

República Federativa do Brasil
Ministério de Minas e Energia
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
Superintendência Regional de Porto Alegre



**PROGRAMA DE INFORMAÇÕES BÁSICAS
PARA A GESTÃO TERRITORIAL
DE SANTA CATARINA**

PROGESC

**ÁREAS MINERADAS PARA CARVÃO
NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA - SC**

*Antonio Silvio J. Krebs
Adalberto A. Dias
Ana Cláudia Viero*

I-36

CPRM - BIBOTE
ARQUIVO
Relatório n.º 2317 S
N.º de Volumes: V.

PRM
014060
2007

**Série Recursos Minerais - Porto Alegre
Volume 02
1994
2ª edição**

EQUIPE TÉCNICA

Luiz Fernando Fontes de Albuquerque
Gerente de Recursos Minerais

Antonio Sílvio Jornada Krebs
Coordenador do PROGESC

Luís Edmundo Giffoni
Serviço de Editoração Regional CPRM

PROGRAMA DE INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL DE SANTA CATARINA PROGESC

Geól. Antonio Sílvio Jornada Krebs
Chefe do Projeto

Geól. Adalberto de Abreu Dias
Geól. Ana Cláudia Viero
Tec. Mineração Lindomar Santos

Ficha Catalográfica

A434 Krebs, Antonio S. J.

Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC / Antonio S. J. Krebs;
Adalberto A. Dias; Ana C. Viero - 2.ed - Porto Alegre: CPRM, 1994

1 v.:il; mapa - (Série Recursos Minerais - Porto Alegre - v. 02)

"Programa de Informações Básicas Para a Gestão Territorial de Santa Catarina -
PROGESC".

1. Planejamento Territorial Regional - Santa Catarina.

2. Mineração - Santa Catarina

I. Dias, Adalberto A.

II. Viero, Ana C.

III. Título

CDU 711.2 (816.4)

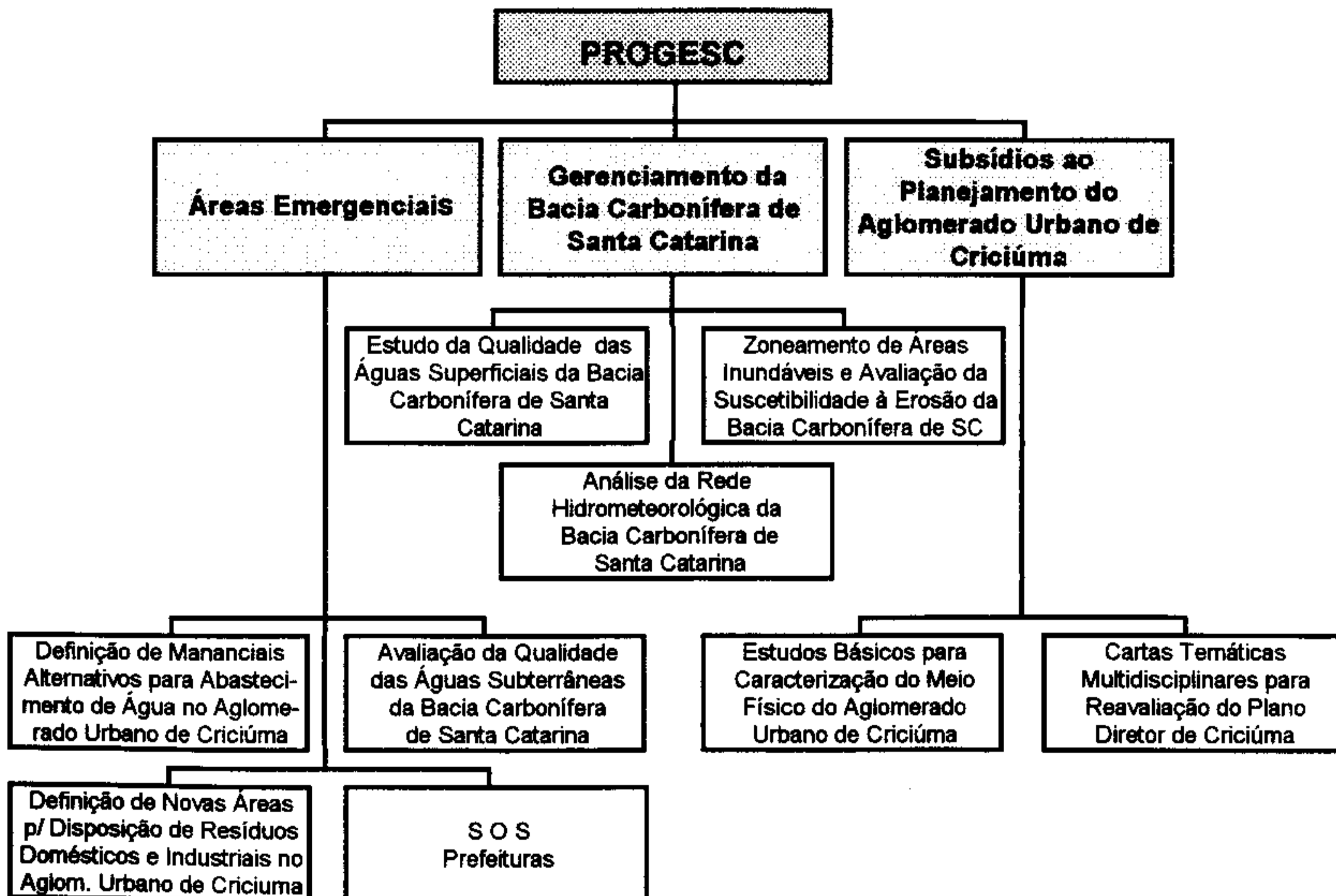
622:553.94(816.4)

Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 01/03/90, abrangendo o litoral sul-catarinense, desde Criciúma, a sudoeste, à Lagoa do Imaruí (Laguna), a nordeste. Cortesia de Selma Mattos Diniz - FATMA.

O PROGESC

Com o objetivo de incorporar efetivamente as características do meio físico e biótico ao planejamento regional e urbano, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, vem desenvolvendo o **Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina - PROGESC**. Este programa é vinculado ao **GATE - PROGRAMA DE INFORMAÇÕES PARA GESTÃO E ADMINISTRAÇÃO TERRITORIAL** da CPRM e está assentado no conhecimento de diferentes atributos do meio físico, e biótico, como declividade, geologia, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia e vegetação, entre outros. A correlação deste conhecimento com informações a respeito de atividades antrópicas, como habitação, indústria, mineração, disposição de resíduos e agricultura, gera diferentes documentos, capazes de fundamentar futuras decisões de nível administrativo.

O desenvolvimento do PROGESC se dará segundo três subprogramas, aos quais estão vinculados nove projetos diferenciados:



Apresentação

Este Volume trata especificamente dos resultados obtidos na execução do **"Mapa das Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC"**, parte integrante das atividades do projeto **"Cartas Temáticas Multidisciplinares para Reavaliação do Plano Diretor de Criciúma, SC"**, visando delimitar as áreas mineradas para carvão no município e caracterizar os riscos potenciais a que estão sujeitas quando da sua ocupação.

Este projeto faz parte do subprograma **"Subsídios ao Planejamento do Aglomerado Urbano de Criciúma"** do PROGESC, que tem seus resultados divulgados através dos volumes relacionados a seguir:

- Declividade do Município de Criciúma, SC
- Geologia do Município de Criciúma, SC
- Geomorfologia do Município de Criciúma, SC
- Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma, SC
- Pedologia do Município de Criciúma, SC
- Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC
- Fontes de Poluição no Município de Criciúma, SC
- Qualidade das Águas Superficiais no Município de Criciúma, SC
- Situação Legal das Áreas Mineradas no Município de Criciúma, SC
- Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma, SC
- Potencial Hidrogeológico do Município de Criciúma, SC
- Áreas de Proteção Legal do Município de Criciúma, SC
- Suscetibilidade à Erosão do Município de Criciúma, SC
- Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Criciúma, SC
- Uso Recomendado do Solo do Município de Criciúma, SC

Este trabalho constitui o Volume 02 da Série Recursos Minerais da Superintendência Regional de Porto Alegre, do Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial - GATE.

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	01
2 - METODOLOGIA	04
3 - PANORAMA DO SETOR CARBONÍFERO NO MUNICÍPIO	05
4 - ASPECTOS GEOLÓGICOS	06
4.1 - Comentários Gerais.....	06
4.2- Descrição das Unidades.	06
4.2.1- Formação Rio Bonito	06
4.2.2 - Formação Palermo.....	09
4.2.3 - Formação Irati.....	09
4.2.4- Formação Serra Geral.....	09
4.3 - Aspectos Estruturais.....	09
5 - EXPLORAÇÃO DO CARVÃO	12
5.1 - Mineração a Céu Aberto.....	12
5.1.1- Considerações Gerais.....	12
5.1.2 - Método de Lavra.....	12
5.2 - Mineração em Subsuperfície	12
5.2.1 - Considerações Gerais.....	12
5.2.2 - Método de Lavra.....	12
5.2.3 - Condições de Teto e Cobertura das Camadas de Carvão.....	13
6 - MINERAÇÃO E MEIO AMBIENTE.....	15
6.1 - Impacto Geral da Mineração Sobre o Meio Ambiente.....	15
6.2 - Riscos Potenciais de Ocupação em Áreas Mineradas.....	16
6.2.1 - Ocupação de Áreas Mineradas a Céu Aberto.....	16
6.2.2 - Ocupação de Áreas Mineradas em Subsuperfície.....	20
6.3 - Fiscalização e Manutenção de Atividades Mineiras.....	26
7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	28
8 - BIBLIOGRAFIA.....	30

ANEXO

- Mapa de Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC. Escala 1:100.000

1 - Introdução

O meio ambiente é matéria emergente nos tempos atuais. Na medida em que a sociedade tem que gerir a necessidade inevitável de crescer, de promover o desenvolvimento urbano, diante das exigências cada vez mais crescentes da demanda, conflita-se com a perspectiva da degradação dos mananciais, do solo, do ecossistema e a conseqüente baixa da qualidade de vida.

A CPRM, no intuito de prestar sua contribuição na busca de soluções que possam resgatar situações agravadas com o uso e ocupação inadequados do solo, promovidas pelo crescimento exacerbado e todas as conseqüências advindas de um processo desordenado de industrialização dos centros urbanos, instituiu o **Programa de Informações para Gestão Territorial - GATE**.

De âmbito nacional, o programa tem por objetivo atender tanto às necessidades emergenciais de curto prazo, como aquelas que exijam uma solução de médio e longo prazo, voltadas para a planificação das administrações estaduais e municipais.

A CPRM, através do **PROGESC - Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina** inicia um trabalho que, num primeiro momento, estará voltado para o sul catarinense, especificamente o município de Criciúma, pretendendo ampliá-lo para todo o estado num futuro próximo.

O município de Criciúma situa-se na porção sudeste do estado de Santa Catarina, distando através da BR-101, 188 km de Florianópolis e 285 km de Porto Alegre (**Figura 1**).

Fundado em 06/01/1880, o município de Criciúma emancipou-se em 04/11/1925. Atualmente, abrange uma área total de 244,83 km² e população de 146.150 habitantes, constituída por descendentes de cinco grupos étnicos distintos: italianos, poloneses, portugueses, negros e alemães.

Apresenta um clima subtropical com temperatura média em torno de 19,2°C e precipitação pluviométrica anual de 1.475 mm.

Possui um diversificado parque industrial, com destaque para o setor cerâmico, constituindo o maior produtor nacional, com 45% da produção e a 2ª maior região produtora do mundo em pisos e azulejos.

A indústria do vestuário também ocupa lugar de destaque, de forma que Criciúma constitui-se atualmente no maior produtor de roupas em tecido plano do estado e um dos grandes produtores do Brasil.

Outras atividades econômicas importantes no município relacionam-se à mineração de carvão, agropecuária, indústrias nos setores plásticos, metal-mecânico e químico.

Devido a sua posição geográfica e seu desenvolvimento industrial e econômico, constitui um centro abastecedor do comércio, indústria e serviços da região sul do estado de Santa Catarina, cujos municípios integrantes somam uma população estimada em 600.000 habitantes.

Objetivando dotar os órgãos municipais, estaduais e federais, que atuam no campo de planejamento e ocupação do solo e na área de licenciamento e fiscalização ambiental, com documentação técnica que balize e agilize a tomada das decisões, o PROGESC contemplou o município com o projeto **Cartas Temáticas Multidisciplinares para Reavaliação do Plano Diretor de Criciúma**, do qual faz parte este trabalho. A elaboração e cruzamento de diferentes cartas temáticas (**Figura 2**), pretende fornecer informações a respeito do meio físico, enfatizando os riscos de ocupação de áreas mineradas e a utilização de recursos hídricos comprometidos pelas diferentes fontes de poluição existentes no município.

Dentro deste contexto, o volume **Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma**, caracteriza e cartografa as áreas mineradas no município, bem como

identifica os riscos potenciais a que estão sujeitas estas áreas quando da sua ocupação.

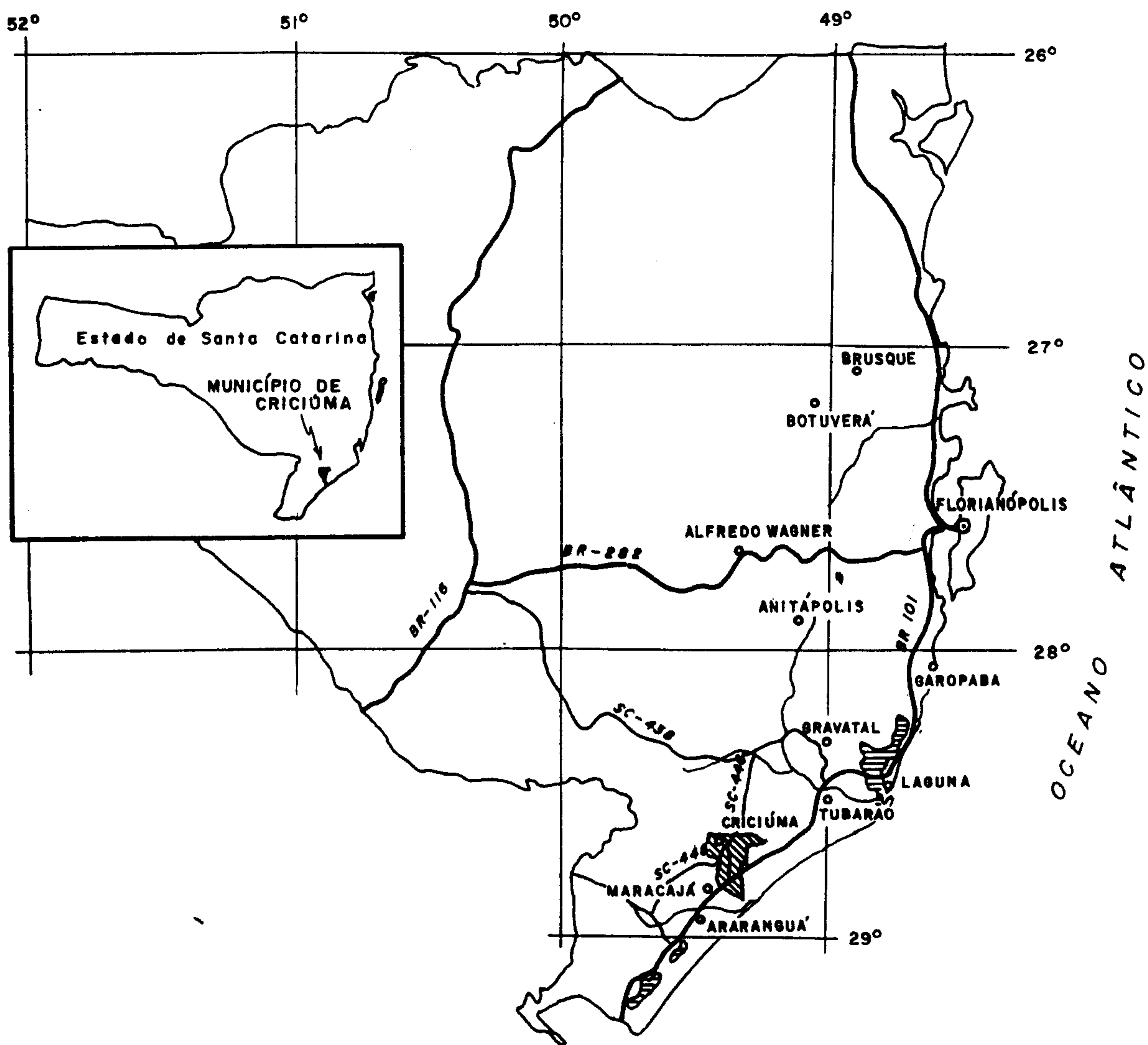


Figura 1 - Localização do Município de Criciúma

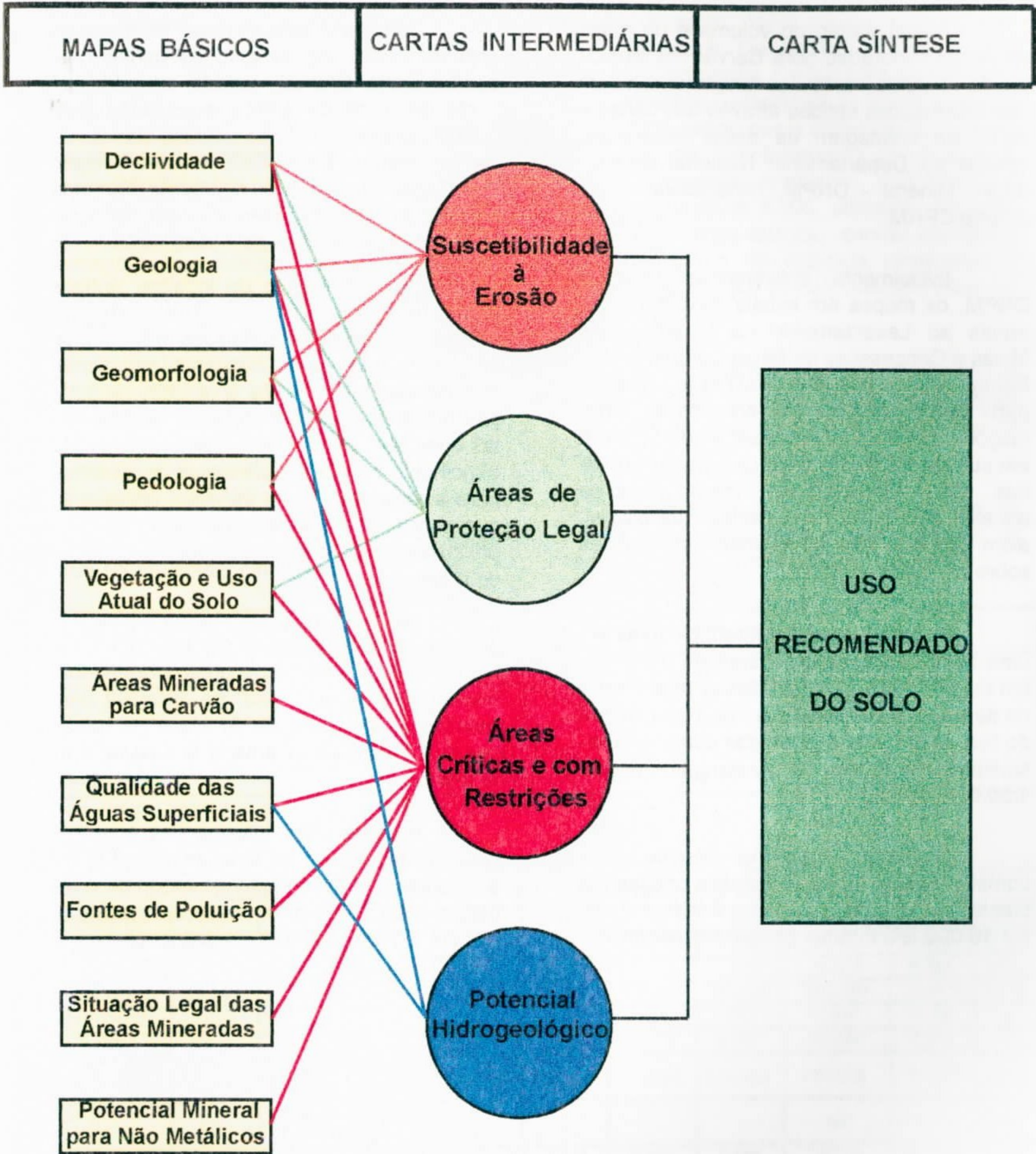


Figura 2 - Mapas e Cartas Temáticas do Município de Criciúma

A elaboração do volume e do mapa de Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma baseou-se fundamentalmente nas informações obtidas através das cartas e perfis de sondagem de áreas mineradas, obtidos no Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM, mineradoras e na própria CPRM.

Inicialmente, obtiveram-se junto ao DNPM, os mapas em escala 1:20.000, referentes ao Levantamento da Situação das Minas e Concessões da Bacia Carbonífera de Santa Catarina (CAVALCANTI et al. 1984). A partir destes mapas, obtiveram-se as informações das áreas mineradas a céu aberto e em subsuperfície. No caso das áreas mineradas em subsuperfície, individualizou-se aquelas com e sem recuperação de pilares, além das que não apresentam informações sobre o método de lavra.

Estas informações foram plotadas em uma base cartográfica da área do município em escala 1:25.000, digitalizadas pela Diretoria de Geologia e Hidrologia - DGH, da CPRM do Rio de Janeiro, a partir das cartas planialtimétricas Criciúma e Araranguá, escala 1:50.000, do IBGE.

O mapa preliminar resultante foi complementado com informações obtidas em plantas de detalhe, escalas 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000, elaboradas pelas mineradoras.

Também foram plotadas no mapa as espessuras do capeamento da camada de carvão Barro Branco, obtidas a partir dos perfis de furos de sonda executados pela CPRM, apresentados nos projetos Carvão de Santa Catarina (FABRÍCIO, 1973) e Programa Carvão Energético de Santa Catarina (KREBS et al., 1981), além de perfis de furos executados pelas próprias mineradoras.

Com o objetivo de localizar antigas áreas mineradas, definir o método de lavra utilizado e saber as condições em que se encontram estas áreas, buscaram-se junto às mineradoras informações a respeito de antigos funcionários que pudessem elucidar estas questões. Por não terem sido obtidas até o momento todas as informações necessárias para a realização deste trabalho, ressalta-se que o documento apresentado é de caráter preliminar e será complementado no decorrer do projeto.

As informações dos furos de sondagem foram submetidas a um tratamento no computador, através do programa SURFER, onde foi gerado um "grid" de 100x100, que possibilitou a elaboração do Mapa de Isópacas da Cobertura da Camada de Carvão Barro Branco.

A análise das informações apresentadas neste documento, tais como, espessura e natureza do capeamento e método de lavra utilizado, permitirá uma avaliação preliminar das áreas de maior risco à subsidência.

3 - Panorama do Setor Carbonífero no Município

Apesar de reservas expressivas de carvão mineral, o setor encontra-se em franco desaquecimento. Medidas protecionistas de mercado fizeram com que as mineradoras não fossem estimuladas na busca de mercados alternativos para o carvão mineral. A falta de investimento em pesquisas e experimentos neste sentido, impediram o crescimento do carvão para novos usos, limitando em consequência a conquista de novos mercados.

Desde o final do século passado, quando se tem registro da implantação das primeiras minas de carvão no município de Criciúma, até os dias de hoje, já foram minerados 58,83 km², correspondendo a 24% da área municipal, sendo 23,65% minerados em subsuperfície e 0,35% a céu aberto.

Atualmente, encontram-se em atividade no município cinco empresas de mine-

ração, a saber: Nova Próspera Mineração S.A., Mineração Pérola Ltda., Mineração São Simão, Companhia Carbonífera Catarinense e Companhia Carbonífera de Mineração São Domingos, sendo que a última realiza apenas atividade de beneficiamento no município. Estas empresas produzem principalmente carvão energético 4.500, utilizado para geração de energia elétrica, carvão energético 5.200, utilizado na indústria cimenteira, e carvão metalúrgico (finos), utilizado para coque de fundição.

A Tabela 1 apresenta os valores em cruzeiros reais de cotas e faturamento líquido destas empresas no mês de dezembro de 1993.

A Tabela 2 apresenta as vendas de carvão energético por setor de consumo no primeiro semestre de 1994.

Tabela 1 - Faturamento Líquido e Cotas em Dez/93

Carboníferas	Cotas Atuais	Faturamento Líquido
Nova Próspera	23.370,00	194.016.104,10
Pérola	2.000,00	16.603.860,00
São Simão	2.000,00	16.603.860,00
São Domingos	2.000,00	16.603.860,00

Fonte: Boletim Informativo do Departamento Nacional de Combustíveis (DNC)

Tabela 2 - Vendas de Carvão Energético por Setor de Consumo

SEGMENTO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	TOTAL	MÉDIA	%
ALIMENTOS	3.263	165	3.372	3.119	6.481	10.251	7.769	34.420	4.917	2.98
CERÂMICA	6.320	4.699	6.197	6.334	6.852	6.674	7.450	44.526	6.361	3.85
CIMENTEIRO	33.780	32.596	31.253	28.687	29.088	23.932	26.554	205.890	29.413	17.81
INDUSTRIAL	2.029	1.214	1.399	1.474	1.68	331	452	7.967	1.138	0,69
COQUERIA	6.543	6.525	9.265	7.787	7.707	7.680	5.397	50.904	7.272	4,40
ENERGIA ELÉTRICA	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	770.000	11.000	66,61
AGROPECUÁRIA	69	3		13				85	12	0,01
PAPEL-CELULOSE	2.766	2.425	3.593	3.408	2.425	2.673	1.646	18.936	2.705	1,64
TEXTIL	483	786	701	752	821	543	501	4.587	655	0,40
MINERAÇÃO	1.271	5.670	5.730	1.110				13.781	1.969	1,19
OLARIA	1.851	437	546	331	385	496	208	4.254	608	0,37
OUTROS			277	274		28	29	608	87	0,05
TOTAL	168.375	164.520	172.333	163.289	164.827	162.608	160.006	1.155.958	165.137	100

Fonte: Boletim Informativo do Departamento Nacional de Combustíveis (DNC)

4 - Aspectos Geológicos

4.1 Comentários Gerais

Em síntese, cerca de 2/3 da área do município é constituída por litótipos da Formação Palermo, os quais estão distribuídos na sua quase totalidade desde o limite sul da região urbana da cidade de Criciúma, até a extremidade sul do município.

Na faixa urbana propriamente dita,

em sua parte central e nos limites leste e oeste, tem-se a área de ocorrência da Formação Rio Bonito. Esta, juntamente com remanescentes isolados da Formação Palermo, da Formação Irati e também de parte de um "sill" básico (Formação Serra Geral) de dimensões regionais, constituem o restante 1/3 das unidades geológicas presentes. A **Figura 3** apresenta a coluna estratigráfica da área.

PERÍODO	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA				LITOLÓGIAS
	GRUPO	SUBGRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO	
QUATERNÁRIO					Depósito de coluviões e aluviões
JURÁSSICO	São Bento		Serra Geral		Diabásio cinza-esverdeado, granulacão fina a média, geralmente fraturado verticalmente e com vênulas calcíferas
P E R M I A N O	T U B A R Ã O	G U A T Ã	Estrada Nova		Siltitos e folhelhos cinza escuros, com raras intercalações de arenitos finos violeta-acinzentados
			Irati		Folhelhos e siltitos pretos com níveis pirobetuminosos e lentes de calcário
			Palermo		Siltitos cinza e cinza-esverdeados, com arenitos intercalados
			R I O	Siderópolis	Arenito cinza-claro, geralmente fino a médio, subordinadamente ocorrem siltitos, folhelhos, camadas de carvão
			B O N I T O	Paraguaçu	Siltitos cinza-esverdeados, subordinadamente arenitos finos; camada de carvão
				Triunfo	Arenito cinza-claro, fino a grosseiro, subordinadamente siltitos cinza-escuros, raramente carvão
Permo-carbonífero		Itararé	Rio do Sul		Ritmitos, diamictitos, arenitos e, subordinadamente, conglomerados
Pré-Cambriano	Pedras Grandes				Rochas graníticas, quartzo-monzoníticas e granodioríticas

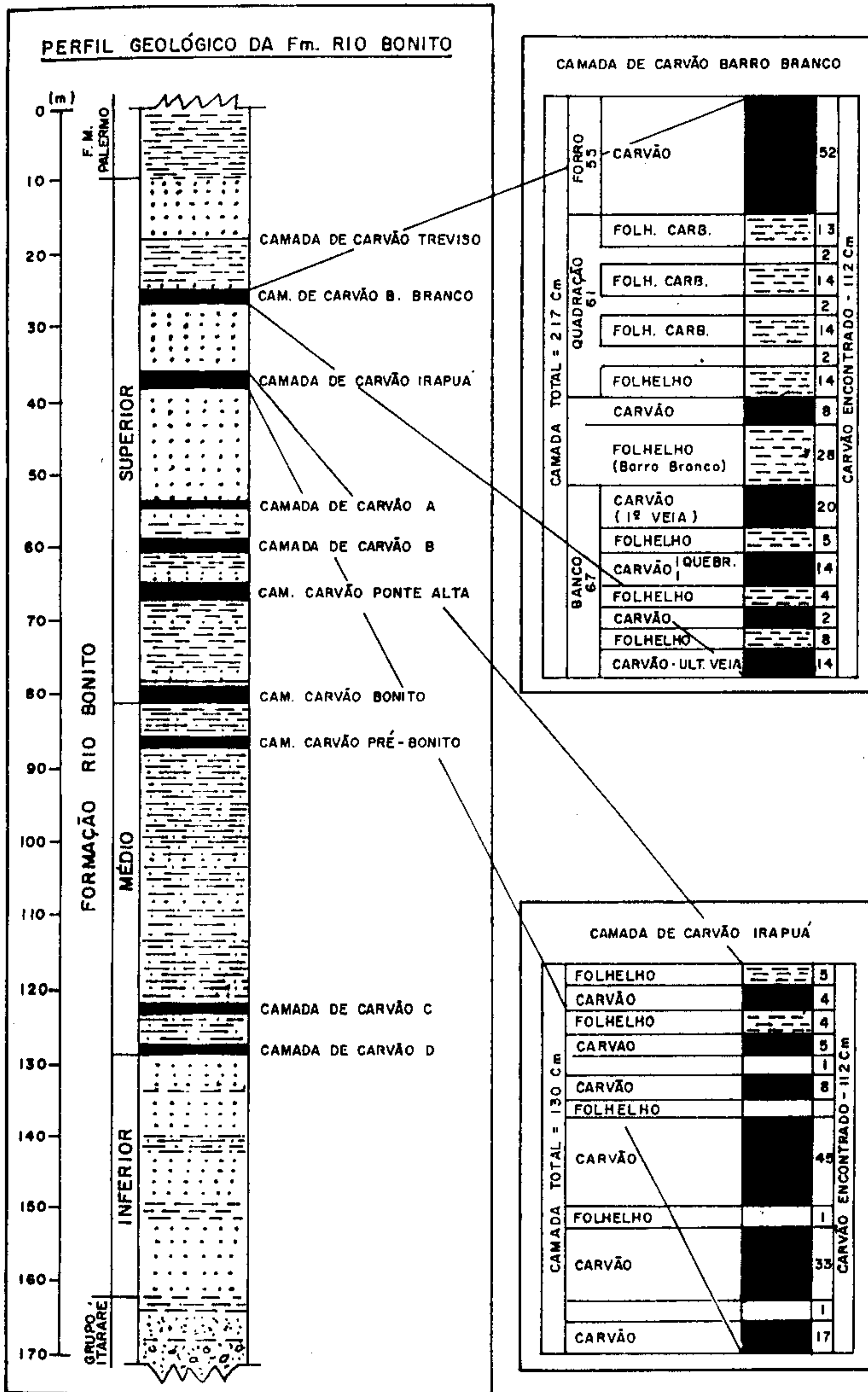
Figura 3 - Coluna Estratigráfica da Área

4.2 Descrição das Unidades

4.2.1 Formação Rio Bonito

Essencialmente, a unidade está representada por fácies transicionais características de ambientes lagunares associados a cordões litorâneos, identificados como Membro Siderópolis, topo da Formação Rio Bonito.

A Formação Rio Bonito encerra as principais camadas de carvão exploradas (**Figura 4**), com destaque para a camada Barro Branco (**Foto 1**) e, secundariamente, para a camada Irapuá. Constituem o terço superior do membro com aproximadamente 35 m de espessura nas proximidades da localidade de Sangão. Na localidade de Rio Maina, a camada Irapuá se encontra a uma profundidade variável de 20 a 30 m.



LEGENDA

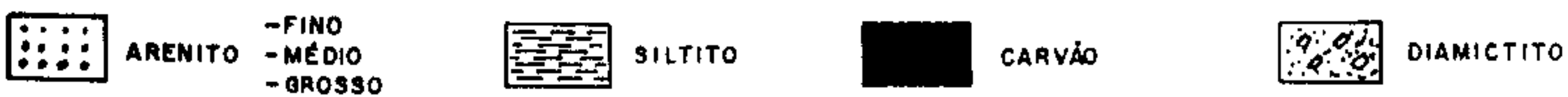


Figura 4 - Camadas de Carvão na Jazida de Santa Catarina (seg. Machado e Col. 1962, mod.)

A **Figura 5** mostra a superfície da camada de carvão Barro Branco, na área da Mina B. Para elaboração desse bloco diagrama, foram consideradas as informações referentes aos furos executados pela CPRM e mineradoras na referida área. Ressalta-se que não foram avaliados os aspectos estruturais, motivo pelo qual não estão representadas as falhas.

Litologicamente a unidade é constituída por arenitos finos cinza-esbranquiçados, quartzosos, bem selecionados, com laminação plano-paralela, ondulação, "flaser", interlaminação ("wavy", "linsen") na base com siltitos escuros, carbonosos, com bioturbação ou, não raro, dispostos transgressivamente sobre a camada de carvão.

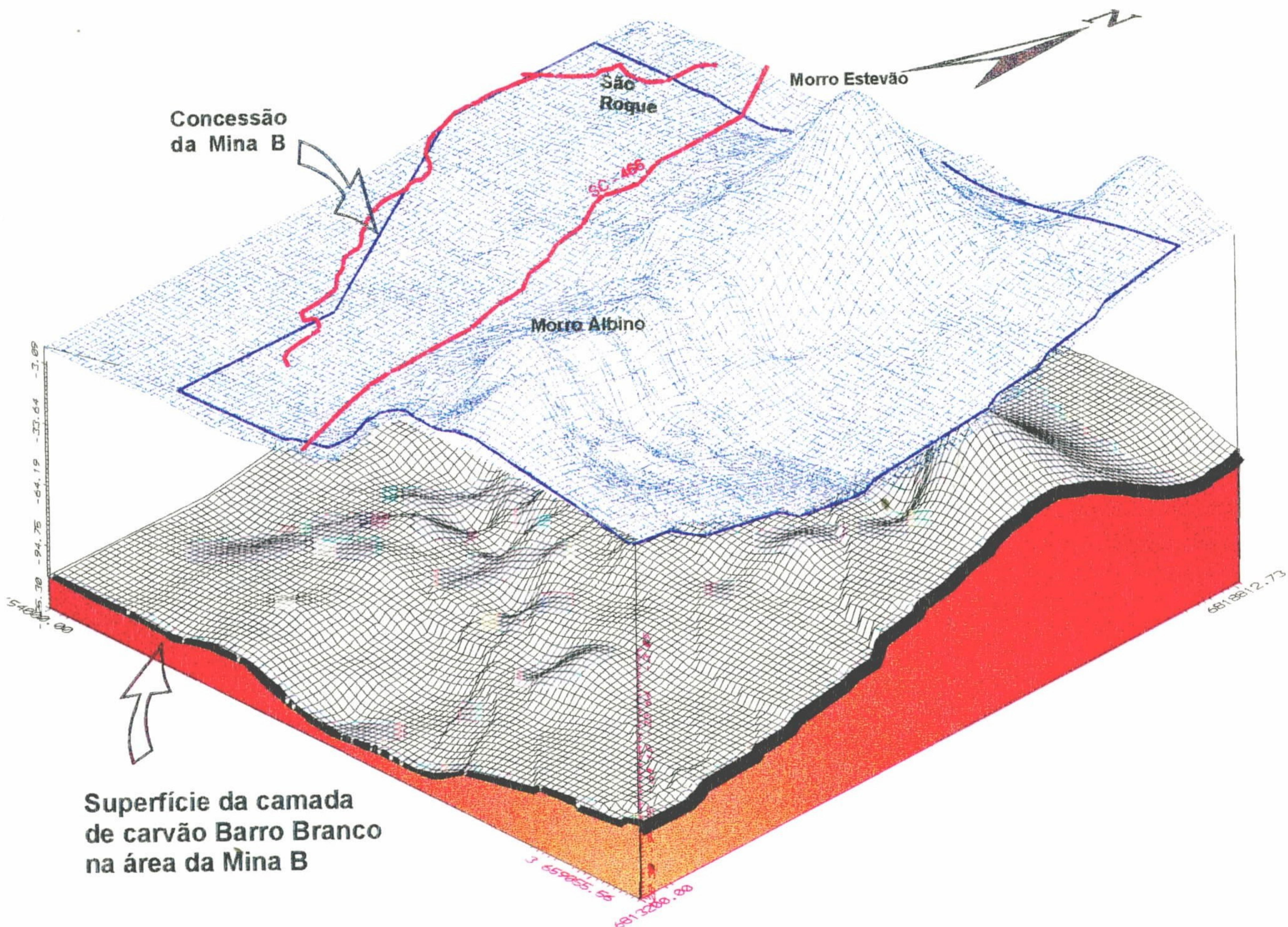


Figura 5 - Modelagem da Capa da Camada de Carvão Barro Branco e da Superfície do Terreno na Área da Concessão da Mina B.

Também ocorrem pulsos espessos de camadas de arenitos claros, quartzo-feldspáticos, médio a grosseiros, com estratificação cruzada acanalada, de menor seleção, possivelmente relacionadas com situações mais continentais de proveniência (Foto 2).

4.2.2 Formação Palermo

De maior expressão em área, apresenta uma espessura média de 92 m. Em afloramento desenvolve uma cor de alteração cinza-amarelada característica (Foto 3).

É constituída, genericamente, por siltitos cinza a cinza-escuros, interlaminados em direção à base com arenitos finos, estruturados segundo ondulações, "flaser", microcruzada acanalada e, não raro, com fortes bioturbações. Gradam superiormente a siltitos arenosos, cinza-escuros a cinza-esverdeados, com laminações plano-paralela, ondulada e, mais raramente, cruzada acanalada. No topo, são freqüentes as concreções carbonáticas.

4.2.3 Formação Irati

Sua área de ocorrência se circunscreve aos principais altos geográficos da região, como o Morro da Vila Olímpica no centro-norte, e, também, junto ao Morro Esteves e ao Morro Albino, na parte sul do município.

Com espessura delgada (\cong 40 m), está sotoposta ao "sill" básico (Formação Serra Geral), o qual consumiu e metamorfoisou grande parte da unidade quando da sua colocação, reduzindo-a a aproximadamente 10-15 m.

Litologicamente é constituída por uma seqüência monótona de siltitos e folhelhos, cinza-escuros a pretos, betuminosos, com freqüentes concreções e nódulos de pirita. Na base, via de regra, possui cimento carbonático ou mesmo pequenos leitos de calcário oolítico impuro.

4.2.4 Formação Serra Geral

Associada aos derrames basálticos

da Formação Serra Geral, ocorre na região extensa soleira de diabásio, de âmbito regional, que corta as unidades gonduânicas no intervalo da Formação Irati.

Com espessura variável entre 20-50 m, sua faixa de ocorrência está principalmente restrita aos já mencionados altos geográficos, onde por resistência diferencial aos processos de intemperismo e erosão, desenha feições de relevo sob a forma de mesas.

Uma estreita faixa deste "sill" básico é constatada também no limite noroeste do município, onde tende a se espessar, representando a continuidade do corpo para norte.

Petrograficamente, apresenta textura porfirítica ou glomero-porfirítica, inequigranular média a afanítica. Raramente apresenta amígdalas circulares ou irregulares, preenchidas por quartzo, carbonatos e/ou argilo-minerais (celadonita). A composição mineralógica é constituída principalmente por plagioclásio, piroxênio, além de olivina e quartzo em pequenas proporções como componentes da matriz.

4.3 Aspectos Estruturais

Uma análise preliminar com base em informações da geologia da superfície, da fotogeologia e de áreas mineradas, permite dividir a região de Criciúma em dois grandes blocos estruturais.

Um bloco alto, alçado, situado na porção norte, incluindo a maior parte do perímetro urbano da cidade, e um bloco baixo, afundado, de maior extensão, envolvendo desde o limite sul da área urbana (Pinheirinho) até o extremo sul do município.

Neste bloco sul, aparentemente mais estabilizado, é onde situam-se as grandes minas de subsuperfície (Minas A e B), sob o espesso pacote da cobertura da Formação Palermo.



Foto 1 - Detalhe da camada de carvão Barro Branco. Localidade de Linha Anta.



Foto 2 - Arenito do topo da Formação Rio Bonito mostrando estratificação cruzada acanalada. Bairro Santa Augusta.



Foto 3 - Na porção centro-sul do município a camada de carvão Barro Branco é capeada por espessa seqüência rítmica de siltitos cinza-chumbo, laminados e físeis da Formação Palermo. Na base da seqüência, junto ao contato com a Formação Rio Bonito, são freqüentes intercalações arenosas. Bairro Próspera.

O bloco alçado do lado norte mostra, pelo menos aparentemente, situações tectono-estruturais diferenciadas desde o leste até o oeste.

A porção central do bloco é a mais positiva e a mais estável, gerando condições de afloramento das camadas de carvão (Barro Branco, Irapuá) na meia encosta do relevo. Tal situação prevalece para leste, até as imediações de Linha Batista, apenas para a camada Barro Branco, já que o relevo se deprime acentuadamente pela ausência da soleira que sustenta a topografia, e as condições do paleorelevo talvez não fossem tão favoráveis a depósitos de carvão.

Em Linha Batista, o sistema de falhas N35-50E, promove o aparecimento de fossas localizadas que interrompem a continuidade dos horizontes de carvão, gerando condi-

ções de jazida em subsuperfície. Para o extremo leste, a proximidade com o embasamento e a presença do sistema N45-55W atuante, parece ter gerado condições de blocos altos pós-Itararé.

Para oeste, em direção a Rio Maina, Mina União e Metropolitana, o sistema N35-50E está bastante impresso, tanto em fotografias como nas informações de subsuperfície. Observa-se o afundamento dos horizontes de carvão nesta direção, sugerindo uma polaridade do basculamento dos blocos falhados segundo este gradiente, talvez cedendo sob o peso da soleira básica que tende a sofrer espessamento.

No extremo oeste, próximo a São Defende, o sistema N45-55W limita jazidas em subsuperfície pelo afundamento que provoca no bloco sul.

5.1 Mineração a Céu Aberto

5.1.1 Considerações Gerais

A análise do Mapa de Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, SC, mostra claramente que as áreas mineradas a céu aberto no município situam-se nas suas porções noroeste, nas proximidades das localidades de Boa Vista e Rio Maina, e nordeste, junto à localidade de Linha Batista.

Com exceção das áreas situadas a sul de Boa Vista, todas as demais apresentam um controle tectônico, mostrando uma passagem abrupta de mineração a céu aberto para mineração em subsuperfície.

Atualmente, quase todas as áreas mineradas a céu aberto encontram-se exauridas, exceto aquelas próximas à localidade de Linha Batista, exploradas pela Mineração Pérola Ltda.

5.1.2 Método de Lavra

A exploração de carvão é realizada através de lavra mecanizada, utilizando trator de esteiras e "dragline" para retirada do capeamento e, escavadeira hidráulica para desagregação e desmonte da camada de carvão.

O carregamento é realizado através de carregadeira S-90 ou similares e o transporte até o beneficiamento com caminhões caçamba.

5.2 Mineração em Subsuperfície

5.2.1 Considerações Gerais

No município de Criciúma, a mineração em subsuperfície é mais freqüente que a mineração a céu aberto, tendo sido desenvolvida em quase todos os seus setores, principalmente, nas porções central e noroeste.

Atualmente, são mineradas no município duas camadas de carvão, a saber,

Barro Branco e Irapuá. Ambas as camadas situam-se no terço superior da Formação Rio Bonito.

Todas as empresas de mineração no município desenvolvem lavra em subsuperfície: a Nova Próspera Mineração S.A. é responsável pela maior produção de carvão em subsuperfície, lavrando atualmente a Mina A situada na porção centro-sul do município; a Mineração São Simão lavra área situada na porção norte do município, junto aos bairros São Simão/Naspolini; a Mineração Pérola Ltda. lavra na porção nordeste próximo à localidade de Linha Batista, e a Companhia Carbonífera Catarinense lavra a Mina Rio Maina - Poço 3, situada na porção noroeste.

5.2.2 Método de Lavra

O método de lavra utilizado em subsuperfície é de câmaras e pilares. A princípio, a lavra era realizada com recuperação de pilares. A partir de meados de 1990, o DNPM não mais permitiu o desmonte de pilares em minas de carvão, visando a preservação da superfície e dos aquíferos subterrâneos.

No caso da Mineração São Simão, o acesso é feito através de galerias de encosta e, nas demais, por poços e planos inclinados.

Na Nova Próspera Mineração S.A., a lavra é realizada utilizando cinco conjuntos mecanizados marca Joy e uma perfuratriz de teto FMC. O transporte do carvão no subsolo é feito por correia transportadora e de pessoal e materiais por locomotivas (Foto 4). A lavra na Companhia Carbonífera Catarinense é semi-mecanizada, utilizando "bobcats" para o carregamento e correias transportadoras para o escoamento do carvão. Nas minas da Mineração São Simão, atualmente pertencentes à Mineração Pérola Ltda., o método de lavra empregado é manual, sendo o carvão transportado por vagonetas de madeira, traçadas por cabo sem fim.

5.2.3 Condições de Teto e Cobertura das Camadas de Carvão

O conhecimento da constituição litológica do teto e a espessura da cobertura das camadas de carvão é fundamental na previsão de riscos de subsidência em áreas mineradas em subsuperfície.

Considerando o ambiente geológico em que se geraram as camadas de carvão, o tipo de teto mais esperado seria constituído por siltitos, arenitos e, ocasionalmente, camadas de siltito carbonoso.

Os estudos realizados mostram que na região de Criciúma verifica-se uma grande variação lateral de fácies como teto das camadas do carvão. Isto pode ser observado nos perfis de furos de sondagem apresentados em Krebs et al. (1983), na área da Mina II (Figura 6).

O teto imediato das camadas de carvão regionalmente conhecido como "ale-

vante", algumas vezes é constituído por arenito maciço, o que facilita sobremaneira o escoramento da mina. Entretanto, na maioria dos casos, o "alevante" é constituído por siltito rico em pirita. Com a abertura das galerias e a exposição desse siltito ao fluxo de ar da ventilação, há a rápida oxidação da pirita, que aumentando consideravelmente de volume força o deslocamento da laminação do siltito.

A instabilidade do teto da camada de carvão também é função do grau de fraturamento da seqüência de cobertura. A leitura de mapas e informações de campo mostram que na região sul do município, mais especificamente na área da Mina B, o pacote sedimentar que capeia a camada de carvão apresenta-se pouco afetado por fraturamentos, embora tenham sido identificados falhamentos expressivos. O mesmo não ocorre na área da Mina União, situada na porção nordeste do município, onde um complexo sistema de falhamentos compromete a estabilidade do capeamento.



Foto 4 - Transporte de carvão através de correia transportadora do subsolo para os locais de beneficiamento. Localidade de Sangão.

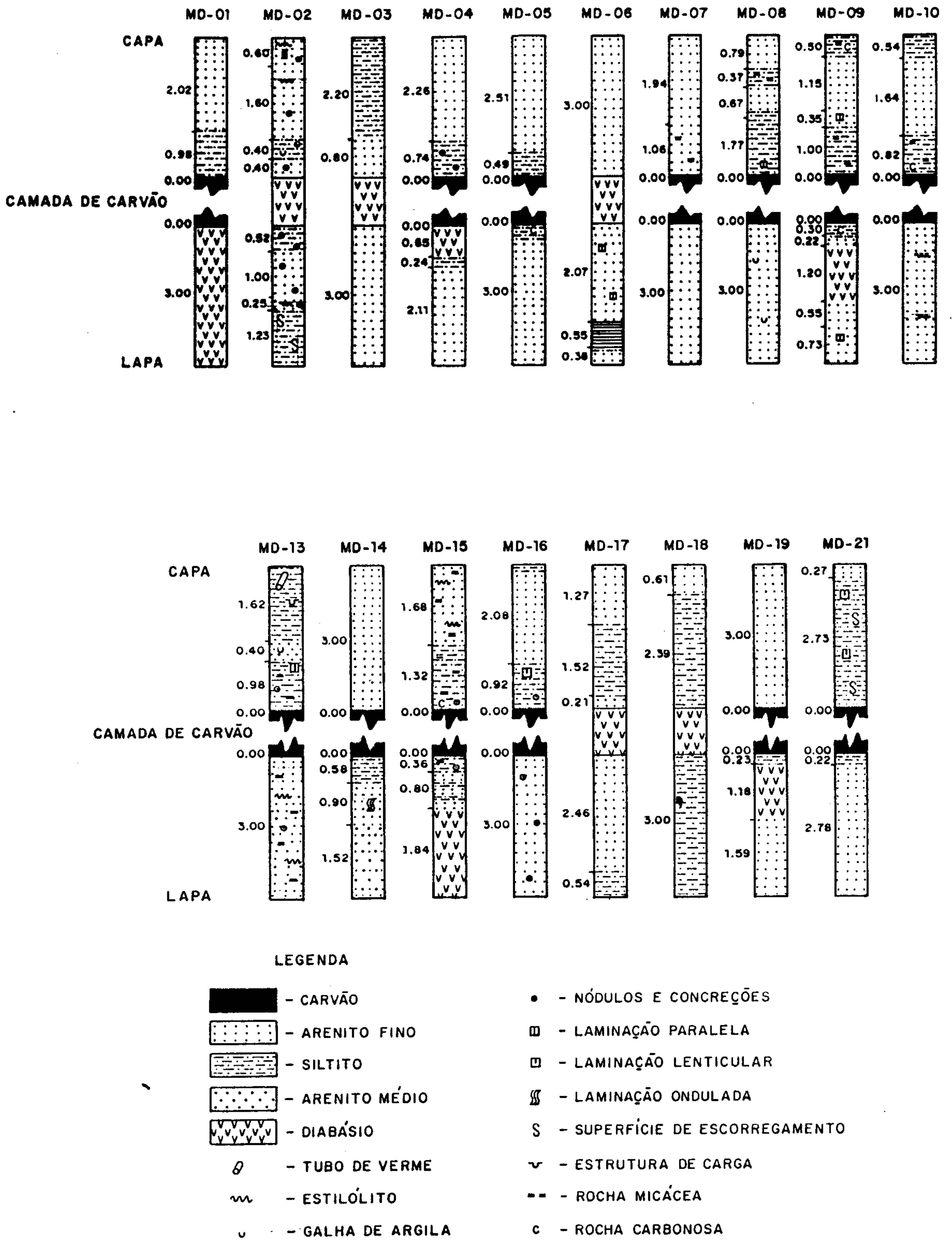


Figura 6 - Detalhe da Capa e Lapa da Camada Barro Branco (Krebs et al., 1983)

6 - Mineração e o Meio Ambiente

6.1 Impacto Geral da Mineração Sobre o Meio Ambiente

O início da exploração do carvão, no final do século passado, instalou o processo de degradação do meio ambiente no município.

Face ao total descaso e das tímidas iniciativas tomadas pelas empresas mineradoras e autoridades governamentais no sentido de minimizar o problema, este foi sendo gradativamente agravado. Com o decorrer do tempo, a exacerbação das atividades aceleraram o desequilíbrio, imprimindo à paisagem um aspecto desolador, particularmente em áreas de lavra a céu aberto.

A poluição é ampla e irrestrita. Grande parte da rede hidrográfica da região que sofreu a exploração mineral está com-

prometida. A qualidade da água proveniente destas bacias, que drenam uma área com aproximadamente 1.900 km² em toda região carbonífera, está bastante abaixo dos padrões mínimos exigidos pela OMS e pela Legislação Ambiental Estadual, tornando crítica a questão do abastecimento.

Mesmo os mananciais subterrâneos, quando não destruídos pelas atividades exploratórias, mostram sinais de contaminação, apresentando elevados índices de acidez, ferro total e sulfatos (**Foto 5**).

Todos os níveis do processo de mineração do carvão concorrem para a degradação do meio físico e biótico. Desde a frente de lavra, passando pelo beneficiamento, áreas de rejeito, transporte, estendendo-se também ao uso e transformação.



Foto 5 - Bacia de decantação onde são lançados os efluentes provenientes do beneficiamento do carvão. Constitui fonte de poluição dos aquíferos subjacentes. Localidade de Sangão.

Rejeitos piritosos e estéreis, abandonados de forma descriteriosa, comprometem áreas superiores a 5.000 ha na região carbonífera (**Foto 6**). A lixiviação destas pilhas, por outro lado, contribui para a acidificação do solo e das águas superficiais. Em épocas de cheia, seus rejeitos nocivos agri-dem áreas de cultivo pela deposição da suspensão piritosa.

Comprovadamente, a potencialidade do solo é afetada onde as águas superficiais poluídas são utilizadas para o plantio irrigado. Também a subsidência e solapamento da superfície, em áreas de lavra subterrânea, afeta a potencialidade do solo na área rural e ameaça a estabilidade das edificações no centro urbano.

A poluição, em nível atmosférico, se faz através de altos índices de cinzas e enxofre, provenientes da exploração do carvão, somados a outros particulados oriundos da indústria cerâmica, coquearias, oxidação da pirita em rejeitos abandonados, olarias, estufas de fumo e demais indústrias.

Afora a agressão que provocam ao meio ambiente e biota, os particulados determinam graves prejuízos à qualidade de vida e à saúde das comunidades.

Outra forma de contaminação bastante comum é a utilização de rejeito de mineração como material de empréstimo para o aterramento de áreas baixas e posterior construção de vilas e condomínios, além da sua utilização para o recobrimento primário de estradas. A exposição deste material à lixiviação das águas pluviais expande o processo de poluição para áreas sem atividades mineiras (**Foto 7**).

A análise dos impactos ambientais gerados pela mineração deve levar em conta

os diversos aspectos ligados a sua ocorrência. Assim, os mesmos devem ser avaliados quanto às suas características, podendo ser diretos ou indiretos; temporários ou permanentes; imediatos, de médio e/ou longo prazo; reversíveis ou irreversíveis; locais ou regionais e ainda benéficos ou adversos. A **Tabela 3** apresenta uma descrição resumida dos diversos impactos da mineração sobre o meio físico e biótico e suas respectivas medidas mitigadoras.

6.2 Riscos Potenciais de Ocupação em Áreas Mineradas

6.2.1 Ocupação de Áreas Mineradas a Céu Aberto

A retirada de parte do maciço rochoso para extração do carvão em uma determinada área, sem um planejamento adequado, acarreta mudanças no comportamento geotécnico da mesma, podendo sua ocupação ocasionar situações de risco.

Em Criciúma pode-se constatar facilmente que, com algumas exceções, as áreas lavradas a céu aberto não obedeceram critérios técnicos, originando áreas degradadas com alto grau de comprometimento ambiental, caracterizando-se como áreas inadequadas à ocupação. De qualquer forma, devido à grande expansão urbana verificada nos últimos anos, estas áreas vêm sendo gradativamente utilizadas para implantação de loteamentos populares.

Pelo fato destas áreas não terem sido recuperadas, estando, portanto, destituídas de cobertura vegetal, solo e sistema de drenagem superficial, a exposição à atuação dos processos erosivos pode causar grandes transtornos à comunidade e gastos imprevisíveis ao poder público.



Foto 6 - Pilha de rejeito. Área inadequada para ocupação. Esse material apresenta baixa capacidade de carga para edificações. Quando alterado, origina material argiloso impermeável, que em épocas chuvosas torna-se muito colapsível devido à saturação. Localidade de Sangão.



Foto 7 - Área aterrada com rejeito de mineração ocupada irregularmente. Verifica-se na drenagem coloração esverdeada devido à lixiviação da pirita contida nas pilhas de rejeito. Bairro Cidade Mineira.

Tabela 3 - Tabela Resumo dos Impactos Ambientais

IMPACTO	CONSEQUÊNCIA	CARACTERIZAÇÃO	MITIGAÇÃO OU COMPENSAÇÃO
Erosão Hídrica	Contaminação de água e solo, assoreamento, destruição de drenagens, ruas	Direto, adverso, temporário, imediato, reversível, local e regional	Reservatórios e barragens de rejeitos, drenagem adequada, evitar exposição de solo e rocha em locais declivosos
Escoamento das Águas em Superfície	Modificação do regime de escoamento, represamento ou aceleração do fluxo hídrico	Direto, adverso, irreversível, imediato, permanente, local e regional	Evitar acúmulo de materiais extraídos sobre as drenagens, manutenção do fluxo original através de planejamento prévio, evitar represamentos
Deposição de Sedimentos ou Partículas	Contaminação de água e solo, assoreamento	Direto, adverso, temporário, imediato, reversível, local e regional	Uso adequado de reservatórios e barragens de rejeitos, evitar exposição de solo e rochas por longos períodos e em locais inadequados
Interações Físico-Químicas na Água e no Solo	Comprometimento da qualidade da água e solo, interrupção de processos pedogenéticos, interações secundárias com a água subterrânea, danos severos a vegetação e a fauna	Direto, adverso, imediato, permanente, irreversível e regional	Medidas semelhantes àquelas da erosão hídrica reforçando-se o aspecto de impermeabilização de depósitos de rejeitos, com drenagem que evite a entrada de águas pluviais na zona minerada
Movimentação das Águas de Subsuperfície	Alteração da infiltração e escoamento subterrâneo, contaminação	Direto, adverso, imediato, permanente, irreversível e regional	Manutenção de nascentes, desvio de águas subsuperficiais da área minerada, controles periódicos da qualidade da água verificando a eficiência dos sistemas de impermeabilização
Circulação de Gases e Partículas na Atmosfera	Dispersão de partículas e gases, prejudicando a qualidade do ar, problemas para manutenção do nível de vida animal e vegetal	Direto, adverso, imediato, temporário, reversível, local e regional	Instalação de sistemas eficientes de filtragem na queima de carvão, precipitadores de partículas
Potencialização e Desenvolvimento de Vibrações e Subsídências	Danos para edificações e zonas agricultáveis	Direto, adverso, permanente, ocorrência a médio e longo prazos, local, reversível	Dimensionamento adequado de explosões e de estruturas de contenção de galerias
Remoção da Vegetação e do Solo para Acesso ao Sub-solo	Destruição da cobertura vegetal e animal	Direto, adverso, imediato, permanente, irreversível e regional	Separar o solo para reposição futura sobre a área minerada e recomposição vegetal com espécies nativas e repovoamento animal

Em épocas chuvosas, devido à geometria dessas áreas, o escoamento superficial pode carrear para o interior das depressões grande quantidade de lama, podendo invadir residências e obstruir ruas e sistemas de drenagens (Fotos 8 e 9).

Também os locais correspondentes

as pilhas de capeamento constituem áreas de risco. O solo originado a partir da alteração das rochas areníticas e pelíticas que cobrem a camada de carvão é bastante heterogêneo, com freqüentes blocos de rochas imersos em matriz predominantemente argilosa. Estes locais, quando saturados, são colapsíveis.



Foto 8 - Recuperação de área degradada. Observa-se ao fundo enorme pilha de rejeito capeada por delgada camada de solo, retirada da área ao lado. Bairro Boa Vista.



Foto 9 - Local de retirada do solo. Notam-se enormes sulcos de erosão originados pelo escoamento superficial na área decapada. Em épocas chuvosas ocorre o carregamento de lama deste local para áreas ocupadas, situadas em cotas mais baixas. Bairro Boa Vista.

6.2.2 Ocupação de Áreas Mineradas em Subsuperfície

Os principais riscos potenciais a que está sujeita a ocupação de áreas mineradas em subsuperfície, referem-se à subsidência e colapso da cobertura do vazão gerado pela mineração, acarretando danos a obras civis construídas sobre estas áreas ou a sua inutilização para os cultivos agrícolas (**Foto 10**).

A instabilização do maciço rochoso da cobertura por subsidência e o rebaixamento do lençol freático aflorante pelas operações subterrâneas de mineração, são exemplos do quanto pode ser danosa esta intervenção como geradora de destruição ambiental e, em casos extremos, com reper-

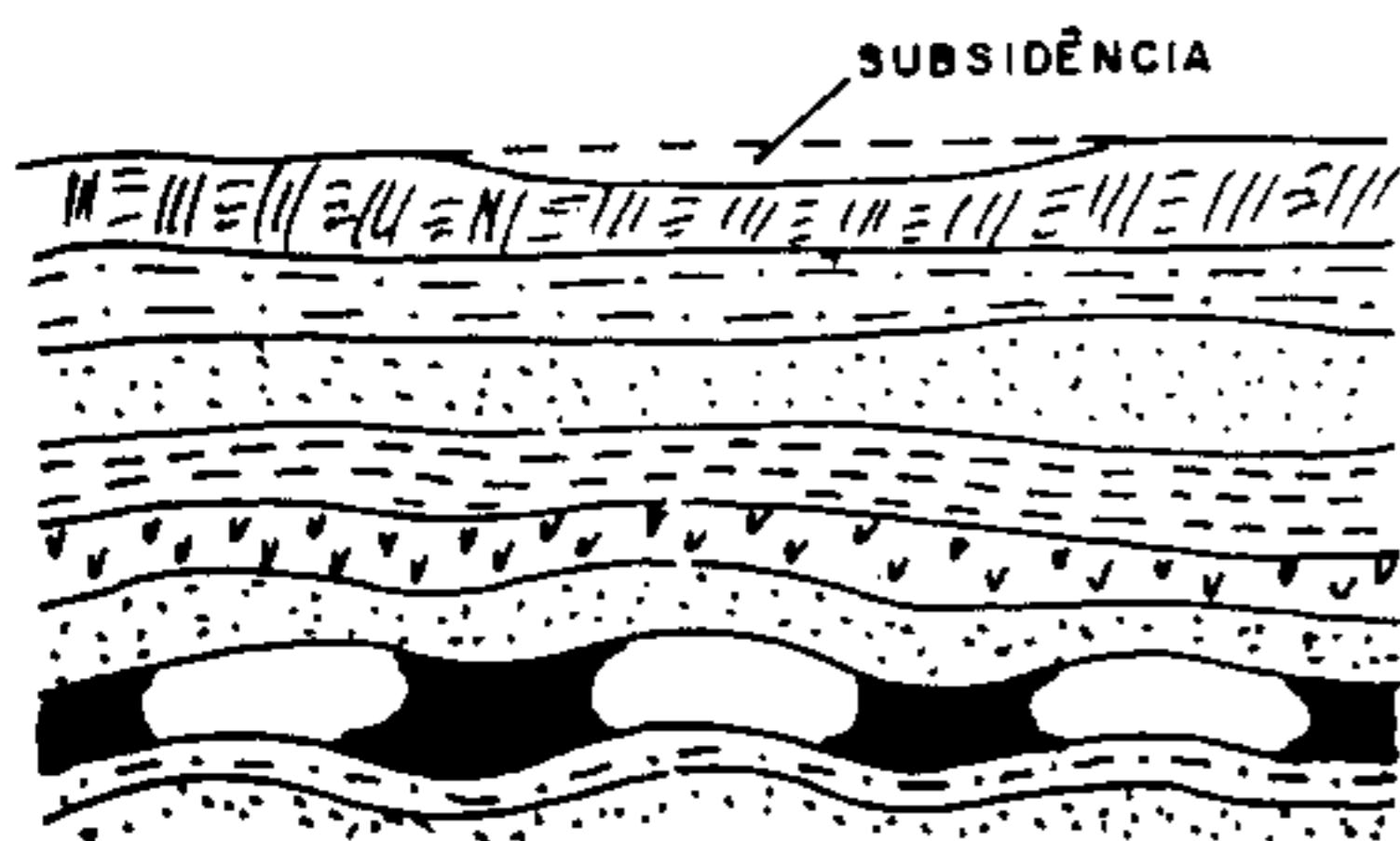
cussões imprevisíveis.

Toda vez que se escava um corpo em subsolo, modifica-se o estado inicial de tensões presente no maciço. Esta descompensação provoca deslocamentos e deformações das camadas adjacentes, ou do próprio maciço de cobertura, que podem afetar a superfície, dependendo da geometria das escavações, profundidade do jazimento e das características da geologia local.

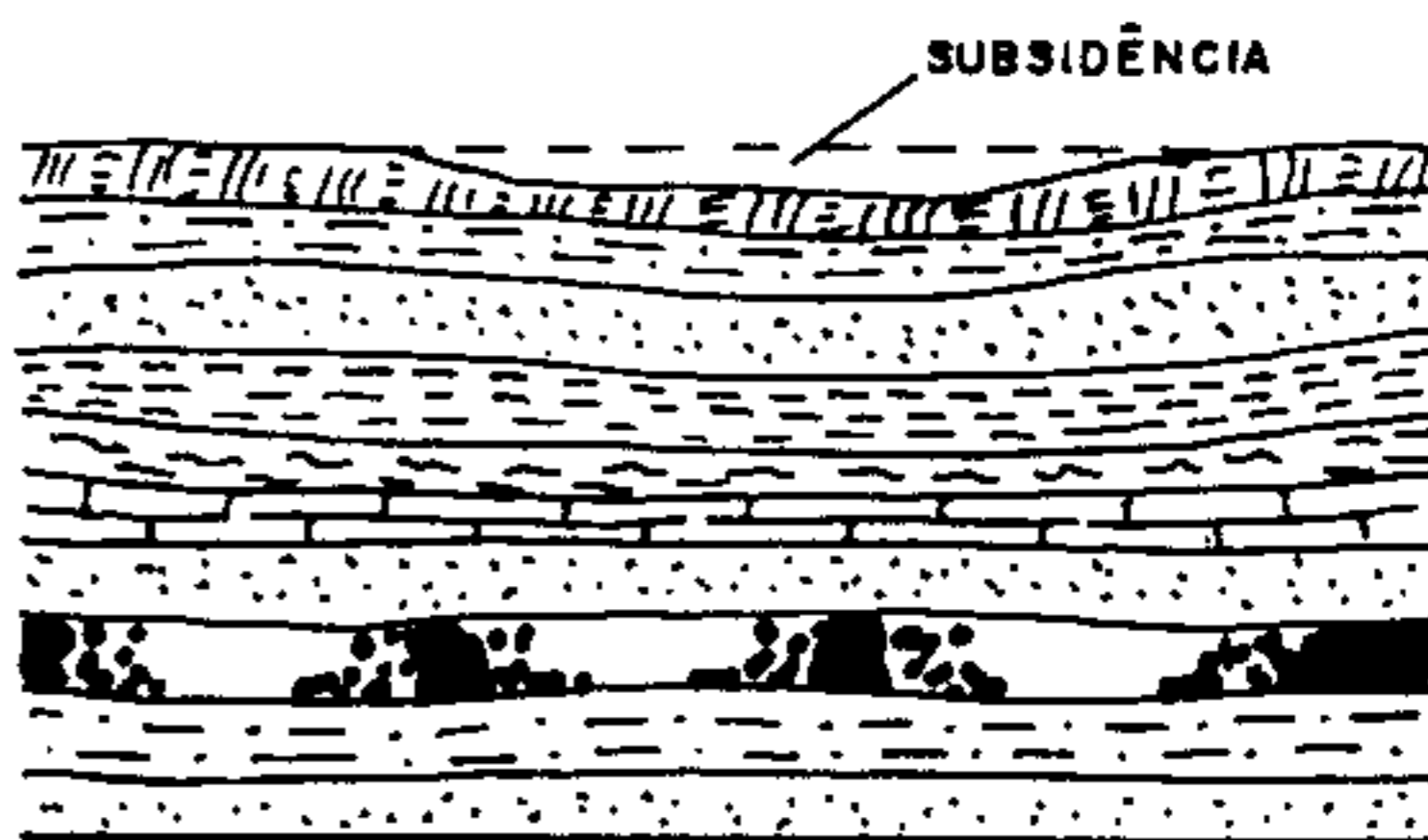
Segundo ZORZI (1986), as deformações superficiais provocadas pela mineração por câmaras e pilares podem ter caráter localizado, em forma de depressões cônicas ou cilíndricas, ou estender-se sobre a área minerada, tomando forma de depressões alongadas (**Figura 7**).



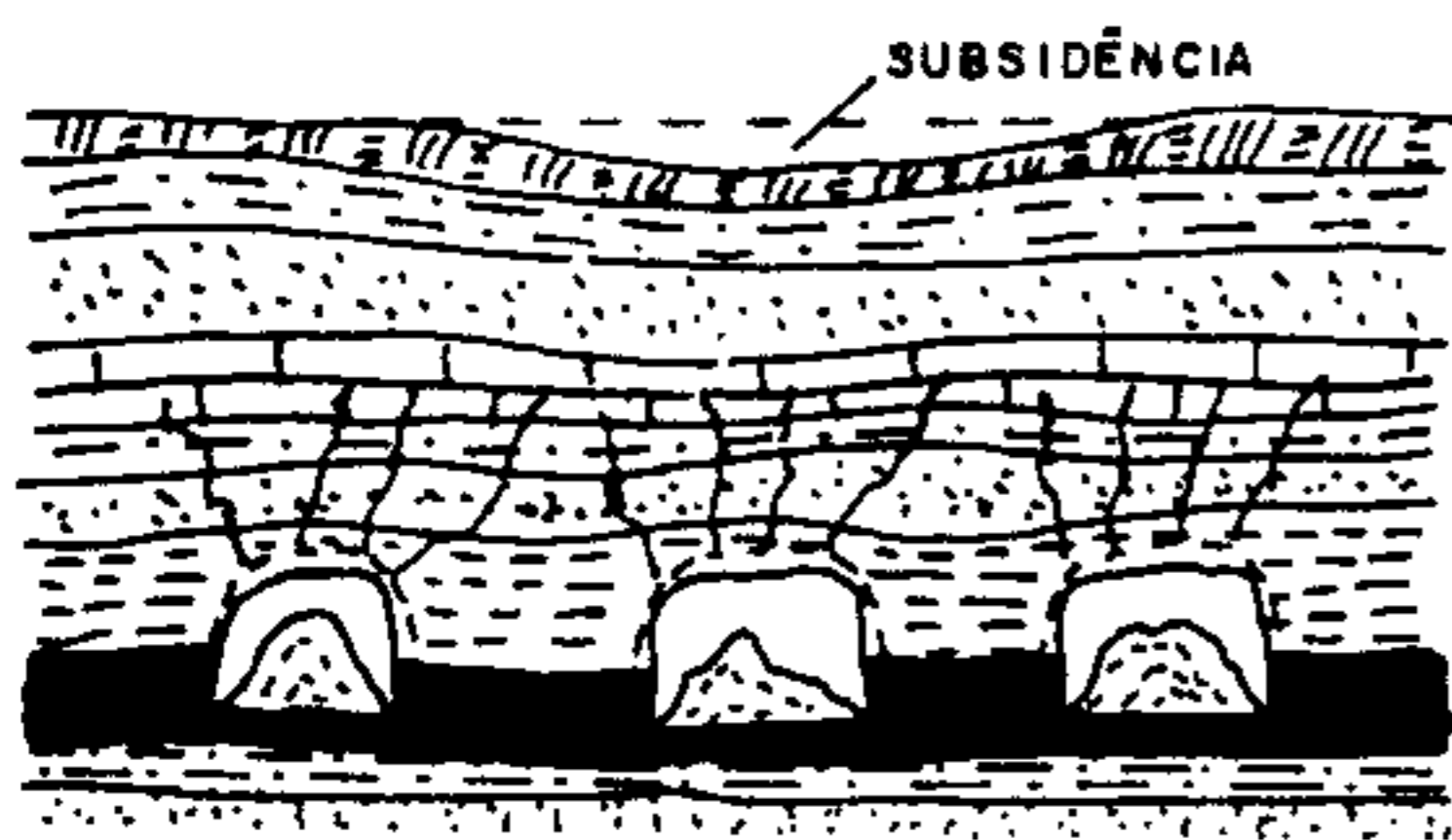
Foto 10 - Fraturamento gerado pelo colapso dos pilares da mina. Localidade Rio Maina.



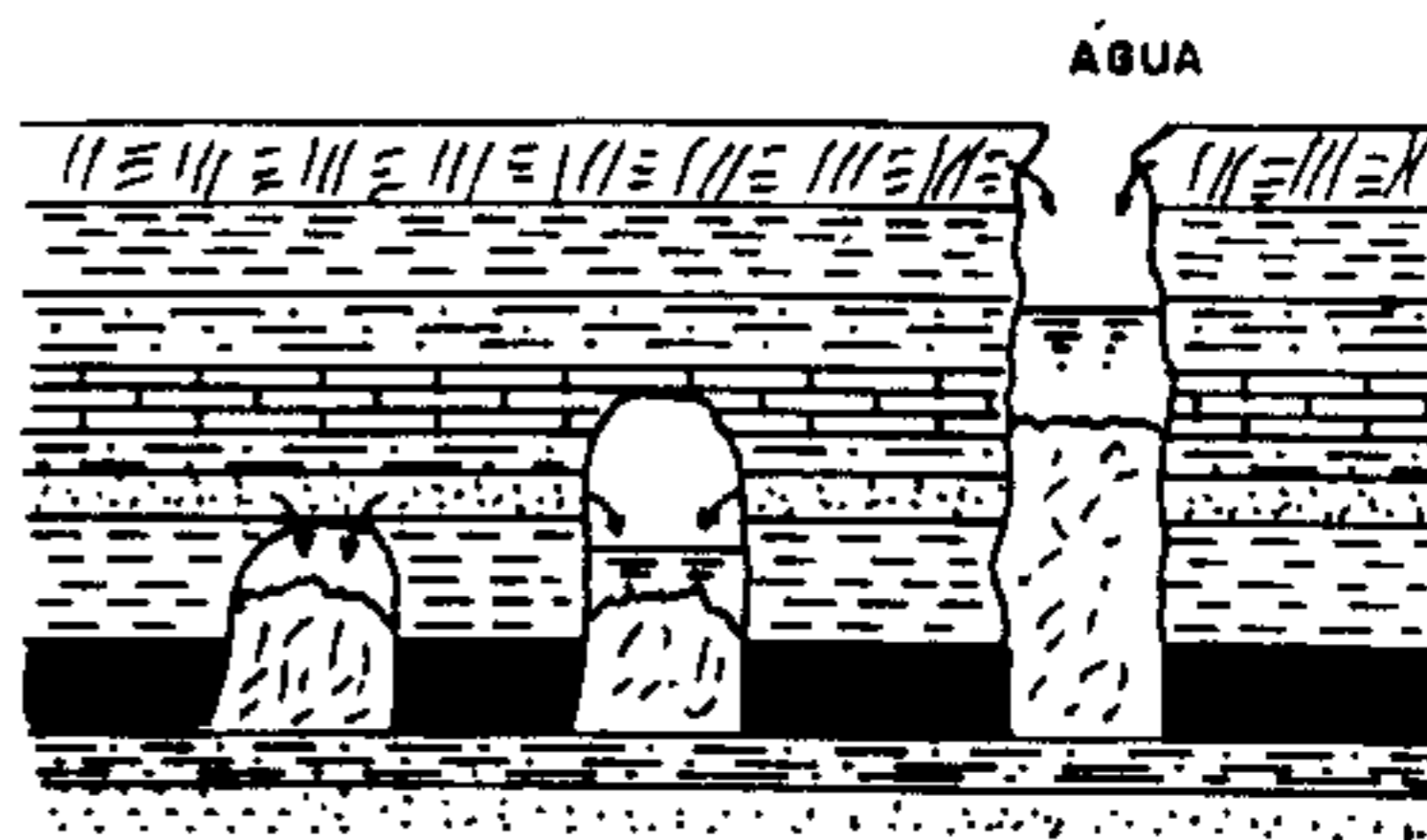
A) Subsidência causada por cravação dos pilares nas camadas de teto e piso. (Depressão Alongada)



B) Subsidência devido a ruptura dos pilares (Depressão Alongada)



C) Subsidência em forma de depressão alongada, devido a migração ascendente dos vazios, com deformação dos estratos pouco competentes da cobertura.



D) Subsidência localizada em forma de depressão cilíndrica, causada pela migração dos vazios e carreamento dos materiais, pela água, para o interior da mina.

Figura 7 - Formas de Subsidência (Zorzi, 1986)

Na subsidência localizada, forma mais comum de acontecer neste tipo de mineração, o processo de colapso se deve a dois fatores principais, que agem isolada ou combinadamente: - ruptura do teto imediato quando a largura das galerias gera tensões insuportáveis nos materiais que o compõe e - colapso de blocos instáveis, devido à ação do próprio peso, quando número crítico de planos de fraqueza interceptam o teto da escavação. O primeiro mecanismo é mais próprio de rochas brandas, de baixa resistência e/ou intemperizadas, enquanto o segundo manifesta-se tanto em rochas duras como brandas. Em ambos os mecanismos, a continuidade de migração do colapso até a superfície, com conseqüente subsidência, depende da profundidade, extensão da área minerada, das características de resistência e empolamento da rocha colapsada e da presença de água.

A subsidência em forma alongada tem sua origem relacionada às estruturas de sustentação (pilares), quer pela ruptura ou deformação que sofrem pelo acréscimo de carga que lhes é imposto, quer pela sua cração nas camadas de teto e/ou piso das galerias.

Ainda de acordo com o autor anteriormente citado, uma das formas de manifestação da subsidência em superfície mais característica do método em câmaras e pilares com recuperação dos pilares, é o colapso total do maciço de cobertura, formando na superfície degraus em ambos os lados do painel minerado (**Figura 8**). Neste caso, ocorre cisalhamento sobre os limites laterais do painel quando os pilares são retirados, levando a ruptura rígida até a superfície, o que se manifesta normalmente de maneira súbita.

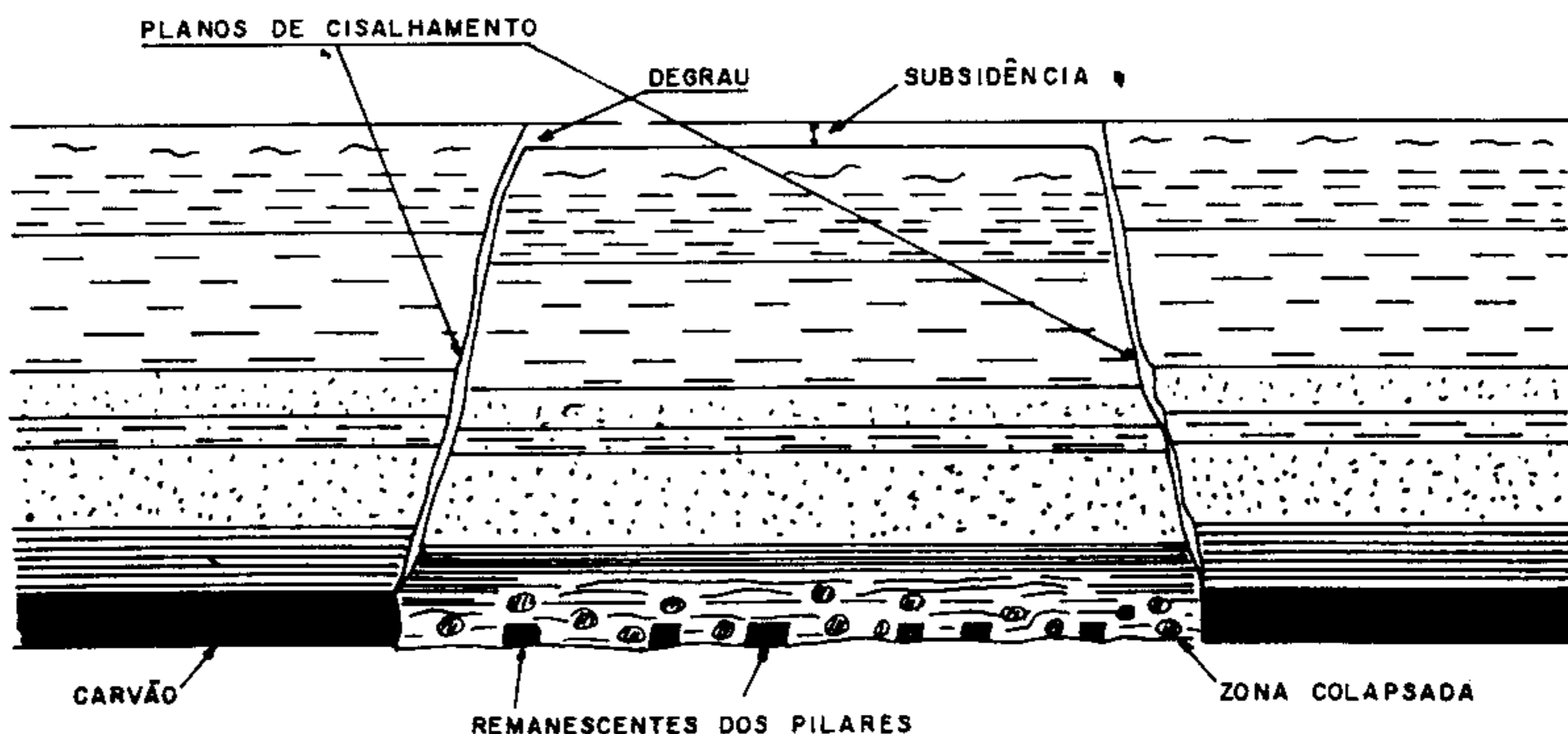


Figura 8 - Subsidência de todo o maciço de cobertura por cisalhamento em bloco. (Zorzi, 1986)

Nos métodos de extração total do minério, que levam a criação de grandes espaços vazios em subsolo, a deformação do maciço causa, na superfície, depressões alongadas, que normalmente apresentam razoável simetria em relação aos eixos horizontais do painel e que se estendem além dos limites da área escavada, segundo um ângulo máximo de influência característico para cada situação geológica.

GOMES (1978) realizou uma síntese, baseado nos trabalhos de WARDELL & PIGGOTT (sem data), onde enumera as características essenciais da subsidência provocada pela mineração em subsuperfície:

- a) a subsidência é em forma de bacia e não apresenta nenhuma elevação periférica;
- b) a extensão lateral da subsidência do solo está relacionada e é normalmente maior do que a extensão lateral do vazio, cavidade ou zona subterrânea compactada;
- c) o máximo desvio ou subsidência na superfície está relacionado e é invariavelmente menor do que a altura do vazio;
- d) a subsidência do solo não irá começar até que as dimensões críticas do vazio sejam ultrapassadas. Conseqüentemente, haverá sempre uma defasagem entre o princípio de uma mudança de estado subterrânea e o primeiro aparecimento de subsidência no solo;
- e) depois da subsidência haver começado, ela irá desenvolver-se progressivamente e continuará desde que haja progressivamente mudança no estado a nível subterrâneo;
- f) a subsidência irá cessar em pouco tempo, não mais do que dois ou três anos após a consumação da mudança de estado a nível subterrâneo;
- g) se a mudança de estado a nível subterrâneo for intermitente, o desenrolar da sedimentação será intermitente;
- h) se a proporção de variação do estado a nível subterrâneo variar, a proporção de subsidência irá variar;
- i) a subsidência será um processo gradual

(não instantâneo), exceto no caso de repentino desabamento de um vazio natural muito alto, ou onde o processo do maciço rochoso for acelerado junto a um plano de descontinuidade (falha) geológica. Mesmo no último caso, alguns dias ou semanas são necessários para o completo desenvolvimento do movimento de superfície;

j) junto aos flancos da bacia afundada (subsidência) onde a superfície original é afetada por uma curvatura convexa, fendas de alívio de tensão podem aparecer, estendendo-se mais ou menos paralelas ao perímetro da subsidência. Provavelmente estas apareçam onde camadas rochosas coerentes estiverem presentes, ou próximo à superfície do solo. Tais fissuras sempre se localizam em zonas de curvatura convexa (bordas da bacia).

Ainda segundo GOMES (1978), os efeitos da subsidência do solo em edifícios, estruturas e na superfície, têm as seguintes características:

- a) os danos mais severos ocorrem nas zonas de máxima curvatura convexa e côncava da superfície de terra afetada (rebaixada), e particularmente junto aos afloramentos de falhas geológicas, onde rachaduras ou fissuras no solo são induzidas;
- b) quanto maiores as dimensões planas de um edifício ou estrutura, maior é sua vulnerabilidade e danos causados por subsidência diferencial do solo;
- c) uma estrutura com seus eixos maiores orientados perpendicularmente às principais zonas de curvatura côncava ou convexa é mais vulnerável do que aquela com eixos menores assim orientados;
- d) quanto mais rígidas forem as estruturas, maior será sua vulnerabilidade à subsidência diferencial do solo;
- e) rachaduras numa estrutura ou deformações estruturais podem aparecer repentinamente, ao contrário do desenvolvimento gradual da subsidência no solo. Os fissuramentos e deformações são agravados se a subsidência continuar;

f) variações na inclinação do solo podem provocar pressões em estruturas altas, como caixas d'água, chaminés industriais, edifícios de vários pavimentos, etc., e podem também mudar suas condições de carga no solo resultando abalos às fundações. Procedimentos caros de reabilitação de estruturas podem tornar-se indispensáveis para manter a estrutura em uso ou evitar sua completa ruína.

Segundo o Subsidence Engineers Handbook (1975), a subsidência máxima está relacionada com a largura (w) e a profundidade (h) do painel da mina.

Quando a largura do painel da mina for equivalente a 1 a 1,4 vezes a sua profundidade, chama-se esta de largura crítica de extração. Neste caso, a subsidência no

fundo da bacia atinge seu valor máximo. Quando a largura do painel ultrapassar estes valores, passa a ser chamada largura supercrítica de extração, e a bacia passa a apresentar um fundo mais ou menos plano no seu valor máximo. Já larguras com valores inferiores a 1 a 1,4 h , são ditas larguras subcríticas de extração e, neste caso, a subsidência não atinge seu valor máximo (Figura 9).

Em termos de material envolvido, os valores dimensionais mais baixos parecem estar associados a espessas camadas de arenito, enquanto que os mais altos valores estão relacionados a folhelhos, siltitos e lamitos intercamadados, pouco espessos e, também, depósitos superficiais de areia inconsolidada de grande espessura.

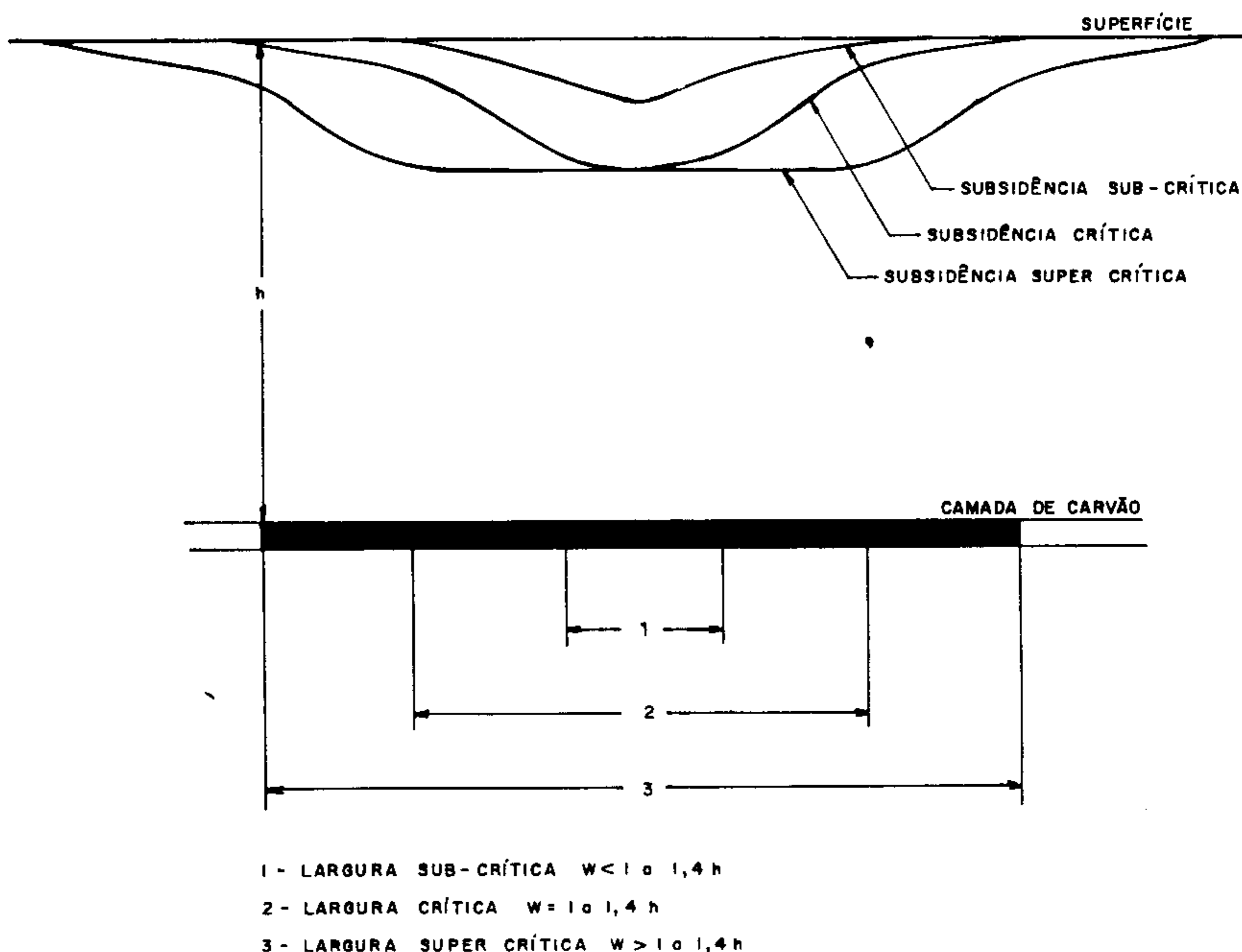


Figura 9 - Dimensões Críticas de Extração em Subsuperfície (Gomes, 1983)

Os movimentos do solo são normalmente determinados por observações sistemáticas em estações dispostas em linhas ao longo de uma área de subsidência. As estações são niveladas com precisão para verificar sua subsidência vertical e as distâncias entre as estações adjacentes são medidas precisamente para verificar seu deslocamento horizontal. Desta forma, como pode ser visto na Figura 10, cada ponto na superfície tem uma componente de movimento horizontal e vertical. No centro da bacia de subsidência não há deslocamento horizontal. Já nas bordas da bacia verifica-se deslocamento tanto na horizontal como na vertical.

Deve-se levar em consideração que as áreas mineradas em subsuperfície cartografadas no Mapa de Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma, correspondem apenas a uma projeção vertical na superfície. Para efeito de planejamento, é necessário delimitar uma faixa de segurança ao redor dos limites projetados no mapa, uma vez que estas áreas estão sujeitas a uma superfície de subsidência oblíqua, o que expande as áreas sujeitas a risco além dos limites cartografados. Esta superfície de subsidência oblíqua é gerada devido à atuação de uma componente vertical e uma componente horizontal, como pode ser observado na Figura 10.

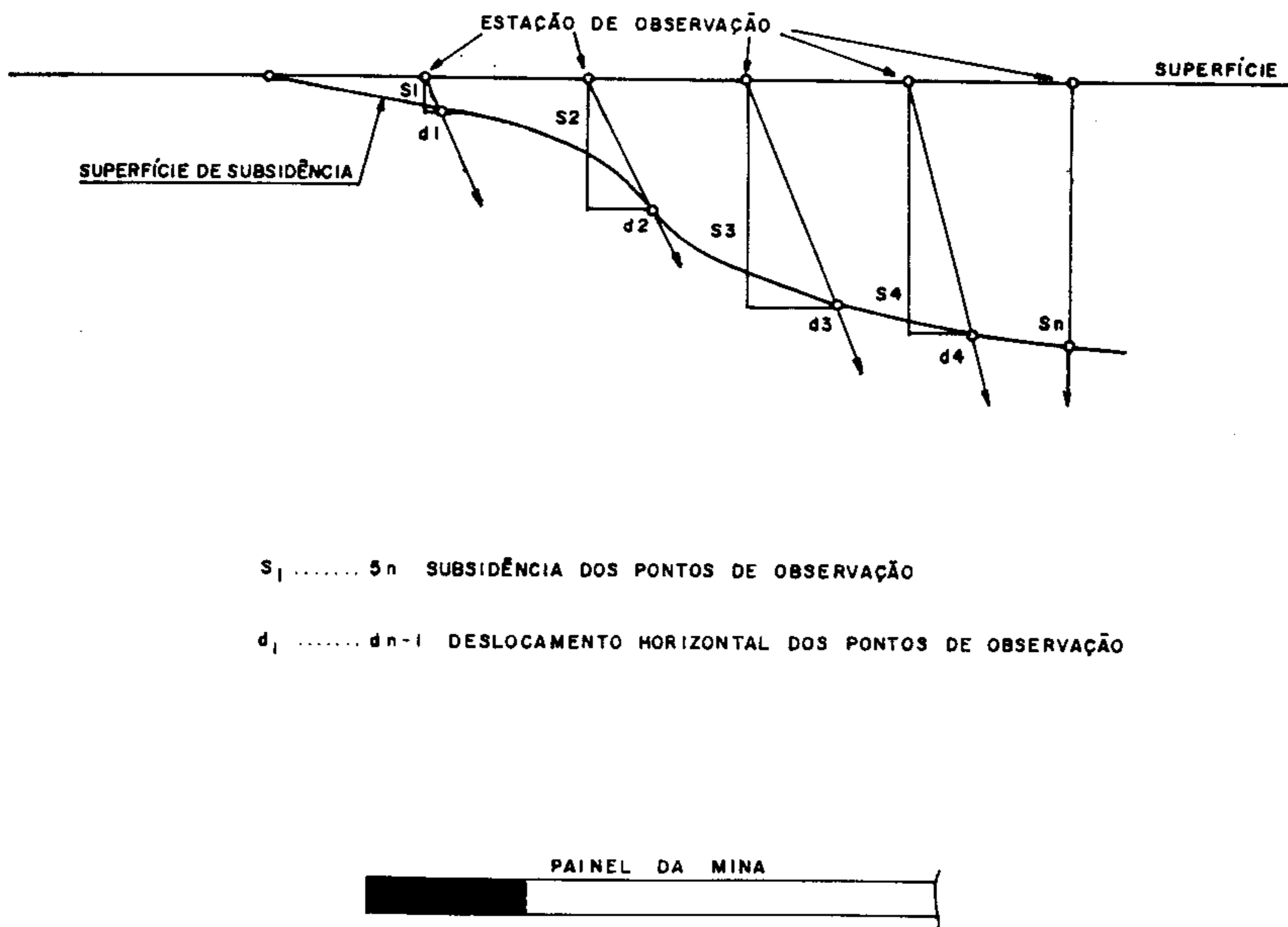


Figura 10 - Componentes Vertical e Horizontal da Subsidência (Gomes, 1983)

Na área da Mina A - Sangão, de acordo com ZORZI (1993) foi monitorado um caso de subsidência superficial. A camada de carvão se encontra a uma profundidade de 110 m e a lavra consistia em câmaras de seção retangular com 5 m de largura e 2,60 m de altura, delimitadas por pilares quadrados de 9 m de lado ocupando um painel irregular com largura máxima de 154 m. Após o monitoramento da subsidência, verificou-se que a frente de lavra, em seu ponto mais próximo, distava cerca de 50 m da projeção vertical do ponto de maior deformação medida na superfície.

Como exemplo de área sujeita a risco de subsidência, pode-se citar o aeroporto situado no município vizinho de Forquilha. A camada de carvão foi minerada em subsuperfície com recuperação de pilares até o limite da pista de rolamento, e sem recuperação de pilares para além dos limites. Nesta região, a camada de carvão se encontra a uma profundidade de 58,83 m.

Segundo KREBS et al. (1983), na região do aeroporto, verifica-se o intenso cruzamento de dois sistemas de falhas que possibilitaram múltiplas intrusões de diabásio e severo fraturamento das encaixantes. Também de acordo com os autores, esse fraturamento não só poderá induzir caimentos de teto, como também carreará para o interior da mina grande quantidade de água através das fraturas.

Outro problema relacionado à mineração em subsuperfície refere-se ao desequilíbrio hidrogeológico causado no maciço de cobertura, que repercute tanto a nível de rebaixamento do lençol freático, quanto na redução das condições normais de umidade dos solos, com influências adversas nas áreas de cultivo.

As deformações provocadas pela instabilidade do maciço de cobertura criam passagens preferenciais para a água subterrânea, tanto nos planos de fraturamento como nos deslocamentos entre as camadas, direcionando-a para o interior das minas. Como consequência, ocorre o desaparecimento das águas de poços freáticos e de

córregos, que são interrompidos por estas descontinuidades, e a poluição das águas canalizadas para as minas.

No município de Criciúma, este tipo de problema relacionado a perturbações hidrogeológicas foi verificado na Vila São Sebastião. Originalmente, esta área correspondia a um banhado que, devido às atividades de mineração em subsuperfície, teve seu nível freático rebaixado permitindo a ocupação. Após a exaustão da mina, o nível freático retornou a sua posição original, provocando o alagamento da área ocupada e obrigando a comunidade a construir um dreno até o curso d'água mais próximo para evitar o alagamento das edificações. Caso semelhante é observado na localidade de São Roque (Foto 11), onde, devido à exaustão da mina e a consequente paralisação do bombeamento, o nível freático retornou à sua posição original. Este fato, associado à subsidência do maciço de cobertura da mina, provocou o alagamento da área e a inutilização da mesma para fins agrícolas.

Também verifica-se este tipo de problema na vila Santa Augusta e Verdinho, onde, devido às atividades mineiras, houve o rebaixamento do lençol freático, provocando a diminuição da capacidade de abastecimento e, em alguns casos, inviabilizou a utilização da área para fins agropastoris.

6.3 Fiscalização e Manutenção de Atividades Mineiras

O DNPM em 1983 firmou convênio com a CPRM para a implantação de Escritório de Campo em Criciúma, visando otimizar o fomento e a fiscalização da mineração de carvão. Os técnicos do Escritório de Campo em sintonia com os técnicos do Serviço de Mineração em Santa Catarina, efetuam visitas nas minas de carvão nas áreas de segurança, higiene do trabalho, produção e meio ambiente. Os principais instrumentos de controle são o Projeto Técnico de Mina - P.T.M. e o Planejamento Anual de Lavra - P.A.L., que é o detalhamento anual das atividades de lavra previstas no P.T.M. O P.A.L., eventualmente aprovado pelo Serviço de Mineração - SC, é o instrumento técnico-

legal que o Escritório de Criciúma utiliza em suas vistorias de rotina, como também específicas. Qualquer mudança planejada pela carbonífera no P.A.L. aprovado, deve ser comunicada com a devida antecedência ao Serviço de Mineração - SC para análise. Dentre os diversos tópicos abordados no P.A.L. está o dimensionamento dos pilares da mina, cujas planilhas de cálculo são cui-

dadosamente verificadas pelos técnicos do Escritório de Criciúma, de maneira a não permitir qualquer dano à superfície, águas superficiais ou aquíferos subterrâneos. Também nas regiões falhadas ou intensamente fraturadas, cuidados especiais são tomados visando evitar a infiltração exagerada de água na mina, o que poderia comprometer os mananciais superficiais e subterrâneos.



Foto 11 - Recuperação do nível freático devido a exaustão da mina e conseqüente paralisação do bombeamento. No mesmo local também observa-se subsidência. Localidade São Roque.

7 - Conclusões e Recomendações

Os trabalhos realizados mostraram que 24% da área municipal encontram-se comprometidas devido à atividade mineira, sendo 0,35% minerado a céu aberto e 23,65% em subsuperfície.

Atualmente, os trabalhos de mineração estão concentrados na porção central do município, onde está situada a Mina A explorada pela Nova Próspera Mineração S.A.; na porção norte, próximo à localidade de São Simão - Napolini, onde opera a Mineração São Simão; na porção noroeste, onde situa-se a Mina Rio Maina - Poço 3 - explorada pela Companhia Carbonífera Catarinense, e na porção nordeste, próximo à localidade de Linha Batista, onde opera a Mineração Pérola Ltda. Cabe ressaltar que a Mineração São Domingos não exerce atividade extrativa no município, limitando-se a beneficiar o carvão minerado em outros municípios. Nas demais áreas do município, as minas encontram-se paralisadas ou exauridas.

O impacto ambiental mais significativo, como é facilmente observável "in loco", dá-se sobre o sistema hídrico superficial e subsuperficial. Também significativas extensões de terras foram totalmente degradadas e abandonadas sem a implantação de um programa mínimo de desativação de áreas mineradas. Como consequência, a utilização destas áreas para outros fins fica bastante comprometida.

Alguns impactos, como aqueles causados pela erosão hídrica, deposição de sedimentos e partículas, circulação de gases e partículas na atmosfera, ainda são reversíveis. O mesmo não ocorre para a circulação de águas superficiais, interações físico-químicas no solo e nas águas e fluxo de águas subterrâneas. Portanto, são necessárias medidas de prevenção e principalmente de correção. A prevenção está mais relacionada àquelas medidas que evitem transporte de sedimentos e assoreamento de cursos d'água, especialmente quando da implantação dos processos de exploração mineral. O estudo de alternativas locais, sob fisca-

lização de órgãos competentes é outro fator essencial à minimização de impactos.

Algumas das antigas áreas mineradas à céu aberto encontram-se ocupadas ou em vias de ocupação. Ressalta-se a necessidade de implantação de medidas de prevenção para evitar principalmente problemas de erosão e deslizamento, uma vez que estas áreas não foram devidamente recuperadas. Deve-se realizar nestas áreas um eficiente sistema de drenagem superficial, além de estudos para definir propriedades geotécnicas do material exposto, como permeabilidade, resistência ao cisalhamento, capacidade de carga, etc. Também é necessário realizar a revegetação dos cortes laterais das antigas frentes de lavra que permanecerão sem ocupação, para evitar a atuação dos processos erosivos e o carreamento de lama em épocas chuvosas.

As curvas de isópacas do capeamento mostram claramente que a camada de carvão Barro Branco encontra-se a profundidades muito variáveis dentro do município, principalmente na porção norte, onde a leitura do mapa mostra que existem áreas mineradas a céu aberto lado a lado à áreas mineradas em subsuperfície. O mesmo não acontece na porção sul, onde a mineração é sempre realizada em subsuperfície e a profundidade da camada varia de 43 m, próximo à localidade de Sangão, a 185 m, no Morro Albino, com um valor médio de 124 m na faixa compreendida entre as localidades de Verdinho e Sangão, dentro da área de concessão da Mina B.

Para a previsão de riscos de subsidência em áreas mineradas em subsuperfície, é fundamental o conhecimento da constituição litológica e espessura do capeamento da camada de carvão, bem como o grau de fraturamento deste material e as dimensões do painel minerado.

Foi possível verificar no município, que grande parte das áreas mineradas em subsuperfície encontram-se ocupadas, sendo que algumas delas mineradas com recuperação de pilares. Este fato aumenta a possibili-

dade de ocorrer subsidência, uma vez que esta ocorre quando do colapso dos pilares, motivado pelo desmonte dos mesmos. Isto pode ser verificado nas localidades de Primeira Linha, Sangão e São Simão - Naspolini. De uma maneira geral, esta ocupação ocorre sem nenhum tipo de planejamento, talvez devido ao desconhecimento dos limites das áreas mineradas em subsuperfície. O presente trabalho permitirá aos planejadores a identificação dos principais locais minerados e, desta forma, delimitar uma faixa ao redor destas áreas que não deve ser ocupada, devido a possibilidade de também ocorrer subsidência. Recomenda-se que esta faixa deva ser calculada a partir de um ângulo de influência máxima de 45° , o que possibilita uma boa margem de segurança.

Os trabalhos realizados no município mostram a dificuldade de identificação e delimitação de antigas áreas mineradas, uma

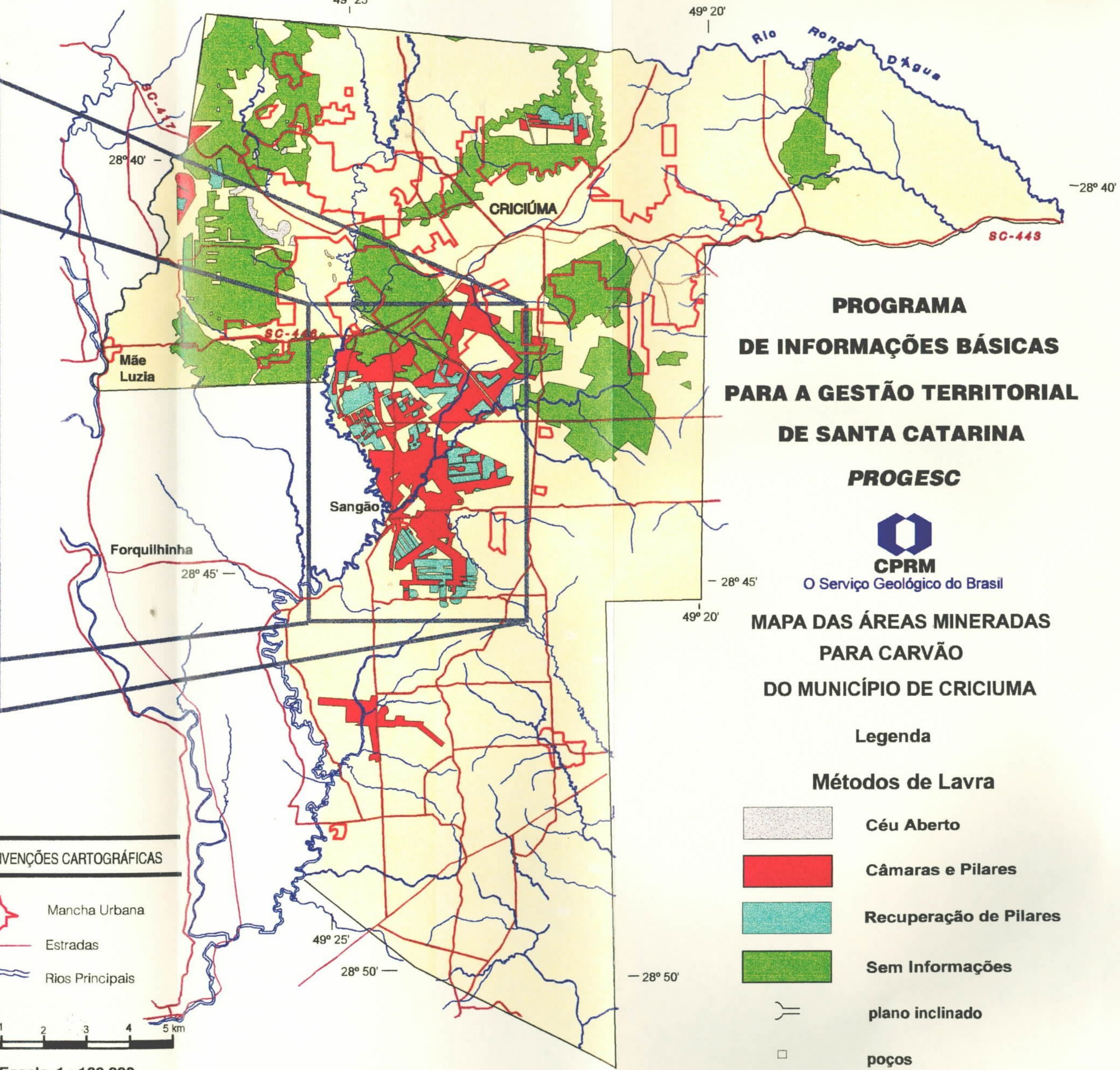
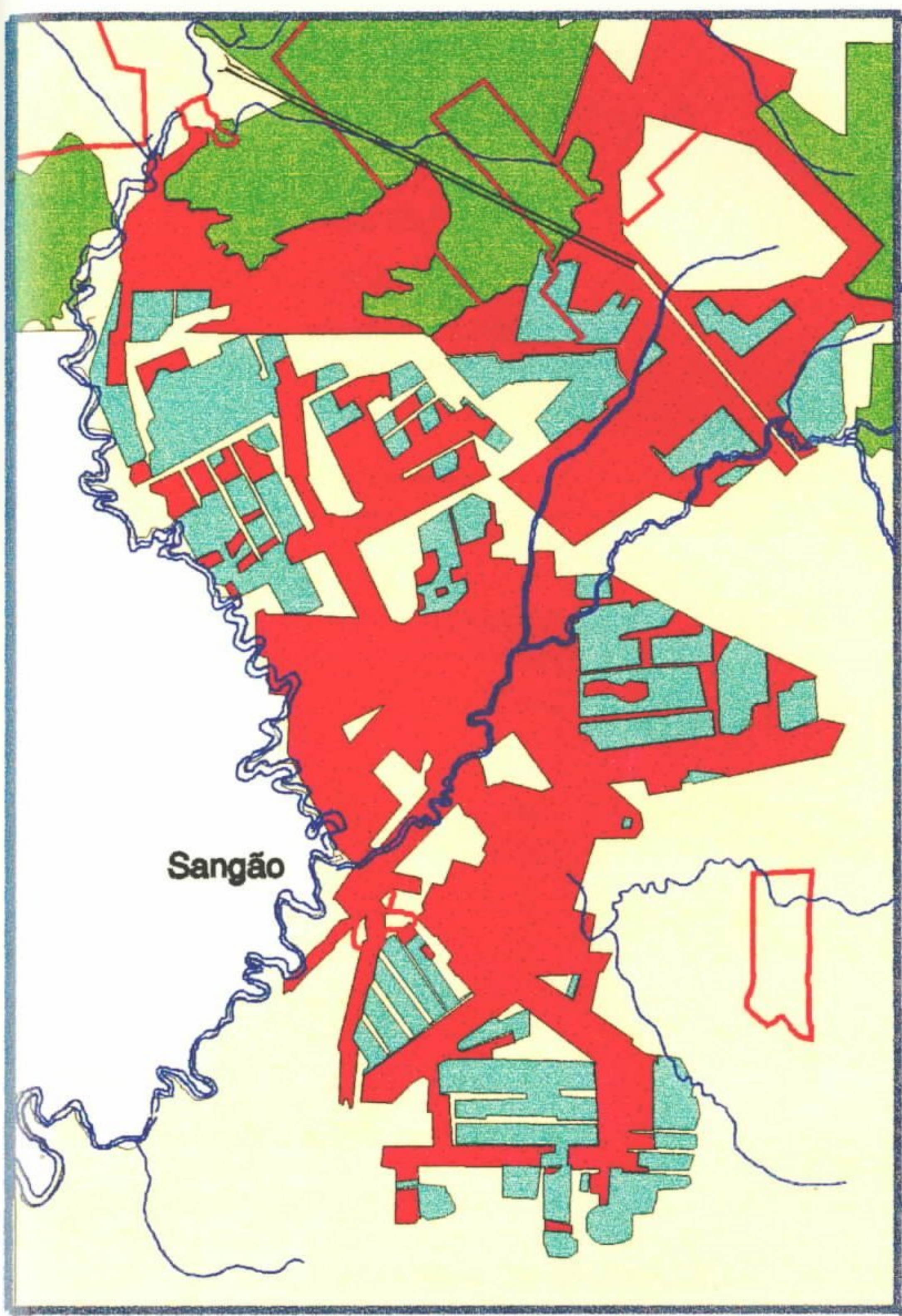
vez que não existe um documento que as registre. Sabe-se da existência destas antigas minas principalmente na área urbana e periurbana do município. Neste caso, recomenda-se que seja realizada uma campanha de geofísica para identificação destas áreas. Sugere-se o método elétrico por ser de fácil operação, rápido e de baixo custo.

Recomenda-se que sejam estabelecidas estações sobre as áreas mineradas em subsuperfície para monitorar a subsidência. Após a subsidência atingir seu valor máximo, obtido através de cálculos, pode-se dar início ou recomeçar a ocupação destas áreas sem risco de novos danos.

Salienta-se, finalmente, que para qualquer planejamento é necessário o conhecimento dos limites das áreas mineradas a céu aberto e em subsuperfície, bem como os locais de disposição de rejeitos ou aterros realizados com este material.

- CAVALCANTI, et al. 1984. **Levantamento da Situação das Minas e Bacia Carbonífera de Santa Catarina. s.n.t.**
- FABRÍCIO, J.A.C. et al. 1973. **Projeto Carvão de Santa Catarina.** Porto Alegre: DNPM/CPRM. 4 v. (Inédito).
- GOMES, C.J.B. 1983. **Problemas de Deslocamentos em Minas Subterrâneas e suas Repercussões em Superfície.** Porto Alegre: UFRGS. 1 v. (Trabalho apresentado para a disciplina de Mecânica das Rochas em 06/06/83 - Inédito).
- KREBS, A.S.J.; GRAZIA, C.A.; AMARAL, J.E.; CASÉ, M.G.; OLIVEIRA, R.L. de; SILVA, V.R. da. 1983. **Projeto Carvão na Área da Mina 2-SC: relatório final.** Porto Alegre: DNPM/CPRM. 1 v. (Inédito).
- KREBS, A.S.J.; GRAZIA, C.A.; FABRÍCIO, J.A.C.; AMARAL, J.E do; CASÉ, M.G.; BRANCO, P. de M.; OLIVEIRA, R.L. & SILVA, V.R. 1982. **Programa Carvão Energético no Estado de Santa Catarina: relatório final.** Porto Alegre: DNPM/CPRM. 5 v. (Inédito).
- ZORZI, L. 1993. Previsão de Subsidência na Lavra de Carvão pelo Método de Câmaras e Pilares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 7, Poços de Caldas, 1993. p. 271-281.
- ZORZI, L. 1986. Subsidência na Mineração e suas Relações com as Descontinuidades dos Maciços Rochosos. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE MECÂNICA DAS ROCHAS, 2, Porto Alegre. p. 234- 249.
- SUBSIDENCE ENGINEERS HANDBOOK. 1975. London: National Coal Board. Mining Department. 111 p.

**Mapa de Áreas Mineradas para Carvão no
Município de Criciúma,SC. Escala 1:100.00**



**PROGRAMA
DE INFORMAÇÕES BÁSICAS
PARA A GESTÃO TERRITORIAL
DE SANTA CATARINA**

PROGESC





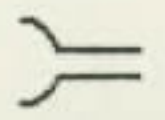



CPRM
O Serviço Geológico do Brasil

**MAPA DAS ÁREAS MINERADAS
PARA CARVÃO
DO MUNICÍPIO DE CRICIUMA**

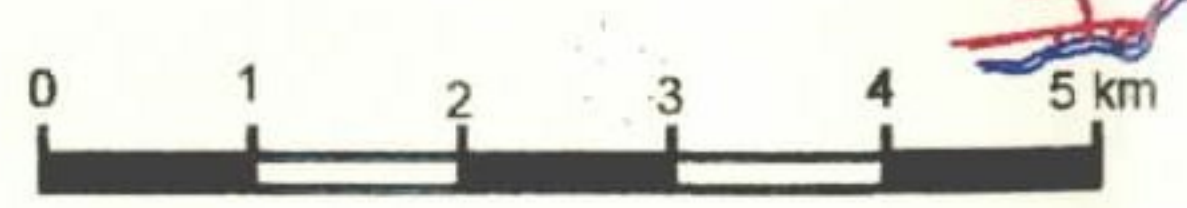
Legenda

Métodos de Lavra

-  Céu Aberto
-  Câmaras e Pilares
-  Recuperação de Pilares
-  Sem Informações
-  plano inclinado
-  poços

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

-  Mancha Urbana
-  Estradas
-  Rios Principais



Escala 1 : 100.000



Escala 1 : 50.000

Anexo ao Volume 02 da Série Recursos Minerais
da Superintendência Regional de Porto Alegre
Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma, SC

Coordenação : **Antonio S. J. Krebs**
Execução do Mapa: **Antonio S. J. Krebs**
Edição : **Luís E. Giffoni e Mário O. Fraenkel**
Digitalização do Tema : **Pedro G. Falcão Neto**

dez/94

2ª impressão

INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO
SÉRIE ORDENAÇÃO TERRITORIAL
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS
SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.
- Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.
- Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de ,Belo Horizonte

- Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocamboeiro - MG. 1994.

SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.
- Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.

SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco. MG-1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco. MG-1994.

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
- Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.

Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Balneário de Capão Novo - RS. 1994.

Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore. PE. 1994.

Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residência da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.