



COMUNICAÇÃO NACIONAL DO
BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO
DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE
MUDANÇA DO CLIMA

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PROJETO BRA/16/G31

**QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL E RELATÓRIOS DE ATUALIZAÇÃO
BIENAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS
SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**

**QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIO DE REFERÊNCIA

**SETOR ENERGIA
SUBSETOR EMISSÕES FUGITIVAS
MINERAÇÃO E MANEJO DO CARVÃO MINERAL**

Versão de agosto de 2020

QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

SETOR ENERGIA

SUBSETOR EMISSÕES FUGITIVAS

CATEGORIA MINERAÇÃO E MANEJO DO CARVÃO MINERAL

Coordenadora Técnica da Quarta Comunicação Nacional
Danielly Godiva Santana Molleta (PNUD/MCTI)

Supervisor do Quarto Inventário Nacional
Mauro Meirelles de Oliveira Santos (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Setor Energia do Quarto Inventário Nacional
Renata P. S. Grisoli (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Quarto Inventário Nacional
Mayra Braga Rocha (PNUD/MCTI)

Coordenador Técnico-Científico do Quarto Inventário Nacional pela Rede Clima
Eduardo Delgado Assad (Embrapa)

Coordenadores Técnico-Científicos do Setor Energia pela Rede Clima
Emilio Lèbre La Rovere (UFRJ)
Carolina Burle Schmidt Dubeux (UFRJ)

Autora
Renata P. S. Grisoli (PNUD/MCTI)

Colaboradores
Fernando Luiz Zancan (SATC)
Luciane Garavaglia (SATC)
Marcio Zanuz (SATC)
Marina Marques Dalla Costa (ANM)

Instituições colaboradoras
ABCM - Associação Brasileira do Carvão Mineral
ANM - Agência Nacional de Mineração
SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina
SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina

Aviso

Este documento compreende atualizações das estimativas de emissões com base na aplicação das diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC no acrônimo em inglês) que servirão de subsídios para elaboração futura do capítulo do “Inventário Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal”, parte integrante da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima. Neste trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 1990 a 2016.

Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações ou o(s) autor(es) não podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

Os resultados, as interpretações, as recomendações, as estimativas e as conclusões expressas neste estudo são de responsabilidade dos autores, não refletindo a opinião do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e outros órgãos governamentais se eximem da responsabilidade de implementar quaisquer dos resultados, interpretações, recomendações, estimativas ou conclusões contidas neste estudo.

Sumário

| | |
|--|-----------|
| Sumário Executivo | 8 |
| 1 Introdução | 10 |
| 2 Metodologia | 12 |
| 2.1 <i>Dados de atividade</i> | 14 |
| 2.1.1 Considerações sobre emissões de CO ₂ na mineração e manejo do carvão mineral no Quarto Inventário | 17 |
| 2.1.2 Considerações sobre emissões em minas subterrâneas abandonadas | 18 |
| 2.2 <i>Fatores de emissão e outros parâmetros</i> | 19 |
| 2.2.1 Minas subterrâneas | 19 |
| 2.2.2 Minas de superfície | 20 |
| 3 Resultados | 22 |
| 4 Diferenças em relação ao Terceiro Inventário | 25 |
| 5 Referências Bibliográficas | 27 |
| APÊNDICE A - Detalhamento metodológico | 28 |
| APÊNDICE B - Resultados | 40 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Emissões totais de CH ₄ da mineração e manejo do carvão | 8 |
| Figura 2. Produção de carvão ROM (em toneladas), por estado, série de 1990 – 2016..... | 15 |
| Figura 3. Participação da produção de carvão mineral nacional conforme camada de origem | 16 |
| Figura 4. Comparação dos dados de atividades do Quarto Inventário e Anuários Minerais Brasileiros | 16 |
| Figura 5. Emissões fugitivas da mineração por camada de origem do carvão (1990 – 2016) | 22 |
| Figura 6. Emissões fugitivas de minas subterrâneas (1990 – 2016) | 22 |
| Figura 7. Emissões fugitivas de minas de superfície (1990 – 2016)..... | 23 |
| Figura 8. Emissões fugitivas da mineração por unidades federativas | 23 |
| Figura 9. Comparação dos resultados de emissões de CH ₄ entre o Terceiro e o Quarto Inventário..... | 25 |
| Figura 10. Comparação dos dados de atividade entre os inventários (produção de carvão ROM)..... | 25 |
| Figura 11. Comparação dos resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário desagregados nas principais atividades..... | 26 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Emissões de CH ₄ por categorias, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010 | 9 |
| Tabela 2. Fontes de emissões e métodos aplicados por subcategorias..... | 14 |
| Tabela 3. Resumo dos fatores de emissão para emissões fugitivas de CH ₄ em minas ativas subterrâneas e de superfície..... | 21 |
| Tabela 4. Resultados de emissão de CH ₄ em Gg..... | 40 |

Siglas

ABCM - Associação Brasileira do Carvão Mineral

ANM - Agência Nacional de Mineração

CA - minas de superfície (céu aberto)

CH₄ - gás metano

CO₂ - dióxido de carbono

D - *default* (valor-padrão)

GEE - gases de efeito estufa

Gg - gigagramas

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

IPPU - *Industrial Processes and Product Use* (Processos Industriais e Uso de Produtos)

m - metro

m³ - metro cúbico

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

N₂O - óxido nitroso

NA - não aplicável

NE - não estimado

NO - não ocorre

PR - Paraná

RAL - Relatórios Anuais de Lavra

ROM - *run-of-mine* (carvão bruto)

RS - Rio Grande do Sul

S - minas subterrâneas

SATC - Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina

SC - Santa Catarina

SIECESC - Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina

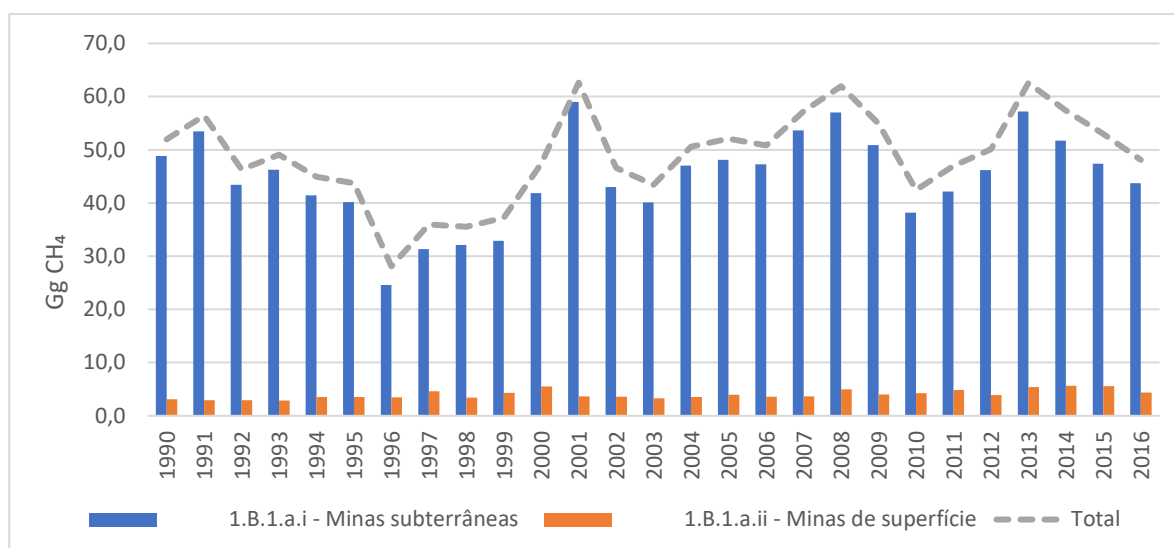
t - tonelada

Sumário Executivo

Neste relatório, são apresentadas as estimativas das emissões antrópicas por fontes associadas ao subsetor Emissões Fugitivas a partir da produção de combustíveis, para o período de 1990 a 2016, na categoria mineração e manejo do carvão mineral. Ressalta-se também que no presente documento o termo “carvão” é utilizado apenas para o carvão reconhecido como “carvão mineral”. As emissões referentes ao uso do carvão vegetal no Brasil são consideradas em outros Relatórios de Referências como: Energia (Abordagem Setorial e de Referência) e Processos Industriais.

A Figura 1 apresenta os resultados obtidos para a categoria mineração e manejo do carvão mineral de metano (CH_4), desagregado por camada de origem do carvão. Não há emissões de CO_2 para a série histórica considerada.

Figura 1. Emissões totais de CH_4 da mineração e manejo do carvão



Com relação à origem do carvão, observa-se que historicamente há uma ligeira predominância entre a produção em minas subterrâneas com relação às minas de superfície (conhecidas também como minas a céu aberto), todavia observa-se que as emissões de CH_4 de minas subterrâneas são muito mais representativas do que minas de superfície, dado seu fator de emissão. Além disso, os resultados de emissão estão diretamente relacionados com os dados de produção de carvão bruto (*run-of-mine* - ROM).

A produção de carvão relaciona-se principalmente com a disponibilidade de carvão para geração de energia em termelétricas. Para a série histórica observa-se que os picos observados estão atrelados principalmente à redução da disponibilidade de energia hídrica ou à redução da atividade econômica no país.

A Tabela 1 apresenta os resultados para as categorias em determinados anos. É possível observar que de 2005 a 2016 houve uma redução de 7,6% das emissões para a categoria, enquanto que de

2010 a 2016 houve um aumento de 13,3%. Observa-se também que não há ocorrência (NO) nacional de emissões para as categorias 1.B.1.a.i.4 e 1.B.1.b., e não foram estimadas as emissões da categoria 1.B.1.a.i.3, devido à falta de dados.

Tabela 1. Emissões de CH₄ por categorias, para os anos de 1990, 1995, 2000, 2005 e 2010

| 1.B. Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis | 1990 | 1995 | 2000 | 2005 | 2010 | 2016 | Variação 2005 - 2016 (%) | Variação 2010 - 2016 (%) |
|---|------|------|------|------|------|------|--------------------------|--------------------------|
| 1.B.1. Combustíveis Sólidos | | | | | | | | |
| 1.B.1.a. Mineração e manejo do carvão | 51,9 | 43,7 | 47,4 | 52,1 | 42,5 | 48,1 | -7,6% | 13,3% |
| 1.B.1.a. Minas subterrâneas | 48,8 | 40,2 | 41,9 | 48,1 | 38,2 | 43,7 | -9,1% | 14,5% |
| 1.B.1.a.i.1. Mineração | 44,8 | 36,9 | 38,4 | 44,1 | 35,0 | 40,1 | -9,1% | 14,5% |
| 1.B.1.a.i.2. Emissões pós-mineração | 4,0 | 3,3 | 3,5 | 4,0 | 3,2 | 3,6 | -9,1% | 14,5% |
| 1.B.1.a.i.3. Minas subterrâneas abandonadas | NE | NE | NE | NE | NE | NE | | |
| 1.B.1.a.i.4. Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂ | NO | NO | NO | NO | NO | NO | | |
| 1.B.1.a.ii. Minas de superfície | 3,1 | 3,5 | 5,5 | 4,0 | 4,3 | 4,4 | 11,3% | 2,8% |
| 1.B.1.a.ii.1. Mineração | 2,9 | 3,2 | 5,1 | 3,6 | 3,9 | 4,1 | 11,3% | 2,8% |
| 1.B.1.a.ii.2. Emissões pós-mineração | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 11,3% | 2,8% |
| 1.B.1.b. Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão | NO | NO | NO | NO | NO | NO | | |

1 Introdução

O carvão mineral é um minério extraído por meio do processo de mineração e tem como principais utilizações a geração de energia e aplicação no setor industrial. O carvão energético é também chamado de carvão vapor; e o carvão metalúrgico, de aplicação industrial para redução em indústrias siderúrgicas, não é mais produzido nacionalmente desde 2010, sendo toda a demanda atendida pelo carvão importado.

O carvão brasileiro é produzido comercialmente apenas nos estados da região Sul. O Rio Grande do Sul é o estado que possui as maiores reservas geológicas, seguido por Santa Catarina e pelo Paraná. Os carvões brasileiros são similares, em termos da idade geológica, aos sul-africanos, australianos e indianos, sendo distintos dos carvões da Europa e dos Estados Unidos.

A participação do carvão e seus subprodutos na oferta de energia primária no Brasil passou de 6,8% em 1990 para 6,4% em 2005, diminuiu para 5,4% em 2010 e 4,2% em 2016 (EPE, 2019). A participação do carvão na oferta de energia primária é maior do que a produção, devido à importação por diversos setores.

A combustão do carvão mineral para geração de energia e aplicação na indústria promove a emissão de gases de efeito estufa (GEE). Todavia, essas emissões são contabilizadas em outros setores do Inventário Nacional, como setor Energia (Abordagem Setorial e de Referência) e setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), respectivamente. Este presente relatório trata das emissões fugitivas do processo de obtenção do carvão mineral. São consideradas emissões fugitivas aquelas emissões intencionais ou não intencionais de GEE, que podem ocorrer durante a extração, processamento e entrega de combustíveis fósseis ao ponto de uso final.

Considerando a mineração e manejo do carvão, destaca-se que os processos geológicos de formação de carvão produzem metano (CH_4), e pode haver também dióxido de carbono (CO_2) em algumas jazidas de carvão. Esses gases presentes nas rachaduras ficam retidos nas jazidas até que o carvão seja exposto durante a mineração. O CH_4 é o gás de efeito estufa mais emitido a partir da mineração e manejo de carvão.

De acordo com o IPCC (2006), as principais fases da emissão de GEE, tanto em minas de superfície como em minas subterrâneas, são:

- **Emissões de mineração** - resultam da liberação de gases armazenados durante a quebra do carvão e de suas camadas adjacentes, durante as operações de mineração.
- **Emissões pós-mineração** - nem todos os gases são emitidos durante a mineração. As emissões, durante o manejo, processamento e transporte de carvão subsequente são chamadas de emissões pós-mineração. Assim, o carvão continua a emitir gases mesmo após a mineração, embora de forma mais lenta em comparação ao estágio de extração.
- **Oxidação a baixa temperatura** - essas emissões ocorrem quando o carvão é exposto ao oxigênio no ar, sendo oxidado e produzindo CO_2 . No entanto, a taxa de formação de CO_2 neste

processo é baixa.

- **Combustão não controlada** - algumas vezes, quando o calor produzido pela oxidação a baixa temperatura é retido, a temperatura aumenta e pode resultar em um incêndio ativo. Esse processo é comumente conhecido por combustão não controlada ou espontânea e é a manifestação mais extrema da oxidação. A combustão não controlada é caracterizada por reações rápidas, por vezes com chamas visíveis e rápida formação de CO₂.
- **Minas de carvão abandonadas** - após o fim da exploração de determinadas minas, elas podem continuar a emitir CH₄.

Pela primeira vez, o cálculo desta categoria é realizado considerando as Guias do IPCC 2006. Desse modo, em relação ao Terceiro Inventário, constituinte da Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2016), este Quarto Inventário possui algumas diferenças quanto às categorias calculadas, bem como fatores de emissão utilizados, que serão discutidos no decorrer do documento.

2 Metodologia

A metodologia utilizada para obtenção das estimativas apresentadas neste relatório é consistente com a metodologia apresentada nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, 2006). As equações e fatores de emissão utilizados para os cálculos estão disponíveis no volume 2, capítulo 4.

De acordo com o IPCC 2006, os processos mais relevantes que precisam ser contabilizados como fontes de emissões no inventário nacional são:

- ✓ **Minas subterrâneas**
 - **Minas de Carvão Subterrâneas Ativas**

As categorias *potenciais* de fontes de emissões fugitivas para minas de carvão subterrâneas ativas são:

- Emissões dos gases presentes nas rachaduras liberados na atmosfera por meio de sistemas de ventilação¹ e desgaseificação das minas de carvão²;
- Emissões pós-mineração;
- Oxidação a baixa temperatura;
- Combustão não controlada.

- **Minas Subterrâneas Abandonadas**

Após seu fechamento, minas de carvão que eram emissoras de CH₄ durante suas operações continuam a emitir metano, a menos que haja um alagamento na mina, que interrompa essas emissões. Mesmo que as minas tenham sido fechadas, ainda pode haver emissão de CH₄ como resultado da migração do gás de forma natural ou por dutos artificiais como canais antigos, canos de ventilação, rachaduras e fissuras em estratos sobrepostos. As emissões diminuem rapidamente até atingirem uma taxa quase constante que pode persistir por um longo período.

Alagamentos em minas abandonadas podem ocorrer como consequência de intrusão de águas subterrâneas ou superficiais no interior da mina. Essas minas normalmente continuarão a emitir

¹ *Ventilação*: uso do ar canalizado da superfície, por meio de túneis subterrâneos, para a manutenção de uma atmosfera segura. O ar de ventilação recolhe o CH₄ e o CO₂ lançados das formações de carvão e transporta-os para a superfície, onde são lançados na atmosfera. A concentração de metano no ar de ventilação geralmente é baixa, mas o volume do fluxo de ar de ventilação geralmente é alto, portanto, as emissões de metano desta fonte podem ser relevantes.

² *Sistemas de Desgaseificação*: compreendem vãos perfurados antes, durante e depois da mineração para drenar gases (principalmente CH₄) dos veios de carvão que lançam gases nas minas. Durante a mineração ativa, o maior objetivo da desgaseificação é manter uma atmosfera segura para os trabalhadores mineiros, embora os gases recuperados possam também ser usados como fonte de energia

gases por alguns anos antes de seu alagamento completo, e o alagamento evitará novas liberações de CH₄ na atmosfera. As emissões de minas abandonadas completamente alagadas podem ser consideradas insignificantes. Minas parcialmente inundadas podem continuar emitindo CH₄ por um longo período, e o mesmo se aplica a minas que não alagam.

Outra fonte potencial de emissões ocorre quando parte do carvão de minas abandonadas incendeia por meio do mecanismo de combustão não controlada. No entanto, atualmente não existem metodologias que estimam o potencial de emissões a partir de combustão não controlada em minas subterrâneas abandonadas.

✓ **Minas de carvão de superfície**

○ **Minas de superfície ativas**

As categorias de fontes *potenciais* em minas de superfície consideradas neste capítulo são:

- CH₄ e CO₂ emitidos durante a mineração a partir da mineração do carvão e estratos associados, e outros vazamentos;
- Emissões pós-mineração;
- Oxidação a baixa temperatura;
- Combustão não controlada em locais de disposição.

As emissões de minas de superfície acontecem porque os veios de carvão minerados e os adjacentes podem conter CH₄ e CO₂. Embora a emissão desses gases seja geralmente menor que em veios de carvão mais profundos das minas subterrâneas, essas emissões devem ser consideradas. Além dessas emissões de gases provenientes das rachaduras, os resíduos e rejeitos de carvão em depósitos podem gerar CO₂, seja por oxidação a baixa temperatura ou combustão não controlada.

○ **Minas de superfície abandonadas**

Após o fechamento, minas de superfície abandonadas ou desativadas podem continuar emitindo metano por meio de vazamentos de gás dos veios de carvão que foram quebrados ou deteriorados durante a mineração. Atualmente não existem métodos que estimem emissões desse tipo de fonte.

✓ Resumo das fontes de emissão e métodos utilizados no Quarto Inventário

O uso de abordagens para elaborar as estimativas de emissões em minas de carvão depende da qualidade dos dados disponíveis. De acordo com a disponibilidade de dados nacionais, para a estimativa de emissões das subcategorias, utilizou-se no Quarto Inventário o método *Tier 1* e fatores de emissão-padrão (*default*) do IPCC 2006. A Tabela 2 resume os métodos utilizados para cada subcategoria. Nas minas de carvão não ocorre a liberação de N₂O. Para as emissões de CO₂, de acordo com o IPCC 2006, são esperadas emissões de oxidação a baixa temperatura, além de combustão espontânea, porém em níveis insignificantes que não foram calculados. Não foram registrados no Brasil casos envolvendo a recuperação de gases e conversão térmica em empresas de mineração de carvão, sendo desconsiderada esta categoria para a aplicação da metodologia. As emissões calculadas para as subcategorias correspondem àquelas relacionadas ao CH₄.

Tabela 2. Fontes de emissões e métodos aplicados por subcategorias

| | CO ₂ | | CH ₄ | | N ₂ O | |
|---|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
| | Método aplicado | Fator de emissão | Método aplicado | Fator de emissão | Método aplicado | Fator de emissão |
| 1.B. Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis | NA, NO | NA, NO | T1, NE, NO | D, NE, NO | NA | NA |
| 1.B.1. Combustíveis Sólidos | NA, NO | NA, NO | T1, NE, NO | D, NE, NO | NA | NA |
| 1.B.1.a. Mineração e manejo do carvão | NA, NO | NA, NO | T1, NE, NO | D, NE, NO | NA | NA |
| 1.B.1.a. Minas subterrâneas | NA, NO | NA, NO | T1, NE, NO | D, NE, NO | NA | NA |
| 1.B.1.a.i.1. Mineração | NA | NA | T1 | D | NA | NA |
| 1.B.1.a.i.2. Emissões pós-mineração | NA | NA | T1 | D | NA | NA |
| 1.B.1.a.i.3. Minas subterrâneas abandonadas | NA | NA | NE | NE | NA | NA |
| 1.B.1.a.i.4. Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂ | NO | NO | NO | NO | NA | NA |
| 1.B.1.a.ii. Minas de superfície | NA, NO | NA, NO | T1, NO | D, NO | NA | NA |
| 1.B.1.a.ii.1. Mineração | NA | NA | T1 | D | NA | NA |
| 1.B.1.a.ii.2. Emissões pós-mineração | NA | NA | T1 | D | NA | NA |
| 1.B.1.b. Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão | NO | NO | NO | NO | NA | NA |

Legenda: T1— *Tier 1*; D - valor-padrão; NA - não aplicável; NO - não ocorre; NE - não estimado

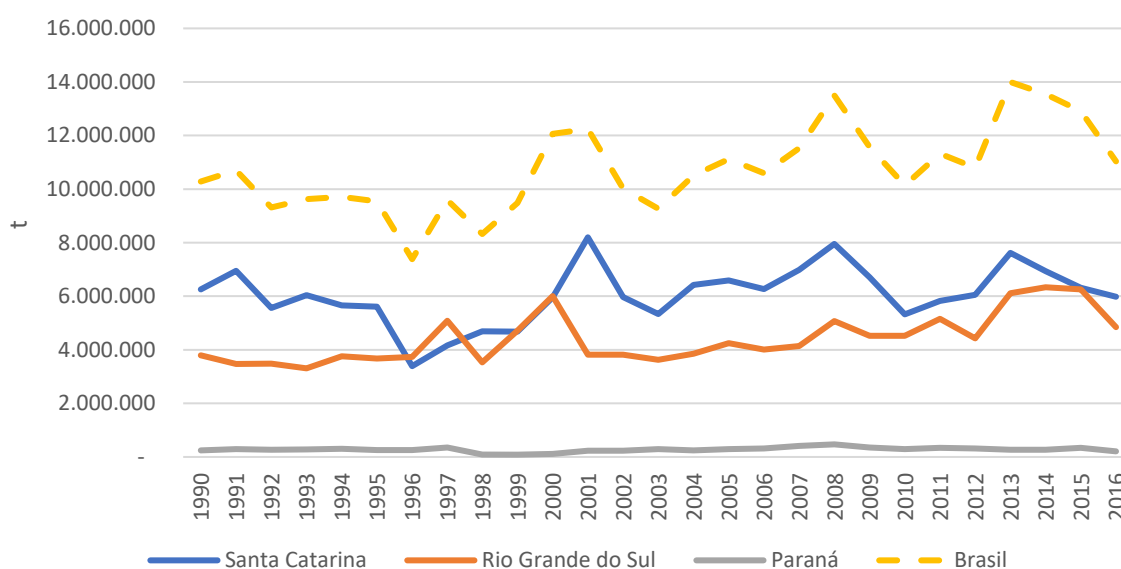
2.1 Dados de atividade

Os dados de atividades utilizados para a elaboração do Quarto Inventário foram obtidos por meio de consulta à Associação Brasileira do Carvão Mineral - ABCM, que em conjunto com o Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC) e a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (SATC) forneceram as principais informações para o setor. A ABCM integra toda a cadeia produtiva do carvão nacional, incluindo as empresas carboníferas dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Foram obtidos dados de produção de carvão ROM (*run-of-mine*), que é o minério bruto, obtido diretamente da mina, sem passar por qualquer tipo de beneficiamento, para os anos de 1990 a 2016, separados por unidades produtivas, estado e camada de origem (subterrânea ou superficial). Ressalta-se que, para os anos mais recentes, as informações sobre a produção de carvão são disponibilizadas no site da ABCM³.

A Figura 2 apresenta o resumo por estado da produção de carvão ROM. Em 1990, a produção total no Brasil foi de aproximadamente 10,3 milhões de toneladas. Em 2001, esse valor aumentou 19%, chegando ao total de 12,2 milhões de toneladas. Em 2013, observa-se o pico da série histórica analisada com a produção de quase 14 milhões de toneladas, seguindo com redução de 21% em comparação com 2016, que atingiu 11 milhões de toneladas de carvão.

Figura 2. Produção de carvão ROM (em toneladas), por estado, série de 1990 - 2016

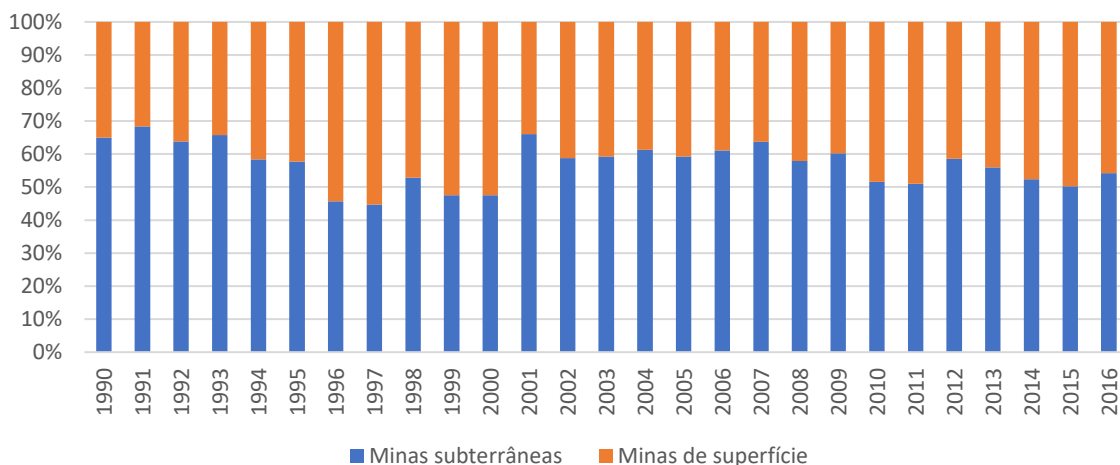


Fonte: ABCM (2019)

Com relação às camadas de origem do carvão, observa-se que historicamente há uma ligeira predominância entre a produção em minas subterrâneas com relação às minas de superfície, conforme indicado na Figura 3. No Apêndice A é possível encontrar os dados completos de produção, separados por camada de origem do carvão mineral.

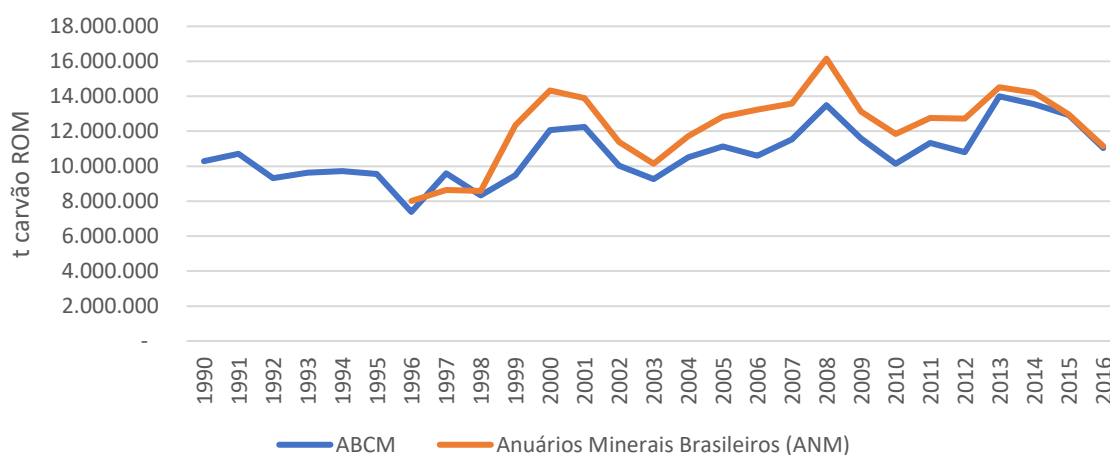
³ Disponível em: www.carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=9&i_area=2

Figura 3. Participação da produção de carvão mineral nacional conforme camada de origem



Durante o levantamento de dados de atividades, além dos dados recebidos pela ABCM, também foram levantadas informações junto à Agência Nacional de Mineração (ANM) referentes aos Anuários Minerai⁴, elaborados com base nos Relatórios Anuais de Lavra (RAL). Os dados de atividade, ou seja, quantidade produzida de carvão ROM em termos absolutos, foram comparados entre as duas fontes de informações. De acordo com a Figura 4, notou-se que há uma diferença média de 13%, considerando a série histórica, entre os dados disponíveis nas duas bases. Observa-se que, de modo geral, as tendências dos resultados são preservadas, apesar de não haver uma correlação exata dos valores, com exceção dos resultados a partir de 2014.

Figura 4. Comparação dos dados de atividades do Quarto Inventário e Anuários Minerai⁴ Brasileiros



⁴ Disponível em: www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro

Em consulta à equipe da ANM foi informado que, além de os dados do RAL serem autodeclaratórios, existem alguns problemas com relação à série histórica, pois até o final da década de 1990 os dados eram recebidos em papel e não foram sistematizados na base de dados atual.

Dada a cobertura da série histórica necessária para a elaboração do Inventário Nacional (a partir de 1990), os dados disponíveis pelos Anuários não são suficientes. Além disso, para a aplicação da metodologia IPCC 2006, foi necessário o levantamento de informações que vão além de apenas a quantidade produzida de carvão por mina, mas também consideram informações sobre a camada de origem e profundidade das minas, para aplicação dos fatores de emissão mais coerentes. Nesse sentido, por conseguir atender aos critérios de desagregação e consistência da informação para a série histórica analisada, os dados utilizados para o Quarto Inventário são aqueles a partir da base de dados da ABCM.

Em consulta à ABCM foi informado que os dados da base de informação deles são coletados após a etapa de preenchimento do RAL e que antigamente, por não ser o RAL eletrônico, havia diversos erros de digitação. Para os anos mais recentes tudo está automatizado e com planilhas vinculadas às informações anteriores, minimizando divergências entre os anos, o que pode ser observado na maior aderência entre as bases de dados e as informações do RAL para os anos mais recentes. Além disso, essas discrepâncias também poderiam ser justificadas por a contabilização da produção relatada pelas empresas considerar ou não a umidade nos levantamentos históricos de informações.

2.1.1 Considerações sobre emissões de CO₂ na mineração e manejo do carvão mineral no Quarto Inventário

Nos inventários anteriores houve a contabilização das emissões de CO₂. Elas eram provenientes da combustão não controlada na armazenagem e nos rejeitos do carvão. Na ocasião, foi realizada avaliação que considerou o carvão ROM como um produto que não permanece como tal na mina após a sua extração, sendo imediatamente beneficiado e/ou vendido. Além disso, não havia conhecimento sobre o tempo de estocagem dos carvões, bem como das pilhas de rejeito. Para o cálculo, utilizou-se um fator de oxidação de 50% para o carbono contido nos rejeitos. Ocorre que no IPCC 2006 não há indicações que justifiquem a adoção desta abordagem, além disso, é importante destacar que essa quantificação estava relacionada com o potencial de liberação de CO₂, não representando sua efetiva emissão.

De acordo com o IPCC 2006, as possibilidades de cálculo de emissão de CO₂ são: a partir da queima ou conversão por oxidação catalítica do CH₄ drenado em CO₂ (subcategoria 1.B.1.a.i.4); e a partir da combustão não controlada nos depósitos de carvão (subcategoria 1.B.1.b).

Segundo o IPCC 2006 é possível a contabilização do CO₂ a partir da combustão ou conversão do CH₄, desde que haja registros dessas informações pelos operadores das minas. Para a oxidação a baixa temperatura, quando ocorre, ela costuma ser insignificante quando comparada ao total de emissões das minas subterrâneas, e não há métodos para estimar essas emissões. Há a indicação de que, quando há o registro de emissões relevantes de CO₂ juntamente com CH₄, devem ser reportadas

caso a caso. De acordo com pesquisa realizada na ABCM e na ANM, não há registros de ocorrência de drenagem de CH₄, tampouco de sua utilização ou combustão.

Para as emissões por combustão não controlada, de acordo com o IPCC 2006, atualmente não existem métodos claros disponíveis para medir sistematicamente ou estimar com precisão os dados da atividade, embora, quando os países dispõem de dados sobre as quantidades de carvão queimado, o CO₂ deva ser estimado com base no teor de carbono do carvão e comunicado na subcategoria pertinente (1.B.1.b). Conforme consulta realizada junto ao especialista do setor da ABCM, essa situação há mais de 20 anos poderia ser uma realidade, uma vez que os rejeitos eram acumulados em pilhas em locais abertos, o que favorecia a formação de um ambiente propício à combustão não controlada. Para os anos mais recentes, o que se observa no país é que todo o setor foi reestruturado visando a recuperação dos passivos ambientais (o que inclui a disposição de rejeitos), bem como a remineração de rejeitos antigos para fins energéticos. Desta maneira, pode-se afirmar que no Brasil essas emissões de CO₂ não são identificadas, uma vez que há planos de manejo de resíduos, sendo eles depositados de modo controlado, de forma a evitar sua combustão.

2.1.2 Considerações sobre emissões em minas subterrâneas abandonadas

De acordo com o IPCC 2006, presume-se que minas abandonadas consideradas não gasosas, quando eram exploradas ativamente, têm emissões insignificantes. Todavia, em minas gasosas as emissões deverão ser contabilizadas no Inventário Nacional após o encerramento de suas atividades. Na metodologia dos EUA, o termo “mina gasosa” refere-se às minas de carvão que, quando eram ativas, apresentavam emissões médias anuais de ventilação que ultrapassavam a faixa de 2.800 a 14.000 metros cúbicos por dia (m³/d), ou 0,7 a 3,4 Gg por ano.

Para o Quarto Inventário as emissões relacionadas às minas abandonadas não foram estimadas, uma vez que, de acordo com Silva et al. (2010) e Bonetti et al. (2019), as minas brasileiras não são consideradas gasosas. Todavia, essas referências indicam que ainda são necessários estudos mais aprofundados e acesso a dados para a caracterização de minas gasosas. Ainda assim, em consulta à especialista da ABCM, foi indicado também que as minas brasileiras são consideradas não gasosas ou com baixa emissão de metano, devido à característica do carvão explorado e à localização das minas.

Apesar dessas sinalizações, é importante o aprofundamento de estudos para futuros inventários. Dessa maneira, para o Quarto Inventário, essas emissões não foram possíveis de serem estimadas, por falta de subsídios que pudessem caracterizar as minas abandonadas no país.

Além disso, também é necessária a consolidação de uma base de informações oficial periódica e de fácil acesso, com dados sobre o encerramento das atividades das minas no país, bem como sua localização e presença de água ou não em suas galerias.

2.2 Fatores de emissão e outros parâmetros

Conforme mencionado anteriormente, as estimativas de emissões em minas de carvão para este Quarto Inventário foram realizadas utilizando fatores de emissão-padrão (*default*) do IPCC 2006.

Todavia vale lembrar que, para o Segundo Inventário (BRASIL, 2010), houve um esforço inicial na busca de fatores de emissão que refletissem melhor a realidade brasileira da mineração e do beneficiamento do carvão. Para tal, foi realizada uma pesquisa pelo Laboratório de Química Analítica Ambiental pertencente à Faculdade de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - PUCRS. Observou-se pelo estudo que não houve a correlação esperada do carvão com maior *ranking* e maiores emissões. Além disso, os resultados obtidos por meio do desenvolvimento experimental indicam que o carvão brasileiro apresenta baixo fator de emissão de metano, ou seja, bem abaixo dos fatores mínimos do IPCC. Com isso, foi identificada a necessidade da realização de trabalhos técnicos consistentes e focados especificamente para as emissões fugitivas decorrentes da extração de carvão, de forma a subsidiar a definição de valores efetivamente representativos para as minas do Brasil. Para este Quarto Inventário, tomando por base as recomendações do IPCC 2006, descritas para cada subcategoria, foram levantados dados do setor que pudessem melhor justificar as escolhas dos fatores de emissão, com base nas orientações metodológicas indicadas, conforme relatado a seguir.

2.2.1 Minas subterrâneas

Uma vez que não há informações sobre o metano recuperado, para estimar as emissões de mineração em minas subterrâneas foi utilizada a equação 4.1.3, Volume 2, Capítulo 4 do IPCC 2006:

EQUAÇÃO 4.1.3

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - MINERAÇÃO SUBTERRÂNEA - ANTES DO AJUSTE PARA QUALQUER UTILIZAÇÃO OU QUEIMA DE METANO

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção Subterrânea de Carvão} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

Na qual as unidades são: emissões de CH₄ (Gg/ano); fator de emissão de CH₄ (m³/tonelada)⁵; e produção subterrânea de carvão (tonelada/ano).

Para a escolha do fator de emissão foram consideradas variáveis específicas individuais, tais como a profundidade dos principais veios de carvão, para determinar o fator de emissão a ser usado. De acordo com o IPCC 2006, como o teor de gás geralmente aumenta com a profundidade, a extremidade inferior da faixa deve ser aplicada para profundidades médias de mineração <200m; e profundidades >400m, o valor mais alto do FE seria o apropriado. Para profundidades intermediárias, valores médios podem ser usados.

⁵ Para conversão do fator de emissão, em todo o Quarto Inventário é utilizada a densidade do CH₄ indicada pelo IPCC 2006 no valor de 0,67 Gg/10⁶ m³.

No caso do Brasil, de acordo com os dados disponibilizados pela ABCM, foi feita uma análise para definição da faixa de profundidade média das minas subterrâneas brasileiras. Foi possível o levantamento dessas informações para 47% das minas subterrâneas do tipo ROM, entre ativas e inativas. Para essas, calculou-se a média de profundidade, considerando-se os valores de cada uma, obtendo-se uma média aproximada de 125m. Diante desse fato, optou-se pela escolha do fator mínimo de emissão de CH₄ (10m³/t), que de acordo com o IPCC deve ser usado para minas subterrâneas com até 200m de profundidade.

Para calcular as emissões de pós-mineração em minas subterrâneas foi utilizada a equação 4.1.4 do IPCC 2006, que segue o mesmo raciocínio anterior. Para a escolha do fator de emissão, também foi considerado o fator mais baixo (0,9 m³/t).

EQUAÇÃO 4.1.4

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - EMISSÕES PÓS-MINERAÇÃO - MINAS SUBTERRÂNEAS

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção Subterrânea de Carvão} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

2.2.2 Minas de superfície

Para o cálculo de emissões em minas de carvão de superfície, foi utilizada a equação 4.1.7 do IPCC 2006:

EQUAÇÃO 4.1.7

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - MINAS DE SUPERFÍCIE

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção de Carvão de Superfície} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

Na qual as unidades são: emissões de CH₄ (Gg/ano); fator de emissão de CH₄ (m³/tonelada); e produção de carvão de superfície (tonelada/ano).

Para escolha do fator de emissão, na abordagem *Tier 1*, é considerado *boa prática* usar o limite inferior da faixa de emissão específica para minas com profundidades de sobrecarga média de menos de 25 metros e a extremidade alta para profundidades de sobrecarga acima de 50 metros. Para profundidades intermediárias, podem ser usados valores médios para os fatores de emissão. Na ausência de dados sobre a espessura da sobrecarga, é considerado *boa prática* usar o fator de emissão médio, ou seja, 1,2 m³/ton.

No Brasil, com relação à profundidade das minas de superfície, a análise elaborada com base nos dados da ABCM indicou que 94% das minas de superfície do tipo ROM, entre ativas e inativas, têm profundidades menores que 50m. Entretanto, não há dados que indiquem que essas profundidades seriam menores que 25m. Desse modo, e com o objetivo de se considerar uma abordagem mais

conservadora, optou-se pela utilização do fator de emissão intermediário de CH₄ para minas de superfície (IPCC, 2006).

Para o cálculo das emissões de pós-mineração em minas de superfície foi utilizada a equação 4.1.8 do IPCC 2006, que segue o mesmo raciocínio anterior; e, para a escolha do fator de emissão, também foi considerado o fator médio (0,1 m³/t), que segue a lógica da adoção do fator da mineração.

EQUAÇÃO 4.1.8

TIER 1: MÉTODO MÉDIO GLOBAL - EMISSÕES PÓS-MINERAÇÃO - MINAS DE SUPERFÍCIE

$$\text{Emissões de CH}_4 = \text{Fator de Emissão de CH}_4 \bullet \text{Produção de Carvão de Superfície} \bullet \text{Fator de Conversão}$$

A Tabela 3 resume os fatores de emissão que foram adotados no Quarto Inventário.

Tabela 3. Resumo dos fatores de emissão para emissões fugitivas de CH₄ em minas ativas subterrâneas e de superfície

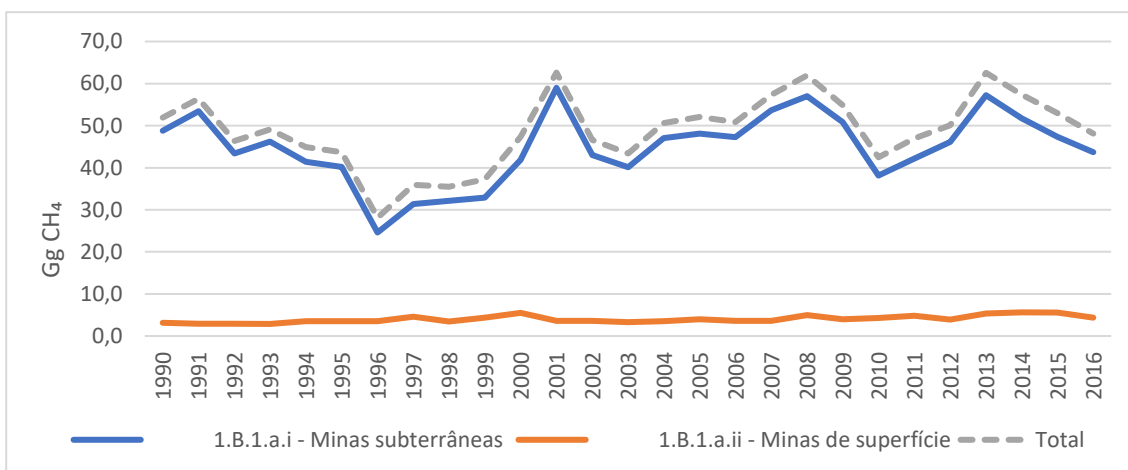
| Fatores de emissão para emissões fugitivas de CH ₄ | Mineração | Pós-mineração |
|---|--|---------------|
| | m ³ CH ₄ /t carvão | |
| Minas subterrâneas | 10 | 0,9 |
| Minas de superfície | 1,2 | 0,1 |

Fonte: IPCC 2006

3 Resultados

As emissões fugitivas da mineração têm relação direta com a produção de carvão mineral no Brasil, conforme tendência observada ao se comparar os dados de atividades utilizados nesse Inventário (Figura 2) e os resultados totais de emissão (Figura 5).

Figura 5. Emissões fugitivas da mineração por camada de origem do carvão (1990 - 2016)



Observa-se que as minas subterrâneas correspondem com a maior proporção das emissões em comparação com as minas de superfície, contribuindo com 90,9% das emissões totais no ano de 2016. Na Figura 6 são apresentadas as emissões relacionadas às minas subterrâneas, enquanto a Figura 7 apresenta as emissões relacionadas às minas de superfície.

Figura 6. Emissões fugitivas de minas subterrâneas (1990 - 2016)

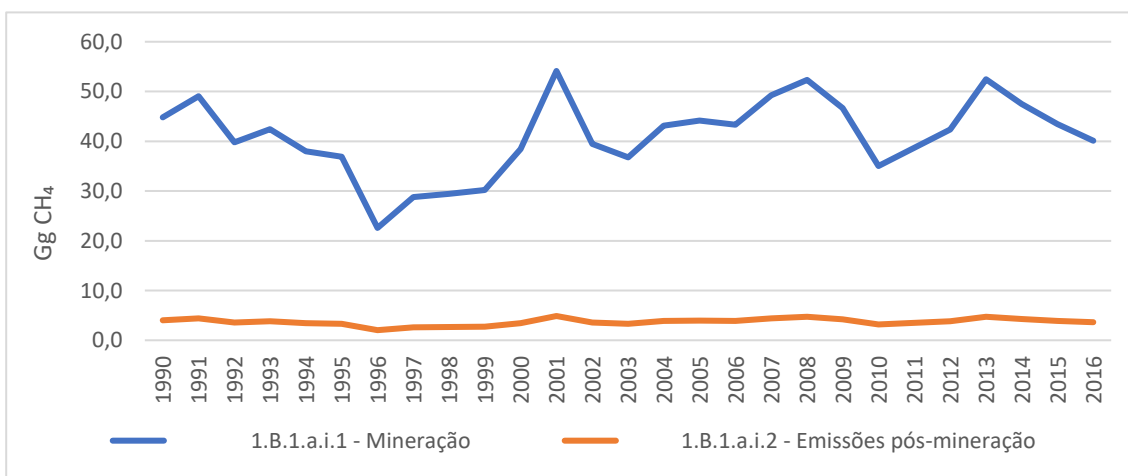
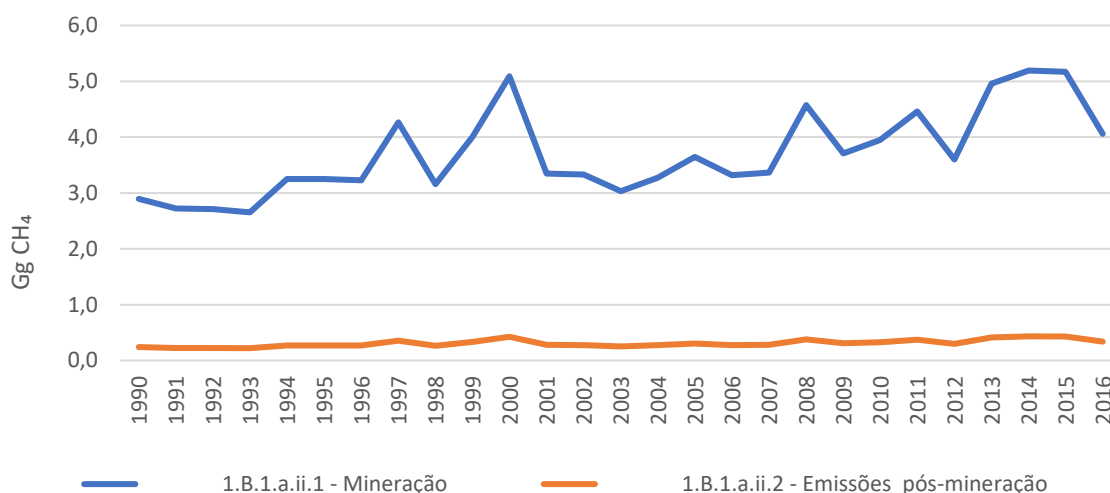
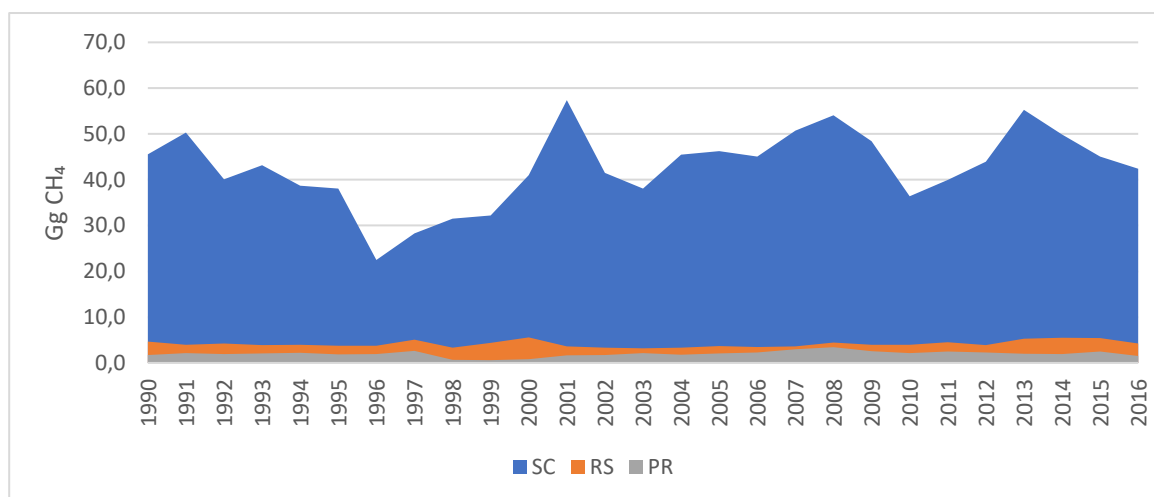


Figura 7. Emissões fugitivas de minas de superfície (1990 - 2016)



As emissões totais de CH₄ em 1990 foram estimadas em 51,9 Gg, tendo três principais picos: 62,6 Gg em 2001, 62 Gg em 2008 e 62,6 Gg em 2013. O menor valor registrado na série histórica foi 28,1 Gg em 1996. O estado de Santa Catarina tem a maior emissão em comparação ao Rio Grande do Sul e Paraná (Figura 8).

Figura 8. Emissões fugitivas da mineração por unidades federativas



A significativa queda da produção de carvão mineral e, conseqüentemente, a redução das emissões, em meados da década de 1990, ocorreu no ano de 1996. De acordo com a série histórica do Sumário Mineral (ANM, 2019), essa redução deveu-se ao conjunto de alguns fatores: greve de mineiros, paralisação de minas em Santa Catarina devido a problemas técnicos e por determinação judicial (resultado de lei municipal que criou área de preservação ambiental superposta às áreas que

atualmente vinham sendo mineradas) e também por substituição de carvão por fontes alternativas no segmento industrial (cimento, cerâmica e outros).

A partir de 1998 é observada uma retomada no crescimento da produção de carvão mineral, sendo o pico atingido em 2001 devido, principalmente, à estiagem de chuvas, o que provocou a redução dos reservatórios das usinas hidrelétricas e o consequente aumento na demanda por carvão para abastecer as usinas termelétricas existentes, que passaram a operar a plena carga.

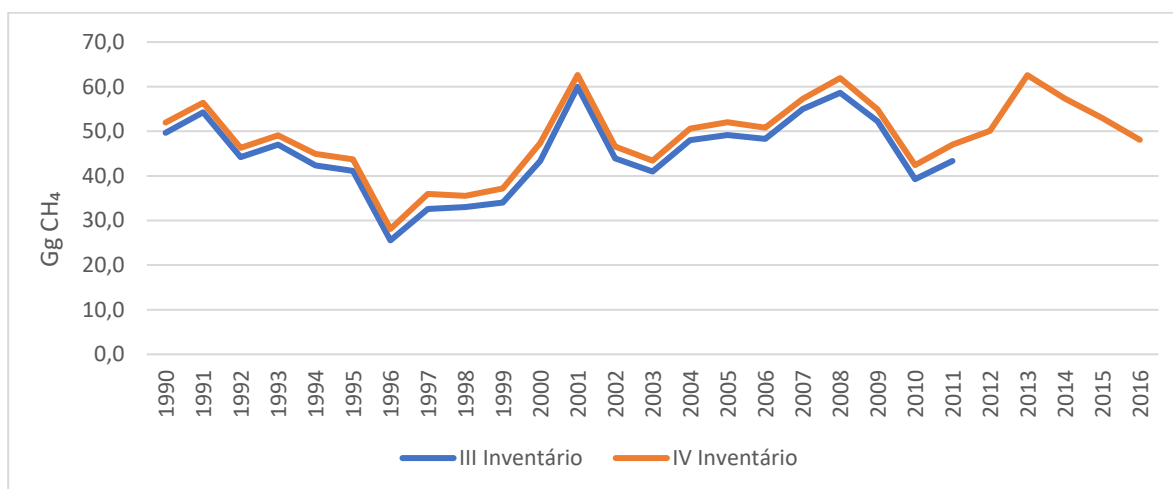
Após a crise energética nacional que ocorreu de 2000 a 2001, os reservatórios das hidrelétricas brasileiras foram recuperando seu nível de segurança, e a geração de termelétricidade a carvão mineral foi reduzida em quase 30% no país em 2003. Após esse período é possível observar o crescimento da produção de carvão para os anos seguintes, porém sendo identificada queda no ano de 2009, dada a crise internacional que retraiu o crescimento das atividades econômicas no país.

A partir de 2010 observa-se uma retomada no crescimento econômico e aumento na demanda de energia elétrica. Para os anos seguintes, os aumentos na produção justificam-se pelas expectativas de uma demanda aquecida tanto do setor térmico como no setor industrial, às melhorias de lavra e aos avanços tecnológicos. Em 2013 é observado outro pico de produção, principalmente por causa da produção de carvão energético, utilizado em termelétricas que foram acionadas para compensar os baixos níveis de reservatórios hídricos no período. A partir de 2015 os níveis dos reservatórios foram sendo normalizados, justificando redução na produção de carvão para os anos mais recentes. No APÊNDICE B deste relatório é possível identificar a tabela com resultados de emissões desagregados para toda a série histórica, de 1990 a 2016.

4 Diferenças em relação ao Terceiro Inventário

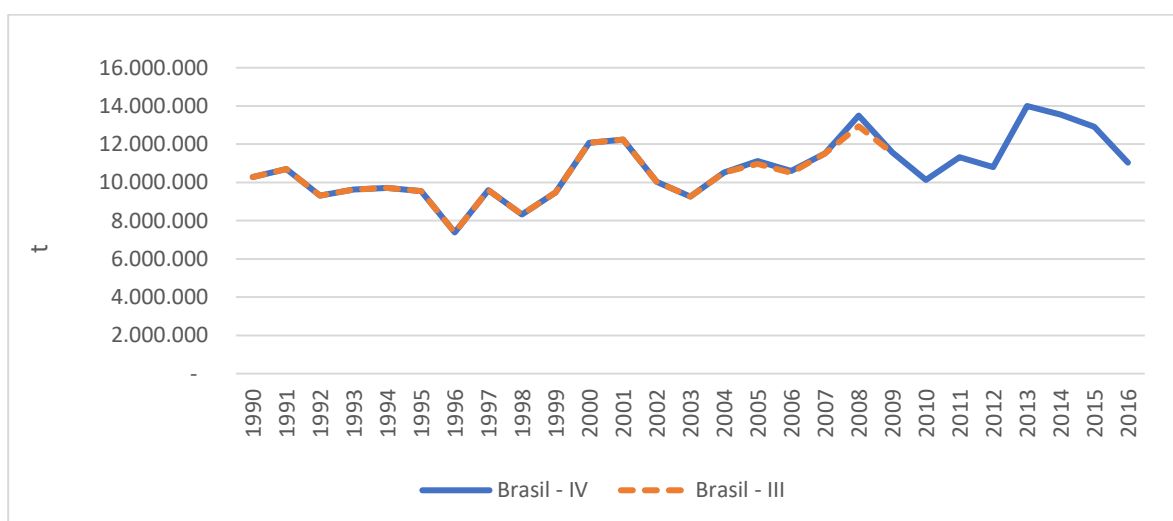
Apesar de o uso do IPCC 2006 não apresentar mudanças significativas em termos de cálculos de emissões, em comparação com o IPCC 1996 utilizado no inventário anterior, esta metodologia mais recente fornece informações mais detalhadas sobre os procedimentos e premissas para cálculo. Desse modo, são observadas pequenas diferenças entre os resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário, conforme Figura 9.

Figura 9. Comparação dos resultados de emissões de CH₄ entre o Terceiro e o Quarto Inventário



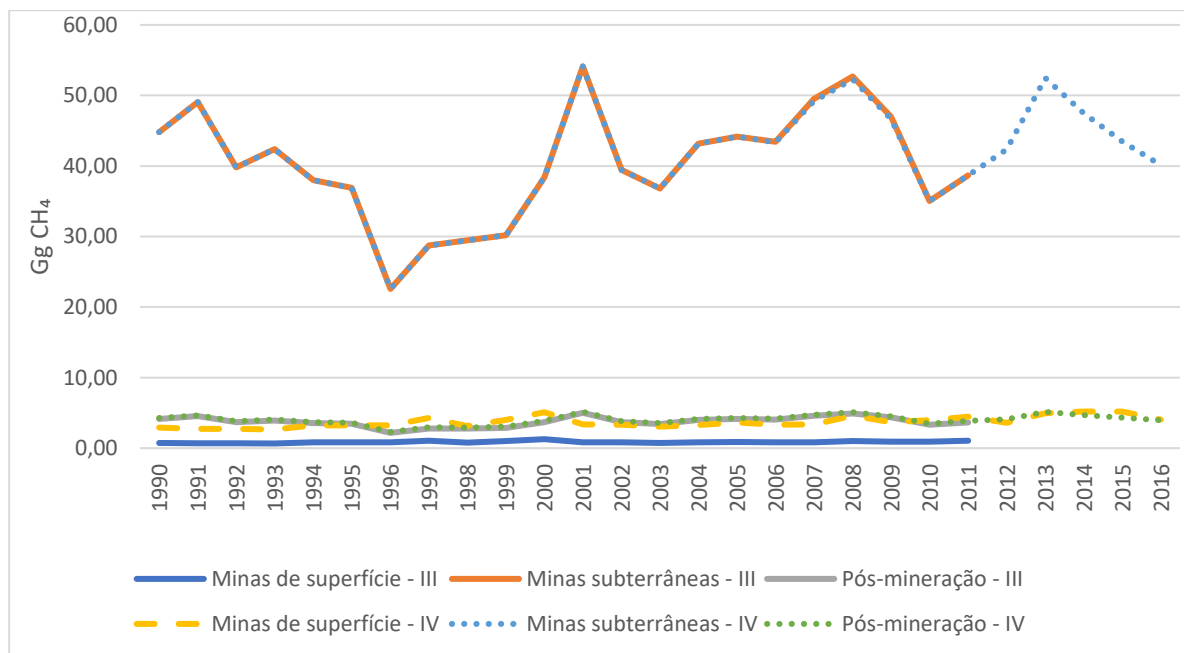
Para que se possa justificar as diferenças observadas, primeiramente foram analisados os dados de atividade utilizados e observou-se que eles são consistentes entre os Inventários, apresentando pequenas diferenças somente para os anos mais recentes, conforme Figura 10.

Figura 10. Comparação dos dados de atividade entre os inventários (produção de carvão ROM)



Avançando para a parte metodológica, no Quarto Inventário foi possível avaliar e justificar o uso de fatores de emissão mais consistentes com a realidade observada no país. Apesar desses fatores serem padrões, eles têm intervalos, e seus usos devem ser justificados diante da realidade nacional. Para tal, com relação ao inventário anterior, optou-se pela utilização de fatores de emissão médios para minas de superfície (mineração e pós-mineração), sendo essa a principal justificativa para as diferenças entre o Terceiro e o Quarto Inventário, que na Figura 11 estão claramente relacionadas somente às minas de superfície.

Figura 11. Comparação dos resultados entre o Terceiro e o Quarto Inventário desagregados nas principais atividades



Além disso, neste Quarto Inventário as emissões de CO₂ não foram estimadas, uma vez que não há a atividade ou o registro de dados no país que permitam o cálculo, e tendo os resultados estimados nos inventários anteriores um nível de incerteza bastante elevado, conforme justificado no item 2.1.1.

5 Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO CARVÃO MINERAL (ABCM). **Dados de produção de carvão mineral e informações sobre minas**. Informações recebidas por e-mail em: 5 abr. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Sumário Mineral**. 2019. Disponível em: www.anm.gov.br/dnmp/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/sumario-mineral. Acesso em: 6 ago. 2019.

BONETTI, B. et al. CH₄ and CO₂ monitoring in the air of underground coal mines in southern Brazil and GHG emission estimation. **REM, Int. Eng. J.**, Ouro Preto, v. 72, n. 4, p. 635-642, out. 2019. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-167X2019000500635&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 27 jan. 2020.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Volume II. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional**. Ano-Base 2018. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2019.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC/OECD/IEA. Volume 2 Energy. Bracknell: UK Meteorological Office, 1996

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Volume 2 Energy, Chapter 4 Fugitive Emissions. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

SILVA, R. et al. Monitoring light hydrocarbons in Brazilian coal mines and in confined coal samples. **International Journal of Coal Geology**, v. 84, Issues 3-4, p. 269-2751, dez. 2010. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166516210001886?via%3Dihub. Acesso em: 27 jan. 2020.

APÊNDICE A - Detalhamento metodológico

A.1. DADOS DE ATIVIDADE - Produção carvão ROM (*run-of-mine*)

- Carboníferas em Santa Catarina - 1990 a 2003 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARBONÍFERA BARRO BRANCO S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Camada Bonito | CA | - | - | 59.932 | 116.060 | 286.160 | 385.352 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Camada Barro Branco | CA | 9.707 | 28.063 | 19.271 | 29.320 | 105.919 | 12.097 | 75.259 | 39.493 | 32.538 | - | - | - | - | - |
| Mina Rio Dez | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19.987 | 25.447 | - | - | - |
| Mina Represa | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5.160 | 6.570 | - | - | - |
| Mina Índio | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3.200 | 4.074 | - | - | - |
| Mina 3G | S | 276.874 | 443.212 | 427.052 | 336.623 | 114.023 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 3 E/F | S | 70.610 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Bonito I | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 52.821 | 67.251 | - | - | - |
| CARBONÍFERA BELLUNO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Malha II | CA | - | - | - | - | 5.893 | 10.099 | 4.270 | 28.880 | 65.808 | 67.966 | 86.534 | - | - | - |
| Mina Marion | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | 13.618 | 89.285 | 113.677 | 165.344 | 159.425 | 142.702 |
| Mina Vila Irapuá | S | - | - | - | 22.000 | 55.528 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Malha II | S | - | - | - | - | 21.315 | 147.856 | 247.956 | 237.459 | 198.271 | 119.070 | 151.599 | 327.788 | - | - |
| Mina Fiorita ME | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 212.357 | 270.372 | 90.447 | - | - |
| Mina Cantão | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 277.135 |
| Mina Morozini Norte | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 94.033 |

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Mina Lauro Müller | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA CATARINENSE LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina 3G | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 275.946 | 277.047 | 336.853 |
| Mina Bonito I | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 452.553 | 461.466 | 339.399 |
| COMPANHIA CARBONÍFERA CATARINENSE (CCC) – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Rio Maina – Poço 3 | S | 313.188 | 319.616 | 343.246 | 337.786 | 373.604 | 422.861 | 287.257 | 320.665 | 335.162 | 231.985 | 295.362 | - | - | - |
| Catarinense III | S | 9.543 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA CRICIÚMA S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| UM III – Mina Rio Queimado | CA | 7.134 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| UM IV – Volta Redonda | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| UM II – Verdinho | S | 1.387.511 | 864.127 | 566.358 | 671.022 | 781.199 | 747.680 | 573.574 | 1.015.750 | 978.928 | 1.016.191 | 1.293.808 | 1.202.134 | 1.206.117 | 981.338 |
| CARBONÍFERA METROPOLITANA S.A. -SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Floresta | CA | - | - | - | - | - | - | - | 10.165 | - | - | - | - | - | - |
| Canal Fase II – Forquilha | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Esperança | S | 1.279.654 | 2.131.247 | 1.505.486 | 1.147.417 | 1.134.551 | 1.021.426 | 945.722 | 1.099.766 | 1.273.386 | 1.192.665 | 1.518.494 | 1.388.649 | 1.250.812 | 1.293.429 |
| Mina Fontanella | S | - | - | 21.356 | 66.302 | 89.434 | 5.631 | 12.115 | 56.564 | 67.868 | 4.946 | 6.297 | - | - | - |
| Mina Nesi | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 6.204 | 7.899 | - | - | - |
| CARBONÍFERA SANTA LUZIA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Portão | CA | - | - | - | - | - | - | 269.299 | 203.744 | 236.048 | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Frente F | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA TREVISÓ S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Rio Pio | CA | - | - | - | - | - | 45.688 | 6.666 | 41.685 | - | - | - | - | - | - |
| Mina Portão | S | - | - | - | 129.784 | - | 385.352 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Rossi | S | - | - | - | - | 27.520 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Itanema II | S | 342.774 | 179.450 | 17.800 | 87.486 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Possenti | S | - | - | 48.217 | 38.429 | - | - | - | 38.185 | - | - | - | - | - | - |

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|--|------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| COMPANHIA CARBONÍFERA DE URUSSANGA (CCU) – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Sangão | CA | 5.129 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Geraldo | S | 108.695 | 187.211 | 958.990 | 1.093.827 | 980.637 | 873.587 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Santana | S | - | 823.824 | 395.026 | 201.033 | 101.566 | 69.341 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Santa Augusta | S | 1.021.417 | 880.756 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMPANHIA BRASILEIRA CARBONÍFERA DE ARARANGUÁ (CBCA) – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina São Simão | S | 120.557 | 123.793 | 60.900 | 88.290 | 76.099 | 39.730 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Pedro | S | - | 43.737 | 50.400 | 91.762 | 77.036 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Verdinho – Mina 3 | S | 374.440 | 618.743 | 622.840 | 584.072 | 503.765 | 552.049 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMIM & CIA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Comin | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | 84.405 | 115.906 | 147.571 | 178.791 | 161.270 | - |
| COOPERMINAS S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Verdinho – Mina 3 | S | - | - | - | - | - | - | 439.198 | 443.501 | 374.536 | 293.317 | 373.449 | 632.105 | 545.701 | 700.466 |
| Mina 2 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina (Criciúma) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina (Lauro Muller) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 128.088 | 225.145 | 126.848 |
| Mina (Siderópolis) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 128.088 | - | - |
| IBRACOQUE MINERAÇÃO LTDA. – IBRAMIL – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Plano Lageado | S | 66.751 | 130.365 | 111.787 | 80.858 | 23.123 | 2.673 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Figueira | S | 30.055 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Santana | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Trevo | S | - | - | - | - | - | - | - | - | 74.476 | 1.196.994 | 1.524.005 | 2.279.544 | 658.821 | 247.629 |
| Mina Rio Deserto | S | - | 137.665 | 167.956 | 114.837 | 132.943 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Geraldo | S | - | - | - | - | - | - | 440.138 | 616.703 | 933.139 | 11.769 | 14.984 | - | - | - |
| Mina Barro Branco | S | - | - | - | - | - | - | 88.693 | - | - | 14.983 | 19.076 | 468.371 | 507.219 | 458.211 |
| Mina Santana | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|--|------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Mina Novo Horizonte | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 101 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Cruz de Malta | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MINAGEO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Santa Augusta | S | - | - | - | - | - | - | - | 7.094 | 26.008 | 22.394 | 28.512 | 35.704 | 34.662 | 11.655 |
| Mina Trevo | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 51.136 |
| MINERAÇÃO FORQUILHA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina N. Sra. dos Campos | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 44.380 | - | - |
| Mina N. Sra. dos Campos | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 97.085 | 14.936 |
| MINERAÇÃO PÉROLA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Linha Antas D | CA | - | 30.925 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Linha Antas A, B e C | CA | - | 2.908 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NOVA PRÓSPERA MINERAÇÃO S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Sangão (Mina A) | S | 532.204 | - | 187.283 | 804.714 | 763.156 | 894.940 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Morro Albino (Mina B) | S | 296.988 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| VALE – BENEFICIAMENTO DE CARVÃO MINERAL LTDA. -SC | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lageado | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 402.311 | 381.801 | 261.340 |

Continuação: Carboníferas em Santa Catarina - 2004 a 2016 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARBONÍFERA BARRO BRANCO S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Camada Bonito | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Camada Barro Branco | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Rio Dez | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Represa | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Índio | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 3G | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 3 E/F | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Bonito I | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA BELLUNO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Malha II | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Marion | CA | 92.396 | 4.860 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Vila Irapuá | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Malha II | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Fiorita ME | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Cantão | S | 390.098 | 434.239 | 429.888 | 511.563 | 726.552 | 247.143 | 172.381 | 33.294 | 512.283 | 656.663 | 244.356 | 769.723 | 700.927 |
| Mina Morozini Norte | S | 247.551 | 356.298 | 581.888 | 577.937 | 605.220 | 420.931 | 186.500 | 496.744 | - | - | - | - | - |
| Mina Lauro Müller | S | - | - | - | - | - | 302.064 | 210.688 | 40.693 | 626.123 | 802.588 | 298.657 | 940.773 | 856.689 |
| CARBONÍFERA CATARINENSE LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina 3G | S | 544.800 | 594.585 | 749.531 | 691.412 | 596.828 | 391.230 | 337.088 | 369.862 | 451.188 | 598.925 | 714.149 | 772.612 | 858.047 |
| Mina Bonito I | S | 445.803 | 494.479 | 366.034 | 390.879 | 416.498 | 298.339 | 217.507 | 302.471 | 369.153 | 490.030 | 584.304 | 632.137 | 702.039 |
| COMPANHIA CARBONÍFERA CATARINENSE (CCC) – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Rio Maina – Poço 3 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Catarinense III | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| CARBONÍFERA CRICIÚMA S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| UM III – Mina Rio Queimado | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| UM IV – Volta Redonda | CA | - | - | - | 36.708 | 12.164 | 4.075 | - | - | - | - | - | - | - |
| UM II – Verdinho | S | 1.175.504 | 1.292.045 | 1.296.661 | 1.456.932 | 1.921.112 | 1.551.328 | 1.206.105 | 1.209.781 | 882.402 | 1.491.516 | 988.120 | 2.400 | - |
| CARBONÍFERA METROPOLITANA S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Floresta | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Canal Fase II – Forquilha | CA | - | - | 14.395 | 8.827 | 45.161 | 40.658 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Esperança | S | 1.302.964 | 1.025.849 | 549.081 | 1.091.509 | 269.274 | 689.145 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Fontanella | S | - | 26.216 | 216.828 | 251.491 | 507.831 | 632.023 | 807.895 | 1.198.588 | 1.585.759 | 1.202.282 | 1.251.096 | 1.331.408 | 1.430.254 |
| Mina Nesi | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA SANTA LUZIA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Portão | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CARBONÍFERA SIDERÓPOLIS LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Frente F | CA | - | 155.288 | 100.000 | - | 556.435 | 49.084 | 388.808 | 396.461 | 7.425 | 54.000 | 68.932 | 168.511 | 209.362 |
| CARBONÍFERA TREVISO S. A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Rio Pio | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Portão | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Rossi | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Itanema II | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Possenti | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMPANHIA CARBONÍFERA DE URUSSANGA (CCU) – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Sangão | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Geraldo | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Santana | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Santa Augusta | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMPANHIA BRASILEIRA CARBONÍFERA DE ARARANGUÁ (CBCA) – SC | | | | | | | | | | | | | | |

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| Mina São Simão | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Pedro | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Verdinho – Mina 3 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| COMIM & CIA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Comin | CA | 115.206 | 117.880 | - | - | - | - | - | - | 39.102 | - | 54.115 | 1.240 | - |
| COOPERMINAS S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Verdinho – Mina 3 | S | 996.297 | 143.081 | 993.637 | 949.286 | 900.274 | 807.884 | 991.361 | 1.016.433 | 843.599 | 953.867 | 1.045.413 | - | - |
| Mina 2 | S | - | - | 9.771 | 6.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina (Criciúma) | S | - | 1.002.540 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina (Lauro Muller) | S | 188.000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina (Siderópolis) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| IBRACOQUE MINERAÇÃO LTDA. – IBRAMIL – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Plano Lageado | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Figueira | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| INDÚSTRIA CARBONÍFERA RIO DESERTO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Santana | CA | 11.129 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Trevo | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Rio Deserto | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Geraldo | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Barro Branco | S | 822.162 | 880.325 | 923.855 | 956.631 | 1.262.065 | 581.001 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Santana | S | - | 50.760 | 2.290 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Novo Horizonte | S | - | - | - | - | 4.282 | 63.447 | 86.814 | 58.635 | - | - | - | - | - |
| Mina 101 | S | - | - | - | - | - | - | - | 7.593 | 327.430 | 614.336 | 742.748 | 742.450 | 552.942 |
| Mina Cruz de Malta | S | - | - | - | - | 72.071 | 576.119 | 668.843 | 668.988 | 400.193 | 750.855 | 907.804 | 907.438 | 675.817 |
| MINAGEO LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Santa Augusta | S | - | - | 35.413 | 52.377 | 53.475 | 53.608 | 48.548 | 25.317 | 8.452 | - | 40.418 | 48.078 | - |

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Mina Trevo | S | 35.905 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MINERAÇÃO FORQUILHA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina N. Sra. dos Campos | CA | - | 8.980 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina N. Sra. dos Campos | S | 51.047 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| MINERAÇÃO PÉROLA LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Linha Antas D | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Linha Antas A, B e C | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| NOVA PRÓSPERA MINERAÇÃO S.A. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Sangão (Mina A) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Morro Albino (Mina B) | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| VALE – BENEFICIAMENTO DE CARVÃO MINERAL LTDA. – SC | | | | | | | | | | | | | | |
| Lageado | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

- Carboníferas no Rio Grande do Sul - 1990 a 2003 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Companhia Riograndense de Mineração (CRM) – RS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina de Candiota | CA | 1.541.403 | 1.735.912 | 1.445.901 | 1.216.171 | 1.663.211 | 1.762.006 | 1.417.000 | 1.928.796 | 1.591.547 | 2.349.831 | 2.991.790 | 1.592.095 | 1.732.836 | 1.486.334 |
| Mina Taquara | CA | - | - | 32.359 | 71.883 | 88.688 | 37.726 | 15.639 | 21.288 | 80.785 | 111.480 | 141.936 | 19.431 | - | - |
| Mina da Boa Vista | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 59.254 | 79.796 | 71.494 |
| Mina São Vicente Norte | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Leão I | S | 140.257 | 147.988 | 189.240 | 153.667 | 111.134 | 86.931 | 72.193 | 98.268 | 37.981 | 41.673 | 53.058 | 39.297 | 4.380 | - |
| Carbonífera Palermo Ltda. – RS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Capané I | CA | 216.169 | 198.802 | 177.595 | 253.259 | 207.767 | - | - | - | - | 136.294 | 173.529 | 146.090 | 112.455 | 111.969 |
| Mina Capané II | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1.700 | 119 | 119 |
| Rejeitos | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 35.000 | 44.562 | - | - | - |
| Companhia Nacional Mineração Candiota – RS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Seival | CA | 30.563 | 49.739 | 49.349 | 46.701 | 28.110 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Copelmi Mineração Ltda. (COPELMI) – RS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Recreio | CA | 1.074.970 | 990.048 | 1.264.978 | 1.057.130 | 1.186.056 | 1.378.091 | 1.875.507 | 2.552.908 | 1.820.863 | 1.963.270 | 2.499.623 | 1.410.789 | 1.506.517 | 1.155.629 |
| Mina do Faxinal | CA | 449.920 | 170.225 | 306.170 | 28.620 | 15.166 | 12.880 | 22.678 | 30.869 | - | 77.442 | 98.599 | - | 217.981 | 701.179 |
| Mina Butiá-Leste | CA | 264.520 | 176.419 | 17.420 | 480.705 | 454.480 | 371.183 | 305.313 | 415.587 | - | - | - | 545.592 | 168.322 | 104.116 |
| Mina do Seival | CA | - | - | - | - | - | 26.002 | 22.995 | 31.300 | - | - | - | - | - | - |
| Mina do Cerro | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Charqueadas | S | 73.270 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sociedade Mineradora do Cerro Ltda. – RS | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Cerro | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Continuação: Carboníferas no Rio Grande do Sul - 2004 a 2016 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Companhia Riograndense de Mineração (CRM) – RS | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina de Candiota | CA | 1.606.961 | 2.128.556 | 1.966.490 | 1.804.686 | 1.604.836 | 1.592.260 | 1.713.448 | 2.069.023 | 1.716.150 | 3.366.843 | 3.430.900 | 3.503.207 | 2.677.832 |
| Mina Taquara | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina da Boa Vista | CA | 122.060 | 92.442 | 93.375 | 90.163 | 54.605 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina São Vicente Norte | CA | - | - | - | - | 226.620 | 354.750 | - | 138.715 | - | - | - | - | - |
| Mina Leão I | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Carbonífera Palermo Ltda. – RS | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Capané I | CA | 103.645 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Capané II | CA | 103.645 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rejeitos | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Companhia Nacional Mineração Candiota – RS | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Seival | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Copelmi Mineração Ltda. (COPELMI) – RS | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Recreio | CA | 925.869 | 400.966 | 329.916 | 317.190 | 828.528 | 766.845 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina do Faxinal | CA | 768.734 | 819.311 | 1.012.109 | 1.047.904 | 1.245.596 | 362.984 | 28.711 | - | - | - | - | - | - |
| Mina Butiá-Leste | CA | 202.831 | 385.430 | 609.303 | 877.912 | 762.481 | 1.062.739 | 2.292.119 | 2.469.138 | 2.172.920 | 2.194.374 | 2.323.410 | 2.205.226 | 1.730.213 |
| Mina do Seival | CA | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina do Cerro | CA | - | - | - | - | 352.844 | 379.297 | 488.793 | 476.271 | 543.230 | 548.594 | 580.853 | 551.307 | 432.553 |
| Mina Charqueadas | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sociedade Mineradora do Cerro Ltda. – RS | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina do Cerro | CA | 19.153 | 423.662 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

- Carboníferas no Paraná - 1990 a 2003 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| Cia Carbonífera de Cambuí – PR | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Armando Simões | S | 138.454 | 175.861 | 170.153 | 194.034 | 224.606 | 187.320 | 262.416 | 357.196 | 95.084 | 85.003 | 108.225 | 227.161 | 235.699 | 296.643 |
| Mina Poço 115 | S | 59.933 | 55.806 | 50.971 | 66.035 | 80.051 | 66.852 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Frente 20 | S | 20.926 | 37.668 | 28.865 | 5.205 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 830 | S | - | - | 1.649 | 7.101 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Klabin do Paraná Mineração S.A. – PR | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina 2 | S | 20.000 | 20.310 | 15.624 | 7.119 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Continuação: Carboníferas no Paraná - 2004 a 2016 (em tonelada)

| Mina / Produto | Tipo | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|---|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Cia Carbonífera de Cambuí – PR | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina Armando Simões | S | 240.684 | 287.573 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina Poço 115 | S | - | - | 314.370 | 408.401 | 470.227 | 352.030 | 293.328 | 344.161 | 315.131 | 272.505 | 267.996 | 340.000 | 209.696 |
| Mina Frente 20 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Mina 830 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Klabin do Paraná Mineração S.A. – PR | | | | | | | | | | | | | | |
| Mina 2 | S | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

A.2. FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS

Os fatores de emissão e parâmetros já foram descritos no item 2.2. deste relatório.

APÊNDICE B - Resultados

Tabela 4. Resultados de emissão de CH₄ em Gg

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B – Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.B.1 – Combustíveis Sólidos | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.B.1.a – Mineração e manejo do carvão | 51,9 | 56,4 | 46,3 | 49,1 | 44,9 | 43,7 | 28,1 | 36,0 | 35,5 | 37,2 | 47,4 | 62,6 | 46,6 | 43,4 |
| 1.B.1.a.i – Minas subterrâneas | 48,8 | 53,5 | 43,4 | 46,2 | 41,4 | 40,2 | 24,6 | 31,3 | 32,1 | 32,9 | 41,9 | 59,0 | 43,0 | 40,1 |
| 1.B.1.a.i.1 – Mineração | 44,8 | 49,1 | 39,8 | 42,4 | 38,0 | 36,9 | 22,6 | 28,8 | 29,4 | 30,2 | 38,4 | 54,1 | 39,4 | 36,8 |
| 1.B.1.a.i.2 – Emissões pós-mineração | 4,0 | 4,4 | 3,6 | 3,8 | 3,4 | 3,3 | 2,0 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 3,5 | 4,9 | 3,5 | 3,3 |
| 1.B.1.a.i.3 – Minas subterrâneas abandonadas | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B.1.a.i.4 – Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂ | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.ii – Minas de superfície | 3,1 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 4,6 | 3,4 | 4,3 | 5,5 | 3,6 | 3,6 | 3,3 |
| 1.B.1.a.ii.1 – Mineração | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 4,3 | 3,2 | 4,0 | 5,1 | 3,3 | 3,3 | 3,0 |
| 1.B.1.a.ii.2 – Emissões pós-mineração | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 1.B.1.b – Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

Legenda: NE - não estimado; NO - não ocorre.

Continuação. Resultados de emissão de CH₄ em Gg

| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.B – Emissões fugitivas a partir da produção de combustíveis | | | | | | | | | | | | | |
| 1.B.1 – Combustíveis Sólidos | | | | | | | | | | | | | |
| 1.B.1.a – Mineração e manejo do carvão | 50,6 | 52,1 | 50,8 | 57,3 | 62,0 | 54,9 | 42,5 | 47,0 | 50,1 | 62,6 | 57,4 | 53,0 | 48,1 |
| 1.B.1.a.i – Minas subterrâneas | 47,0 | 48,1 | 47,2 | 53,6 | 57,0 | 50,9 | 38,2 | 42,2 | 46,2 | 57,2 | 51,7 | 47,4 | 43,7 |
| 1.B.1.a.i.1 – Mineração | 43,2 | 44,1 | 43,3 | 49,2 | 52,3 | 46,7 | 35,0 | 38,7 | 42,4 | 52,5 | 47,5 | 43,5 | 40,1 |
| 1.B.1.a.i.2 – Emissões pós-mineração | 3,9 | 4,0 | 3,9 | 4,4 | 4,7 | 4,2 | 3,2 | 3,5 | 3,8 | 4,7 | 4,3 | 3,9 | 3,6 |
| 1.B.1.a.i.3 – Minas subterrâneas abandonadas | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE | NE |
| 1.B.1.a.i.4 – Queima de metano drenado ou conversão de metano para CO ₂ | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |
| 1.B.1.a.ii – Minas de superfície | 3,5 | 4,0 | 3,6 | 3,6 | 5,0 | 4,0 | 4,3 | 4,8 | 3,9 | 5,4 | 5,6 | 5,6 | 4,4 |
| 1.B.1.a.ii.1 – Mineração | 3,3 | 3,6 | 3,3 | 3,4 | 4,6 | 3,7 | 3,9 | 4,5 | 3,6 | 5,0 | 5,2 | 5,2 | 4,1 |
| 1.B.1.a.ii.2 – Emissões pós-mineração | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| 1.B.1.b – Combustão espontânea e queima em depósitos de carvão | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO | NO |

Legenda: NE - não estimado; NO - não ocorre