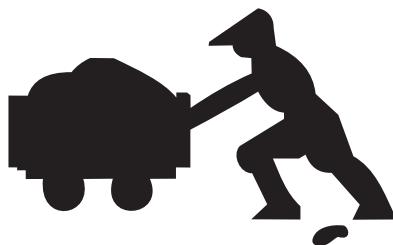


**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES AN-
TRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES FUGITIVAS DA MINERAÇÃO E DO
TRATAMENTO DE CARVÃO MINERAL**

**Sindicato Nacional da Indústria de
Extração de Carvão Mineral
SNIEC**



Ministério da Ciência e Tecnologia
2006

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

MINISTRO DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SERGIO MACHADO REZENDE

SECRETÁRIO DE POLÍTICAS E PROGRAMAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
LUIZ ANTÔNIO BARRETO DE CASTRO

EXECUÇÃO

COORDENADOR GERAL DE MUDANÇAS GLOBAIS DE CLIMA
JOSÉ DOMINGOS GONZALEZ MIGUEZ

COORDENADOR TÉCNICO DO INVENTÁRIO
NEWTON PACIORNIK

**PRIMEIRO INVENTÁRIO BRASILEIRO DE EMISSÕES AN-
TRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIOS DE REFERÊNCIA

**EMISSÕES FUGITIVAS DA MINERAÇÃO E DO
TRATAMENTO DE CARVÃO MINERAL**

Elaborado por:

Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão Mineral - SNIIEC
Praça Mahatma Gandhi, 2 11º andar - Cinelândia
20018-900 - Rio de Janeiro - RJ

Autores:

Konnie Peuker
Leandro Fagundes

Ministério da Ciência e Tecnologia
2006

Publicação do Ministério da Ciência e Tecnologia

Para obter cópias adicionais deste documento ou maiores informações, entre em contato com:

Ministério da Ciência e Tecnologia
Secretaria de Políticas e Programas de Ciência e Tecnologia
Departamento de Programas Temáticos
Coordenação Geral de Mudanças Globais
Esplanada dos Ministérios Bloco E 2º Andar Sala 244
70067-900 - Brasília - DF - Brasil
Telefone: 61-3317-7923 e 3317-7523
Fax: 61-3317-7657
e-mail: cpmg@mct.gov.br
<http://www.mct.gov.br/clima>

Revisão:

Newton Paciornik
Branca Bastos Americano
Ricardo Leonardo Vianna Rodrigues
Mauro Meirelles de Oliveira Santos

Revisão de Editoração:

Mara Lorena Maia Fares
Anexandra de Ávila Ribeiro

Editoração Eletrônica:

Jorge Ribeiro

A realização deste trabalho em 2002 só foi possível com o apoio financeiro e administrativo do:

Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD

Projeto BRA/95/G31

SCN Quadra 02 Bloco A - Ed. Corporate Center 7º Andar
70712-901 - Brasília - DF - Brasil
Telefone: 61-3038-9300
Fax: 61-3038-9009
e-mail: registry@undp.org.br
<http://www.undp.org.br>

U.S. Country Studies Program

PO-2, Room GP-196
1000 Independence Avenue, SW
Washington, D.C. 20585 USA
Telefone: 1-202-426-1628
Fax: 1-202-426-1540/1551
e-mail: csmt@igc.apc.org
<http://www.gcario.org/CSP/webpage.html>

Agradecemos à equipe administrativa do GEF, do PNUD e do U.S. Country Studies Program e, em particular, a algumas pessoas muito especiais sem as quais a realização deste trabalho não teria sido possível: Emma Torres, Richard Hosier e Vesa Rutanen, todos do PNUD/Nova York; Cristina Montenegro, do PNUD/Brasil, de 1985 a 1999, por seu apoio e incentivo em todos os momentos; e Jack Fitzgerald e Robert K. Dixon, do U.S. Country Studies Program, que propiciaram o encaminhamento do programa. A todas essas pessoas, por sua liderança neste processo, nosso mais sincero agradecimento.

Índice

	Página
Introdução	11
Sumário Executivo	13
1 Carvão Mineral e Energia no Brasil	15
2 Mercado Produtor de Carvão Mineral no Brasil	18
2.1 Introdução	18
2.2 Reservas de carvão mineral no Brasil	18
2.3 Empresas atuantes no setor	20
2.3.1 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado do Rio Grande do Sul	20
2.3.2 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado de Santa Catarina	20
2.3.3 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado do Paraná	21
2.4 Minas em atividade produtiva no Brasil	21
2.5 Tipos de produtos disponibilizados no mercado	21
2.6 Produção do carvão mineral no Brasil	23
2.7 Dados de produção	25
3 Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa Gerados pela Indústria Brasileira de Carvão Mineral	27
3.1 Introdução	27
3.2 Os gases de efeito estufa na indústria de carvão mineral do Brasil	28
3.2.1 Emissões de metano em minas a céu aberto no Brasil	28
3.2.2 Emissões de metano em minas subterrâneas no Brasil	30
3.2.3 Emissões de metano pós-mineração em minas a céu aberto	32
3.2.4 Emissões de metano pós-mineração em minas subterrâneas no Brasil	34
3.3 Quadro resumo das emissões de metano na mineração no Brasil	36

3.4	Emissões de dióxido de carbono	38
3.4.1	Emissões de dióxido de carbono em pilhas de rejeitos	38
3.4.2	Emissões de dióxido de carbono provenientes de SO ₂ “scrubbing”	41
3.4.3	Quadro resumo das emissões de dióxido de carbono no consumo final	41
4	Referências Bibliográficas	44
5	Instituições Colaboradoras	46
	Anexo I	47
	Anexo II	59

Lista de Figuras

	Página
FIGURA 1 – Produção do carvão mineral R.O.M no Brasil	25
FIGURA 2 – Produção de carvão mineral lavado no Brasil	25
FIGURA 3 – Emissões de metano no Brasil em 1994	37
FIGURA 4 – Emissões totais de metano entre 1990 e 1994	37
FIGURA 5 – Emissões de dióxido de carbono provenientes da estocagem e das pilhas de rejeitos	41
FIGURA 6 – Emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final	43

Lista de Tabelas

	Página
TABELA 1 – Oferta interna bruta de carvão mineral e de energia	15
TABELA 2 – Consumo nacional de carvão mineral e de energia	15
TABELA 3 – Consumo de energia de carvão vapor por setor no Brasil	16
TABELA 4 – Energia elétrica gerada por carvão mineral e energia elétrica total produzida no Brasil	16
TABELA 5 – Centrais termelétricas brasileiras a carvão mineral no sul do país	16
TABELA 6 – Produção nacional de carvão mineral	17
TABELA 7 – Importação de carvão metalúrgico pelo Brasil	17
TABELA 8 – Produção de carvão mineral do tipo R.O.M. no Brasil	18
TABELA 9 – Reservas geológicas de carvão mineral no Brasil	20
TABELA 10 – Minas em atividade no Brasil	22
TABELA 11 – Tipos de carvão disponibilizados no Brasil	23
TABELA 12 – Produção de carvão mineral no Brasil, por empresa e por tipo de carvão	24
TABELA 13 – Produção do carvão <i>run-of-mine</i> no Brasil	26
TABELA 14 – Fatores de emissão de metano adotados para minas a céu aberto - Brasil	29
TABELA 15 – Emissões de metano em minas a céu aberto - Brasil	29
TABELA 16 – Fatores de emissão de metano adotados para minas subterrâneas - Brasil	30
TABELA 17 – Emissões de metano em minas subterrâneas - Brasil	31
TABELA 18 – Fatores de emissão de metano adotados para pós-mineração minas a céu aberto - Brasil	32
TABELA 19 – Emissões de metano pós-mineração em minas a céu aberto - Brasil	33
TABELA 20 – Fatores de emissão de metano adotados para pós-mineração em minas subterrâneas - Brasil	34

TABELA 21 – Emissões de metano pós-mineração em minas subterrâneas - Brasil	35
TABELA 22 – Emissões totais de metano provenientes das atividades mineradoras no Brasil	36
TABELA 23 – Percentagens de carbono em rejeitos no Brasil	39
TABELA 24 – Emissões de dióxido de carbono provenientes da estocagem e das pilhas de rejeitos - Brasil	40
TABELA 25 – Emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final no Brasil	42

Introdução

A questão do aquecimento global, difícil de ser compreendida por sua complexidade científica e a existência de poucos especialistas neste tema no Brasil, geralmente envolvidos com projetos considerados mais prioritários, tornam a elaboração do inventário brasileiro de emissões de gases de efeito estufa um esforço complexo e pioneiro.

Há, além dessas dificuldades, a falta de material disponível em português sobre o assunto, a falta de conhecimento sobre as obrigações brasileiras no âmbito da Convenção, a falta de recursos para estudos mais abrangentes e dúvidas sobre os benefícios que adviriam para as instituições envolvidas nesse processo.

Outra dificuldade encontrada é o fato de a mudança do clima não ser um tema prioritário nos países em desenvolvimento, cujas prioridades referem-se ao atendimento de necessidades urgentes, nas áreas social e econômica, tais como a erradicação da pobreza, a melhoria das condições de saúde, o combate à fome, a garantia de condições dignas de moradia, entre outras. Neste sentido, os países em desenvolvimento, como o Brasil, confrontam-se com padrões do século 21, antes mesmo de haverem superado os problemas do século 19. O Brasil, entretanto, é um país em desenvolvimento que possui uma economia muito complexa e dinâmica. É o quinto país mais populoso e de maior extensão do mundo, oitava economia mundial, grande produtor agrícola e um dos maiores produtores mundiais de vários produtos manufaturados, incluindo cimento, alumínio, produtos químicos, insumos petroquímicos e petróleo.

Em comparação com os países desenvolvidos, o Brasil não é um grande emissor no setor energético. Isso se deve ao fato de ser o Brasil um país tropical, com invernos moderados e por mais de 60% de sua matriz energética ser suprida por fontes renováveis. Mais de 95% da eletricidade brasileira é gerada por usinas hidrelétricas e há uma ampla utilização de biomassa (utilização de álcool nos veículos, uso do bagaço da cana-de-açúcar para a geração de vapor, uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica, etc). Além disso, programas de conservação de energia têm buscado, desde meados da década de 80, melhorar ainda mais a produção de energia e os padrões de consumo no Brasil.

Para que o Brasil cumprisse as obrigações assumidas no âmbito da Convenção, foi estabelecido um quadro institucional na forma de um Programa, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com recursos financeiros aportados pelo PNUD/GEF e apoio adicional do governo norte-americano. Buscou-se, durante a elaboração do inventário, por sua abrangência e especificidade, envolver diversos setores geradores de informação e a participação de especialistas de diversos ministérios, instituições federais, estaduais, associações de classe da indústria, empresas públicas e privadas, organizações não-governamentais, universidades e centros de pesquisas.

Por sua própria origem, a metodologia do IPCC adotada pela Convenção tem, como referência, pesquisas realizadas e metodologias elaboradas por especialistas de países desenvolvidos, onde as emissões provenientes da queima de combustíveis fósseis representam a maior parte das emissões. Em consequência, setores importantes para os países em desenvolvimento, como a agricultura e a mudança no uso da terra e florestas, não são tratados com a profundidade necessária. Portanto, os fatores de emissão *default* ou até mesmo a própria metodologia devem ser analisados com devida cautela, uma vez que não refletem, necessariamente, as realidades nacionais. Em muitos casos, não há pesquisa no Brasil que permita avaliar os valores apresentados ou a própria metodologia proposta. Onde existem pesquisas foram encontrados, em alguns casos, valores

significativamente discrepantes. A avaliação de emissões decorrentes do uso intensivo de biomassa no Brasil também não encontra apoio na metodologia, muito embora tais emissões, dado o caráter renovável da biomassa, não sejam contabilizadas nos totais nacionais.

A aplicação da metodologia do IPCC pelos países em desenvolvimento impõe a esses países um ajuste a um sistema para cuja elaboração pouco contribuíram. De qualquer modo, durante sua aplicação, não abdicamos do dever de exercer alguma influência, ainda que modesta, por exemplo, em relação à mudança de uso da terra e florestas. Deve-se levar em conta que o Brasil é um dos países que têm melhores e mais abrangentes sistemas de monitoramento permanente deste setor. Estudos pioneiros foram realizados em relação às emissões de gases de efeito estufa pela conversão de florestas em terras para uso agrícola, pelos reservatórios de hidrelétricas e por queimadas prescritas do cerrado. Cuidado deve ser tomado, também, ao se comparar os resultados totais de emissões por tipo de gás de efeito estufa. Diferenças metodológicas com outros inventários internacionais de emissões de gases de efeito estufa, em especial com alguns países desenvolvidos que não relatam adequadamente suas emissões, como, por exemplo, no caso de mudanças no uso da terra e florestas, impedem a simples comparação dos resultados.

No Brasil, a busca e coleta de informação não são adequadas por causa do custo de obtenção e armazenamento de dados e há pouca preocupação institucional com a organização ou fornecimento de informação, principalmente em nível local. Há, ainda, carência de legislação que obrigue as empresas a fornecer informações, em especial no que diz respeito às emissões de gases de efeito estufa. Por outro lado, muitas vezes, medições não se justificam para o inventário de emissões de gases de efeito estufa por si só, devido ao custo relativamente alto da medição, quando comparado a qualquer melhoria da precisão da estimativa.

Deve-se ter em conta que a elaboração de um inventário nacional é um empreendimento intensivo em recursos. Há que se estabelecer prioridades para realizar estudos e pesquisas de emissões nos setores e gases de efeito estufa principais, uma vez que a metodologia das estimativas e a qualidade dos dados podem melhorar com o tempo. Em virtude deste fato, os relatórios setoriais baseiam-se, normalmente, em trabalhos previamente feitos por diversas instituições nacionais.

Finalmente, é preciso lembrar que ao mesmo tempo que a avaliação das emissões anuais por cada um dos países é importante para o dimensionamento das emissões globais e para a compreensão da evolução futura do problema das mudanças climáticas, as emissões anuais de gases de efeito estufa não representam a responsabilidade de um país em causar o aquecimento global, visto que o aumento da temperatura é função da acumulação das emissões históricas dos países, que elevam as concentrações dos diversos gases de efeito estufa na atmosfera. Para cada diferente nível de concentração de cada gás de efeito estufa, há uma acumulação de energia na superfície da Terra ao longo dos anos. Como é mencionado na proposta brasileira apresentada durante as negociações do Protocolo de Quioto (documento FCCC/AGBM/1997/MISC.1/Add.3), a responsabilidade de um país só pode ser corretamente avaliada se forem consideradas todas as suas emissões históricas, o conseqüente acúmulo de gases na atmosfera e o aumento da temperatura média da superfície terrestre daí resultante. Portanto, os países desenvolvidos, que iniciaram suas emissões de gases de efeito estufa a partir da Revolução Industrial, têm maior responsabilidade por causar o efeito estufa atualmente e continuarão a ser os principais responsáveis pelo aquecimento global por mais um século.

Sumário Executivo

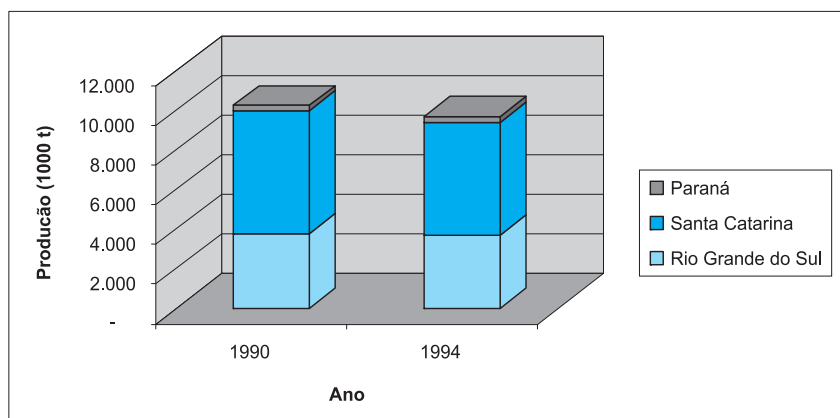
Este relatório apresenta as estimativas das emissões de gases de efeito estufa da indústria de carvão mineral no Brasil para o período de 1990 a 1994, com base nas Diretrizes Revisadas de 1996 do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC.

O presente relatório foi elaborado conforme contrato firmado entre o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD, a agência implementadora do Fundo Global para o Meio Ambiente, e o Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão Mineral - SNIIEC, no âmbito do Projeto BRA/95/G31. Os recursos financeiros para este trabalho foram disponibilizados por meio de um acordo bilateral com o *United States Country Studies Program*.

Este estudo foi solicitado, revisado e reestruturado pela Coordenação Geral de Mudanças Globais do Ministério da Ciência e Tecnologia, a agência executora do Projeto, e elaborado pelo corpo técnico da empresa P&D Consultoria Empresarial Ltda., localizada em Guaíba - RS.

As estimativas compreendem as emissões fugitivas de metano das minas a céu aberto e subterrâneas, bem como as emissões de CO₂ dos depósitos de carvão mineral e pilhas de rejeitos. As emissões são apresentadas por estado e para o todo o país.

A produção de carvão mineral no Brasil ocorre nos três estados do sul do país, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Em 1990, a produção total de carvão *run-of-mine* no Brasil foi de aproximadamente 10,3 milhões de toneladas. Em 1994, esse valor havia caído em 5%, para um total de 9,7 milhões de toneladas, como mostrado na Figura I, com 59% da produção de carvão mineral sendo proveniente das minas subterrâneas e 41% das minas a céu aberto.



As emissões totais de metano em 1990 foram estimadas em 59 Gg, diminuindo para 53 Gg em 1994 –, com as minas subterrâneas respondendo por 89% desse total, as minas de superfície por 2% das emissões e as atividades pós-mineração por 9%, como apresentado na Figura II. A Figura III apresenta as emissões por estado.

Figura II – Emissões de metano da mineração de carvão mineral por fonte

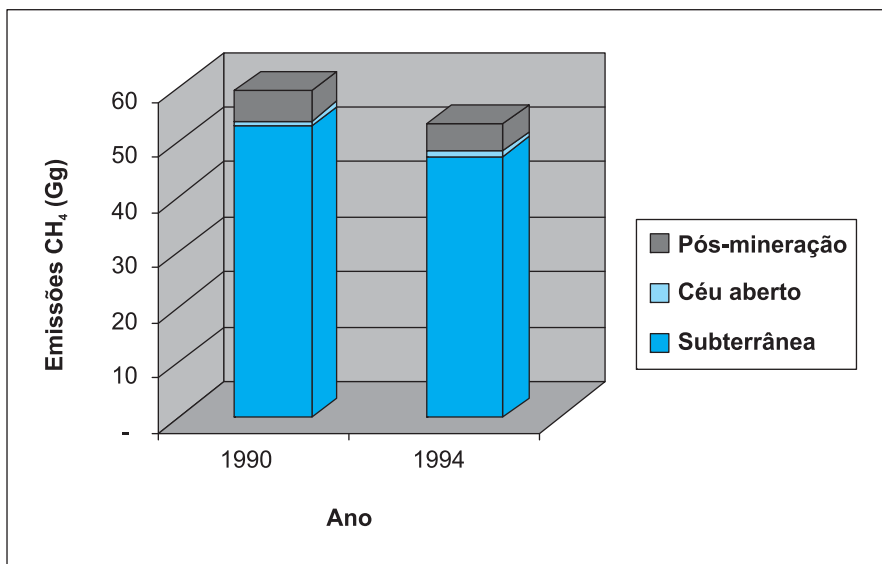
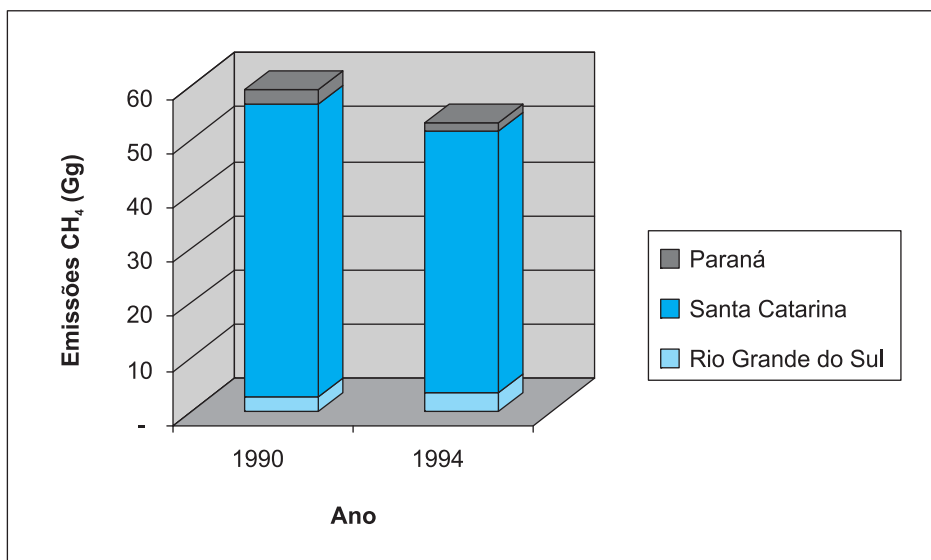


Figura III – Emissões de metano da mineração de carvão mineral por estado



As emissões de dióxido de carbono dos depósitos de carvão mineral e das pilhas de rejeitos foram estimadas em 451 Gg C em 1990, diminuindo para 370 Gg em 1994.

1 Carvão Mineral e Energia no Brasil

A participação do carvão mineral e seus subprodutos na oferta de energia primária no Brasil atingiu índices entre 5,0 e 5,6% no período de 1990 a 1994. A participação do carvão mineral na oferta de energia primária é maior do que a produção, devido à importação por diversos setores. A oferta total é apresentada na Tabela 1 e inclui o carvão metalúrgico importado pelo setor siderúrgico nacional.

Tabela 1 – Oferta interna bruta de carvão mineral e de energia

Ano	Carvão Mineral	Oferta Energia
1990	9.446	187.261
1991	10.833	192.567
1992	10.528	194.087
1993	10.887	200.905
1994	11.173	210.931

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.
Unidade: mil toneladas equivalentes de petróleo (1000 tep).
Eletricidade: 1MWh = 0,29 tep.

A participação do carvão mineral no consumo de energia primária, no Brasil, atinge índices entre 5,1 e 5,5%. Na Tabela 2, podemos verificar essa situação.

Tabela 2 – Consumo nacional de carvão mineral e de energia

Ano	Carvão Mineral	Energia Consumida
1990	9.385	181.080
1991	10.057	184.439
1992	9.938	185.974
1993	10.165	190.233
1994	10.156	199.399

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.
Unidade: 1000 tep.
Eletricidade: 1 MWh = 0,29 tep.

Na Tabela 3 apresentada a seguir, podemos observar o comportamento dos diversos setores consumidores de carvão mineral produzido no Brasil. Os valores são expressos conforme a participação percentual dos diversos setores produtivos no consumo de carvão mineral nacional. Podemos observar que aconteceram reduções significativas na participação do consumo industrial a partir de 1991, enquanto no setor público de geração térmica baseado em carvão mineral houve um pequeno incremento de participação.

Tabela 3 – Consumo de energia de carvão vapor por setor no Brasil

Setor Analisado	1990	1991	1992	1993	1994
Geração elétrica (setor público)	49,3	46,8	54,9	56,8	56,3
Setor Industrial	50,4	53,2	45,1	43,2	43,7
Cimento	29,9	33,2	20,0	18,2	17,9
Químico	4,9	5,4	6,6	7,0	6,3
Alimentos e bebidas	5,5	2,9	3,7	4,4	4,1
Papel e celulose	6,8	5,4	5,9	6,2	4,3
Outras indústrias	3,4	6,2	8,9	7,4	11,1
Outros setores	0,3	0,1	-	-	-

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.

Unidade: participação percentual (%).

A participação do carvão mineral na produção de energia elétrica no Brasil atinge índices entre 1,2 e 1,5%. Na Tabela 4 podemos observar esse comportamento.

Tabela 4 – Energia elétrica gerada por carvão mineral e energia elétrica total produzida no Brasil

Ano	Carvão Mineral	Energia Produzida
1990	2.814	222.820
1991	3.430	234.366
1992	3.322	241.731
1993	3.123	251.973
1994	3.393	260.041

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.

Unidade: GWh.

As principais características das centrais térmicas que utilizam carvão mineral na região Sul são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Centrais termelétricas brasileiras a carvão mineral no Sul do país

Unidade de Geração Térmica	Capacidade de Geração (MW)	Concessionária Operadora	Consumo Específico (t/MWh)	Tipo de Carvão (kcal/kg)*
São Jerônimo	17	CEEE - RS	1,80	4.200
Charqueadas	72	ELETROSUL - RS	1,36	3.100
Presidente Médici	446	CEEE - RS	1,04	3.300
Jorge Lacerda	482	ELETROSUL - SC	0,65	4.500
Figueira	20	COPEL - PR	0,90	5.700

Fonte: Ministério de Minas e Energia - MME.

* Poder calorífico superior.

Dois tipos de carvão mineral são produzidos no Brasil: o carvão energético, também chamado de carvão vapor, de aplicação industrial na geração de vapor e energia; e o carvão metalúrgico de aplicação industrial no setor de redução das indústrias siderúrgicas. A produção por tipo de carvão mineral pode ser vista na Tabela 6. O que se observa é que houve um aumento significativo da produção de carvão energético no período de 1990 a 1994, de 26% no total.

Tabela 6 – Produção nacional de carvão mineral

Ano	Carvão Energético	Carvão Metalúrgico
1990	4.096.000	499.000
1991	4.959.000	229.000
1992	4.605.000	126.000
1993	4.537.000	58.000
1994	5.141.000	119.000

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.
Unidade: 1000 t.

Em relação à oferta de carvão metalúrgico no Brasil, observa-se, entre 1990 e 1994, uma dependência crescente do produto importado. Conforme pode ser observado na Tabela 7, a porcentagem de carvão metalúrgico chegou, em 1994, a 99% da oferta interna.

Tabela 7 – Importação de carvão metalúrgico pelo Brasil

Ano	Carvão Metalúrgico	Dependência (%)
1990	10.146.000	95,1
1991	10.758.000	97,9
1992	10.399.000	98,8
1993	10.975.000	99,5
1994	11.212.000	98,9

Fonte: MME - Balanço Energético Nacional, 1996.
Unidade: tonelada.

As empresas que atuam no mercado brasileiro de carvão mineral produzem, principalmente, carvão do tipo energético, usado para fins de geração de energia elétrica e de vapor.

A produção nacional de carvão mineral se concentra nos estados da região Sul: Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. A Tabela 8 resume a situação da produção de carvão mineral tipo R.O.M. (*run-of-mine*).

Tabela 8 – Produção de carvão mineral do tipo R.O.M. no Brasil

Ano	Rio Grande do Sul	Santa Catarina	Paraná	Brasil
1990	3.760.509	6.253.231	239.313	10.253.053
1991	3.419.394	6.911.809	289.645	10.620.848
1992	3.433.663	5.724.100	267.262	9.425.025
1993	3.261.435	6.041.622	279.494	9.582.551
1994	3.734.248	5.653.471	304.657	9.692.376

Fonte: DNPM, 1995.

Unidade: tonelada.

2 Mercado Produtor de Carvão Mineral no Brasil

2.1 Introdução

As características da indústria de carvão mineral no Brasil são apresentadas neste capítulo. Os dados técnicos são baseados nos anos de 1990 a 1994 e foram obtidos das seguintes fontes: Informativo Anual da Indústria Carbonífera - 1995, publicado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, órgão ligado ao Ministério de Minas e Energia - MME; Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão - SNIEC; Sindicato da Indústria de Extração do Carvão de Santa Catarina - SIECESC; informações fornecidas pelas próprias empresas.

Optou-se pela elaboração do relatório final a partir dos dados do órgão de controle das atividades de mineração do Brasil, no caso, o Departamento Nacional de Produção Mineral. Os valores fornecidos informalmente serviram somente como base para análises preliminares.

2.2 Reservas de carvão mineral no Brasil

Tabela 9 – Reservas geológicas de carvão mineral no Brasil

Estado	Mineradoras	Medida CA	Medida SS	Indicada	Inferida	Total	%	Com Mineração	%	Sem Mineração	%
RS	CRM	376.580	83.303	31.883	5.498	497.264	9,41%	294.576	23,59%	202.688	5,02%
	COPELMI	1.221.131	125.308	709.135	218.653	2.274.227	43,03%	138.074	11,06%	2.136.153	52,92%
	PALERMO	34.289	22.851	50.696	7.210	115.046	2,18%	12.274	0,98%	102.772	2,55%
	Subtotal RS	1.632.000	231.462	791.714	231.361	2.886.537	54,61%	444.924	35,62%	2.441.611	60,49%
	PRÓSPERA	-	203.359	214.315	-	417.674	7,90%	121.175	9,70%	296.499	7,35%
SC	METROPOLITANA	72.410	177.440	371.815	95.165	716.830	13,56%	209.654	16,79%	507.176	12,57%
	CRICIÚMA	70	206.567	3.524	-	210.161	3,98%	50.664	4,06%	159.497	3,95%
	CCU	4.730	458.370	10.792	6.958	480.850	9,10%	40.240	3,22%	440.610	10,92%
	TREVISÓ	38.910	39.140	-	4.460	82.510	1,56%	771	0,06%	81.739	2,03%
	BARRO BRANCO	21.520	250.490	80.520	8.620	361.150	6,83%	332.030	26,58%	29.120	0,72%
	IBRAMIL	-	415	-	-	415	0,01%	415	0,03%	-	0,00%
	CBCA	-	19.254	-	-	19.254	0,36%	15.064	1,21%	4.190	0,10%
	COCALIT	238	7.592	6.011	12.083	25.924	0,49%	8.140	0,65%	17.784	0,44%
	RIO DESERTO	-	19.888	-	-	19.888	0,38%	10.995	0,88%	8.893	0,22%
	BELLUNO	703	38.950	-	-	39.653	0,75%	1.579	0,13%	38.074	0,94%
CCC	-	993	2.330	-	3.323	0,06%	993	0,08%	2.330	0,06%	
Subtotal SC	138.581	1.422.458	689.307	127.286	2.377.632	44,99%	791.720	63,39%	1.585.912	39,29%	
PR	CAMBUÍ	-	19.562	-	-	19.562	0,37%	10.914	0,87%	8.648	0,21%
	KLABIN	-	1.392	212	-	1.604	0,03%	1.392	0,11%	212	0,01%
	Subtotal PR	-	20.954	212	-	21.166	0,40%	12.306	0,99%	8.860	0,22%
Total BRASIL	1.770.581	1.674.874	1.481.233	358.647	5.285.335	100%	1.248.950	100%	4.036.383	100%	

Fonte: DNPM, 1995.

(1) Unidade: 1000 toneladas.

(2) CA: mineração a céu aberto.

(3) SS: mineração subterrânea.

Obs: Nos valores apresentados foram consideradas todas as minas do estado, em atividade ou não, em implantação ou com projeto aprovado.

A Tabela 9 apresenta dados sobre as reservas geológicas no Brasil.

2.3 Empresas atuantes no setor

As empresas em atividade no setor de carvão mineral no Brasil são mostradas a seguir, por estado.

2.3.1 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado do Rio Grande do Sul

As empresas que desenvolvem atividades de produção do carvão mineral no Rio Grande do Sul são:

- Companhia Riograndense de Mineração - CRM;
- Copelmi Mineração S.A. - COPELMI;
- Carbonífera Palermo Ltda. - PALERMO.

Além dessas empresas, participam ainda do setor carbonífero estadual:

Mineração Santa Heloísa Ltda., que possui os direitos minerários da Mina do Butiá-Leste, sendo que essa mina encontra-se arrendada à Copelmi Mineração S.A.;

Companhia Nacional de Mineração Candiota, de propriedade de diversas empresas cimenteiras nacionais e proprietária da Mina do Seival, também arrendada em 1994 para Copelmi Mineração S.A.

Os diversos dados referentes a essas unidades encontram-se computados nos índices da arrendatária.

2.3.2 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado de Santa Catarina

As empresas que desenvolvem atividades de produção do carvão mineral em Santa Catarina são:

- Nova Próspera Mineração S.A. - PRÓSPERA;
- Carbonífera Metropolitana S.A. - METROPOLITANA;
- Carbonífera Criciúma S.A. - CRICIÚMA;

Companhia Carbonífera de Urussanga - CCU;
Carbonífera Treviso S.A. - TREVISO;
Carbonífera Barro Branco S.A. - BARRO BRANCO;
Ibracoque Mineração Ltda. - IBRAMIL;
Companhia Brasileira Carbonífera Araranguá - Massa Falida - CBCA;
Coque Catarinense Ltda. - COCALIT;
Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda. - RIO DESERTO;
Carbonífera Belluno - BELLUNO; e
Companhia Carbonífera Catarinense - CCC.

2.3.3 Empresas em atividade no setor de carvão mineral no estado do Paraná

As empresas que desenvolvem atividades de produção do carvão mineral no Paraná são:

Companhia Carbonífera do Cambuí - CAMBUÍ; e
Klabin do Paraná Mineração S.A. - KLABIN.

2.4 Minas em atividade produtiva no Brasil

A Tabela 10 apresenta as minas de carvão em atividade no Brasil, por empresa e por tipo de mina.

2.5 Tipos de produtos disponibilizados no mercado

As empresas que atuam no mercado brasileiro de carvão mineral produzem, principalmente, carvão do tipo energético, utilizado para fins de geração de energia elétrica e de vapor, com o estado de Santa Catarina também produzindo carvão metalúrgico.

No estado do Rio Grande do Sul, existem jazidas conhecidas de carvão do tipo metalúrgico, mas as mesmas não possuem exploração comercial até o presente momento. Nessas áreas somente foram realizados estudos preliminares de geologia e caracterização tecnológica das jazidas. Para o carvão vapor do tipo CE, o código à direita refere-se ao poder calorífico do produto (ex: CE3100 refere-se ao carvão que possui poder calorífico superior de 3100 kcal/kg).

Os produtos provenientes do Paraná, no período de 1990 a 1994, eram os que possuíam

maior poder calorífico (6000 kcal/kg) e também o teor mais alto de enxofre (6% para

Estado	Empresa	Minas a Céu Aberto	Minas Subterrâneas
Rio Grande do Sul	CRM	Candiota	Leão I
		Taquara	
	COPELMI	Recreio	Charqueadas
		Butiá Leste	
		Faxinal	
		Seival	
	PALERMO	Capané	
Santa Catarina	PRÓSPERA		Mina A - Sangão
			Mina B - Morro Albino
	METROPOLITANA		Esperança
			Fontanella
	CRICIÚMA	Rio Queimado	Verdinho
	CCU	Sangão	Santa Augusta
			São Geraldo
			Santana
	TREVISO	Portão	Possenti
		Itanema II	Rossi
	BARRO BRANCO	Barro Branco	Mina 3G
		Bonito	Mina 3 E/F
	IBRAMIL		Lageado
			Figueira
	CBCA		São Simão
			São Pedro
			Verdinho
	COCALIT	Rio Fiorita	
		Estiva	
	RIO DESERTO		Rio Deserto
BELLUNO	Malha II - CA	Malha II - SS	
		Vila Irapuá	
CCC		Rio Maína	
		Catarinense	
Paraná	CAMBUÍ		Amando Simões
			Mina 115
			Mina 830
			Frente 20
	KLABIN		Mina 2

Fonte: DNPM, 1995.

R.O.M e 3,5% para carvão lavado).

Esta-	Empresa	Produtos Produzidos
RS	CRM	CE3100, CE3300, CE3700, CE4200, CE4700, CE5700
	COPELMI	CE3100, CE3300, CE3700, CE4200, CE4700, CE5200, CE5700
	PALERMO	CE3100, CE3300, CE3700, CE4200, CE4700
SC	PRÓSPERA	CE4500, CE5200, Finos de flotação e hidrociclonação, CPL
	METROPOLITANA	CE4500, CE5200, Finos, CPL, Rejeito
	CRICIÚMA	CE4500, CE5200, CE5400-6000-6800, Finos (metalúrgico e vapor), CPL
	CCU	CE4500, CE5200, Finos, CPL
	TREVISÓ	CE4500, CE5200, CE5400, Fino metalúrgico
	BARRO BRANCO	CE4500, CE5400
	IBRAMIL	CE4500, CE5400, Finos, CPL
	CBCA	CE4500, Finos, Concentrado piritoso
	COCALIT	CE5200-6200, Carvão antracitoso, Finos antracitoso e metalúrgico, Cata RT
	RIO DESERTO	CE4500, Finos
	BELLUNO	CE4500, CE5200, CE5400, CE5800, Finos, CPL
	CCC	CE6000
	CAMBUÍ	CE6600

Fonte: DNPM, 1995

a) CPL - Carvão pré-lavado;

b) CE5400-6000-6800 e CE5200-6200: indicam produtos com energia específica variável em função da origem e/ou processos de beneficiamento;

c) Finos vapor = produtos com granulometria fina para uso na geração de vapor; e

d) Finos metalúrgico = produtos com granulometria fina para uso siderúrgico.

Os tipos de carvão mineral disponibilizados no Brasil são apresentados na Tabela 11.

Tabela 10 – Minas em atividade no Brasil

Tabela 11 – Tipos de carvão disponibilizados no Brasil

2.6 Produção do carvão mineral no Brasil

Dois tipos de carvão mineral são oferecidos no Brasil: R.O.M. (*run-of-mine*) e carvão

Tabela 12 – Produção de carvão mineral no Brasil, por empresa e por tipo de carvão

Empresa	1990		1991		1992		1993		1994	
	R.O.M.	Carvão	R.O.M.	Carvão	R.O.M.	Carvão	R.O.M.	Carvão	R.O.M.	Carvão
CRM	1.681.660	1.596.588	1.883.900	1.686.560	1.667.500	1.495.411	1.441.721	1.334.375	1.863.034	1.728.918
COPELMI	1.862.680	1.072.200	1.336.692	895.657	1.588.568	1.028.279	1.566.455	959.676	1.663.447	1.008.167
PALERMO	216.169	127.462	198.802	118.707	177.595	89.986	253.259	111.703	207.767	106.848
Subtotal RS	3.760.509	2.796.250	3.419.394	2.700.924	3.433.663	2.613.676	3.261.435	2.405.754	3.734.248	2.843.933
PRÓSPERA	829.192	275.279	-	-	187.283	77.518	804.714	284.825	763.156	300.865
METROPOLITANA	1.279.654	289.127	2.131.247	558.879	1.526.842	428.931	1.213.719	293.262	1.223.985	310.269
CRICIÚMA	1.394.645	452.194	864.127	297.494	566.358	221.395	671.022	301.923	781.199	336.814
CCU	1.135.241	493.895	1.891.791	557.069	1.354.016	412.189	1.294.860	446.253	1.082.203	411.445
TREVISO	342.774	96.840	179.450	80.791	226.217	73.759	255.699	106.930	27.520	46.555
BARRO BRANCO	357.191	86.698	471.275	115.672	506.255	151.531	482.003	167.132	506.102	87.779
IBRAMIL	96.806	36.954	130.365	23.644	111.787	23.701	80.858	26.762	656.900	-
CBCA	494.997	161.434	786.273	197.173	734.140	254.239	764.124	271.488	-	229.125
COCALIT	-	58.812	-	88.059	-	52.147	-	35.308	132.943	47.756
RIO DESERTO	-	33.061	137.665	31.498	167.956	167.956	114.837	114.837	82.736	132.943
BELLUNO	-	-	-	-	-	-	22.000	-	-	-
CCC	322.731	136.205	319.616	130.301	343.246	10.800	337.786	12.800	373.604	48.541
Subtotal SC	6.253.231	2.120.499	6.911.809	2.080.580	5.724.100	1.998.330	6.041.622	2.232.056	5.653.471	2.155.628
CAMBUÍ	219.313	117.519	269.335	152.060	251.638	155.482	272.375	150.674	304.657	150.125
KLABIN	20.000	14.000	20.310	14.373	15.624	10.800	7.119	4.505	-	-
Subtotal PR	239.313	131.519	289.645	166.433	267.262	166.282	279.494	155.179	304.657	150.125
Total BRASIL	10.253.053		10.620.848		9.425.025		9.582.551		9.692.376	

Fonte: DNPM, 1995.
 Unidade: tonelada.

Figura 1 – Produção do carvão mineral R.O.M no Brasil

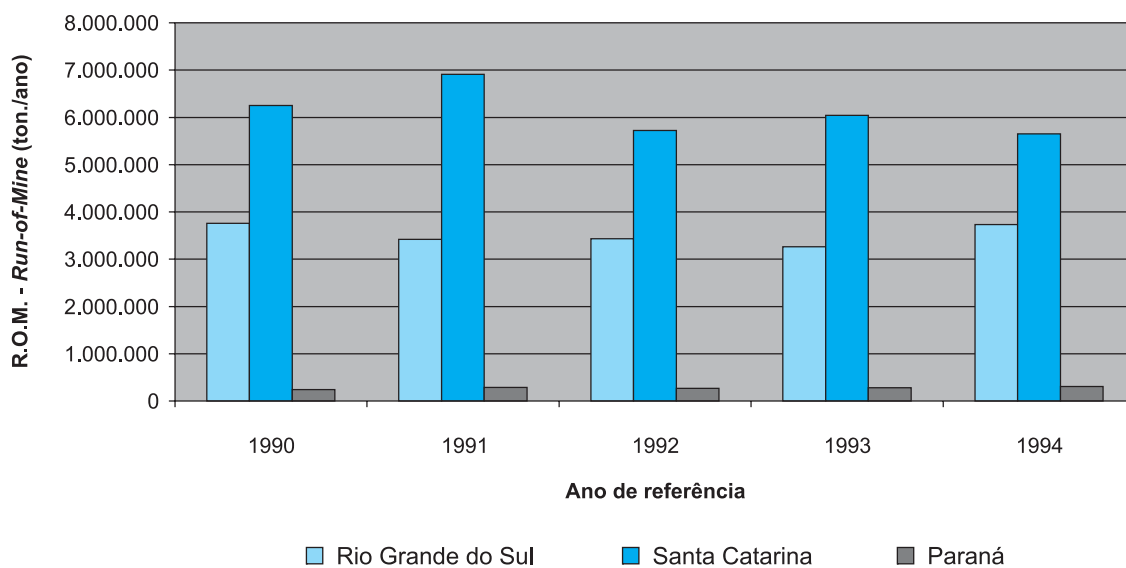
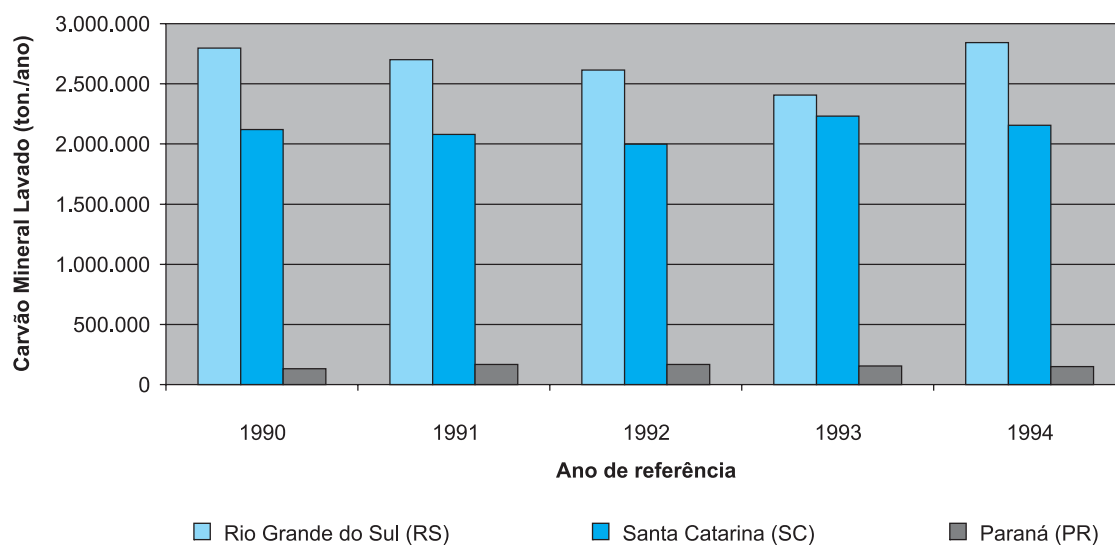


Figura 2 – Produção de carvão mineral lavado no Brasil



2.7 Dados de produção

A produção, por empresa, do carvão *run-of-mine* no Brasil, no período de 1990-1994, é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Produção do carvão *run-of-mine* no Brasil

Esta-	Empresa	Mina	1990	1991	1992	1993	1994
Rio Grande do Sul	CRM	Leão I	140.257	147.988	189.240	153.667	111.134
		Candiota	1.541.403	1.735.912	1.445.901	1.216.171	1.663.211
		Taquara	-	-	32.359	71.883	88.689
	COPELMI	Recreio	1.074.970	990.048	1.264.978	1.057.130	1.186.056
		Butiá Leste	264.520	176.419	17.420	480.705	454.480
		Faxinal	449.920	170.225	306.170	28.620	15.165
		Seival	-	-	-	-	7.746
		Charqueadas	73.270	-	-	-	-
		PALERMO	Capané	216.169	198.802	177.595	253.259
	Subtotal RS		3.760.509	3.419.394	3.433.663	3.261.435	3.734.248
Santa Catarina	PRÓSPERA	Mina A	532.204	-	187.283	804.714	763.156
		Mina B	296.988	-	-	-	-
	METROPOLITANA	Esperança	1.279.654	2.131.247	1.505.486	1.147.417	1.134.551
		Fontanella			21.356	66.302	89.434
	CRICIÚMA	Verdinho	1.387.511	864.127	566.358	671.022	781.199
		Rio Queimado	7.134	-	-	-	-
	CCU	Santa Augusta	1.021.417	880.756	-	-	-
		São Geraldo	108.695	187.211	958.990	1.093.827	980.637
		Santana	-	823.824	395.026	201.033	101.566
		Sangão	5.129	-	-	-	-
	TREVISÓ	Portão	-	-	-	129.784	-
		Itanema II	342.774	179.450	178.000	87.486	-
		Possenti	-	-	48.217	38.429	-
		Rossi	-	-	-	-	27.520
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	276.874	443.212	427.052	336.623	114.023
		Mina 3 E/F	70.610	-	-	-	-
		Barro Branco	9.707	28.063	19.271	29.320	105.919
		Bonito	-	-	59.932	116.060	286.160
	IBRAMIL	Lageado	66.751	130.365	111.787	80.858	23.123
		Figueira	30.055	-	-	-	-
	CBCA	Verdinho	374.440	618.743	622.840	584.072	503.765
		São Simão	120.557	123.793	60.900	88.290	76.099
		São Pedro	-	43.737	50.400	91.762	77.036
	RIO DESERTO	Rio Deserto	-	137.665	167.956	114.837	132.943
	BELLUNO	Vila Irapuá	-	-	-	22.000	55.528
		Malha II SS	-	-	-	-	21.315
		Malha II CA	-	-	-	-	5.893
CCC	Rio Maína	313.188	319.616	343.246	337.786	373.604	
	Catarinense	9.543	-	-	-	-	
	Subtotal SC		6.253.231	6.911.809	5.724.100	6.041.622	5.653.471
Paraná	CAMBUÍ	Amando Simões	138.454	175.861	170.153	194.034	224.606
		Mina 115	59.933	55.806	50.971	66.035	80.051
		Mina 830	-	-	1.649	5.205	-
		Frente 20	20.926	37.668	28.865	7.101	-
	KLABIN	Mina 2	20.000	20.310	15.624	7.119	-
	Subtotal PR		239.313	289.645	267.262	279.494	304.657
	Total BRASIL		10.253.053	10.620.848	9.425.025	9.582.551	9.692.376

Fonte: DNPM, 1995.

Unidade: tonelada.

mineral lavado. Nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o carvão mineral é submetido a unidades de beneficiamento gravimétrico ou de flotação.

A produção de carvão mineral no Brasil, para o período de 1990 a 1994, é mostrada na Tabela 12, na Figura 1 e na Figura 2.

No caso da mina de Candiota, o carvão por ela produzido (CE 3300) é obtido pela britagem e peneiramento do R.O.M. para a alimentação da Usina Presidente Médici. Existe uma pequena diferença entre a quantidade de carvão minerada e a comercializada, porém essa diferença se refere a estocagem, estudos de lavabilidade do carvão da mina de Candiota para desenvolvimento de novos produtos e pequena geração de rejeitos. Temos como fator limitante a não quantificação dessas parcelas, que percentualmente são poucos significativas, sendo portanto desconsideradas no cálculo das emissões de carbono em pilhas e no consumo final.

3 Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa Gerados pela Indústria Brasileira de Carvão Mineral

3.1 Introdução

O carvão mineral é formado a partir do soterramento e da decomposição de matéria vegetal. Gradualmente, esses materiais, ao sofrerem soterramento e compactação em bacias de deposição, apresentam enriquecimento no teor de carbono. Fatores externos, tais como pressão, temperatura, tectônica e tempo de exposição, determinam o grau de carbonificação desses combustíveis. Durante esse período de modificações, existe perda de oxigênio e água, associada ao enriquecimento do carbono.

A queima de combustíveis fósseis resulta na emissão de uma série de poluentes e de gases de efeito estufa para o ar. No caso, sua classificação pode ser resumida em:

- Particulados: cinza pesada, leve e volante;
- Gases: SO_x, NO_x e CO₂;
- Orgânicos: Hidrocarbonetos e POM (*polycyclic organic matter*); e
- Elementos traços.

As emissões originárias do processo de combustão são causadas por:

- Componentes inorgânicos ou elementos traços presentes;

- Combustão incompleta; e
- Combustão do ar (exclusivamente nos casos da redução térmica de NO_x).

As formas de enxofre presentes nos combustíveis variam conforme a fonte de origem, porém podemos classificá-las em enxofre orgânico, pirítico e sulfático. O componente orgânico faz parte da matriz do carvão; o enxofre pirítico aparece associado ao carvão, sendo representado pela presença de pirita (FeS_2); enquanto o sulfático aparece na forma de sais sulfatados de cálcio, magnésio e/ou ferro.

Já a combustão incompleta na caldeira pode acarretar a produção de carbono como incrustações e/ou partículas de fuligem, emissões de carbono, hidrocarbonetos gasosos e componentes do POM.

3.2 Os gases de efeito estufa na indústria de carvão mineral do Brasil

A metodologia de avaliação dos gases de efeito estufa produzidos na indústria de carvão mineral brasileira foi calculada baseando-se nas equações do manual de referência do IPCC - *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* e nos dados oficiais fornecidos pelos órgãos nacionais.

De acordo com o IPCC (1996), as estimativas de emissão de metano devem ser desenvolvidas para as três principais fontes de emissão: as minas subterrâneas, as minas a céu aberto e as atividades pós-mineração (tanto das minas subterrâneas quanto das minas a céu aberto). Para auxiliar no desenvolvimento dessas estimativas, o IPCC recomenda o uso de uma das três abordagens “Tier” sugeridas, com diferentes níveis de detalhe, e que dependem da disponibilidade de dados. Para este relatório, optou-se pela abordagem “Tier 2” do IPCC – “Basin Specific Method”, baseada nas informações obtidas a partir dos valores de produção e dos fatores de emissão estimados por especialistas, por mina.

A equação para o cálculo das emissões de metano provenientes das atividades mineradoras (das minas subterrâneas, das minas a céu aberto e das atividades pós-mineração de minas subterrâneas e a céu aberto) pode ser descrita pela fórmula geral:

$$\text{Emissões de CH}_4 \text{ (Gg) de cada mina} = \text{Produção do carvão mineral (10}^6 \text{ t) de cada mina} \times \text{Fator de emissão de cada mina (m}^3 \text{ CH}_4 \text{/t Carvão)} \times \text{Fator de conversão (Gg CH}_4 \text{/10}^6 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \text{)}$$

Tabela 14 – Fatores de emissão de metano adotados para minas a céu aberto - Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Candiota	0,30
		Taquara	0,40
	COPELMI	Recreio	0,40
		Butiá Leste	0,40
		Faxinal	0,45
		Seival	0,30
	PALERMO	Capané	0,35
SC	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,55
	CCU	Sangão	0,45
	TREVISO	Portão	0,50
		Itanema II	0,50
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,50
		Bonito	0,60
	BELLUNO	Malha II CA	0,50

(1) Unidade: m³ CH₄/ tonelada de carvão;(2) Densidade de metano: 0,67 Gg CH₄/ 10⁶ m³ CH₄.**Tabela 15** – Emissões de metano em minas a céu aberto - Brasil

Esta-	Empresa	Mina	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	Candiota	0,310	0,349	0,291	0,244	0,334
		Taquara	0,000	0,000	0,009	0,019	0,024
	COPELMI	Recreio	0,288	0,265	0,339	0,283	0,318
		Butiá Leste	0,071	0,047	0,005	0,129	0,122
		Faxinal	0,136	0,051	0,092	0,009	0,005
		Seival	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
	PALERMO	Capané	0,051	0,047	0,042	0,059	0,049
	Subtotal RS		0,855	0,759	0,777	0,744	0,853
	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
	CCU	Sangão	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
	TREVISO	Portão	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000
		Itanema II	0,115	0,060	0,060	0,029	0,000
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,003	0,009	0,006	0,010	0,035
		Bonito	0,000	0,000	0,024	0,047	0,115
	BELLUNO	Malha II CA	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
	Subtotal SC		0,122	0,070	0,090	0,129	0,152
	Total BRASIL		0,977	0,829	0,867	0,873	1,005

Unidade: Gg CH₄.

3.2.1 Emissões de metano em minas a céu aberto no Brasil

A Tabela 14 apresenta os fatores de emissão adotados e a Tabela 15, os resultados obtidos para a avaliação das emissões de metano em minas a céu aberto exploradas pelas empresas no Brasil.

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Leão I	10,00
	COPELMI	Charqueadas	10,50
SC	PRÓSPERA	Mina A	12,00
		Mina B	12,00
	METROPOLITANA	Esperança	13,00
		Fontanella	13,00
	CRICIÚMA	Verdinho	12,00
	CCU	Santa Augusta	12,50
		São Geraldo	12,00
		Santana	12,50
	TREVISÓ	Possenti	13,00
		Rossi	13,00
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	13,00
		Mina 3 E/F	13,00
	IBRAMIL	Lageado	12,50
		Figueira	12,50
	CBCA	Verdinho	12,00
		São Simão	12,50
		São Pedro	12,50
	RIODESERTO	Rio Deserto	13,00
		BELLUNO	Vila Irapuá
			Malha II SS
CCC	Rio Maína	12,50	
		Catarinense	12,50
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	15,00
		Mina 115	15,00
		Mina 830	15,00
		Frente 20	15,00
	KLABIN	Mina 2	14,50

(1) Unidade: $\text{m}^3 \text{CH}_4$ / tonelada de carvão;

(2) Densidade de metano: $0,67 \text{ Gg CH}_4 / 10^6 \text{ m}^3 \text{CH}_4$.

Tabela 17 – Emissões de metano em minas subterrâneas - Brasil

Esta-	Empresa	Mina	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	Leão I	0,940	0,992	1,268	1,030	0,745
	COPELMI	Charqueadas	0,515	0,000	0,000	0,000	0,000
	Subtotal RS		1,455	0,992	1,268	1,030	0,745
SC	PRÓSPERA	Mina A	4,279	0,000	1,506	6,470	6,136
		Mina B	2,388	0,000	0,000	0,000	0,000
	METROPOLITANA	Esperança	11,146	18,563	13,113	9,994	9,882
		Fontanella	0,000	0,000	0,186	0,577	0,779
	CRICIÚMA	Verdinho	11,156	6,948	4,554	5,395	6,281
		Santa Augusta	8,554	7,376	0,000	0,000	0,000
	CCU	São Geraldo	0,874	1,505	7,710	8,794	7,884
		Santana	0,000	6,900	3,308	1,684	0,851
	TREVISO	Possenti	0,000	0,000	0,420	0,335	0,000
		Rossi	0,000	0,000	0,000	0,000	0,240
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	2,412	3,860	3,720	2,932	0,993
		Mina 3 E/F	0,615	0,000	0,000	0,000	0,000
	IBRAMIL	Lageado	0,559	1,092	0,936	0,677	0,194
		Figueira	0,252	0,000	0,000	0,000	0,000
	CBCA	Verdinho	3,010	4,975	5,008	4,696	4,050
		São Simão	1,010	1,037	0,510	0,739	0,637
	RIO DESERTO	São Pedro	0,000	0,366	0,422	0,769	0,645
		Rio Deserto	0,000	1,199	1,463	1,000	1,158
	BELLUNO	Vila Irapuá	0,000	0,000	0,000	0,184	0,465
		Malha II SS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,179
CCC	Rio Maína	2,623	2,677	2,875	2,829	3,129	
	Catarinense	0,080	0,000	0,000	0,000	0,000	
	Subtotal SC		48,957	56,498	45,730	47,076	43,502
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	1,391	1,767	1,710	1,950	2,257
			0,602	0,561	0,512	0,664	0,805
		Mina 115	0,000	0,000	0,017	0,052	0,000
		Mina 830	0,210	0,379	0,290	0,071	0,000
		Frente 20	0,194	0,197	0,152	0,069	0,000
	KLABIN		2,398	2,904	2,681	2,807	3,062
	Subtotal PR		52,810	60,393	49,679	50,912	47,309

Unidade: Gg CH₄.

3.2.3 Emissões de metano pós-mineração em minas a céu aberto

A Tabela 18 apresenta os fatores de emissão e a Tabela 19, as avaliações para as emissões de metano pós-mineração em minas a céu aberto no Brasil.

Tabela 18 – Fatores de emissão de metano adotados para pós-mineração em minas a céu aberto - Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Candiota	0,02
		Taquara	0,03
	COPELMI	Recreio	0,03
		Butiá Leste	0,03
		Faxinal	0,03
		Seival	0,02
	PALERMO	Capané	0,02
SC	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,05
	CCU	Sangão	0,05
	TREVISO	Portão	0,05
		Itanema II	0,05
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,05
		Bonito	0,05
	BELLUNO	Malha II CA	0,05

(1) Unidade: $\text{m}^3 \text{CH}_4$ / tonelada de carvão;

(2) Densidade de metano: $0,67 \text{ Gg CH}_4 / 10^6 \text{ m}^3 \text{CH}_4$.

Tabela 19 – Emissões de metano pós-mineração em minas a céu aberto - Brasil

Esta-	Empresa	Mina	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	Candiota	0,0207	0,0233	0,0194	0,0163	0,0223
		Taquara	0,0000	0,0000	0,0007	0,0014	0,0018
	COPELMI	Recreio	0,0216	0,0199	0,0254	0,0212	0,0238
		Butiá Leste	0,0053	0,0035	0,0004	0,0097	0,0091
		Faxinal	0,0090	0,0034	0,0062	0,0006	0,0003
		Seival	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001
	PALERMO	Capané	0,0029	0,0027	0,0024	0,0034	0,0028
	Subtotal RS		0,0595	0,0528	0,0543	0,0526	0,0602
	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	CCU	Sangão	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	TREVISO	Portão	0,0000	0,0000	0,0000	0,0043	0,0000
		Itanema II	0,0115	0,0060	0,0060	0,0029	0,0000
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,0003	0,0009	0,0006	0,0010	0,0035
		Bonito	0,0000	0,0000	0,0020	0,0039	0,0096
	BELLUNO	Malha II CA	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
	Subtotal SC		0,0122	0,0070	0,0086	0,0121	0,0133
	Total BRASIL		0,0717	0,0597	0,0630	0,0648	0,0736

Unidade: Gg CH₄.

3.2.4 Emissões de metano pós-mineração em minas subterrâneas no Brasil

A Tabela 20 apresenta os fatores de emissão adotados e a Tabela 21, as avaliações das emissões pós-mineração em minas a subterrâneas no Brasil.

Tabela 20 – Fatores de emissão de metano adotados para pós-mineração em minas subterrâneas - Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Leão I	1,00
	COPELMI	Charqueadas	1,00
SC	PRÓSPERA	Mina A	1,20
		Mina B	1,20
	METROPOLITANA	Esperança	1,40
		Fontanella	1,40
	CRICIÚMA	Verdinho	1,20
	CCU	Santa Augusta	1,30
		São Geraldo	1,20
		Santana	1,30
	TREVISÓ	Possenti	1,40
		Rossi	1,40
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	1,40
		Mina 3 E/F	1,40
	IBRAMIL	Lageado	1,30
		Figueira	1,30
	CBCA	Verdinho	1,20
		São Simão	1,30
		São Pedro	1,30
	RIODESERTO	Rio Deserto	1,30
	BELLUNO	Vila Irapuá	1,30
		Malha II SS	1,30
CCC	Rio Maína	1,30	
	Catarinense	1,30	
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	1,50
		Mina 115	1,50
		Mina 830	1,50
		Frente 20	1,50
	KLABIN	Mina 2	1,50

(1) Unidade: $\text{m}^3 \text{CH}_4$ / tonelada de carvão;

(2) Densidade de metano: $0,67 \text{ Gg CH}_4 / 10^6 \text{ m}^3 \text{CH}_4$.

Tabela 21 – Emissões de metano pós-mineração em minas subterrâneas - Brasil

Esta-	Empresa	Mina	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	Leão I	0,0940	0,0992	0,1268	0,1030	0,0745
	COPELMI	Charqueadas	0,0491	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	Subtotal RS		0,1431	0,0992	0,1268	0,1030	0,0745
SC	PRÓSPERA	Mina A	0,4279	0,0000	0,1506	0,6470	0,6136
		Mina B	0,2388	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	METROPOLITANA	Esperança	1,2003	1,9991	1,4121	1,0763	1,0642
		Fontanella	0,0000	0,0000	0,0200	0,0622	0,0839
	CRICIÚMA	Verdinho	1,1156	0,6948	0,4554	0,5395	0,6281
		Santa Augusta	0,8897	0,7671	0,0000	0,0000	0,0000
	CCU	São Geraldo	0,0874	0,1505	0,7710	0,8794	0,7884
		Santana	0,0000	0,7176	0,3441	0,1751	0,0885
	TREVISO	Possenti	0,0000	0,0000	0,0452	0,0360	0,0000
		Rossi	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0258
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	0,2597	0,4157	0,4006	0,3158	0,1070
		Mina 3 E/F	0,0662	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	IBRAMIL	Lageado	0,0581	0,1135	0,0974	0,0704	0,0201
		Figueira	0,0262	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
	CBCA	Verdinho	0,3010	0,4975	0,5008	0,4696	0,4050
		São Simão	0,1050	0,1078	0,0530	0,0769	0,0663
		São Pedro	0,0000	0,0381	0,0439	0,0799	0,0671
	RIO DESERTO	Rio Deserto	0,0000	0,1199	0,1463	0,1000	0,1158
		Vila Irapuá	0,0000	0,0000	0,0000	0,0192	0,0484
	BELLUNO	Malha II SS	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0186
CCC	Rio Maína	0,2728	0,2784	0,2990	0,2942	0,3254	
	Catarinense	0,0083	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
	Subtotal SC		5,0570	5,9000	4,7393	4,8415	4,4661
PR	Subtotal SC	Amando Si-	0,1391	0,1767	0,1710	0,1950	0,2257
	CAMBUÍ	mões	0,0602	0,0561	0,0512	0,0664	0,0805
		Mina 115	0,0000	0,0000	0,0017	0,0052	0,0000
		Mina 830	0,0210	0,0379	0,0290	0,0071	0,0000
		Frente 20	0,0201	0,0204	0,0157	0,0072	0,0000
KLABIN			0,2405	0,2911	0,2686	0,2809	0,3062
	Subtotal PR		5,4406	6,2903	5,1347	5,2254	4,8467

Unidade: Gg CH₄.

3.3 Quadro resumo das emissões de metano na mineração no Brasil

A Tabela 22, a Figura 3 e a Figura 4 resumem as estimativas das emissões de metano provenientes das atividades mineradoras no Brasil.

Tabela 22 – Emissões totais de metano provenientes das atividades mineradoras no

Estado	1990	1991	1992	1993	1994
Emissões em minas a céu aberto					
RS	0,855	0,759	0,777	0,744	0,853
SC	0,122	0,070	0,090	0,129	0,152
PR	-	-	-	-	-
Subtotal	0,977	0,829	0,867	0,873	1,005
Emissões em minas subterrâneas					
RS	1,455	0,992	1,268	1,030	0,745
SC	48,957	56,498	45,730	47,076	43,502
PR	2,398	2,904	2,681	2,807	3,062
Subtotal	52,810	60,393	49,679	50,912	47,309
Emissões pós-mineração em minas a céu aberto					
RS	0,0595	0,0528	0,0543	0,0526	0,0602
SC	0,0122	0,0070	0,0086	0,0121	0,0133
PR	-	-	-	-	-
Subtotal	0,0717	0,0597	0,0630	0,0648	0,0736
Emissões pós-mineração em minas subterrâneas					
RS	0,1431	0,0992	0,1268	0,1030	0,0745
SC	5,0570	5,9000	4,7393	4,8415	4,4661
PR	0,2405	0,2911	0,2686	0,2809	0,3062
Subtotal	5,4406	6,2903	5,1347	5,2254	4,8467
Emissões totais					
RS	2,513	1,903	2,226	1,929	1,732
SC	54,148	62,474	50,568	52,059	48,134
PR	2,639	3,195	2,949	3,087	3,368
Total BRASIL	59,300	67,572	55,743	57,075	53,234

Unidade: Gg CH₄.

Figura 3 – Emissões de metano no Brasil em 1994

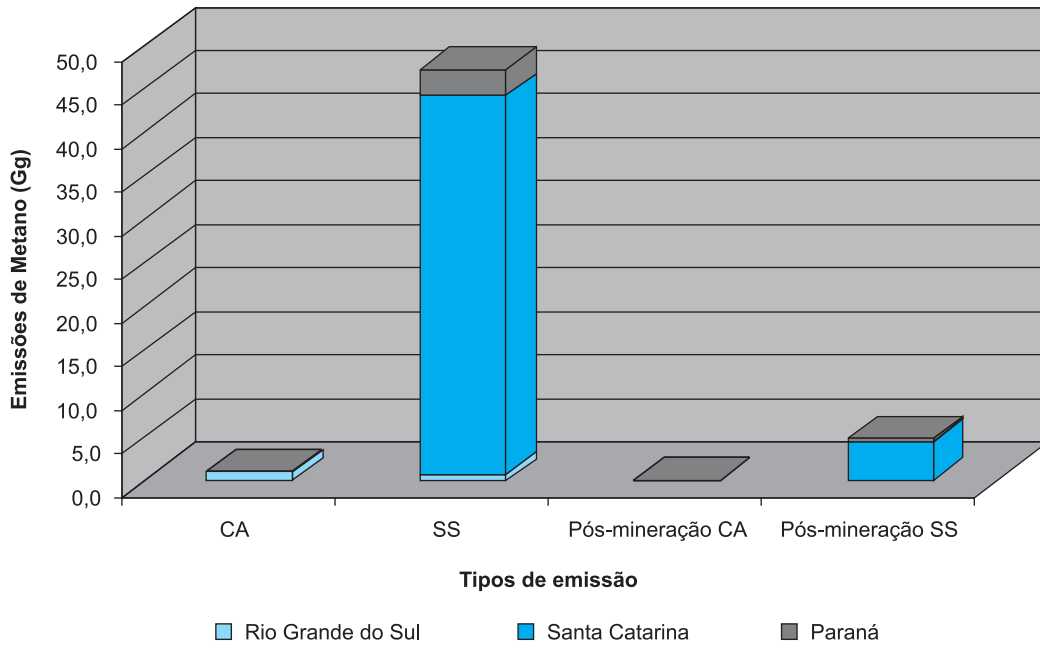
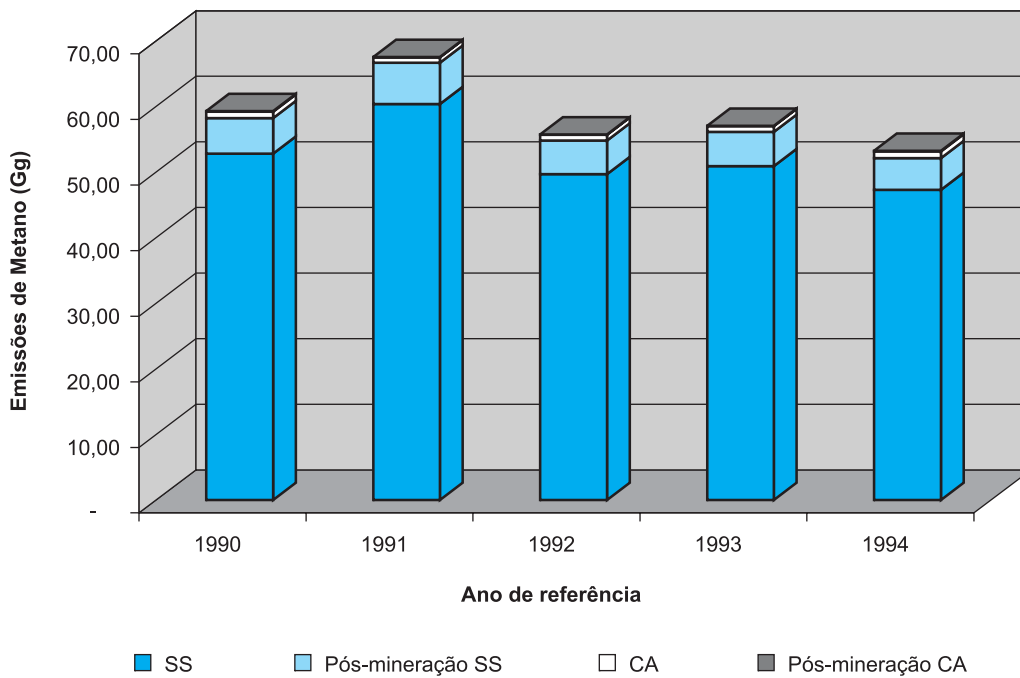


Figura 4 – Emissões totais de metano entre 1990 e 1994



3.4 Emissões de dióxido de carbono

O carbono presente no carvão mineral pode ser convertido em emissões de dióxido de carbono a partir da combustão espontânea na armazenagem e nos rejeitos, bem como no consumo final. Considera-se neste relatório que todo o carvão *run-of-mine* extraído foi processado, produzindo carvão lavado e rejeitos.

Para a avaliação das emissões de dióxido de carbono decorrentes da combustão espontânea em pilhas de rejeito, estimou-se a quantidade deste através dos registros, nas empresas, dos balanços de massa e do teor médio de carbono no carvão mineral R.O.M. e nos produtos beneficiados. Nesta avaliação, considerou-se o carvão *run-of-mine* como um produto que não permanece como tal na mina após a extração, sendo imediatamente beneficiado ou vendido.

Um fator limitante para os cálculos das emissões de CO₂ é o desconhecimento do tempo de estocagem dos carvões *run-of-mine* e lavado, bem como das pilhas de rejeito. Considerou-se para este trabalho, que as minas só produzem carvão sob encomenda ou com mercado consumidor garantido e, portanto, não administram estoques.

Desta forma, considerou-se que todo o carbono presente no carvão *run-of-mine* seria transferido tanto para os produtos beneficiados quanto para os rejeitos, sendo as perdas do processo contabilizadas nos rejeitos. Para o cálculo das emissões de dióxido de carbono, utilizou-se um fator de oxidação de 50% para os rejeitos.

3.4.1 Emissões de dióxido de carbono em pilhas de rejeitos

As percentagens de carbono em rejeitos no Brasil são apresentadas na Tabela 23. Os dados detalhados para o cálculo destas percentagens de carbono são apresentados no Anexo I.

Tabela 23 – Percentagens de carbono em rejeitos no Brasil

Estado	Empresa	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	3,65%	7,76%	13,77%	12,55%	15,90%
	COPELMI	16,10%	14,74%	13,30%	16,67%	15,68%
	PALERMO	3,63%	1,63%	6,75%	8,44%	4,78%
SC	PRÓSPERA	11,92%		12,58%	14,47%	13,38%
	METROPOLITANA	26,95%	25,46%	25,21%	26,41%	26,34%
	CRICIÚMA	24,90%	24,47%	25,53%	23,25%	23,61%
	CCU	5,00%	5,22%	5,88%	3,74%	2,21%
	TREVISÓ	9,56%	7,30%	8,95%	7,55%	6,24%
	BARRO BRANCO	17,26%	17,04%	15,09%	15,06%	18,40%
	IBRAMIL	6,43%	13,68%	12,96%	8,29%	
	CBCA	14,49%	17,02%	13,83%	13,76%	14,17%
	COCALIT					
	RIO DESERTO		8,78%			
	BELLUNO				4,91%	4,44%
	CCC	13,20%	14,43%	13,63%	8,31%	4,74%
	PR	CAMBUÍ	4,45%	2,58%	4,00%	2,92%
KLABIN		27,33%	26,76%	27,95%	31,30%	

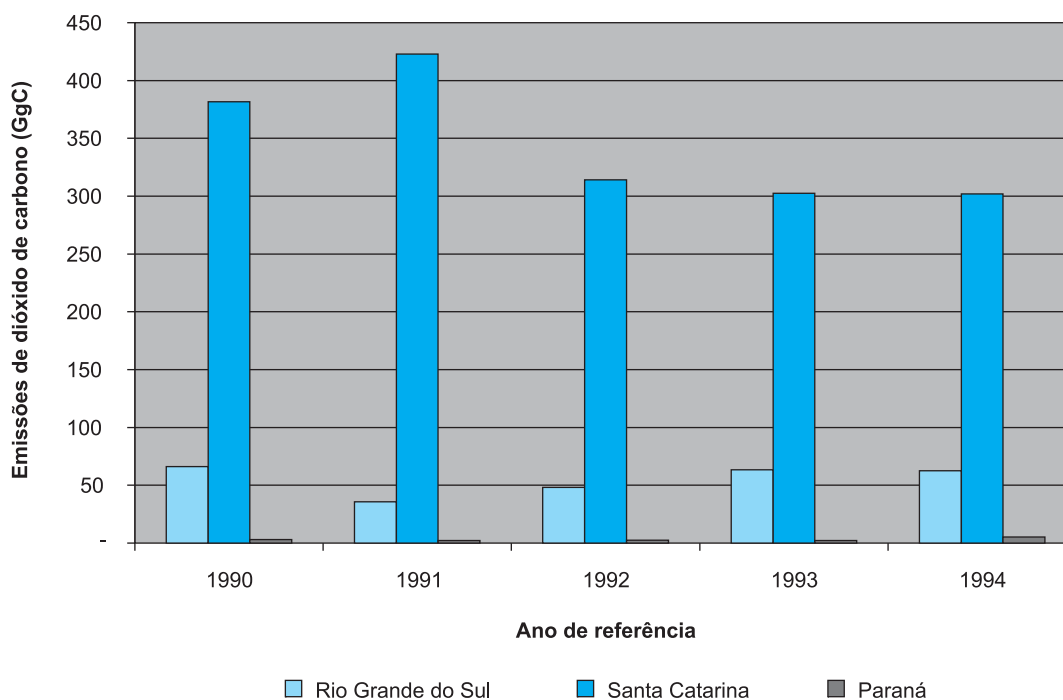
Unidade: Gg CH₄.

As emissões de dióxido de carbono provenientes da estocagem e das pilhas de rejeito estão resumidas na Tabela 24 e Figura 5.

Tabela 24 – Emissões de dióxido de carbono provenientes da estocagem e das pilhas de rejeitos - Brasil

Estado	Empresa	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	0,92	2,42	7,98	6,88	8,65
	COPELMI	63,63	32,51	37,26	50,56	51,38
	PALERMO	1,61	0,65	2,95	5,97	2,41
	Subtotal RS	66,16	35,58	48,19	63,42	62,43
SC	PRÓSPERA	33,01	-	6,90	37,61	30,94
	METROPOLITANA	133,49	200,16	138,38	121,55	120,34
	CRICIÚMA	117,32	69,32	44,04	42,92	52,46
	CCU	16,03	34,82	27,70	15,86	7,41
	TREVISÓ	20,13	12,55	17,13	17,63	17,08
	BARRO BRANCO	23,34	30,29	26,77	23,71	38,49
	IBRAMIL	1,92	7,30	5,71	2,24	-
	CBCA	24,16	50,12	33,19	33,90	30,30
	COCALIT	-	-	-	-	-
	RIO DESERTO	-	4,66	-	-	-
	BELLUNO	-	-	-	0,23	0,76
	CCC	12,31	13,66	14,20	6,95	4,03
	Subtotal SC	381,72	422,89	314,02	302,60	301,80
PR	CAMBUÍ	2,27	1,51	1,92	1,78	5,36
	KLABIN	0,82	0,79	0,67	0,41	-
	Subtotal PR	3,09	2,31	2,60	2,19	5,36
	Total BRASIL	450,97	460,78	364,80	368,20	369,60

Unidade: Gg C.

Figura 5 – Emissões de dióxido de carbono provenientes da estocagem e das pilhas de rejeitos

3.4.2 Emissões de dióxido de carbono provenientes de SO₂ “scrubbing”

O controle das emissões de óxidos de enxofre (SO_x) através de técnicas de “scrubbing” ainda não é empregado nas indústrias de geração térmica no Brasil. Portanto, a emissão de gases CO₂ a partir do efeito “scrubbing” não ocorre no Brasil.

3.4.3 Quadro resumo das emissões de dióxido de carbono no consumo final

As emissões de CO₂ provenientes do consumo de carvão mineral estão aqui incluídas apenas para fins de informação. De acordo com o IPCC, essas emissões são computadas na Seção de Combustíveis Fósseis. As estimativas das emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final foram baseadas na quantidade de carvão lavado, utilizando-se uma fração de oxidação de carbono de 98%.

As emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final são resumidas, por empresa, na Tabela 25 e na Figura 6. O cálculo detalhado é apresentado no Anexo I.

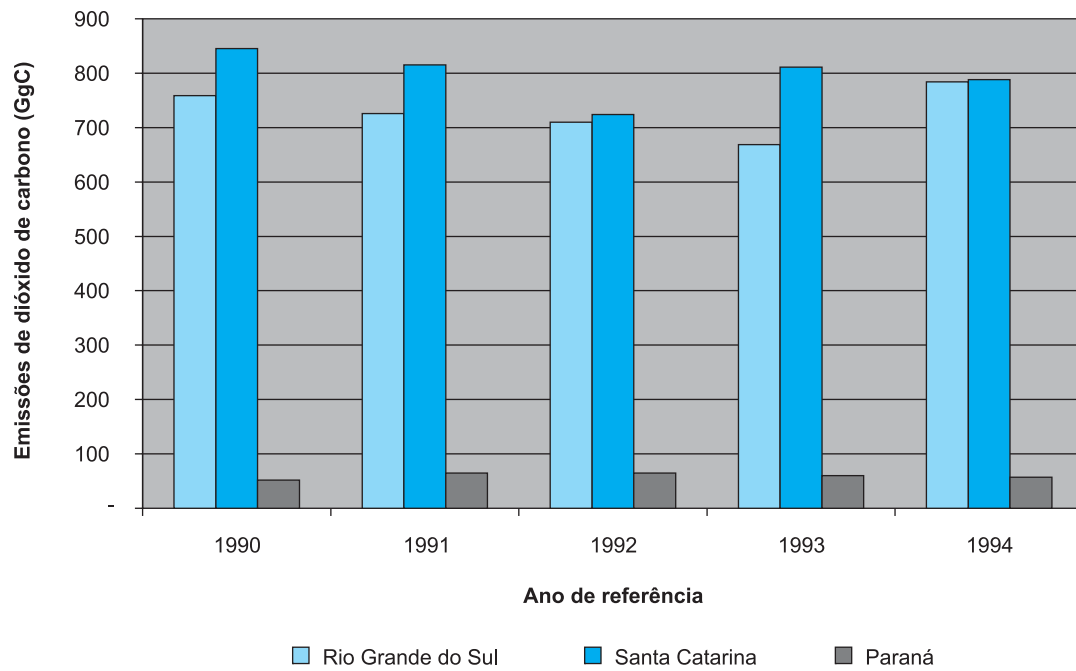
Tabela 25 – Emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final no Brasil

Estado	Empresa	1990	1991	1992	1993	1994
RS	CRM	413,78	436,54	388,41	348,08	445,41
	COPELMI	299,59	245,75	287,36	275,13	296,71
	PALERMO	45,57	43,53	34,24	45,38	42,11
	Subtotal RS	758,94	725,82	710,01	668,59	784,23
SC	PRÓSPERA	116,99	-	26,85	99,78	103,90
	METROPOLITANA	114,58	234,27	178,09	119,89	125,73
	CRICIÚMA	180,07	118,18	80,20	113,16	126,86
	CCU	198,11	220,31	154,14	169,97	154,17
	TREVISÓ	38,10	28,03	25,64	37,25	15,51
	BARRO BRANCO	32,05	42,51	55,69	55,47	29,10
	IBRAMIL	12,36	7,41	7,43	9,08	3,85
	CBCA	64,21	78,99	100,42	105,78	88,68
	COCALIT	22,48	21,63	13,16	9,27	18,48
	RIO DESERTO	11,49	12,45	26,34	18,01	20,85
	BELLUNO	-	-	-	4,52	17,52
	CCC	54,94	51,53	56,27	69,14	83,64
	Subtotal SC	845,39	815,33	724,24	811,31	788,29
PR	CAMBUÍ	44,92	58,12	59,43	57,59	57,38
	KLABIN	6,72	6,90	5,19	2,16	-
	Subtotal PR	51,64	65,02	64,61	59,75	57,38
	Total BRASIL	1.655,97	1.606,17	1.498,86	1.539,65	1.629,90

Unidade: Gg C.

Figura 6 – Emissões de dióxido de carbono provenientes do consumo final

(De acordo com o IPCC, essas emissões são consideradas na seção de combustível)



4 Referências Bibliográficas

ARRHENIUS, E. e WALTZ, T.W., 1990. *The Greenhouse Effect: Implications for Economic Development*, World Bank Discussion Paper No. 078, Estados Unidos.

ASME - American Society of Mechanical Engineers, 1981. *First Symposium on Integrated Environmental control for Coal-fired Power Plants*, Estados Unidos.

ASME - American Society of Mechanical Engineers, 1983. *Second Symposium on Integrated Environmental control for Coal-fired Power Plants*, Estados Unidos.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CARVÃO DOS ESTADOS UNIDOS, 1992. *Facts About Coal*, Estados Unidos.

BABCOCK & WILCOX, 1975. *Steam: It's Generation and Use*, Estados Unidos.

BRITISH PETROLEUM, 1992. *British Petroleum Statistical Review*, Inglaterra.

CAPLIN, R., 1994. *International Directory of Power Generation*, Estados Unidos.

CIENTEC/CAEEB/CNP/MME, 1980. *Carvões Minerais do Brasil - Características dos Carvões Brutos do Rio Grande do Sul*, Brasil.

CSIRO - Divisão de Pesquisa Atmosférica, National Greenhouse Advisory Committee, 1992. *Grappling with Greenhouse - Understanding the science of climate change*, preparado pelo Dr. C.D. Mitchell com assessoria dos cientistas do CSIRO -Bureau of Meteorology and Australia's Universities.

DNPM, 1995. Departamento Nacional de Produção Mineral – Ministério das Minas e Energia, *Informativo Anual da Indústria Carbonífera 1995 – Ano Base 1994*, Brasil.

ELLINGTON, R.T. e MEO, M., julho de 1990. *Development of a Greenhouse Gas Emissions Index, Chemical Engineering Progress*, Estados Unidos.

IEA - International Energy Agency, 1993. *IEA Statistics - Energy, Prices and Taxes*, Inglaterra.

IEA - International Energy Agency, 1994. *IEA Statistics - Energy, Prices and Taxes*, Inglaterra.

IPCC, OECD, IEA, 1996. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Bracknell: IPCC.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 1990. *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge University Press, Inglaterra.

JONES, D.A., 1994. *Power Generation Technology*, Estados Unidos.

- KNOX, R., 1993. *Power Generation Techonology*, Estados Unidos.
- MEYERS, R.A., 1981, *Coal Handbook - Energy, Power and Environment*, Estados Unidos.
- MME - Ministério de Minas e Energia, 1996, *Balanço Energético Nacional – Ano Base 1995*, Brasil.
- RODHE, H., 1990. *A Comparision of the Contribution of Various Gases to the Greenhouse Effect*, *Science Magazine*, Vol. 248, Estados Unidos.
- ROTTY, R. e MASTERS, C., 1984. *Past and Future Releases of Carbon Dioxide from Fossil Fuel Combustion*, Tennessee Institute for Energy, Estados Unidos.
- Secretaria de Energia, Minas e Comunicações - Estado do Rio Grande do Sul, 1993. *Balanço Energético Consolidado do Estado do RS - Anos Base: 1983-88*, Brasil.
- SIDDAYAO, C.M., 1990. *Energy Investments and the Environment - Selected Topics*, *Economic Development Institute of World Bank*, Estados Unidos.
- TASAI, S.C., 1982. *Fundamentals of Coal Beneficiation and Utilization*, Estados Unidos.
- TAVOULAREAS, E.S. e CHARPENTIER J.P., 1995. *World Bank Technical Paper No. 286 - Clean Coal Technologies for Developing Countries*, Estados Unidos.
- USEPA - United States Environmental Protection Agency, 1978. *Industrial Guide for Air Pollution Control - Handbook for Techonology Transfer*, Estados Unidos.
- WCI - World Coal Institute, 1993. *Coal for Development Conference*, Inglaterra.

5 Instituições Colaboradoras

Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES
British Petroleum Statistical Review of the World Energy
Carbonífera Barro Branco S.A. - BARRO BRANCO
Carbonífera Belluno - BELLUNO
Carbonífera Criciúma S.A. - CRICIÚMA
Carbonífera Metropolitana S.A. - METROPOLITANA
Carbonífera Palermo Ltda. - PALERMO
Carbonífera Treviso S.A. - TREVISIO
Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRAS
Centrais Elétricas de Santa Catarina - CELESC
Centrais Elétricas do Sul - ELETROSUL
Companhia Brasileira Carbonífera Araranguá - CBCA
Companhia Carbonífera Catarinense - CCC
Companhia Carbonífera de Urussanga - CCU
Companhia Carbonífera do Cambuí - CAMBUÍ
Companhia Estadual de Energia Elétrica do Rio Grande do Sul - CEEE
Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL
Companhia Riograndense de Mineração - CRM
Copelmi Mineração S.A. - COPELMI
Coque Catarinense Ltda. - COCALIT
Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE
Departamento Nacional de Combustíveis - DNC
Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético - DNDE
Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM/MME
Ibracoque Mineração Ltda. - IBRAMIL
Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda. - RIO DESERTO
International Energy Association - IEA
Klabin do Paraná Mineração S.A. - KLABIN
Ministério de Minas e Energia - MME
Nova Próspera Mineração S.A. - PRÓSPERA
Sindicato da Indústria de Extração do Carvão de SC - SIECESC
Sindicato Nacional da Indústria de Extração do Carvão - SNIEC
World Coal Institute - WCI
World Energy Council - WEC

ANEXO I

Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina

**Emissões de dióxido de carbono no consumo final,
por empresa e por mina**

Lista de Tabelas

TABELA 1 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, no Rio Grande do Sul	51
TABELA 2 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, em Santa Catarina	52
TABELA 3 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, no Paraná	56
TABELA 4 – Emissões de dióxido de carbono no consumo final, por empresa e por mina	56

Tabela 1 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, no Rio Grande do Sul

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
CRM	Leão I	23,00%	140.257	147.988	189.240	153.667	111.134
	Candiota	22,00%	1.541.403	1.735.912	1.445.901	1.216.171	1.663.211
	Taquara	23,00%	-	-	32.359	71.883	88.689
	R.O.M.		1.681.660	1.883.900	1.667.500	1.441.721	1.863.034
	<i>% C teor médio</i>		22,08%	22,08%	22,13%	22,16%	22,11%
	CE3100	23,00%	-	-	58	28	16.220
	CE3300	26,00%	1.506.996	1.600.944	1.389.738	1.219.496	1.637.834
	CE3700	27,00%	-	681	11.147	12.265	-
	CE4200	32,00%	31.559	23.703	43.030	53.101	42.167
	CE4700	35,00%	58.033	61.232	48.424	48.523	32.697
	CE5700	42,00%	-	-	3.014	1.962	-
	Prod. Beneficiados		1.596.588	1.686.560	1.495.411	1.335.375	1.728.918
	<i>% C teor médio</i>		26,45%	26,41%	26,50%	26,60%	26,29%
	Rejeito		50.665	62.372	115.926	109.671	108.739
	<i>% C teor médio calculado</i>		3,65%	7,76%	13,77%	12,55%	15,90%
COPELMI	Recreio	24,00%	1.074.970	990.048	1.264.978	1.057.130	1.186.056
	Butiá Leste	25,50%	264.520	176.419	17.420	480.705	454.480
	Faxinal	19,50%	449.920	170.225	306.170	28.620	15.165
	Seival	26,00%	-	-	-	-	7.746
	Charqueadas	27,00%	73.270	-	-	-	-
	R.O.M.		1.862.680	1.336.692	1.588.568	1.566.455	1.663.447
	<i>% C teor médio</i>		23,24%	23,62%	23,15%	24,38%	24,38%
	CE3100	24,50%	495.925	326.600	304.806	299.357	284.144
	CE3300	27,00%	-	-	-	-	7.746
	CE3700	27,50%	254.730	390.784	478.507	371.590	376.128
	CE4000	30,50%	-	-	-	-	311
	CE4200	34,00%	-	-	-	2.683	2.509
	CE4700	35,50%	321.545	178.273	244.964	240.134	212.933
	CE5200	39,50%	-	-	-	-	27.089
	CE5500	41,50%	-	-	-	45.912	97.307
Prod. Beneficiados		1.072.200	895.657	1.028.277	959.676	1.008.167	
<i>% C teor médio</i>		28,51%	28,00%	28,52%	29,25%	30,03%	
Rejeito		790.480	441.035	560.291	606.779	655.280	
<i>% C teor médio calculado</i>		16,10%	14,74%	13,30%	16,67%	15,68%	
PALERMO	Capané	23,00%	216.169	198.802	177.595	253.259	207.767
	R.O.M.		216.169	198.802	177.595	253.259	207.767
	<i>% C teor médio</i>		23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%
	CE3100	27,00%	29.444	9.552	12.513	-	3.381
	CE3300	29,50%	3.182	17.008	1.681	2.783	16.026
	CE3700	31,00%	19.389	19.705	10.200	6.945	-
	CE4200	40,00%	53.557	45.746	39.994	62.908	51.300
	CE4700	46,50%	21.890	26.696	25.598	39.067	36.141
	Prod. Beneficiados		127.462	118.707	89.986	111.703	106.848
	<i>% C teor médio</i>		36,48%	37,42%	38,83%	41,45%	40,21%
Rejeito		88.707	80.095	87.609	141.556	100.919	
<i>% C teor médio calculado</i>		3,63%	1,63%	6,75%	8,44%	4,78%	

Fonte: DNPM, 1995.

Unidade: Tonelada.

Obs: A Mina de Candiota (CRM), que produz o carvão mineral que dá origem ao CE3300, foi desconsiderada para o cálculo do rejeito neste balanço, pois ele é apenas britado e peneirado para o consumo final.

Tabela 2 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, em Santa Catarina

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
PRÓSPERA	Mina A	22,00%	532.204	-	187.283	804.714	763.156
	Mina B	23,00%	296.988	-	-	-	-
	R.O.M.		829.192	-	187.283	804.714	763.156
	<i>% C teor médio</i>		22,36%	-	22,00%	22,00%	22,00%
	CE4500	36,00%	-	-	63.977	266.049	263.576
	CE5200	42,00%	10.674	-	-	3.485	-
	Fino flotado	53,00%	69.616	-	2.304	1.180	2.775
	Fino ciclonado	28,00%	-	-	11.237	14.111	34.514
	CPL	40,00%	194.989	-	-	-	-
	Prod. Beneficiados		275.279	-	77.518	284.825	300.865
	<i>% C teor médio</i>		43,37%	-	35,35%	35,75%	35,24%
	Rejeito		553.913	-	109.765	519.889	462.291
	<i>% C teor médio calculado</i>		11,92%	-	12,58%	14,47%	13,38%
METROPOLITANA	Esperança	30,00%	1.279.654	2.131.247	1.505.486	1.147.417	1.134.551
	Fontanella	32,00%		-	21.356	66.302	89.434
	R.O.M.		1.279.654	2.131.247	1.526.842	1.213.719	1.223.985
	<i>% C teor médio</i>		30,00%	30,00%	30,03%	30,11%	30,15%
	CE4500	41,00%	-	142.129	285.835	242.018	224.032
	CE5200	43,50%	18.101	381.402	104.937	37.570	54.839
	Finos	49,50%	6.673	7.714	38.159	13.674	19.347
	CPL	40,00%	264.353	27.634	-	-	-
	Rejeito	25,00%	-	-	-	-	12.051
	Prod. Beneficiados		289.127	558.879	428.931	293.262	310.269
	<i>% C teor médio</i>		40,44%	42,77%	42,37%	41,72%	41,35%
	Rejeito		990.527	1.572.368	1.097.911	920.457	913.716
	<i>% C teor médio calculado</i>		26,95%	25,46%	25,21%	26,41%	26,34%
CRICIÚMA	Verdinho	30,00%	1.387.511	864.127	566.358	671.022	781.199
	Rio Queimado	30,00%	7.134	-	-	-	-
	R.O.M.		1.394.645	864.127	566.358	671.022	781.199
	<i>% C teor médio</i>		30,00%	30,00%	30,00%	30,00%	30,00%
	CE4500	36,00%	24.123	38.753	197.345	225.785	230.376
	CE5200	40,00%	21.794	378	-	-	-
	CPL	40,00%	338.750	196.064	-	20.855	48.614
	Finos	48,00%	41.407	31.610	11.509	43.822	46.362
	Flotado vapor	42,00%	26.120	30.689	12.541	11.461	11.462
	Prod. Beneficiados		452.194	297.494	221.395	301.923	336.814
	<i>% C teor médio</i>		40,63%	40,54%	36,96%	38,25%	38,43%
	Rejeito		942.451	566.633	344.963	369.099	444.385
	<i>% C teor médio calculado</i>		24,90%	24,47%	25,53%	23,25%	23,61%

Continua

Tabela 2 - cont.

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
CCU	Santa Augusta	16,00%	1.021.417	880.756	-	-	-
	São Geraldo	16,00%	108.695	187.211	958.990	1.093.827	980.637
	Santana	15,00%	-	823.824	395.026	201.033	101.566
	Sangão	15,00%	5.129	-	-	-	-
	R.O.M.		1.135.241	1.891.791	1.354.016	1.294.860	1.082.203
	<i>% C teor médio</i>		16,00%	15,56%	15,71%	15,84%	15,91%
	CE4500	35,00%	22.093	148.833	224.834	239.433	261.809
	CE5200	40,00%	137.459	-	13.397	-	-
	CE5400	40,50%	102.598	323.764	153.338	127.023	80.786
	Finos metalúrgico	54,00%	37.032	43.911	20.620	25.425	22.024
	Finos vapor	45,00%	-	33.117	-	54.372	46.826
	CPL	40,00%	194.713	7.444	-	-	-
	Prod. Beneficiados		493.895	557.069	412.189	446.253	411.445
	<i>% C teor médio</i>		40,93%	40,36%	38,16%	38,87%	38,24%
	Rejeito		641.346	1.334.722	941.827	848.607	670.758
<i>% C teor médio calculado (1)</i>		5,00%	5,22%	5,88%	3,74%	2,21%	
TREVISO	Portão	19,00%	-	-	-	129.784	-
	Itanema II	19,00%	342.774	179.450	178.000	87.486	-
	Possenti	17,00%	-	-	48.217	38.429	-
	Rossi	17,00%	-	-	-	-	27.520
	R.O.M.		342.774	179.450	226.217	255.699	27.520
	<i>% C teor médio</i>		19,00%	19,00%	18,57%	18,70%	17,00%
	Rejeito rebeneficiado (2)		175.162	245.214	230.164	318.201	566.403
	<i>% C teor médio</i>		8,00%	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%
	CE5400	34,00%	9.929	69.667	61.787	87.405	46.555
	CE5200	39,00%	8.705	1.490	3.790	8.289	-
	Finos	45,00%	16.545	9.634	8.182	11.236	-
	CPL	40,00%	61.661	-	-	-	-
	Prod. Beneficiados		96.840	80.791	73.759	106.930	46.555
	<i>% C teor médio</i>		40,15%	35,40%	35,48%	35,54%	34,00%
	Rejeito		421.096	343.873	382.622	466.970	547.368
<i>% C teor médio calculado</i>		9,56%	7,30%	8,95%	7,55%	6,24%	
BARRO BRANCO	Mina 3 G	22,00%	276.874	443.212	427.052	336.623	114.023
	Mina 3 E/F	23,00%	70.610	-	-	-	-
	Barro Branco	23,00%	9.707	28.063	19.271	29.320	105.919
	Bonito	20,00%	-	-	59.932	116.060	286.160
	R.O.M.		357.191	471.275	506.255	482.003	506.102
	<i>% C teor médio</i>		22,22%	22,06%	21,80%	21,58%	21,08%
	CE4500	33,00%	29.780	34.329	54.547	151.094	79.676
	CE5200	39,00%	34.129	70.511	45.541	-	-
	CE5400	40,50%	-	-	36.106	-	-
	Finos	42,00%	22.789	10.841	15.337	16.038	8.103
	Prod. Beneficiados		86.698	115.681	151.531	167.132	87.779
	<i>% C teor médio</i>		37,73%	37,50%	37,50%	33,86%	33,83%
Rejeito		270.493	355.594	354.724	314.871	418.323	
<i>% C teor médio calculado</i>		17,26%	17,04%	15,09%	15,06%	18,40%	

Continua

Tabela 2 - cont.

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
IBRAMIL	Lageado	17,00%	66.751	130.365	111.787	80.858	23.123
	Figueira	17,00%	30.055	-	-	-	-
	R.O.M.		96.806	130.365	111.787	80.858	23.123
	<i>% C teor médio</i>		17,00%	17,00%	17,00%	17,00%	17,00%
	CE4500	32,00%	27.170	23.644	23.701	18.025	-
	CE5400	40,00%	9.784	-	-	8.737	-
	Prod. Beneficiados		36.954	23.644	23.701	26.762	-
	<i>% C teor médio</i>		34,12%	32,00%	32,00%	34,61%	-
	Rejeito		59.852	106.721	88.086	54.096	-
<i>% C teor médio calculado</i>		6,43%	13,68%	12,96%	8,29%	-	
CBCA	Verdinho	23,00%	374.440	618.743	622.840	584.072	503.765
	São Simão	23,00%	120.557	123.793	60.900	88.290	76.099
	São Pedro	23,00%	-	43.737	50.400	91.762	77.036
	R.O.M.		494.997	786.273	734.140	764.124	656.900
	<i>% C teor médio</i>		23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%
	CE4500	36,00%	-	44.448	83.475	112.820	103.943
	CE5400	42,00%	-	137.412	147.385	135.817	108.744
	Finos	45,00%	18.978	15.313	23.379	22.851	16.438
	CPL	40,00%	142.456	-	-	-	-
	Prod. Beneficiados		161.434	197.173	254.239	271.488	229.125
	<i>% C teor médio</i>		40,59%	40,88%	40,31%	39,76%	39,49%
Rejeito		333.563	589.100	479.901	492.636	427.775	
<i>% C teor médio calculado</i>		14,49%	17,02%	13,83%	13,76%	14,17%	
COCALIT	R.O.M.		-	-	-	-	-
	<i>% C teor médio</i>		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Rejeito rebeneficiado (3)		235.650	239.318	172.697	74.804	300.007
	<i>% C teor médio</i>		-	-	-	-	-
	CE4500	39,00%	58.812	51.963	31.823	22.619	42.014
	Finos	43,00%	-	-	-	-	5.742
	Conc. Piritoso	5,00%	-	36.096	20.324	12.689	-
	Prod. Beneficiados		58.812	88.059	52.147	35.308	47.756
	<i>% C teor médio</i>		39,00%	25,06%	25,75%	26,78%	39,48%
Rejeito		176.838	151.259	120.550	39.496	252.251	
<i>% C teor médio calculado</i>		-	-	-	-	-	
RIO DESERTO	Rio Deserto	16,00%	-	137.665	167.956	114.837	132.943
	R.O.M.		-	137.665	167.956	114.837	132.943
	<i>% C teor médio</i>		16,00%	16,00%	16,00%	16,00%	16,00%
	CE5200	42,00%	3.173	-	-	-	-
	Antracito	40,00%	6.155	27.962	-	-	-
	Finos	43,00%	15.319	3.536	-	-	-
	Cata / ROM	16,00%	8.414	-	167.956	114.837	132.943
	Prod. Beneficiados (4)		33.061	31.498	167.956	114.837	132.943
	<i>% C teor médio</i>		35,47%	40,34%	16,00%	16,00%	16,00%
Rejeito		-	106.167	-	-	-	
<i>% C teor médio calculado</i>		-	8,78%	-	-	-	

Continua

Tabela 2 - cont.

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
BELLUNO	Vila Irapuá	23,00%	-	-	-	22.000	55.528
	Malha II SS	25,00%	-	-	-	-	21.315
	Malha II CA	22,00%	-	-	-	-	5.893
	R.O.M.		-	-	-	22.000	82.736
	<i>% C teor médio</i>		-	-	-	23,00%	23,44%
	CE4500	36,00%	-	-	-	12.800	44.041
	Finos	45,00%	-	-	-	-	4.500
	Prod. Beneficiados		-	-	-	12.800	48.541
	<i>% C teor médio</i>		-	-	-	36,00%	36,83%
	Rejeito		-	-	-	9.200	34.195
<i>% C teor médio calculado</i>		-	-	-	4,91%	4,44%	
CCC	Rio Maína	25,00%	313.188	319.616	343.246	337.786	373.604
	Catarinense	25,00%	9.543	-	-	-	-
	R.O.M.		322.731	319.616	343.246	337.786	373.604
	<i>% C teor médio</i>		25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%
	CE4500	34,50%	-	12.332	11.497	28.550	13.465
	CE5200	40,00%	-	35.947	23.239	8.022	17.289
	CE5400	42,00%	44.985	54.156	31.671	92.993	132.275
	CE5800	45,00%	-	-	56.408	28.506	27.224
	Finos	45,00%	13.633	1.194	12.149	12.465	13.283
	CPL	40,00%	77.587	26.672	-	-	-
	Prod. Beneficiados		136.205	130.301	134.964	170.536	203.536
	<i>% C teor médio</i>		41,16%	40,36%	42,54%	41,37%	41,93%
	Rejeito		186.526	189.315	208.282	167.250	170.068
<i>% C teor médio calculado</i>		13,20%	14,43%	13,63%	8,31%	4,74%	

Fonte: DNPM, 1995.

Unidade: Tonelada.

- (1) Não pôde ser realizada a média ponderada em 1990. Estimou-se um valor de 5%, em função das características do processo.
- (2) O teor de carbono no rejeito beneficiado foi considerado como sendo 8%, a fim de justificar seu beneficiamento.
- (3) Não foi informado o teor de carbono no rejeito rebeneficiado, sendo impossível realizar o balanço da massa e estimar o teor médio de carbono no rejeito.
- (4) Não foi informada a quantidade que alimentou a usina, não sendo possível realizar o balanço da massa e estimar o teor médio de carbono no rejeito.

Tabela 3 – Percentuais de carbono no carvão mineral R.O.M, nos produtos beneficiados e nos rejeitos, por empresa e por mina, no Paraná

Empresa	R.O.M. por mina, Prod. Beneficiados e Rejeito	% C	1990	1991	1992	1993	1994
CAMBUÍ	Amando Simões	23,00%	138.454	175.861	170.153	194.034	224.606
	Mina 115	22,00%	59.933	55.806	50.971	66.035	80.051
	Mina 830	26,00%	-	-	1.649	5.205	-
	Frente 20	25,50%	20.926	37.668	28.865	7.101	-
	R.O.M.		219.313	269.335	251.638	272.375	304.657
	% C teor médio		22,97%	23,14%	23,10%	22,88%	22,74%
	CE6000	39,00%	117.519	152.060	155.482	150.674	150.125
	Prod. Beneficiados		117.519	152.060	155.482	150.674	150.125
	% C teor médio		39,0%	39,0%	39,0%	39,0%	39,0%
	Rejeito		101.794	117.275	96.156	121.701	154.532
% C teor médio calculado ⁽¹⁾			4,45%	2,58%	4,00%	2,92%	6,94%
KLABIN	Mina 2	42,50%	20.000	20.310	15.624	7.119	-
	R.O.M.		20.000	20.310	15.624	7.119	-
	% C teor médio		42,50%	42,50%	42,50%	42,50%	-
	CE6600	49,00%	14.000	14.373	10.800	4.505	-
	Prod. Beneficiados		14.000	14.373	10.800	4.505	-
	% C teor médio		49,0%	49,0%	49,0%	49,0%	-
	Rejeito		6.000	5.937	4.824	2.614	-
	% C teor médio calculado			27,33%	26,76%	27,95%	31,30%

Fonte: DNPM, 1995.

Unidade: Tonelada.

⁽¹⁾ Para 1992, estimou-se um valor de 4%, em função das características do processo.

Tabela 4 – Emissões de dióxido de carbono no consumo final, por empresa e por mina

Empresa	Produto	1990	1991	1992	1993	1994
CRM	CE3100	-	-	0,01	0,01	3,66
	CE3300	383,98	407,92	354,11	310,73	417,32
	CE3700	-	0,18	2,95	3,25	-
	CE4200	9,90	7,43	13,49	16,65	13,22
	CE4700	19,91	21,00	16,61	16,64	11,22
	CE5700	-	-	1,24	0,81	-
Subtotal		413,78	436,54	388,41	348,08	445,41
COPELMI	CE3100	119,07	78,42	73,18	71,88	68,22
	CE3300	-	-	-	-	2,05
	CE3700	68,65	105,32	128,96	100,14	101,37
	CE4000	-	-	-	-	0,09
	CE4200	-	-	-	0,89	0,84
	CE4700	111,87	62,02	85,22	83,54	74,08
	CE5200	-	-	-	-	10,49
	CE5500	-	-	-	18,67	39,57
Subtotal		299,59	245,75	287,36	275,13	296,71
PALERMO	CE3100	7,79	2,53	3,31	-	0,89
	CE3300	0,92	4,92	0,49	0,80	4,63
	CE3700	5,89	5,99	3,10	2,11	-
	CE4200	20,99	17,93	15,68	24,66	20,11
	CE4700	9,98	12,17	11,67	17,80	16,47
Subtotal		45,57	43,53	34,24	45,38	42,11
Subtotal RS		758,94	725,82	710,01	668,59	784,23

Continua

Tabela 4 - cont.

Empresa	Produto	1990	1991	1992	1993	1994
PRÓSPERA	CE4500	-	-	22,57	93,86	92,99
	CE5200	4,39	-	-	1,43	-
	Finos flotado	36,16	-	1,20	0,61	1,44
	Finos ciclonado	-	-	3,08	3,87	9,47
	CPL	76,44	-	-	-	-
	Subtotal	116,99	-	26,85	99,78	103,90
METROPOLITANA	CE4500	-	57,11	114,85	97,24	90,02
	CE5200	7,72	162,59	44,73	16,02	23,38
	Finos	3,24	3,74	18,51	6,63	9,39
	CPL	103,63	10,83	-	-	-
	Rejeito	-	-	-	-	2,95
	Subtotal	114,58	234,27	178,09	119,89	125,73
CRICIÚMA	CE4500	8,51	13,67	69,62	79,66	81,28
	CE5200	8,54	0,15	-	-	-
	CPL	132,79	76,86	-	8,18	19,06
	Finos	19,48	14,87	5,41	20,61	21,81
	Flotado vapor	10,75	12,63	5,16	4,72	4,72
	Subtotal	180,07	118,18	80,20	113,16	126,86
CCU	CE4500	7,58	51,05	77,12	82,13	89,80
	CE5200	53,88	-	5,25	-	-
	CE5400	40,72	128,50	60,86	50,42	32,06
	Finos metalúrgico	19,60	23,24	10,91	13,45	11,66
	Finos vapor	-	14,60	-	23,98	20,65
	CPL	76,33	2,92	-	-	-
Subtotal CCU	198,11	220,31	154,14	169,97	154,17	
TREVISÓ	CE5400	3,31	23,21	20,59	29,12	15,51
	CE5200	3,33	0,57	1,45	3,17	-
	Finos	7,30	4,25	3,61	4,96	-
	CPL	24,17	-	-	-	-
	Subtotal	38,10	28,03	25,64	37,25	15,51
BARRO BRANCO	CE4500	9,63	11,10	17,64	48,86	25,77
	CE5200	13,04	26,95	17,41	-	-
	CE5400	-	-	14,33	-	-
	Finos	9,38	4,46	6,31	6,60	3,34
	Subtotal	32,05	42,51	55,69	55,47	29,10
IBRAMIL	CE4500	8,52	7,41	7,43	5,65	-
	CE5400	3,84	-	-	3,42	-
	R.O.M.	-	-	-	-	3,85
	Subtotal	12,36	7,41	7,43	9,08	3,85
	CE4500	-	15,68	29,45	39,80	36,67
	CE5400	-	56,56	60,66	55,90	44,76
	Finos	8,37	6,75	10,31	10,08	7,25
	CPL	55,84	-	-	-	-
	Subtotal	64,21	78,99	100,42	105,78	88,68

Continua

Tabela 4 - cont.

Empresa	Produto	1990	1991	1992	1993	1994
COCALIT	CE4500	22,48	19,86	12,16	8,64	16,06
	Finos	-	-	-	-	2,42
	Concentrado piritoso	-	1,77	1,00	0,62	-
	Subtotal	22,48	21,63	13,16	9,27	18,48
RIO DESERTO	CE5200	1,31	-	-	-	-
	Antracito	2,41	10,96	-	-	-
	Finos	6,46	1,49	-	-	-
	Cata / ROM	1,32	-	26,34	18,01	20,85
	Subtotal	11,49	12,45	26,34	18,01	20,85
BELLUNO	CE4500	-	-	-	4,52	15,54
	Finos	-	-	-	-	1,98
	Subtotal	-	-	-	4,52	17,52
CCC	CE4500	-	4,17	3,89	9,65	4,55
	CE5200	-	14,09	9,11	3,14	6,78
	CE5400	18,52	22,29	13,04	38,28	54,44
	CE5800	-	-	24,88	12,57	12,01
	Finos	6,01	0,53	5,36	5,50	5,86
	CPL	30,41	10,46	-	-	-
	Subtotal	54,94	51,53	56,27	69,14	83,64
Subtotal SC	845,39	815,33	724,24	811,31	788,29	
CAMBUÍ	CE6000	44,92	58,12	59,43	57,59	57,38
	Subtotal	44,92	58,12	59,43	57,59	57,38
KLABIN	CE6000	6,72	6,90	5,19	2,16	-
	Subtotal	6,72	6,90	5,19	2,16	-
Subtotal PR	51,64	65,02	64,61	59,75	57,38	
Total BRASIL		1.655,97	1.606,17	1.498,86	1.539,65	1.629,90

Unidade: Gg C.

ANEXO II

Características técnicas do carvão mineral brasileiro e fatores de emissão de metano utilizados na estimativa das emissões de gases de efeito estufa

Lista de Tabelas

TABELA 1 – Componentes das cinzas em amostras de carvão mineral	67
TABELA 2 – Características técnicas do carvão mineral do estado do Rio Grande do Sul	70
TABELA 3 – Características técnicas do carvão mineral do estado de Santa Catarina	71
TABELA 4 – Características técnicas do carvão mineral do estado do Paraná	72
TABELA 5 – Fatores de emissão de metano para minas a céu aberto no Brasil	72
TABELA 6 – Fatores de emissão de metano para minas subterrâneas no Brasil	73
TABELA 7 – Fatores de emissão de metano para pós-mineração a céu aberto no Brasil	74
TABELA 8 – Fatores de emissão de metano para pós-mineração subterrânea no Brasil	75
TABELA 9 – Teor de carbono no carvão mineral R.O.M., para minas a céu aberto	76
TABELA 10 – Teor de carbono no carvão mineral R.O.M., para minas	

Introdução

Neste anexo são descritos os métodos de caracterização do carvão mineral brasileiro e suas variáveis, bem como as diversas metodologias de sua determinação. Estas são a base para o cálculo dos parâmetros de emissão de gases de efeito estufa das minas e produtos oriundos da indústria de carvão mineral nacional.

Os valores são apresentados para os jazimentos mais importantes dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Para a definição dos valores de referência, são seguidas a base de cálculo e as faixas de valores sugeridas pelo IPCC, sendo realizada a sua correlação conforme a caracterização dos produtos de minas e lavadores nacionais.

Deve-se destacar que o carvão nacional apresenta características muito diferentes dos diversos produtos de outros países. Comparativamente, os tipos de carvão mineral assemelham-se muito com os produtos da Austrália, Índia e alguns linhitos da Alemanha, porém nunca podem ser empregadas de forma conclusiva as características desses produtos quando quisermos avaliar o produto brasileiro.

1 Análise Técnica do Carvão Mineral

O carvão mineral não apresenta uma composição uniforme, logo, não pode ser representado por uma fórmula química definida. Basicamente, a caracterização do carvão mineral pode ser realizada por dois tipos diferentes de análises químicas: a análise imediata e a análise elementar.

Os tipos de carvão mineral podem ser comparados entre si e/ou com outros combustíveis pelas suas especificações próprias, sendo importante o conhecimento dessas propriedades e as interrelações existentes.

1.1 Análise imediata

A análise imediata envolve a determinação dos principais componentes de um carvão mineral e as suas proporções em peso. Sua importância está relacionada com a classificação do carvão mineral, com a caracterização do combustível para aplicação industrial, bem como para efeitos comparativos entre alternativas energéticas.

Na análise imediata são avaliados os seguintes itens: umidade, cinzas, matéria volátil

e carbono fixo. Nesse caso, existe a combinação de três determinações em laboratório (umidade, cinzas e matéria volátil) e uma quarta calculada por diferença (carbono fixo).

1.1.1 Teor de umidade

A quantidade total de água presente em uma amostra de carvão mineral é resultante da combinação entre a umidade superficial e a inerente ao produto. Durante as etapas de beneficiamento, transporte e armazenamento, temos a incorporação da umidade. A parte inerente de umidade é resultado das propriedades naturais do produto. Nesse caso, a umidade ocorre na forma de combinação química e/ou inclusa na matriz porosa do carvão mineral.

O conceito e a determinação da umidade total no carvão mineral variam de acordo com os diferentes procedimentos de laboratório. No Brasil, a norma NBR 8293 é usada para essa análise e leva em consideração:

- a) Umidade superficial: água agregada à superfície externa do carvão, decorrente de manuseio e/ou agentes externos;
- b) Umidade residual ou inerente: água retida nos poros ou capilares do carvão;
- c) Umidade total: somatório da umidade superficial e residual ou inerente; e
- d) Umidade de análise ou de higroscopia: água absorvida pelo carvão durante sua manipulação para análise.

O valor da umidade expresso em base seca deve ser analisado separadamente, porque essa informação somente é importante na etapa de seleção e dimensionamento dos equipamentos.

Para estudos sobre o desempenho do carvão mineral como energético, devemos considerar que a quantidade total de água contida no carvão mineral deverá evaporar quando da combustão, acarretando, portanto, uma perda de calor e um decréscimo de rendimento térmico.

Portanto, há dois tipos de análise de conteúdo de umidade do carvão mineral: uma no ato do recebimento na planta e a outra no momento de entrada no forno de aquecimento ou nos pulverizadores.

1.1.2 Teor de cinzas

A presença de cinzas é devida aos minerais associados à fase original de crescimento da vegetação ou àqueles que entraram nas jazidas durante ou depois do período de formação do carvão.

A norma NBR 8289 da ABNT descreve o método para determinação do teor de cinzas em carvão mineral.

A presença de cinzas no carvão mineral acarreta a redução no seu poder calorífico. Os carvões minerais brasileiros apresentam várias possibilidades de beneficiamento para redução considerável dos teores de cinzas. Porém, esses resultados refletem-se diretamente no custo final do produto obtido. Nesse caso, as relações entre teor de cinzas, poder calorífico e custo do produto possuem relação direta.

Em aplicações industriais, as cinzas acarretam redução nos níveis de troca térmica dos sistemas de água/vapor, reduzindo com isto a quantidade de calor que poderia ser obtida pelo combustível. Alguns tipos de cinzas podem formar depósitos de escórias nas paredes do forno; uma parte daquelas, que é levada para fora do forno na fumaça, forma depósitos nos tubos dos trocadores de calor, contribuindo para aumentar os custos de manutenção.

1.1.3 Teor de matéria volátil

A matéria volátil existente no carvão mineral é resultado das combinações de carbono, hidrogênio e outros gases. Sua determinação é feita pela norma NBR 8290.

Dentre as variáveis de processo afetadas diretamente pelo teor de matéria volátil, está o tamanho da chama e a estabilidade da combustão.

O poder calorífico do carvão mineral aumenta com o teor de matéria volátil, até um nível de 20%. Acima desse valor, há redução no poder calorífico, porque alguns dos voláteis são formados por compostos de nitrogênio e oxigênio não-combustíveis.

1.1.4 Teor de carbono fixo

A norma NBR 8299 descreve o método para a determinação do teor de carbono fixo de uma amostra de carvão mineral. Resumidamente, o carbono fixo é a fração do carvão mineral, descontados os teores de cinzas, umidade e matéria volátil.

$$\% \text{ Carbono Fixo} = 100\% - \% \text{ Cinzas} - \% \text{ Umidade} - \% \text{ Matéria Volátil}$$

1.2 Poder calorífico

O poder calorífico de um combustível é expresso pela quantidade de calor produzida na combustão por unidade de massa deste produto. Sua determinação é realizada para a correta utilização do carvão mineral como combustível, e pode ser feita através de bomba calorimétrica, conforme a norma NBR 8628.

Para determinar o poder calorífico, uma amostra de carvão mineral pulverizado é comprimida na forma de uma pastilha, sendo em seguida feita a sua ignição numa atmosfera com oxigênio, dentro de uma bomba calorimétrica. O poder calorífico é determinado, então, pelo incremento na temperatura da água.

Dentro do conceito de poder calorífico existem duas variações:

- a) Poder calorífico superior (PCS): calor liberado pela queima de unidade de combustível (massa), com a produção de cinzas, dos gases dióxido de carbono, dióxido de enxofre e nitrogênio, e considerando que o vapor d'água produzido retorna ao estado líquido; e
- b) Poder calorífico inferior (PCI): calor liberado pela queima de unidade de combustível, com a produção das mesmas substâncias acima, porém com toda água produzida permanecendo no estado de vapor.

Pelo fato de a água permanecer como vapor nos processos de combustão, o poder calorífico inferior é o que melhor representa as condições nas caldeiras industriais, sendo portanto usado para determinar o tipo de combustível necessário.

1.3 Análise elementar

A análise elementar serve para a determinação dos elementos individuais de um carvão mineral. Envolve a determinação das proporções de carbono, hidrogênio, nitrogênio, enxofre, cinzas e a estimativa do oxigênio por diferença.

Os elementos avaliados na análise elementar são aqueles que podem sofrer gaseificação e liberar ou absorver calor durante as etapas das reações de combustão.

O carbono, principal responsável pelo processo de combustão, está presente no carvão mineral tanto na matéria carbonosa, quanto nos minerais carbonatados das cinzas. A quantidade total de carbono é resultante do somatório entre os teores de carbono fixo e de carbono presente nas matérias voláteis.

A análise elementar do carvão mineral envolve uma série de metodologias. No caso de análises instrumentais, emprega-se, normalmente, o equipamento LECO CHN 600, onde a determinação é feita via combustão das amostras, com detecção dos elementos por infravermelho e condutividade térmica.

1.4 Análises sobre as cinzas minerais

O carvão mineral R.O.M. brasileiro tem um alto teor de cinzas, mas existem métodos de processamento capazes de diminuir consideravelmente o teor delas e, conseqüentemente, elevar o poder calorífico do combustível empregado.

1.4.1 Composição química das cinzas

As cinzas existentes no carvão mineral são provenientes dos diversos componentes minerais associados ao crescimento vegetal que lhe deu origem ou das substâncias estranhas provenientes de formações geológicas vizinhas à bacia de formação do carvão.

Os diversos minerais encontrados estão divididos conforme sua participação percentual em elementos principais e elementos traços. A seguir, na Tabela 1, são apresentados os componentes químicos das cinzas minerais:

Tabela 1 – Componentes das cinzas em amostras de carvão mineral

Elementos Principais	SiO ₂ ; Fe ₂ O ₃ ; Al ₂ O ₃ ; TiO ₂ ; CaO; MgO; P ₂ O ₅ ; Na ₂ O; K ₂ O; SO ₂ e SO ₃ .
Elementos Traços	Mn; Li; Sc; V; Cr; Co; Ni; Cu; Zn; Ga; Sr; Y; Zr; Nb; Mo; Cd; Sn; Sb; Ba; La; W; Pb e As.

As formas de determinação das cinzas envolvem a realização de procedimentos de análises instrumentais via espectrofotometria. Existem técnicas apropriadas para cada espectro de elementos a ser analisado, devendo ser destacadas: fluorescência de raio-X; absorção atômica de chama; absorção atômica com forno de grafite; e plasma tipo ICP - *inductive coupled plasma*.

Os componentes das cinzas influem no desempenho de um sistema de geração baseado na combustão do carvão mineral. Por isso, existe um ponto ótimo entre a composição química das cinzas e o desempenho térmico, de modo que seja mais efetiva a troca de calor entre os sistemas água/vapor.

1.4.2 Índices de temperaturas de fusão das cinzas

Os índices de temperaturas de fusão das cinzas são avaliados pelo aquecimento gradativo dos corpos de provas. Durante o decorrer dos testes, são observadas as alterações verificadas nas formas dos mesmos até a sua completa fusão.

Os índices avaliados são: ponto de deformação inicial, ponto de amolecimento, ponto de hemisfera e o ponto de fluidez.

Os ensaios podem ser realizados em atmosfera redutora e oxidante. No caso de atmosferas oxidantes, temos a formação de *wall slagging* em altas temperaturas e altas viscosidades de cinzas. No caso de atmosferas redutoras, as temperaturas e viscosidade das cinzas, para que ocorram fenômenos de *wall slagging*, são inferiores.

Em resumo, os índices de temperaturas de fusão das cinzas são utilizados na avaliação da aplicação dos combustíveis para usos industriais.

1.5 Análise do conteúdo de enxofre

O enxofre existente no carvão mineral ocorre tanto na forma orgânica como na inorgânica. São reconhecidas três formas de ocorrência do enxofre nas amostras de carvão mineral: enxofre orgânico, enxofre sulfático e enxofre pirítico.

Primeiramente, procede-se à determinação do teor total de enxofre da amostra de carvão mineral. Essa determinação pode ser feita através de procedimentos de análises químicas ou via instrumental. Nesse caso, os procedimentos envolvidos são definidos pelas normas NBR 8294 - Processo gravimétrico pelo método Eschka, NBR 8295 - Processo de combustão com uso de hidróxido de sódio, NBR 8296 - Processo de combustão com emprego de perclorato de bário. No caso da determinação do enxofre total por via instrumental é empregado o equipamento LECO SC 132 onde se realiza a combustão da amostra com detecção, por infravermelho, dos gases produzidos.

As formas de enxofre são determinadas por procedimentos titulométricos, que seguem a NBR 8297. O teor de enxofre sulfático da amostra é determinado pela sua extração em solução diluída de ácido clorídrico. Nesse caso, as formas orgânica e pirítica são insolúveis, não reagindo com o diluente. Posteriormente, o enxofre pirítico é determinado pela sua extração em solução de ácido nítrico diluído, sendo feita a determinação pela quantidade de ferro presente na pirita (Fe_2S). A forma orgânica do enxofre é, finalmente, determinada por diferença.

$$\% \text{ Enxofre Total} = \% \text{ Enxofre Sulfático} + \% \text{ Enxofre Pirítico} + \% \text{ Enxofre Orgânico}$$

O conteúdo de enxofre do carvão mineral pode ser reduzido nas plantas de beneficiamento através da remoção da pirita existente. Isso é feito de maneira simples, porque os grãos de pirita são facilmente liberados através de sucessivas fases de pulverização (britagem ou moagem), onde a diferença entre as densidades específicas permite a separação por processos gravimétricos consagrados.

1.6 Moabilidade e friabilidade de carvão mineral

A moabilidade de um carvão mineral é determinada pelo *Hardgrove Grindability Index* - HGI. Esse índice avalia a facilidade de pulverização da amostra testada em relação a uma amostra padronizada de carvão mineral, com índice de moabilidade 100. Assim, um carvão mineral é mais difícil de moer do que a amostra padronizada se o seu índice de moabilidade for maior que 100.

O ensaio para sua determinação é feito em um moinho piloto com dimensões específicas, sendo realizada a determinação comparativa das mudanças nas faixas granulométricas pelo peneiramento da amostra. Os resultados, então, são convertidos no equivalente HGI (40, 60, 80 e 110).

A moabilidade de um carvão é afetada diretamente pela sua composição petrográfica, *rank*, tipo e quantidade das impurezas presentes na sua matriz. No caso das unidades de geração baseadas em carvão mineral, a capacidade dessa unidade e o tipo de equipamento a ser empregado na pulverização são feitos com base no valor do HGI do carvão mineral de projeto.

O índice de moabilidade é importante porque o pulverizador deve fazer um trabalho adequado em cada passagem do material através da zona de moagem, sem a produção de superfinos excessivos.

2 Características Técnicas e Fatores de Emissão de Metano do Carvão Mineral Brasileiro

A seguir, nas Tabelas 2, 3 e 4, são apresentadas as principais características tecnológicas das jazidas que produzem carvão mineral no Brasil. A metodologia que determinou os fatores de emissão dos gases de efeito estufa levou em consideração essas características.

No caso do estudo brasileiro, foram correlacionadas as características das diversas áreas de mineração com os índices determinados pelo IPCC. Sua determinação foi baseada na experiência e nos trabalhos realizados com os diversos produtos produzidos no Brasil.

Tabela 2 – Características técnicas do carvão mineral do estado do Rio Grande do Sul

Minas: Jazida de Recreio e Leão I		
Empresas: COPELMI e CRM		
	R.O.M.	Lavado CE3500 / CE5200
Teor de cinzas (%)	56	50 / 30
Teor de matéria volátil (%)	21	23 / 32
Teor de carbono (%)	24	27 / 42
Teor de enxofre (%)	1,5	1,2 / 0,8
F.S.I.	-	-
Poder calorífico (kcal/kg)	3.000	3.500 / 5.200
Minas: Jazidas de Candiota e Seival		
Empresas: CRM e COPELMI		
	R.O.M.	Lavado
Teor de cinzas (%)	53	40
Teor de matéria volátil (%)	24	30
Teor de carbono (%)	23	31
Teor de enxofre (%)	1	0,5
F.S.I.	-	-
Poder calorífico (kcal/kg)	3.200	4.250
Mina: Jazida do Capané		
Empresa: PALERMO		
	R.O.M.	Lavado
Teor de cinzas (%)	52	38
Teor de matéria volátil (%)	19	22
Teor de carbono (%)	29	40
Teor de enxofre (%)	0,8	0,5
F.S.I.	-	-
Poder calorífico (kcal/kg)	3.100	4.200

Tabela 3 – Características técnicas do carvão mineral do estado de Santa Catarina

Jazida do Baixo Criciúma Empresas: CBCA, CCC, CCU e PRÓSPERA		
	R.O.M.	Lavado CE4500 / CE6000
Teor de cinzas (%)	64	42 / 19
Teor de matéria volátil (%)	14	22 / 28
Teor de carbono (%)	22	36 / 53
Teor de enxofre (%)	4	1,4 / 1,6
F.S.I.	2	2,5 / 1,2
Poder calorífico (kcal/kg)	2.500	4.500 / 6.000
Jazida do Médio Criciúma Empresas: CBCA, CCC, CCU, COCALIT e BELLUNO		
	R.O.M.	Lavado CE4500 / CE5400
Teor de cinzas (%)	57	42 / 32
Teor de matéria volátil (%)	19	24 / 26
Teor de carbono (%)	25	34 / 42
Teor de enxofre (%)	3,5	1,9 / 1,5
F.S.I.	0,5	2 / 3
Poder calorífico (kcal/kg)	3.300	4.500 / 5.400
Jazida do Alto Criciúma Empresas: CCU, URUSSANGA, RIO DESERTO, BARRO BRANCO, METROPOLITANA, IBRAMIL e TREVISO		
	R.O.M.	Lavado
Teor de cinzas (%)	66	29
Teor de matéria volátil (%)	17	31
Teor de carbono (%)	16	40
Teor de enxofre (%)	4,5	2,6
F.S.I.	-	4,5
Poder calorífico (kcal/kg)	2.000	5.400

Tabela 4 – Características técnicas do carvão mineral do estado do Paraná

Jazida do Cambuí		
Empresa: CAMBUÍ e KLABIN		
	R.O.M.	Lavado
Teor de cinzas (%)	56	25
Teor de matéria volátil (%)	32	36
Teor de carbono (%)	12	39
Teor de enxofre (%)	5,5	3,5
F.S.I.	-	1
Poder calorífico (kcal/kg)	4.850	6.200

A partir da análise das diversas jazidas e localização das minas foi feita a correlação entre os diversos valores e as tabelas constantes do Manual de Referência do IPCC.

A Tabela 5 e a Tabela 6 resumem os fatores de emissão empregados para as diversas minas a céu aberto e subterrâneas, respectivamente.

Tabela 5 – Fatores de emissão de metano para as minas a céu aberto no Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Candiota	0,30
		Taquara	0,40
	COPELMI	Recreio	0,40
		Butiá Leste	0,40
		Faxinal	0,45
		Seival	0,30
	PALERMO	Capané	0,35
SC	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,55
	CCU	Sangão	0,45
	TREVISO	Portão	0,50
		Itanema II	0,50
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,50
		Bonito	0,60
	BELLUNO	Malha II CA	0,50

Unidade: m³ CH₄/tonelada de carvão mineral.

Tabela 6 – Fatores de emissão de metano para as minas subterrâneas no Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Leão I	10,00
	COPELMI	Charqueadas	10,50
SC	PRÓSPERA	Mina A	12,00
		Mina B	12,00
	METROPOLITANA	Esperança	13,00
		Fontanella	13,00
	CRICIÚMA	Verdinho	12,00
	CCU	Santa Augusta	12,50
		São Geraldo	12,00
		Santana	12,50
		TREVISÓ	Possenti
		Rossi	13,00
		BARRO BRANCO	Mina 3 G
	Mina 3 E/F		13,00
	IBRAMIL	Lageado	12,50
		Figueira	12,50
	CBCA	Verdinho	12,00
		São Simão	12,50
		São Pedro	12,50
		RIO DESERTO	Rio Deserto
	BELLUNO	Vila Irapuá	12,50
		Malha II SS	12,50
CCC	Rio Maína	12,50	
	Catarinense	12,50	
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	15,00
		Mina 115	15,00
		Mina 830	15,00
		Frente 20	15,00
	KLABIN	Mina 2	14,50

Unidade: m³ CH₄/tonelada de carvão mineral.

A Tabela 7 e a Tabela 8 resumem os fatores de emissão empregados para pós-mineração nas minas a céu aberto e subterrâneas, respectivamente.

Tabela 7 – Fatores de emissão de metano para pós-mineração a céu aberto no Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Candiota	0,02
		Taquara	0,03
	COPELMI	Recreio	0,03
		Butiá Leste	0,03
		Faxinal	0,03
		Seival	0,02
	PALERMO	Capané	0,02
SC	CRICIÚMA	Rio Queimado	0,05
	CCU	Sangão	0,05
	TREVISO	Portão	0,05
		Itanema II	0,05
	BARRO BRANCO	Barro Branco	0,05
		Bonito	0,05
	BELLUNO	Malha II CA	0,05

Unidade: m³ CH₄/tonelada de carvão mineral.

Tabela 8 – Fatores de emissão de metano para pós-mineração subterrânea no Brasil

Estado	Empresa	Mina	Fator de Emissão
RS	CRM	Leão I	1,00
	COPELMI	Charqueadas	1,00
SC	PRÓSPERA	Mina A	1,20
		Mina B	1,20
	METROPOLITANA	Esperança	1,40
		Fontanella	1,40
	CRICIÚMA	Verdinho	1,20
	CCU	Santa Augusta	1,30
		São Geraldo	1,20
		Santana	1,30
	TREVISÓ	Possenti	1,40
		Rossi	1,40
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	1,40
		Mina 3 E/F	1,40
	IBRAMIL	Lageado	1,30
		Figueira	1,30
	CBCA	Verdinho	1,20
		São Simão	1,30
		São Pedro	1,30
	RIO DESERTO	Rio Deserto	1,30
	BELLUNO	Vila Irapuá	1,30
		Malha II SS	1,30
CCC	Rio Maína	1,30	
	Catarinense	1,30	
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	1,50
		Mina 115	1,50
		Mina 830	1,50
		Frente 20	1,50
	KLABIN	Mina 2	1,50

Unidade: m³ CH₄/tonelada de carvão mineral.

A Tabela 9 e a Tabela 10 resumem o teor de carbono do carvão mineral R.O.M. para minas a céu aberto e subterrâneas, respectivamente.

Tabela 9 – Teor de carbono no carvão mineral R.O.M., para minas a céu aberto

Estado	Empresa	Mina	% C
RS	CRM	Candiota	22,00%
		Taquara	23,00%
	COPELMI	Recreio	24,00%
		Butiá Leste	25,50%
		Faxinal	19,50%
		Seival	26,00%
	PALERMO	Capané	23,00%
SC	CRICIÚMA	Rio Queimado	30,00%
	CCU	Sangão	15,00%
	TREVISO	Portão	19,00%
		Itanema II	19,00%
	BARRO BRANCO	Barro Branco	23,00%
		Bonito	20,00%
	BELLUNO	Malha II CA	22,00%

Tabela 10 – Teor de carbono no carvão mineral R.O.M., para minas subterrâneas

Estado	Empresa	Mina	% C
RS	CRM	Leão I	23,00%
	COPELMI	Charqueadas	27,00%
SC	PRÓSPERA	Mina A	22,00%
		Mina B	23,00%
	METROPOLITANA	Esperança	30,00%
		Fontanella	32,00%
	CRICIÚMA	Verdinho	30,00%
		CCU	Santa Augusta
	São Geraldo		16,00%
	Santana		15,00%
	TREVISÓ	Possenti	17,00%
		Rossi	17,00%
	BARRO BRANCO	Mina 3 G	22,00%
		Mina 3 E/F	23,00%
	IBRAMIL	Lageado	17,00%
		Figueira	17,00%
	CBCA	Verdinho	23,00%
		São Simão	23,00%
		São Pedro	23,00%
	RIODESERTO	Rio Deserto	16,00%
	BELLUNO	Vila Irapuá	23,00%
		Malha II SS	25,00%
CCC		Rio Maína	25,00%
	Catarinense	25,00%	
PR	CAMBUÍ	Amando Simões	23,00%
		Mina 115	22,00%
		Mina 830	26,00%
		Frente 20	25,50%
	KLABIN	Mina 2	42,50%

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Expressamos nossa mais profunda gratidão ao Prof. José Israel Vargas, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de 1992 a 1999, por compartilhar conosco seus conhecimentos e suas idéias sobre as questões da mudança do clima e por sua incessante orientação e incentivo. Estendemos nosso agradecimento ao Prof. Luiz Carlos Bresser Pereira, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia de janeiro a julho de 1999 e ao Embaixador Ronaldo Mota Sardenberg, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de agosto de 1999 a 2002. Agradecemos, ainda, ao Dr. Roberto Amaral, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2003 a janeiro de 2004 e ao Dr. Eduardo Campos, Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia, de janeiro de 2004 a julho de 2005. Finalmente, a César Weinschenk de Faria, ex-Diretor do SNIEC, e Antônio Dias Leite, ex-Ministro de Minas e Energia, nosso reconhecimento e gratidão por seu empenho em transformar idéias em realidade.

capa
Chivas Produções

projeto gráfico
Jorge Ribeiro