

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carvão e meio ambiente é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS

© dos autores
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde
Editoração eletrônica: William Wazlawik
Toni Peterson Lazaro
Fernando Piccinini Schmitt

C397c Centro de Ecologia/UFRGS
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV
C 332

Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

EDITORA DA UNIVERSIDADE

Diretor

Geraldo F. Huff

CONSELHO EDITORIAL

Anna Carolina K. P. Regner

Christa Berger

Eloir Paulo Schenkel

Georgina Bond-Buckup

José Antonio Costa

Livio Amaral

Luiza Helena Malta Moll

Maria da Graça Krieger

Maria Heloisa Lenz

Paulo G. Fagundes Vizontini

Geraldo F. Huff, presidente



Editora da Universidade/UFRGS • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: editora@orion.ufrgs.br - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

GEOLOGIA

Teresinha Guerra

As unidades litológicas da área em estudo pertencem ao Embasamento Cristalino Sul-Rio-grandense, ao Vulcanismo e Cobertura Sedimentar da Bacia do Paraná e à Cobertura Cenozóica do Quaternário de acordo com o mapeamento realizado pela CPRM (1986) e CPRM/PRÓ-GUAÍBA/FEPAM (1998). A seguir será realizada uma descrição sucinta destas litologias com base nas descrições realizadas por Schneider *et al.* (1974), Frank (1989), COPELMI (1994) (Apêndice 1).

As rochas do **Embasamento Cristalino do Escudo Sul-Rio-grandense** (Neoproterozóico e Cambriano) têm ocorrência no centro-sul da área em estudo. Representam as rochas mais antigas do Estado, incluindo diferentes tipos de litologias, cujas idades vão desde o Proterozóico ao Paleozóico. As principais associações litológicas existentes nesta região são constituídas por:

- Complexos Granito-Gnássicos (Pinheiro Machado/Arroio do Ratos) formados por gnaisses tonalíticos, granodioríticos a monzogranitos, com restos de supracrustais, invadidos pela granitogênese brasileiro e deformação polifásica protoclastica a ultramilonítica.

- Granitóides Sin-transcorrentes compostos por leucogranitos finos a grosseiros, equigranulares a porfíricos, com deformações miloníticas dos estágios tardi-magmático a sólido, localmente com muscovita, turmalina e granada e situações ao longo da principal faixa transcorrente.

- Granitóides sin-tarditectônicos tendo como litologias sienogranitos e monzogranitos médios a grosseiros, equigranulares a porfíricos, róseo-avermelhados, cinza-róseos e cinza-amarelados, isótopos no centro dos corpos e com foliação milonítica nas bordas e ao longo das flahas.

- Granitóides e Riólitos tardi-postectônicos representados por granitóides tardios, alcalinos, isótopos, filoneanos ou em pequenos corpos circunscritos, por vezes sub-vulcânicos, associados a riólitos e riodacitos.

As litologias pertencentes ao **Vulcanismo e Cobertura Sedimentar da Bacia do Paraná** estão representadas pelas rochas do Paleozóico (Permiano) e Mesozóico (Triássico e Cretáceo). As unidades litológicas representativas do Permiano correspondem à Formação Rio do Sul, Formação Rio Bonito, Formação Palermo, Formação Es-

trada Nova, Formação Iratí e Formação Rio do Rastro. As representativas do Triássico pertencem ao Grupo Rosário do Sul, Formação Botucatu do Jurássico e as litologias do Cretáceo estão representadas pelas rochas efusivas da Formação Serra Geral.

A Formação Rio do Sul é constituída por folhelhos argilitos cinza-escuros várvidos, ritmitos, arenitos finos e diamictitos com acamamento gradacional e laminações convoluta, plano-paralela e cruzada apresentando, também, marcas de onde, *flaser* e *cone-in-cone*.

A Formação Rio Bonito é formado por arenitos médios, siltitos cinza-esverdeados, cinza-escuros e carbonosos com leitos e camadas de carvão, na porção basal. Ocorre, ainda, um pacote predominantemente pelítico, constituído por siltitos cinza a cinza-claros, cinza-escuros e pretos, carbonosos, por vezes argilosos, maciços, com intercalações de arenitos e camadas de carvão. A espessura total desta unidade é de, aproximadamente, 90 a 120 metros. É nesse conjunto que se desenvolvem as principais camadas de carvão do Rio Grande do Sul, as quais totalizam até 15% das litologias da formação. Em relação ao ambiente de sedimentação, observa-se que os depósitos continentais (fluvio-deltáicos) são os que predominam na Formação Rio Bonito, com influências locais de episódios transgressivos.

A Formação Palermo é composta por siltitos e siltitos arenosos cinza-esverdeados a amarelados internamente bioturbados intercalados com arenitos finos a médios, apresentando laminação plano-ondulada e estrutura do tipo *flaser* e cimento carbonático.

A Formação Estrada Nova está representada por uma sedimentação marinha, constituída predominantemente por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros ou pretos, micáceos, localizadamente carbonáticos, com laminação plano-paralela.

A Formação Iratí se caracteriza pela presença de folhelhos carbonosos, micáceos, pretos, intercalados com margas na base, ocasionalmente brechados, com laminação plano-paralela. O ambiente de deposição desta unidade é marinho raso, sendo a sua espessura variável de 15 a 20 metros.

A Formação Rio do Rastro é uma unidade caracterizada por sedimentação predominantemente flúvio-lacustre, sendo composta, litologicamente, por arenitos finos a médios, siltitos e argilitos estratificados, com tonalidades esverdeados, bordôs ou avermelhadas. A espessura desta unidade é da ordem de 70 a 90 metros.

As unidades representativas do Grupo Rosário do Sul são constituídas, predominantemente, por arenitos arcoseanos, siltitos e lamitos com níveis de conglomerados intraformacionais como blocos abatidos em estruturas do tipo graben e ocorrência de arenitos avermelhados finos a médios com estratificação cruzada acanalada e laminação plano-paralela. As características litológicas e sedimentares desta formação indicam origem em ambiente continental flúvio-eólico e sistema lacustrino associado.

A Formação Botucatu é constituída por arenito avermelhado, fino a médio, róseo-avermelhados, com grãos foscos e bem arredondados. Esta formação tem ocorrência apenas na região norte da área em estudo.

Representada por rochas vulcânicas de composição predominantemente básica com algumas ocorrências de vulcanismo ácido a Formação Serra Geral, está representada, na margem direita do rio Jacuí, por soleiras e diques de diabásio ao longo dos contatos entre as unidades litológicas ou tangenciando o topo das camadas de carvão da

formação rio Bonito, com espessuras de alguns centímetros a 90 metros. Na margem esquerda do rio Jacuí, esta formação está representada por basalto e basalto porfirídico, com diques e corpos tabulares de diabásico apresentando, ocasionalmente, intercalações de lentes de arenitos, brechas vulcânicas, andesitos e vidros vulcânicos.

A **Cobertura Cenozóica** do Quaternário está representada por depósitos paludais com turfas heterogêneas intercaladas ou misturadas com areias, siltes e argilas plásticas e intercalações localizadas de diatomitos próximo ao rio Jacuí. As áreas pertencentes aos municípios de São Jerônimo e Charqueadas estão representadas por depósitos de dunas e planícies arenosas com a presença de areias siltico-argilosas mal selecionadas de cores claras e laminação plano-paralela incipiente com concreções carbonáticas e ferro-magnesíferas. As margens dos cursos d'água dos rios e arroios da área são caracterizados por depósitos aluvionares atuais, formados por cascalhos, areias grossas a finas e sedimentos siltico-argilosos, incosolidados das ilhas pertencentes e que também preenchem as calhas dos rios e suas planícies de inundação.

No Rio Grande do Sul, as jazidas de carvão ocorrem circundando o Escudo Sul-Riograndense. Estão associadas a outras rochas sedimentares da Depressão Periférica do Estado, orlando os bordos sudoeste, norte e nordeste do Escudo, com a deposição da Formação Rio Bonito. Fazem parte das rochas Gonduânicas, correlacionadas com outros conjuntos sedimentares na África do Sul, Índia, Austrália e Antártica. Apresentam um número variável de camadas de carvão e a espessura destas camadas variam não atingindo, via de regra, mais de 2 metros, exceção feita à camada de Candiota que chega a alcançar mais de 4 metros de espessura. A ocorrência destas rochas sedimentares, ao sul da área em estudo, está condicionada à existência de rochas do embasamento cristalino e, portanto, ao efeito de borda, onde as camadas sedimentares encontram-se inclinadas, com mergulho para o norte.

Segundo Abreu (1973) o carvão é uma rocha sedimentar combustível, formada a partir de determinados vegetais encontrados em diferentes estados de conservação e tendo sofrido soterramento e compactação em bacias originalmente pouco profundas, possuindo teores de carbono, hidrogênio e oxigênio variáveis de acordo com os diversos estágios de transformação da planta em carvão. Na carbonificação há um aumento do teor de carbono e diminuição dos teores de oxigênio e hidrogênio nas sucessivas etapas do processo, ou seja: vegetal (celulose) ® turfa ® linhito ® hulha ® antracito ® grafite.

No Rio Grande do Sul, as jazidas de carvão mineral formaram-se em turfeiras predominantemente subaquáticas, de fácies orgânicas límnic e limnotelmático, sendo formadas por vegetais pteridofíticos de porte arbustivo e herbáceo associados a gimnospermas arborescentes e a elementos vegetais relacionados a algas. Tal ambiente desenvolveu-se em uma bacia intracratônica (Bacia do Paraná) de lenta subsidência, condicionando a formação de camadas pouco espessas de carvão associadas a rochas sedimentares predominantemente pelíticas.

O desenvolvimento da vegetação foi condicionado pelas variações do nível da água nas turfeiras, proporcionando a deposição simultânea de matéria orgânica e inorgânica intimamente associadas e à oxidação dos detritos vegetais transportados para o interior das turfeiras. As camadas de carvão formadas sob estas condições geológicas apresentam-

se enriquecidas em minerais (calcita, quartzo, pirita e outros, em especial argilas e de inertes), os quais após a combustão do carvão originam um resíduo chamado de cinzas. Esta mineralogia está associada às quantidades expressivas de constituintes exíniticos, derivados de algas e esporos. Estes carvões são de difícil classificação segundo tabelas internacionais baseadas em carvões com características diversas, quer sob o ponto de vista do ambiente geológico quer sob o aspecto faciológico (Corrêa da Silva, 1987).

O *rank* do carvão é o grau de carbonificação que este carvão atingiu durante o processo de metamorfismo e varia do linhito ao antracito. O *grade* do carvão é dado pelo teor de cinzas, isto é, pelo teor de minerais não combustíveis presentes neste carvão. A diversidade nos macerais dos carvões explica-se pela heterogeneidade dos tecidos vegetais (esporos, folhas, madeiras, raízes, etc.) que deram origem a estes carvões (Leinz e Amaral, 1980).

A maior parte dos minerais que contaminam os carvões Sul Rio-grandenses está disseminada na matéria carbonosa. Essa mistura de material mineral e carbonoso origina um material de densidade intermediária. O carvão fóssil fica, portanto, constituído de frações mais ricas em matéria carbonosa, com densidade menor que o carvão bruto; as frações com porções aproximadamente iguais apresentam densidade intermediária e, finalmente, nas frações mais pesadas, predominam os constituintes minerais.

Existem atualmente, na área em estudo, 5 minas (Charqueadas, Recreio, Faxinal, Butiá-Leste e Leão I) produzindo carvão para empresas do setor de cimento, celulose, alimentos, cerâmico, elétrico, agropecuário e petroquímico. (DNPM, 1996).

A produção da mina de Charqueadas é toda consumida sem beneficiamento em usinas termoeletricas (TERMOCHAR e UTSJ) nas proximidades das minas. Os demais são beneficiados em jigs, colocados junto às minas que fornecem carvões com teores mais baixos de cinzas (35% em média) e poder calorífico mais elevado (Corrêa da Silva e Ferreira, 1985).

O valor comercial de um carvão resulta, normalmente, da combinação do poder calorífico, do teor de cinzas, da granulometria, do conteúdo de enxôfre pirítico e material volátil. O carvão mineral pode ser denominado de carvão energético (CE) quando este não tiver utilidade para indústria siderúrgica, sendo utilizado apenas para obtenção de energia. Normalmente, na denominação de um carvão energético, acrescenta-se o poder calorífico após o prefixo CE, ou seja, um carvão possuindo $4200 \text{ kcal.kg}^{-1}$ será denominado CE-4200 (DNPM, 1996). Os tipos de carvão energético produzidos no Rio Grande do Sul podem ser observados na Tabela 1. De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão (DNPM, 1996), a produção gaúcha de carvão vendável em 1995 correspondeu a 3.908.640 toneladas.

A avaliação ambiental requer a utilização de conceitos multi e interdisciplinares, tendo como base o cenário-alvo pretendido, mediante o conhecimento temático e gradativo da realidade (Tauf, 1991).

O conhecimento da atmosfera merece grande relevância nestes estudos, tanto por sua condição de receptor de emissões como por conter funções de força de grande ação sobre os meios físico, biológico e social. Como corpo receptor, caracteriza-se por promover a dispersão de poluentes das mais variadas fontes, que podem atingir áreas distantes do local gerador do impacto. Como agente, as variáveis climáticas condicio-

nam os tipos de bioma e os processos que agem sobre o meio físico, interagindo com as ações antrópicas. O clima é, também, o mais importante condicionante da frequência e intensidade de atuação dos diversos processos geológicos exógenos (Frank, 1989).

Dentro do projeto “Energia e meio ambiente: a questão do carvão no RS”, a caracterização do clima de superfície é indispensável, pois suas variáveis inferem conclusões sobre a dispersão do SO₂, acidificação dos solos, formações vegetais, características físicas e químicas da água e dos sedimentos de fundo, saúde humana, entre outros (PAD-CT, 1990). Inserido no projeto geral, o presente trabalho teve por objetivos: Caracterizar e analisar o comportamento climático da capa-limite da troposfera inferior, atendo-se às variáveis de superfície. Buscar o estabelecimento de relações entre as variações deste comportamento nos locais analisados, considerando as alterações sofridas pelo sítio geográfico, constituindo-se em uma base teórica para a compreensão do ambiente.

Tabela 1
PRODUÇÃO DE CARVÃO ENERGÉTICO NO RIO GRANDE DO SUL

| Companhia | ROM | PRODUÇÃO VENDÁVEL | | | | | | | |
|----------------|----------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|
| | | CE-5500 | CE-5200 | CE-4700 | CE-4200 | CE-3700 | CE-3300 | CE-3100 | |
| Área de Estudo | CRM | 1.856.663 | 6.051 | 262.807 | 27.020 | 31.950 | - | 1.742.190 | 6.376 |
| | COPELMI | 1.788.156 | | | 135.660 | 2.835 | 343.301 | 26.002 | 301.133 |
| Outras Áreas | PALERMO | 207.819 | 6.051 | 262.807 | 36.141 | 51.300 | - | 14.737 | 3.381 |
| | CANDIOTA | 26.002 | | | - | - | - | 26.002 | - |

Fonte: DNPM (1996)

A exploração do carvão mineral, a partir do início do século, inicialmente se dava através da mineração subterrânea, e posteriormente substituída pela atividade a céu aberto, onde tal técnica fosse possível, introduziu um novo e importante elemento de modificação de extensas áreas. Além da atividade extrativa propriamente dita, o fato da região abrigar duas usinas termelétricas em operação e uma terceira cujas obras se encontram paralisadas, faz das atividades vinculadas à exploração e ao uso do carvão, o principal agente de alteração da paisagem em escala regional.

Quanto à qualidade dos carvões de Leão-Butiá, observou-se em análises imediata, em base seca e poder calorífico do *run-of-mine* de Leão, com valores de 10% de umidade total, 22,4% de materiais voláteis, 30,5% de carbono fixo, 47,1% de cinzas, 1,7% de enxofre total e poder calorífico superior a 3.740 cal/g. A jazida de Charqueadas tem, em média 44% de cinzas e poder calorífico superior, em base seca, próximo a 4.150 cal/g e outras camadas com 3% a menos de cinzas e 200 cal/g a mais de poder calorífico, ambos valores sendo, entretanto, contrabalançados por uma maior intercalação de estéreis nestas camadas. Caracterizado como “Betuminoso de alto volátil C, não aglomerante”, os carvões do Rio Grande do Sul são, em sua quase totalidade, utilizados para alimentar usinas termelétricas (IBGE, 1986).

A mineração subterrânea ativa localiza-se no município de Minas do Leão (mina do Leão I) e no município de Charqueadas (mina de Charqueadas). Estão desativadas a mina de Arroio dos Ratos, mina de Butiá e a mina do Leão II.

A mineração de carvão a céu aberto ativa está representada pela mina do Re-

creio e Butiá Leste no município de Butiá, sendo que as minas de Shumaikal (município de Minas do Leão), mina de Água Boa, mina do Faxinal e mina do Calombo (município de Arroio dos Ratos) estão desativadas.

Os carvões fósseis possuem consideráveis quantidades de matéria mineral a eles associada que, tanto no processo de combustão, quanto na gaseificação, se constitui em resíduo genericamente denominado cinza. Esta pode ser subdividida em escória (cinzas originadas na queima e gaseificação do carvão granulado em grelhas móveis e são retiradas do fundo das fornalhas) cinza pesada (de granulometria mais grossa, que caem para o fundo das fornalhas e gaseificadoras, sendo freqüentemente retiradas por um fluxo de água) e a cinza leve, também denominada cinza volante (constituída de partículas extremamente finas, leves e que são arrastadas pelos gases gerados em gaseificadores industriais) (Rhode, 1998). A produção de cinzas pelas termoelétricas localizadas em São Jerônimo e em Charqueadas, no ano de 1995, é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2
PRODUÇÃO DE ESCÓRIA, CINZA PESADA E CINZA VOLANTE
NO BAIXO JACUÍ, RS

| Usinas Termoeletricas | Município | Escória | Cinza Pesada | Cinza Volante |
|-----------------------|--------------|---------|--------------|---------------|
| UTSJ | São Jerônimo | 29.740 | - | 5.000 |
| TERMOCHAR | Charqueadas | - | 80.315 | 103,281 |

Fonte: Rhode (1998)

As minas ocupam extensas áreas, nas quais as soluções de remediação se encontram, em geral, aquém do minimamente necessário para a manutenção de comunidades naturais estáveis, e a disposição de cinzas e rejeitos de forma descontrolada, principalmente nas áreas mais próximas ao rio Jacuí, provocam alterações cuja importância excede os limites físicos dessas áreas. Além disso, nas áreas urbanas correspondentes ao compartimento geomorfológico de inundação se localizam os complexos termoelétricos de São Jerônimo e Charqueadas. A utilização do carvão como recurso energético gera quantidades significativas de resíduos cinzas e rejeitos, os quais constituem grande problema ambiental causando acidificação dos cursos d'água superficiais e de águas subterrâneas, assoreamento dos arroios, rios e reservatórios associados a alteração da geomorfologia local.

A região do Baixo Jacuí se caracteriza por ser uma região com influência significativa das atividades de processamento de carvão tais como a mineração existente nos municípios de Charqueadas e Minas do Leão; termoelétricas instaladas no município de São Jerônimo e Charqueadas se expandindo com a implantação de uma termoelétrica no município de Eldorado do Sul; e siderúrgica no município de Charqueadas.

A presença de depósitos de rejeitos de carvão e cinzas dispostos de forma inadequada são significativas e constantes nesta área. Os depósitos com espessura variável (desde 0,50 a 5,50 metros) correspondem à década de 30 a 50 e estão localizados no município de Butiá. Os depósitos da década de 40 ao final da década de 80 encontram-

se no município de São Jerônimo e os da década de 60 até o período atual foram identificados e mapeados no município de Charqueadas (Binotto *et al.*, 1999).

Os autores realizaram testes de lixiviação/solubilização para avaliar os possíveis riscos potenciais dos resíduos ao ambiente. Constataram que a disposição dos rejeitos de carvão e cinzas, muitas vezes utilizados pelas prefeituras dos municípios, foi utilizada para construção de aterros e instalação de centros educacionais e industriais. Observam a dificuldade em obter dados sobre a localização, área e volume dos depósitos e a época da deposição destes resíduos, ressaltando que existem falhas de controle em relação a desatinação final dos resíduos provenientes das atividades do processamento do carvão. As empresas responsáveis pela geração dos resíduos (mineradoras e termoeletricas) não foram adequadamente orientadas no sentido de evitar possíveis consequências negativas ao ambiente, baseando a escolha da área de descarte em decisões estritamente econômicas. Os resíduos estudados mostraram que o rejeito de carvão é um potencial poluidor mais significativo pelo pH ácido e teor de sólidos totais elevados nos rejeitos de carvão. No entanto as cinzas, apesar de apresentarem menor potencial poluidor que os rejeitos, podem afetar o ambiente, pois não se configuram como inertes. Estas (as cinzas) serão mais facilmente recuperáveis do que aqueles (os rejeitos de carvão), pelas características físicas e químicas das cinzas que facilitam o crescimento espontâneo de vegetação natural quando os depósitos de cinzas contém camada de solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. F. *Recursos minerais do Brasil*. São Paulo: Edgar Blucher, 1973. v. 2.
- BINOTTO, R.B.; TEIXEIRA, E.C.; SÁNCHEZ, J.C.D.; NANNI, A.S.; FERNANDES, I.D.; MIGLIAVACCA, D.M. *Avaliação ambiental da Região do Baixo Jacuí: localização, descrição e caracterização dos resíduos provenientes das atividades de processamento de carvão*. Porto Alegre: FEPAM/CIENTEC, 1999. 40p.
- CORRÊA DA SILVA, Z. C. Jazidas de carvão no Rio Grande do Sul, Brasil. Curitiba. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 3. *Anais...* Curitiba, 1987. v.2, p.677-687.
- CORRÊA DA SILVA, Z. C. E.; FERRERIRA, J. A. F. Considerações sobre a pesquisa geológica de carvão no Estado do Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM CARVÃO NO RIO GRANDE DO SUL. 1. *Anais*. Porto Alegre, 1985. p.6-21.
- CPRM. Projeto Borda Leste da Bacia do Paraná: integração geológica e avaliação econômica. *Relatório final*, 1986.
- CPRM/PRÓ-GUAÍBA/FEPAM. *Mapeamento geológico integrado da Bacia Hidrográfica do Guaíba, escala 1:250.000*. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento Pró-Guaíba, 1998.
- COPELMI MINERAÇÃO. *Estudo ambiental da mina de Charqueadas*. Porto Alegre: COPELMI, 1994, 2v.
- DNPM. *Informativo anual da indústria carbonífera: ano base 1995*. Brasília, 1996. 210p.
- FRANK, H.T. *Geologia e geomorfologia das folhas de Morretes, São Leopoldo, São Jerônimo, Guaíba e Arroio dos Ratos-RS*. Dissertação de mestrado. Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, 1989. 160p.
- IBGE. Projeto RadamBrasil. *Levantamento de recursos naturais*. Rio de Janeiro, 1986. v.33, 796p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia geral*. São Paulo: Nacional. 399p.

SCHNEIDER, R. L.; MUHLMANN, H.; TOMMASI, E. et al. Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1974. *Anais...* Porto Alegre, 1974, v.1, p.41-67.