	572,32
1985	-	-	336,81	-	207,68	-	493,45	237,42	317,16	825,96	249,18	398,34	553,94
1986	-	245,34	383,00	-	242,22	-	541,17	248,35	380,08	949,59	256,42	495,23	630,89
1987	-	320,82	387,99	-	225,84	-	623,61	253,46	381,75	922,91	274,10	453,61	556,22
1988	-	400,06	336,38	-	224,59	-	663,94	228,25	408,99	913,91	267,55	387,31	491,68
1989	-	402,51	386,97	-	213,20	-	634,29	180,40	731,90	571,73	290,39	394,17	514,79
1990	-	387,30	321,87	-	131,16	-	603,20	135,00	1108,58	405,57	342,20	458,97	508,16
1991	-	404,64	224,42	-	174,01	-	575,79	208,11	1097,35	462,16	344,37	437,71	514,77
1992	-	292,61	262,71	-	132,77	-	551,39	177,72	885,03	429,60	327,00	449,80	512,71
1993	-	337,19	303,59	-	104,50	-	535,08	174,00	955,79	417,72	282,60	479,38	626,19
1994	-	334,27	341,47	-	153,64	-	473,60	172,57	930,77	433,94	289,42	471,65	901,45
1995	-	318,25	311,14	-	133,05	-	689,54	167,35	903,52	449,90	269,39	400,72	912,03
1996	-	368,48	332,85	-	181,54	-	750,50	201,89	996,26	465,80	289,99	430,91	851,27
1997	-	431,42	366,89	-	269,12	-	1147,31	314,36	1463,61	440,74	366,70	996,53	837,30
1998	-	501,06	521,25	-	334,45	-	1154,08	343,65	1955,27	507,21	561,30	1399,88	931,06
1999	-	562,23	548,68	-	403,60	-	1193,25	332,75	2029,68	510,63	563,51	1843,14	804,90
2000	-	623,46	546,55	-	332,65	-	1469,19	355,26	1640,14	499,29	490,89	1891,13	690,51
2001	-	625,39	557,69	-	291,22	122,63	1504,44	355,35	1686,98	503,98	456,31	1682,63	636,84
2002	-	630,90	557,00	-	313,58	306,37	1468,85	338,04	1577,01	541,89	417,74	1729,38	653,30
2003	-	603,00	561,00	-	254,00	304,00	1230,00	330,00	1364,00	397,00	358,00	1771,00	479,00
2004	-	628,00	621,00	-	302,00	284,00	1324,00	334,00	1477,00	409,00	375,00	1975,00	469,00
2005	-	627,00	720,00	-	308,00	413,00	1443,00	365,00	1609,00	512,00	437,00	2068,00	555,00
2006	-	634,00	821,00	-	316,00	344,00	1480,00	378,00	1811,00	547,00	458,00	2366,00	599,00
2007	-	683,00	935,00	-	336,00	411,00	1628,00	438,00	1919,00	677,00	532,00	2763,00	695,00
2008	-	776,00	1315,00	-	358,00	501,00	1714,00	450,00	2073,00	781,00	556,00	2841,00	814,00
2009	111,00	654,00	1204,00	131,00	358,00	588,00	1767,00	461,00	1844,00	821,00	409,00	2691,00	1021,00
2010	576,00	725,00	1502,00	470,00	384,00	627,00	1863,00	463,00	2162,00	848,00	674,00	3031,00	1179,00
2011	696,00	813,00	1553,00	523,00	425,00	609,00	1985,00	658,00	2025,00	1079,00	706,00	3181,00	1270,00
2012	713,00	785,00	1636,00	564,00	883,00	655,00	2136,00	1293,00	2462,00	1257,00	703,00	3080,00	1346,00
2013	553,29	771,95	1708,52	510,41	939,00	646,86	2129,00	1544,32	2356,00	1206,00	818,06	3309,92	1510,00
2014	411,42	638,58	1596,92	630,90	807,33	719,61	2767,17	1933,23	2334,11	1240,24	831,82	3441,97	1534,04
2015	457,72	666,98	1272,24	825,77	806,82	720,33	2964,58	1990,69	2081,22	946,47	584,15	3180,38	1523,34
2016	256,16	641,01	1486,40	704,92	741,07	650,45	2879,38	1515,57	2583,25	606,29	376,00	2288,07	1290,01
2017	206,45	559,23	1333,06	538,97	533,95	318,76	2809,55	1167,34	2637,01	436,97	149,97	2198,11	1239,77
2018	265,12	342,78	1068,39	809,63	387,15	-	2736,14	1001,10	2844,11	264,08	58,65	2265,47	1278,73
2019	202,36	377,74	911,44	646,63	352,95	-	2652,50	943,72	3329,72	375,42	333,47	2239,23	1391,68
2020	298,78	650,67	854,36	776,39	380,65	-	2784,87	1199,58	3765,78	467,24	402,52	2526,72	1347,68
2021	270,63	486,74	930,24	930,98	392,10	-	3265,08	1371,74	3953,17	368,67	356,56	2366,32	1368,80
2022	243,33	471,78	920,41	817,87	380,71	-	2943,34	1123,73	3714,53	273,53	274,80	1936,07	1307,72
2023	241,07	420,61	985,17	830,29	298,31	-	3018,31	1066,20	4647,75	329,21	351,33	1914,31	1283,38

Fontes: Elaboração própria a partir de SNIC.

Tabela 48: Produção física de cimento em kt (continuação)

Ano	MT	MS	GO	DF	MG	ES	RJ	SP	PR	SC	RS	NA	BR
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.002,43	9.002,43
1971	216,43	-	157,16	-	2.292,64	335,37	1.805,70	2.752,81	490,61	158,57	331,37	-	9.802,64
1972	230,45	-	213,73	15,25	2.808,08	364,57	1.915,85	3.062,43	574,49	207,58	397,45	-	11.381,43
1973	235,27	-	312,72	287,37	3.590,66	361,22	1.930,17	3.338,75	736,44	207,34	459,23	-	13.397,58
1974	258,08	-	417,84	280,76	4.078,63	360,81	1.980,12	3.665,30	917,22	221,27	570,61	-	14.919,64
1975	338,67	-	479,23	355,32	5.284,4	363,57	1.974,54	3.890,83	948,91	244,37	585,48	-	16.737,46
1976	352,15	-	490,17	416,28	6.318,07	651,24	2.264,73	4.141,20	1.021,13	242,07	583,26	-	19.146,79
1977	337,29	-	553,83	529,69	6.561,0	659,36	2.550,49	4.748,15	1.405,47	319,67	612,75	-	21.122,93
1978	384,36	-	567,45	6.789,510,61	746,587	2.646,8	5.967,62	1.430,43	344,83	617,90	23.202,87	-	23.202,87
1979	345,92	-	594,50	586,22	7.240,53	653,93	2.833,90	6.517,81	1.581,02	364,77	690,80	-	24.873,65
1980	-	373,37	833,93	619,85	8.026,17	663,46	2.905,13	6.863,75	1.905,90	353,85	743,61	-	27.192,80
1981	-	326,50	801,89	546,09	7.621,87	797,31	2.526,99	6.501,88	1.912,24	336,49	799,51	-	26.051,07
1982	-	289,13	812,85	528,85	7.061,35	757,54	2.899,86	6.008,22	1.898,69	290,87	840,13	-	25.644,12
1983	-	255,96	689,97	505,44	5.259,25	522,03	2.699,58	4.900,62	1.548,49	248,61	803,85	-	20.869,94
1984	-	306,16	661,22	509,20	5.625,80	550,96	2.051,84	4.047,37	1.386,71	237,42	767,08	-	19.497,27
1985	-	330,67	741,68	688,06	5.819,8	693,74	1.866,04	4.120,26	1.569,20	273,34	911,75	-	20.634,51
1986	-	334,24	931,94	908,43	6.925,41	835,09	2.514,19	5.014,49	1.912,74	370,29	1.138,03	-	25.257,14
1987	-	331,52	868,70	883,92	6.827,53	759,22	2.510,25	5.234,31	2.016,61	420,89	1.214,76	-	25.468,03
1988	-	288,32	1001,42	858,79	6.806,38	840,21	2.310,66	5.162,20	2.048,24	428,79	1.261,11	-	25.328,77
1989	-	295,14	1033,15	872,85	6.780,14	962,38	2.440,11	5.142,98	2.199,90	501,02	1.372,01	-	25.920,01
1990	-	305,39	933,37	849,50	6.618,93	995,68	2.403,44	5.224,25	2.236,00	1.348,531,12	68	-	25.848,36
1991	118,97	283,99	987,51	7.380,3816,41	1.087,9	2.462,82	5.554,00	2.304,86	2.304,58	554,63	1.495,63	-	27.490,09
1992	299,88	230,85	923,34	667,62	6.185,20	847,72	2.022,92	4.746,65	2.152,55	483,63	1.321,05	-	23.902,73
1993	456,03	324,97	963,06	757,85	6.164,89	812,80	2.126,71	4.744,71	2.689,41	396,20	1.192,26	-	24.842,92
1994	485,01	465,01	984,02	798,34	6.127,69	840,28	2.077,07	4.968,18	2.264,70	345,26	1.371,28	-	25.229,61
1995	446,91	497,28	889,41	834,89	7.074,87	864,91	2.485,71	5.889,86	2.728,02	536,30	1.453,31	-	28.256,30
1996	540,09	591,70	1124,89	1159,17	9.079,34	1.196,32	2.990,65	7.639,25	3.356,55	479,64	1.569,97	-	34.597,05
1997	553,95	772,93	1069,84	1235,14	9.275,15	1.526,19	3.085,63	8.077,77	3.746,62	458,84	1.660,03	-	38.096,04
1998	597,85	787,62	824,64	1539,74	9.223,17	1.609,88	3.212,82	7.806,13	3.992,11	373,10	1.765,66	-	39.941,92
1999	512,76	716,37	722,78	1777,48	9.385,44	1.490,99	3.139,14	7.826,75	3.792,61	1.775,301,38	87	-	40.233,92
2000	572,73	792,59	713,53	1898,97	9.001,26	1.424,28	2.916,62	7.753,43	3.814,60	350,83	1.780,83	341,99	39.900,73
2001	650,28	751,02	730,57	1988,70	8.895,89	1.720,14	2.742,69	7.132,49	4.099,86	388,29	1.791,00	138,99	39.453,48
2002	693,86	707,71	730,19	1937,10	8.723,94	1.848,23	2.702,21	6.574,88	4.160,10	402,63	1.751,87	159,99	38.926,77
2003	624,00	618,00	647,00	1646,00	8.253,00	1.833,00	2.402,00	5.386,00	3.944,00	263,00	1.683,00	172,00	35.122,00

2004	602,00	653,00	716,00	2091,00	8.186,00	1.753,00	2.382,00	5.327,00	4.059,00	229,00	1.575,00	213,00	35.984,00
2005	637,00	653,00	789,00	2322,00	9.454,00	1.664,00	2.358,00	5.837,00	4.018,00	209,00	1.473,00	234,00	38.705,00
2006	642,00	670,00	766,00	2492,00	10.188,00	1.711,00	2.618,00	7.194,00	3.923,00	222,00	1.511,00	204,00	41.895,00
2007	819,00	746,00	832,00	2824,00	11.368,00	1.921,00	2.794,00	7.454,00	4.548,00	282,00	1.661,00	285,00	46.551,00
2008	875,00	878,00	1052,00	2660,00	12.654,00	2.344,00	3.129,00	8.180,00	5.313,00	406,00	2.034,00	266,00	51.970,00
2009	949,00	872,00	1149,00	2690,00	12.979,00	2.099,00	3.160,00	7.913,00	5.332,00	364,00	1.940,00	240,00	51.747,00
2010	997,00	890,00	1324,00	3159,00	14.162,00	2.370,00	4.174,00	9.035,00	5.685,00	455,00	2.122,00	240,00	59.117,00
2011	1.177,00	973,00	1392,00	3540,00	15.240,00	2.546,00	4.974,00	9.564,00	5.746,00	988,00	2.190,00	240,00	64.093,00
2012	1.123,00	1031,00	1599,00	3882,00	16.465,00	2.616,00	5.087,00	9.428,00	5.589,00	1.979,00	2.225,00	272,00	68.809,00
2013	1.542,31	949,10	1650,00	4122,08	15.650,00	2.666,99	5.183,00	9.977,00	6.142,75	1.783,32	2.227,62	264,00	70.161,55
2014	1.717,17	878,20	1617,35	4437,17	17.628,01	2.762,54	4.145,05	9.865,93	6.223,68	2.266,98	2.073,47	-	72.502,88
2015	1.359,31	850,74	1326,88	4068,30	15.883,71	2.539,95	3.892,18	8.781,40	6.044,86	1.879,99	1.840,55	-	66.488,57
2016	1.041,23	734,36	1069,81	2941,63	14.649,71	2.149,88	3.076,22	7.167,58	6.328,98	1.464,23	1.518,12	-	58.160,31
2017	1.034,04	637,03	1485,99	2620,27	14.553,01	1.877,44	2.421,29	6.532,27	5.874,41	1.428,40	1.410,61	-	54.003,89
2018	1175,79	616,80	1715,76	2527,75	15.344,41	910,72	2.897,92	6.276,35	6.035,18	1.424,73	1.355,72	-	53.602,49
2019	1128,16	700,58	1919,71	2450,75	17.314,23	787,63	3.434,99	6.043,34	6.194,55	1.513,77	1.366,65	-	56.611,23
2020	1274,25	832,48	2019,97	2859,91	17.543,43	834,78	3.102,47	7.009,98	6.911,01	1.706,32	1502,37	-	61.052,19
2021	1402,23	907,26	2236,77	3080,54	18.394,11	918,10	3.456,08	7.855,15	7.901,86	1.993,84	1.676,53	-	65.886,51
2022	1526,90	893,42	2274,05	3003,21	14.969,02	772,55	2.770,30	6.111,71	7.557,33	1.946,38	1.607,20	-	57.839,86
2023	1.492,50	883,50	2301,74	2.836,35	20036,74	735,79	4823,08	6120,57	7173,91	1838,07	1457,36	-	65085,529

Fontes: Elaboração própria a partir de SNIC.

Anexo C – Produção física de cal e vidro

Tabela 49: Produção física de cal por tipo e de vidro virgem em kt

Ano	Cal			Vidro (virgem)
	Calcítica	Dolomítica	Magnesiana	
1970	1.316,02	174,95	291,58	579,05
1971	1.356,72	180,36	300,60	600,53
1972	1.383,86	183,97	306,61	622,81
1973	1.451,69	192,98	321,64	645,92
1974	1.492,39	198,39	330,66	669,89
1975	1.492,39	198,39	330,66	694,74
1976	1.533,09	203,81	339,68	720,52
1977	1.926,54	256,11	426,85	747,26
1978	2.306,43	306,61	511,02	774,98
1979	2.618,47	348,09	580,15	803,74
1980	2.645,61	351,70	586,17	833,56
1981	2.604,90	346,29	577,15	864,49
1982	2.645,61	351,70	586,17	896,56
1983	2.672,74	355,31	592,18	929,83
1984	2.781,28	369,74	616,23	964,33
1985	3.025,49	402,20	670,33	1000,11
1986	2.984,79	396,79	661,32	1037,22
1987	3.079,76	409,41	682,36	1075,70
1988	3.174,73	422,04	703,40	1115,62
1989	3.242,56	431,06	718,43	1157,01
1990	3.323,97	441,88	736,46	1248,22
1991	3.335,79	466,60	777,67	1248,22
1992	3.585,12	463,98	773,31	908,20
1993	3.828,99	506,08	843,46	1091,15
1994	3.782,37	460,55	767,58	991,09
1995	3.736,21	478,82	798,03	1196,98
1996	3.818,73	512,60	854,33	1215,40
1997	3.968,91	499,37	832,28	1320,07
1998	3.774,26	481,89	803,15	1319,81
1999	4.072,39	470,08	783,46	1506,54
2000	4.935,31	454,96	758,27	1671,08
2001	4.704,69	449,53	749,21	1677,89
2002	4.924,87	436,30	727,17	1927,41
2003	5.052,44	438,66	731,10	1926,31
2004	5.431,97	497,95	829,92	2114,03
2005	5.398,85	445,28	742,13	2160,79
2006	5.452,00	450,00	750,00	1843,57
2007	5.705,43	473,15	788,58	1843,88
2008	5.726,48	476,22	793,70	1900,63
2009	4.902,67	488,50	814,17	1920,14
2010	6.000,98	493,46	822,44	2121,77
2011	6.525,53	479,29	798,82	2456,96
2012	6.623,75	473,62	789,37	2292,38
2013	6.720,48	476,22	793,70	2672,92
2014	6.494,76	464,65	774,41	2523,23
2015	6.612,68	473,08	788,47	2417,26
2016	6.612,43	473,15	788,58	2272,22
2017	6.613,43	473,15	788,58	2342,62
2018	6.612,68	473,08	788,47	2429,30
2019	6.453,33	461,68	769,47	2392,86
2020	6.373,66	455,98	759,97	2031,54

2021	6.692,35	478,78	797,97	2346,43
2022	6.692,35	478,78	797,97	2346,43
2023	6.692,35	478,78	797,97	2346,43

Fontes: Elaboração própria a partir de MME e MCTI.

Anexo D – Produção, importação, exportação e consumo de barrilha

Tabela 50: Dados de atividade utilizados nas estimativas de emissões do consumo de barrilha em t

Ano	Produção	Importação	Exportação	Consumo
1970	110.665	3.097	2	113.761
1971	125.401	27.156	-	152.557
1972	127.595	22.582	-	150.177
1973	135.103	43.022	-	178.125
1974	153.048	44.916	1	197.963
1975	146.126	63.001	2	209.125
1976	150.012	70.809	2	220.819
1977	141.022	143.681	-	284.703
1978	120.651	183.722		304.373
1979	118.659	200.702		319.361
1980	175.701	203.446	21	379.126
1981	188.220	103.241	-	291.461
1982	199.000	98.784	22	297.762
1983	210.079	62.766	7	272.838
1984	214.604	162	22	214.744
1985	179.327	110.680	22	289.985
1986	199.449	155.872	5	355.316
1987	171.000	302.252	43	473.209
1988	184.295	245.796	2	430.089
1989	196.526	285.855	-	482.381
1990	195.893	242.788	-	438.681
1991	207.607	253.610	-	461.217
1992	220.596	179.785	-	400.381
1993	231.390	218.954	10	450.334
1994	219.471	231.827	255	451.043
1995	203.950	392.071	2	596.019
1996	211.043	306.932	9	517.966
1997	206.273	334.398	3	540.668
1998	201.866	358.459	4	560.321
1999	208.834	352.073	4	560.903
2000	190.616	393.845	4	584.457
2001	194.837	430.797	400	625.234
2002	-	424.780	609	424.171
2003	-	471.938	558	471.380
2004	-	473.063	1	473.062
2005	-	597.888	2	597.886
2006	-	742.140	2	742.138
2007	-	804.105	2.192	801.913
2008	-	861.195	20	861.175
2009	-	770.854	560	770.294
2010	-	954.675	47	954.629
2011	-	904.506	602	903.904
2012	-	1.062.560	704	1.061.856
2013	-	1.041.162	4.810	1.036.352
2014	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2015	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2016	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2017	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2018	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2019	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2020	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2021	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2022	-	1.237.081	1.302	1.235.779
2023	-	1.237.081	1.302	1.235.779

Fontes: Elaboração própria a partir de Abiquim e MCTI.

Anexo E – Produção física de substâncias químicas

Tabela 51: Produção física em kt por tipo de substância química²⁶

Ano	Amônia	Ácido Nítrico ²⁷	Ácido Adípico	Caprolactama	Metanol	Eteno	Cloret o Vinila	Dicloroetano	Óxido de Eteno	Acrilonitrila	Coque de Petróleo Calcinado	Negro-de-Fumo	ABS
1970	28,87	60,42	23,00	-	15,19	17,14	47,60	-	-	-	-	49,10	-
1971	130,26	93,94	22,65	-	22,43	22,31	48,40	-	-	-	-	56,43	-
1972	146,81	136,84	28,70	-	35,30	70,08	47,60	-	-	-	-	60,46	-
1973	179,00	188,41	30,65	-	48,74	222,11	83,59	-	-	-	-	64,44	-
1974	232,89	260,28	34,69	-	52,38	269,47	94,90	-	29,95	-	-	78,79	-
1975	205,12	248,15	35,84	-	31,47	300,24	102,66	-	26,32	-	-	96,97	0,62
1976	176,49	280,13	48,12	-	74,48	349,43	94,22	-	28,36	-	-	111,27	5,71
1977	183,99	255,64	51,46	2,95	81,28	362,17	107,87	-	30,93	-	-	121,73	5,99
1978	258,82	264,41	53,66	20,17	95,17	398,77	106,45	-	36,56	-	-	125,46	8,51
1979	338,87	259,41	54,05	28,97	107,18	631,25	133,15	-	87,27	3,03	-	132,38	11,33
1980	443,69	285,28	53,23	34,95	126,60	715,51	259,22	417,78	112,20	49,73	-	148,81	13,56
1981	462,70	261,70	50,41	26,54	120,36	719,60	231,34	373,47	103,86	56,53	-	125,75	10,70
1982	580,00	231,03	51,31	33,35	127,81	852,51	290,15	548,48	124,03	57,11	-	122,29	11,45
1983	904,40	240,87	54,56	36,29	136,07	1.163,28	281,56	622,55	107,28	57,58	-	121,95	21,00
1984	1.070,15	266,73	43,22	42,46	137,87	1.261,96	303,04	645,04	143,59	69,59	-	141,36	24,65
1985	1.158,42	273,62	37,96	42,44	156,44	1.303,94	324,07	659,50	147,72	70,30	226,20	155,16	25,04
1986	1.081,57	292,36	44,20	47,42	167,21	1.305,78	327,11	649,63	148,92	69,07	226,20	170,24	25,43
1987	1.167,01	305,71	41,88	53,69	168,63	1.390,25	347,28	647,27	136,98	75,14	226,20	175,52	25,83
1988	1.148,44	290,61	41,05	51,87	168,31	1.435,76	382,35	715,71	147,94	78,25	226,20	187,45	26,22
1989	1.201,01	322,44	41,94	55,14	163,19	1.489,41	499,15	505,50	148,39	77,58	226,20	192,22	26,61
1990	1.152,56	295,82	31,95	42,06	168,56	1.499,71	480,42	538,18	127,22	78,00	226,20	178,40	27,00
1991	1.012,11	313,91	41,68	47,19	206,45	1.448,81	331,90	369,54	150,35	63,47	261,61	182,57	26,00
1992	1.038,44	310,53	38,54	41,70	204,45	1.505,57	333,78	420,54	142,58	74,16	262,89	186,42	28,00
1993	1.153,34	325,57	51,26	50,82	223,50	1.709,46	381,82	495,14	149,48	74,26	263,86	197,25	32,00
1994	1.156,83	326,49	51,83	50,84	222,31	1.895,75	409,76	499,93	163,47	76,52	299,64	204,30	32,00
1995	1.222,35	332,84	55,86	52,61	205,13	1.881,08	388,91	494,36	161,33	79,83	318,07	200,55	33,00
1996	1.201,05	335,85	41,55	54,71	223,77	1.875,68	433,27	512,18	149,06	78,44	320,16	202,18	-
1997	1.252,72	343,13	35,77	56,02	226,37	2.126,30	419,21	567,24	217,97	87,09	267,13	207,77	-
1998	1.176,43	332,56	62,06	42,97	210,20	2.254,66	414,68	545,10	259,02	64,06	276,51	211,14	-
1999	1.331,11	335,07	61,57	50,50	215,49	2.415,98	426,17	558,93	261,27	79,71	251,87	221,50	-
2000	1.139,11	336,03	64,86	56,01	211,58	2.633,82	424,73	541,34	256,04	87,36	265,71	229,86	-
2001	956,00	331,81	51,49	48,55	242,22	2.462,16	375,40	427,68	278,16	74,98	222,61	215,36	-
2002	1.073,16	346,23	65,93	57,52	240,10	2.414,22	389,01	492,58	251,35	78,36	219,18	222,20	-
2003	1.157,58	349,57	59,98	48,85	240,87	2.575,89	567,11	540,19	280,73	76,20	212,60	229,86	-

²⁶ A produção física de carbureto de cálcio não é disponibilizada pela White Martins.

²⁷ A produção física apresentada na tabela corresponde apenas àquela responsável pelas emissões associadas ao processo.

2004	1.324,48	357,52	86,96	50,47	273,60	2.702,53	588,95	566,71	296,64	83,54	244,65	278,33	-
2005	1.316,15	363,42	75,15	49,66	240,36	2.699,83	609,21	581,37	297,18	76,78	300,83	280,14	-
2006	1.347,75	355,71	82,61	44,91	276,79	3.135,11	687,86	547,72	289,72	84,81	319,94	280,14	-
2007	1.278,12	356,66	88,86	49,59	234,60	3.223,60	685,23	536,52	309,67	88,04	351,52	354,09	-
2008	1.240,53	390,83	85,02	55,39	216,36	2.903,35	675,12	549,37	267,30	67,91	332,68	390,42	-
2009	1.079,15	423,76	87,20	13,28	109,23	3.082,51	684,31	581,61	266,01	86,38	362,45	385,60	-
2010	1.191,04	360,08	86,29	-	206,00	3.276,63	475,56	578,20	320,25	94,50	485,06	400,06	-
2011	1.366,23	392,03	86,29	-	212,66	3.131,28	443,79	473,60	387,16	73,93	500,96	385,60	-
2012	1.204,38	344,54	64,79	-	167,13	3.171,47	505,10	522,50	351,49	78,24	463,17	390,42	-
2013	1.236,21	335,91	63,34	-	115,28	3.372,83	587,87	523,79	327,10	67,63	485,97	395,24	-
2014	1.107,16	308,73	51,26	-	80,23	3.237,89	640,02	516,29	319,81	74,92	468,04	380,78	-
2015	1.423,01	302,94	46,64	-	75,85	3.296,41	549,90	516,29	300,90	81,88	157,43	375,96	-
2016	1.327,21	305,91	44,43	-	41,91	3.459,86	599,79	516,29	320,25	87,82	472,41	385,60	-
2017	739,45	468,31	52,20	-	-	3.518,66	863,68	516,29	347,60	60,00	420,28	380,78	-
2018	431,80	468,31	59,16	-	-	3.399,61	786,16	516,29	338,80	68,00	409,64	371,14	-
2019	135,17	414,28	63,51	-	-	3.185,20	669,86	516,29	308,00	73,00	372,40	337,40	-
2020	146,91	486,32	70,47	-	-	3.027,07	679,86	516,29	343,20	81,00	414,96	375,96	-
2021	526,44	426,28	69,60	-	-	3.026,64	680,04	516,29	316,80	80,00	383,04	347,04	-
2022	733,79	414,28	59,16	-	-	2.911,69	712,11	516,29	308,00	68,00	372,40	337,40	-
2023	733,79	414,28	59,16	-	-	2.911,69	712,11	516,29	308,00	68,00	372,40	337,40	-

Fontes: Elaboração própria a partir de Abiquim e MCTI.

Tabela 52: Produção física em kt por tipo de substância química (continuação)

Ano	Anidrido Ftálico	Borracha de butadieno estireno (SBR)	Estireno	Etilbenzeno	Formaldeído	PVC	Poliestireno	Polietileno PEAD	Polietileno PEBD	Polietileno PELBD	Polipropileno	Propano	Rocha Fosfática
1970	12,94	78,52	15,85	-	32,07	46,20	24,55	6,72	25,49	-	-	3,96	1.165,35
1971	16,30	78,52	19,54	-	45,60	52,50	31,88	8,05	30,52	-	-	0,94	1.221,20
1972	19,25	78,52	32,08	-	75,47	74,60	44,01	10,31	39,10	-	-	22,06	1.279,69
1973	29,09	105,13	48,19	-	98,89	114,66	52,40	23,40	126,66	-	-	129,21	1.340,96
1974	32,89	111,80	50,00	-	103,81	106,01	52,40	27,46	158,48	-	-	96,04	1.405,12
1975	27,49	118,40	49,30	-	112,08	136,79	47,80	33,08	159,31	-	-	187,52	1.472,33
1976	35,91	124,99	61,77	-	125,33	151,71	88,20	42,57	186,98	-	-	179,81	1.542,71
1977	36,05	131,59	64,07	-	114,75	160,20	85,41	53,62	199,53	-	-	232,48	1.616,41
1978	44,16	138,18	145,43	-	118,45	172,90	95,83	52,86	218,55	-	24,52	237,89	1.693,60
1979	59,48	144,78	197,77	-	138,07	210,66	132,72	119,11	290,34	-	95,32	376,49	1.774,43
1980	62,58	151,37	193,47	221,18	185,89	340,75	124,52	128,67	307,37	-	119,61	418,14	1.859,07
1981	58,80	157,97	187,07	197,36	113,60	259,71	99,30	114,37	323,83	-	129,93	436,95	1.947,71
1982	65,32	167,04	200,71	228,11	152,36	318,40	105,88	135,05	345,88	-	155,45	461,21	2.040,52
1983	59,91	161,55	197,52	242,28	159,25	294,32	96,65	198,74	479,24	-	199,61	590,66	2.137,71
1984	62,63	183,90	225,75	288,38	185,28	326,39	116,11	208,20	508,53	-	231,82	673,61	2.239,48
1985	69,91	191,43	233,47	293,93	191,69	361,16	150,84	214,36	585,46	-	243,35	824,58	2.346,03
1986	73,80	205,82	268,04	319,89	225,82	406,17	185,20	234,25	608,51	-	248,24	719,31	2.457,59
1987	71,84	201,24	268,80	372,76	225,01	451,56	157,60	261,37	630,55	-	279,61	780,72	2.574,40
1988	88,62	194,09	281,58	416,08	219,02	464,20	156,24	269,28	622,34	-	293,49	765,18	2.696,70
1989	81,72	177,11	312,72	432,89	239,39	542,10	176,88	268,39	601,41	-	295,14	835,84	2.824,75
1990	66,00	185,00	306,00	441,00	177,00	504,00	134,00	322,00	626,00	-	304,00	794,00	2.817,00
1991	77,00	189,00	280,00	314,00	195,00	500,00	155,00	339,00	585,00	-	356,00	779,00	3.280,00
1992	77,00	196,00	254,00	287,00	206,00	489,00	138,00	311,00	570,00	-	375,00	827,00	2.825,00
1993	76,00	192,00	223,00	238,00	245,00	511,00	163,00	430,00	609,00	104,00	478,00	975,00	3.420,00
1994	91,00	209,00	262,00	346,00	262,00	593,00	154,00	479,00	609,00	133,00	522,00	1.086,00	3.937,00
1995	75,00	221,00	273,00	407,00	276,00	581,00	169,00	495,00	595,00	150,00	558,00	1.077,00	3.888,00
1996	87,00	211,00	236,00	259,00	282,00	627,00	149,00	529,00	561,00	170,00	590,00	1.085,00	3.823,00
1997	86,00	239,00	232,00	250,00	292,00	632,00	133,00	644,00	664,00	177,00	636,00	1.219,00	4.275,61
1998	74,00	206,00	228,00	263,00	348,00	632,00	139,00	693,00	649,00	174,00	708,00	1.271,00	4.421,40
1999	90,00	244,00	227,00	240,00	396,00	658,00	165,00	764,00	659,00	266,00	787,00	1.299,00	4.343,64
2000	88,00	237,00	406,00	437,00	357,00	648,00	176,00	891,00	647,00	334,00	848,00	1.409,00	4.725,11
2001	91,00	205,00	403,00	439,00	320,00	538,00	239,00	819,00	636,00	270,00	832,00	1.340,00	4.805,12

2002	95,00	233,00	400,00	422,00	353,00	602,00	314,00	811,00	608,00	313,00	891,00	1.390,00	5.083,70
2003	98,00	246,00	388,00	428,00	501,00	604,00	292,00	811,00	672,00	359,00	1.012,00	1.559,00	5.584,00
2004	103,00	261,00	445,00	468,00	540,00	630,00	319,00	833,00	673,00	407,00	1.130,00	1.747,00	5.690,00
2005	85,00	212,00	405,00	395,00	509,00	640,00	317,00	812,00	682,00	442,00	1.212,00	1.731,00	5.631,00
2006	94,00		460,00	430,00	491,00	663,00	347,00	956,00	803,00	521,00	1.253,00	1.804,00	4.875,57
2007	94,00		430,00	430,00	473,00	686,00	376,00	1.100,00	924,00	599,00	1.293,00	1.876,00	5.519,84
2008	94,00		324,00	430,00	528,00	699,00	345,00	973,00	817,00	530,00	1.626,00	1.698,00	5.160,06
2009	94,00		455,00	430,00	625,00	689,00	367,00	1.049,00	880,00	571,00	1.486,00	2.086,00	4.439,24
2010	94,00		440,02	430,00	490,61	724,93	395,53	1.092,00	917,00	595,00	1.586,21	2.191,60	5.071,68
2011	94,00		423,69	430,00	480,92	696,49	376,15	1.042,00	875,00	568,00	1.834,92	2.200,40	4.883,21
2012	94,00		442,05	430,00	492,96	758,59	379,51	1.023,39	859,38	557,86	1.646,62	2.150,98	4.108,85
2013	94,00		439,91	430,00	556,72	865,67	384,26	1.047,57	879,67	571,03	1.627,15	2.128,13	4.108,85
2014	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2015	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2016	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2017	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2018	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2019	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2020	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2021	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2022	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85
2023	94,00		466,97	430,00	581,50	874,31	378,23	976,48	819,98	532,29	1.592,49	2.182,74	4.108,85

Fontes: Elaboração própria a partir de Abiquim e MCTI.

Anexo F – Capacidade instalada de produção de substâncias químicas

Tabela 53: Capacidade Instalada de Amônia por UF em toneladas

Ano	Fonte	BA	SE	MG	RJ	PR	SP
1975	Anuário Abiquim 1979	66.000	0	0	0	0	193.00
1980	Anuário Abiquim 1982	365.000	0	0	2.900	0	0
1984	Anuário Abiquim 1985	664.620		4.700	6.000	575.619	
1985	Anuário Abiquim 1986	678.000		8.578	5.603	530.000	
1990	Anuário Abiquim 1991	709.500		9.186	4.206	545.820	
1995	Anuário Abiquim 1996	670.000		9.000	10.030	567.600	
2000	Anuário Abiquim 2001	775.500		9.000	4.201	600.600	
2005	Anuário Abiquim 2006	907.500		9.400	5.760	629.000	
2010	Anuário Abiquim 2011	495.000	456.250	10.000	5.760	412.00	209.00
2011	Anuário Abiquim 2012	495.000	456.250	10.000	5.760	412.00	209.00
2012	Anuário Abiquim 2013	495.000	456.250	10.000	5.760	412.00	209.00
2013	Anuário Abiquim 2014	495.000	456.250	10.000	5.760	412.00	209.00
2014	Anuário Abiquim 2015	495.000	456.250	10.000	5.760	412.00	209.00

Fontes: Abiquim.

Tabela 54: Capacidade Instalada de Ácido Nítrico por UF em toneladas

Ano	Fonte	BA	RJ	SP
1975	Anuário Abiquim 1979	0	1.000	416.800
1980	Anuário Abiquim 1982	0	0	407.000
1984	Anuário Abiquim 1985	29.700	0	371.238
1985	Anuário Abiquim 1986	62.700	0	431.000
1990	Anuário Abiquim 1991	33.000	0	451.710
1995	Anuário Abiquim 1996	33.000	0	462.600
2000	Anuário Abiquim 2001	36.300	0	497.580
2005	Anuário Abiquim 2006	36.300	0	596.000
2010	Anuário Abiquim 2011	36.300	0	622.100
2011	Anuário Abiquim 2012	36.300	0	625.360
2012	Anuário Abiquim 2013	36.300	0	618.900
2013	Anuário Abiquim 2014	36.300	0	618.900
2014	Anuário Abiquim 2015	36.300	0	618.900

Fontes: Abiquim.

Anexo G – Consumo Não Energético de Combustíveis

Tabela 55: Consumo Não Energético de Combustíveis em Outros Setores que não Matéria-prima da Indústria Química (ktep) ²⁸

Ano	Álcool Anidro	Álcool Hidratado	Lubrificantes ²⁹	Outros Não Energéticos de Petróleo	Solventes
1970	16,02	195,71	-	1.201,77	-
1971	18,69	145,77	-	1.173,62	-
1972	17,09	144,24	-	1.238,57	-
1973	19,22	123,85	-	1.238,57	-
1974	28,83	157,49	-	2.002,12	-
1975	28,30	161,57	-	2.118,99	-
1976	15,48	146,28	-	2.267,92	-
1977	48,59	163,09	-	2.457,26	-
1978	26,16	163,60	-	2.976,05	-
1979	13,35	160,55	-	3.786,67	-
1980	88,63	163,09	-	3.181,99	-
1981	27,23	183,48	-	2.718,84	-
1982	8,01	192,66	-	2.934,74	-
1983	20,82	366,96	-	2.505,53	-
1984	18,69	333,32	-	2.617,73	-
1985	63,54	352,18	739,62	1.098,92	234,75
1986	50,19	338,93	731,54	821,81	188,87
1987	41,11	319,56	650,76	731,39	203,40
1988	27,23	316,51	619,31	1.083,65	210,53
1989	42,71	334,34	663,33	1.203,02	228,42
1990	32,04	458,70	697,12	1.079,07	222,74
1991	-	350,65	670,41	1.057,40	309,14
1992	-	355,75	557,34	886,79	305,18
1993	64,07	392,45	613,43	946,32	279,81
1994	66,74	471,44	639,25	879,68	355,12
1995	63,54	547,90	673,97	855,78	280,61
1996	80,62	496,93	712,25	1.073,39	305,18
1997	72,08	454,12	747,86	1.177,40	372,56
1998	125,47	481,13	733,15	1.260,41	354,55
1999	144,16	467,37	762,79	1.443,63	425,48
2000	121,73	514,77	821,83	1.477,93	423,92
2001	69,94	604,98	738,27	1.114,83	441,10
2002	45,81	426,08	923,51	1.322,14	553,52
2003	72,09	386,73	817,05	1.174,80	627,92
2004	74,76	441,15	838,43	1.198,83	720,08
2005	73,54	284,47	855,68	1.178,54	1.005,38
2006	117,48	469,20	751,11	1.706,13	1.070,75
2007	151,99	203,12	891,75	1.709,46	622,46
2008	324,99	465,58	1.137,14	2.213,43	650,96
2009	308,74	442,30	880,44	2.335,23	501,40
2010	148,83	438,38	1.080,16	3.158,37	455,98
2011	101,80	443,04	1.211,04	3.412,00	451,44

²⁸ Em sua edição mais recente, o BEN passou a não fazer distinção entre o consumo final não energético de produtos como matéria-prima da indústria química e o consumo final não energético desses produtos em outros setores. Dessa maneira, optou-se, aqui, por seguir a classificação definida na 3ª Comunicação Nacional, que aloca as emissões de COVNM associadas ao consumo final não energético de álcool, lubrificantes, solventes e outros não energéticos de petróleo em outros setores que não matéria-prima da indústria química.

²⁹ O consumo de lubrificantes apresentado na tabela corresponde a 20% do publicado nas planilhas do BEN, assumindo que apenas essa fração é responsável por emissões de CO2.

2012	106,75	499,29	1.106,16	3.401,81	351,70
2013	141,44	524,69	1.251,99	3.483,09	422,62
2014	122,39	460,52	1.082,17	3.481,75	460,74
2015	96,98	392,74	1.039,21	3.432,08	328,45
2016	87,39	355,31	1.045,12	3.455,51	348,81
2017	77,67	413,23	1.090,48	2.980,50	334,33
2018	131,76	424,62	1.082,38	2.973,74	398,13
2019	99,16	464,82	1.174,68	3.139,96	478,91
2020	109,13	625,17	1.152,08	2.916,30	451,11
2021	77,23	624,16	1.227,98	2.917,46	548,66
2022	57,06	592,30	1.166,47	2.897,05	578,95
2023	43,23	477,01	1.119,37	2.993,53	745,58

Fontes: Elaboração própria a partir de MME e MCTI.

Anexo H – Alocação de emissões por municípios

Das emissões nacionais estimadas no SEEG, foi alocada nos municípios brasileiros parte daquelas relacionadas aos seguintes agrupamentos:

- **Produção de metais:** produção de ferro-gusa e aço; produção de alumínio;
- **Produtos minerais:** produção de cimento.

Vale ponderar que, pela grande indisponibilidade de dados de atividade municipalizados, públicos e acessíveis, ainda não foram alocadas as emissões relacionadas a outras atividades do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP).

A seguir, será descrita a metodologia utilizada para alocar as emissões relacionadas aos processos de produção de ferro-gusa e aço, alumínio e cimento.

Produção de ferro-gusa e aço

Para a alocação municipal dos gases de efeito estufa provenientes da produção de ferro gusa e aço, foram levantadas as quantidades de aço produzidas por estado e por empresa a partir dos **Anuários Estatísticos do Instituto Aço Brasil (IABr)**, que contemplam o período de 2010 a 2019. Já no **Relatório de Sustentabilidade do IABr**, levantou-se a localização de cada usina que compõe o parque produtor de aço brasileiro. Assim, para os municípios em que foi possível, por meio das informações consultadas nas publicações do IABr, contabilizar a produção de aço bruto em uma ou mais usinas específicas, foram calculados fatores de alocação relacionados à produção total nos respectivos estados, conforme equação abaixo.

$$Fat_{m,UF}^{aço} = \frac{Prod_{m,UF}^{aço}}{Prod_{UF}^{aço}}$$

Sendo:

$Fat_{m,UF}^{aço}$	Fator de alocação das emissões da produção de ferro gusa e aço em um município 'm' localizado na Unidade da Federação 'UF'
$Prod_{m,UF}^{aço}$	Produção de aço bruto em uma ou mais usinas de um município 'm' localizado na Unidade da Federação 'UF' (mil t/ano)
$Prod_{UF}^{aço}$	Produção total de aço bruto nas usinas da Unidade da Federação 'UF' (mil t/ano)

Esses fatores foram, então, utilizados, conforme a próxima fórmula matemática, para distribuir em municípios as emissões estaduais do consumo de combustíveis redutores na produção de aço, previamente calculadas.

$$E_{g,m,UF} = E_{g,UF} * Fat_{m,UF}^{aço}$$

Sendo:

$E_{g,m,UF}$	Emissão do gás 'g' devido à produção de aço no município 'm' localizado na Unidade da Federação 'UF' (t/ano)
$E_{g,UF}$	Emissão do gás 'g' devido à produção de aço na Unidade da Federação 'UF' onde se encontra o município 'm' (t/ano)
$Fat_{m,UF}^{aço}$	Fator de alocação das emissões da produção de ferro gusa e aço em um município 'm' localizado na Unidade da Federação 'UF'

Produção de alumínio

Considerando a série histórica de 1970 a 2023, toda a produção brasileira de alumínio ocorre ou ocorreu em 7 municípios: Aratu (BA), Ouro Preto (MG), Poços de Caldas (MG), Alumínio (SP), Barcarena (PA), São Luís (MA) e Santa Cruz (RJ). Foi possível alocar todas as emissões provenientes da produção de alumínio nesses municípios seguindo as mesmas metodologias e referências bibliográficas apresentadas em 2.1.2 Produção de alumínio.

Produção de cimento

Os gases de efeito estufa provenientes da produção de cimento foram alocados em municípios considerando: **(1)** as emissões estaduais dessa produção; e **(2)** a proporção de consumo de coque de petróleo em cimenteiras de cada município em relação ao total consumido nessa mesma atividade no estado onde o município em questão se localiza. O consumo de coque de petróleo na indústria do cimento por município foi assumido como sendo igual às vendas de coque de petróleo para indústria do cimento por município. A informação de vendas de coque de petróleo para cada cidade brasileira e para cada atividade econômica, abrangendo o ano de 2007 a 2023, foi obtida por meio de solicitação à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Vale comentar que esse método de alocação também parte da premissa de que o consumo de coque de petróleo, utilizado em fornos na produção de cimento, está diretamente correlacionado com o volume de material produzido e com a quantidade de emissões geradas.

A equação matemática abaixo sintetiza a maneira que as emissões do cimento foram alocadas em PIUP. Frisa-se que o dado de emissão estadual de CO₂ em cimenteiras é previamente calculado conforme explanado no tópico 2.2.1 Produção de cimento.

$$E_{CO2,m} = E_{CO2,UF} * \frac{Coque_m}{Coque_{UF}}$$

Sendo:

$E_{CO2,m}$	Emissão de CO ₂ devido à produção de cimento no município m (t/ano)
$E_{CO2,UF}$	Emissão de CO ₂ devido à produção de cimento no estado UF onde se encontra o município m (t/ano)
$Coque_m$	Consumo de coque de petróleo na indústria de cimento do município m (kg/ano)
$Coque_{UF}$	Consumo de coque de petróleo na indústria de cimento do estado UF onde se encontra o município m (kg/ano)

Qualidade dos dados

De maneira semelhante ao caso das emissões nacionais e estaduais, foi realizada uma avaliação da qualidade dos dados de alocação municipal, como forma de indicar a confiabilidade das estimativas. A seguir estão apresentados os resultados da avaliação, bem como os critérios considerados.

Setor/ Sub-Sector / Categorias	Ocorrência de alocação	Critério de Alocação	Nível de Atividade		Necessidade de Aprimoramento	Qualidade Geral da Alocação	% do total das Emissões	Emissões (ton GWP)	Proporção com Boa Qualidade (1)	Proporção com Boa Qualidade (1 e 2)
			Existência do Dado	Disponibilidade do Dado						
Processos Industriais							4%	89.595.912	2,2%	75,3%
Indústria Química										
Produção de Ácido Adípico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	23.620	0,00%	0,00%
Produção de Ácido Fósfórico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	80.395	0,00%	0,00%
Produção de Ácido Nítrico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	243.906	0,00%	0,00%
Produção de Acetonitrila	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	16.153	0,00%	0,00%
Produção de Amônia	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	456.061	0,00%	0,00%
Produção de Caprolactama	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Carbureto de Cálcio	3	n/a	3	3	3	n/a	0,00%	42.000	0,00%	0,00%
Produção de Cloreto de Vinila	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	209.810	0,00%	0,00%
Produção de Coque de Petróleo Calorífico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	5.214	0,00%	0,00%
Produção de Eteno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	270.030	0,00%	0,00%
Produção de Metanol	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Negro-de-fumo	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	884.555	0,00%	0,00%
Produção de Óxido de Eteno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	175.597	0,00%	0,00%
Produção de Didoctano	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de ABS	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Anidrido Ftálico	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Borracha de Butadieno Estirado	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Estireno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Etilbenzeno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Formaldeído	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de PVC	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Poliestireno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PEAD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PEBD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Polietileno PELBD	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Polipropileno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Propeno	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produtos Minerais										
Produção de Cimento	2	3	2	2	2	2	1,02%	24.139.575	0,00%	26,94%
Produção de Cal										
Cal Calórica	3	n/a	3	3	2	n/a	0,22%	5.895.104	0,00%	0,00%
Cal Dolomítica	3	n/a	3	3	2	n/a	0,02%	410.722	0,00%	0,00%
Cal Magnésiana	3	n/a	3	3	2	n/a	0,03%	647.392	0,00%	0,00%
Produção de Vidro										
Consumo de Borrilha	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	146.065	0,00%	0,00%
Consumo de Calcedônia	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	103.245	0,00%	0,00%
Consumo de Dolomita	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	22.395	0,00%	0,00%
Produção de Metais										
Produção de Ferro Gusa e Aço										
Consumo de Combustíveis Redutores	2	2	2	2	2	2	1,75%	41.327.812	0,00%	46,13%
Produção de Alumínio										
Tecnologia Prebaked Anode	3	3	3	2	3	3	0,05%	1.235.292	1,39%	1,39%
Tecnologia Soderberg	3	3	3	2	3	3	0,03%	774.412	0,86%	0,86%
Produção de Magnésio										
Consumo de Dolomita	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	146.995	0,00%	0,00%
Uso de SF6	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	0	0,00%	0,00%
Produção de Ferriliças	3	n/a	3	3	2	n/a	0,00%	812.977	0,00%	0,00%
Produção de Outras Não-Ferrosas	3	n/a	3	3	3	n/a	0,00%	1.940.201	0,00%	0,00%
Emissões de HFCs	3	n/a	3	3	3	n/a	0,39%	8.202.592	0,00%	0,00%
Uso de SF6 em Equipamentos Elétricos	3	n/a	3	3	3	n/a	0,02%	375.017	0,00%	0,00%
Uso Não-Energético de Combustíveis e Uso de	3	n/a	3	3	3	n/a	0,03%	806.708	0,00%	0,00%

Legenda para Análise de Qualidade da **ALOCÇÃO DE EMISSÖES POR MUNICÍPIO**

Aspecto	Valores
OCORRÊNCIA DE ALOCAÇÃO	1 Alocação possível de toda emissão estadual nos municípios (não fica resíduo/montante não alocado)
	2 Alocação parcialmente possível. Parte das emissões estaduais não foi alocada.
	3 Alocação para os municípios não foi possível
CRITÉRIO DE ALOCAÇÃO	1 Critério de alocação esta diretamente relacionado com os fatores de emissão
	2 Critério de alocação usa fatores indiretos com alta correlação com os fatores diretos.
	3 Critério de alocação usa fatores indiretos com baixa correlação com fatores diretos.
EXISTÊNCIA DE DADO DE ATIVIDADE	dados existentes para cálculo de acordo com Tier do 2o inventário (inclui dados existentes em associações de classe, mesmo que não seja público). Dados que só existem nas empresas ou agentes econômicos específicos não serão considerados.
	2 dados incompletos
	3 dados não existentes
DISPONIBILIDADE DE DADOS DE ATIVIDADE	1 dados disponíveis de forma pública e gratuita
	2 dados disponíveis com alguma restrição (pago; em local físico específico, ou disponível apenas mediante solicitação específica)
	3 dados não disponíveis
NECESSIDADE APRIMORAMENTO	1 sem necessidade de aprimoramento
	2 necessidade de aprimoramento de método OU obtenção dos dados para cálculo
	3 necessidade de aprimoramento de método E obtenção de dados para cálculo
QUALIDADE GERAL DA ALOCAÇÃO	1 dado confiável; capaz de reproduzir 2o inventário
	2 dado confiável para estimativa; inventário pode gerar diferenças significativas
	3 dado pouco confiável ou de difícil avaliação

EMISSÖES ALOCADAS EM MUNICÍPIOS POR ATIVIDADE EMISSORA				
ATIVIDADES EMISSORAS	EMISSÖES TOTAIS EM 2023 (tCO ₂ e GWP-AR5)	PARCELA DO TOTAL NACIONAL	PARCELA ALOCADA EM MUNICÍPIOS	
Indústria Química	2.417.340	3%	0%	
Produção de ácido adípico	23.620	0%	0%	
Produção de ácido fosfórico	90.395	0%	0%	
Produção de ácido nítrico	243.906	0%	0%	
Produção de acrilonitrila	16.153	0%	0%	
Produção de amônia	456.061	1%	0%	
Produção de caprolactama	-	0%	0%	
Produção de carbureto de cálcio	42.000	0%	0%	
Produção de cloreto de vinila	209.810	0%	0%	
Produção de coque de petróleo calcinado	5.214	0%	0%	
Produção de eteno	270.030	0%	0%	
Produção de metanol	-	0%	0%	
Produção de negro-de-fumo	884.555	1%	0%	
Produção de óxido de eteno	175.597	0%	0%	
Produção de metais	46.238.689	51%	50%	
Produção de alumínio	2.010.704	2%	100%	
Tecnologia Prebaked Anode	1.236.252	1%	100%	
Tecnologia Soderberg	774.412	1%	100%	
Produção de ferro-gusa e aço	41.327.812	45%	51%	
Produção de ferroligas	812.977	1%	0%	
Produção de magnésio	146.995	0%	0%	
Produção de outros não-ferrosos	1.940.201	2%	0%	
Produção e uso de CFs	38	0%	0%	
Produção e uso de HFCs	9.202.592	10%	0%	
Produtos minerais	32.163.396	35%	68%	
Consumo de barrilha	512.848	1%	0%	
Produção de cal	6.144.298	7%	0%	
Cal calcítica	5.086.184	6%	0%	
Cal dolomítica	410.722	0%	0%	
Cal magnesiânica	647.392	1%	0%	
Produção de cimento	24.139.575	26%	90%	
Produção de magnésia não metalúrgica	1.094.981	1%	0%	
Produção de vidro	271.693	0%	0%	
Consumo de barrilha	146.065	0%	0%	
Consumo de calcário	103.243	0%	0%	
Consumo de dolomita	22.385	0%	0%	
Uso de SF ₆ em equipamentos elétricos	375.017	0%	0%	
Uso não-energético de combustíveis e solventes em outros setores	806.708	1%	0%	
Total Nacional	91.203.780	100%	42%	

EMISSÕES ALOCADAS EM MUNICÍPIOS POR ATIVIDADE EMISSORA			
UF	EMISSIONES TOTAIS EM 2023 (tCO ₂ e GWP-AR5)	PARCELA DO TOTAL NACIONAL	PARCELA ALOCADA EM MUNICÍPIOS
AL	130.306	0%	100%
AM	155.999	0%	0%
BA	954.395	1%	50%
CE	1.119.461	1%	100%
DF	1.051.972	1%	100%
ES	11.041.510	12%	100%
GO	853.691	1%	100%
MA	538.532	1%	79%
MG	26.657.510	29%	49%
MS	327.681	0%	100%
MT	553.552	1%	100%
PA	1.173.791	1%	100%
PB	1.723.803	2%	100%
PE	122.101	0%	0%
PI		0%	0%
PR	3.308.763	4%	80%
RJ	7.332.562	8%	90%
RN	395.442	0%	0%
RO	89.411	0%	0%
RS	540.520	1%	0%
SC	681.721	1%	0%
SE	841.031	1%	84%
SP	3.884.221	4%	78%
TO	307.948	0%	0%
NA	27.417.857	30%	0%
Total Geral	91.203.780	100%	58%

