UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA NOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO SUL CATARINENSE

Autor:

Carlos Alberto de Verney Gothe

Orientador:

Prof. Dr. Odair Gercino da Silva

0.214.062-1

UFSC-BU

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

Florianópolis, SC Julho de 1993

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA NOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO SUL CATARINENSE

Dissertação submetida ao Colegiado do Curso de Mestrado em Geografia, Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC, em cumprimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 26/08/1993.

Prof. Dr. Odair Gercino da Silva - Orientador

Prof Dr. Luiz Hernando Scheibe

Prof. Dr. Armando Borges de Castilho Jr.

Prof. MSc. Maria Dolores Buss

Carlos Alberto de Verney Gothe

Florianópolis, SC Julho, 1993

FICHA CATALOGRÁFICA

Gothe, Carlos Alberto de Verney.

L690i

Avaliação dos Impactos Ambientais da Indústria Carbonífera nos Recursos Hídricos Superficiais da Região Sul Catarinense [por] Carlos Alberto de Verney Gothe. - Dissertação de Mestrado. Florianópolis, UFSC, 1993.

xiii, 123p. ilust., mapas

Bibliografia.

- 1. Impacto Ambiental. 2. Recursos Hídricos do Sul Catarinense.
- 3. Indústria Carbonífera.

93-0069 CDD - 301.31

AGRADECIMENTOS

Na certeza de cometer injustiças ao citar nominalmente as muitas pessoas que contribuíram para tornar possível esta dissertação, meu agradecimento é coletivo, de todo o coração.

Um beijo especial para minha filha Maitê. Que as horas em que deixamos de brincar possam tornar-se contribuição para um futuro melhor.

GUERREIROS DA LUZ

Os guerreiros da luz se reconhecem pelo olhar.

Estão no mundo, fazem parte do mundo e ao mundo foram enviados, sem alforje e sem sandálias.

Muitas vezes são covardes. Nem sempre agem certo.

Os guerreiros da luz sofrem, às vezes por besteiras, se preocupam com coisas mesquinhas, se julgam incapazes de crescer. Os guerreiros da luz de vez em quando se acreditam indignos de qualquer bênção ou milagre.

Os guerreiros da luz com frequência se perguntam o que estão fazendo aqui. Muitas vezes acham que suas vidas não têm sentido.

Por isso são guerreiros da luz. Porque erram. Porque se perguntam. Porque continuam a procurar um sentido.

E terminarão encontrando.

Paulo Coelho

RESUMO

Este trabalho busca realizar uma avaliação dos impactos (ambientais da indústria carbonífera (mineração, beneficiamento e geração termelétrica) sobre as águas superficiais da região sul catarinense, com ênfase nas bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão, as quais totalizam 7.900 km².

A metodologia utilizada compreende o estudo dos processos produtivos e seus efeitos ambientais, bem como as medidas mitigadoras desses efeitos; o mapeamento das principais variáveis de interesse para avaliar a qualidade e os usos potenciais dos recursos hídricos superficiais; a análise da legislação pertinente e sua adequação e eficácia no caso específico e a priorização de problemas ambientais, através de técnicas de superposição de mapas e cruzamento de informações.

Como resultado, propõe uma estratégia de gerenciamento ambiental que engloba um zoneamento ambiental e diretrizes específicas, para a indústria carbonífera na região e para as áreas já degradadas pela mineração e pela deposição de rejeitos, visando administrar os conflitos e racionalizar o uso dos recursos hídricos regionais.

Busca dar uma contribuição para o projeto "Qualidade Ambiental da Região Sul Catarinense", em elaboração pela UFSC/Curso de Pós-Graduação em Geografia, constituindo-se mais num ponto de partida do que num produto acabado.

ABSTRACT

This paper tries to perform an environmental impact analysis from the coal industry (mining, preparation and thermoelectric generation) upon surface water resources of the southern region of the state of Santa Catarina, Brazil.

Emphasis was put on the hydrographic basins of Araranguá, Urussanga and Tubarão rivers, which comprise an area of 7.900 km².

The methodology adopted includes studies of the production and pollution processes and its environmental impacts, as well as the corresponding mitigation measures; mapping the main surface water quality indicators and their most important potential uses; analysis of aplicable environmental legislation and its enforcement on the specific case; and selection of the main environmental impacts, by means of map superposition techniques and cross-data analysis.

As a result, an environmental management strategy is proposed, comprising an environmental zoning and specific guidelines, for coal industry and for degraded mined land or refuse spills, aiming at regional water resources management and conflict administration.

It also tries to give a contribution to an UFSC - Santa Catarina Federal University research project, named "Environmental Quality of South Santa Catarina Region" and coordinated by the Geography Postgraduation Course, appearing, however, more as a starting point than a finished product.

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA NOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO SUL CATARINENSE

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS	5
3 - METODOLOGIA	7
3.1 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	11
3.2 - QUANTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	11
3.3 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	13
3.4 - RECOMENDAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	14
4 - A INDÚSTRIA CARBONÍFERA CATARINENSE	15
4.1 - HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO DE CARVÃO	15
4.2 - RECURSOS E RESERVAS DE CARVÃO	20
4.3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CARVÃO	25
4.4 - PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO E USO DO CARVÃO MINERAL	27

5 - ANÁLISE AMBIENTAL DOS PROCESSOS PRODUTIVOS	31
5.1 - O PROCESSO POLUIDOR	33
5.2 - TRATAMENTO DAS DRENAGENS ÁCIDAS	34
5.3 - LAVRA SUBTERRÂNEA	39
5.3.1 - Impactos Ambientais	39
5.3.2 - Medidas Mitigadoras	40
5.4 - LAVRA A CÉU ABERTO	41
5.4.1 - Impactos Ambientais	41
5.4.2 - Medidas Mitigadoras	42
5.5 - BENEFICIAMENTO	42
5.5.1 - Impactos Ambientais	42
5.5.2 - Medidas Mitigadoras	48
5.6 - GERAÇÃO TERMELÉTRICA	50
5.6.1 - Impactos Ambientais	50
5.6.2 - Medidas Mitigadoras	53
6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA ATINGIDA	55
6.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA	55
6.1.1 - Posição Geográfica	55
6.1.2 - Geologia	58
6.1.3 - Geomorfologia	58
6.1.4 - Climatologia	59
6.1.5 - Hidrologia	61
6.1.6 - Cobertura Vegetal Original	63
6.1.7 - Uso do Solo Rural e Urbano	65
6.2- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA II	NDÚSTRIA
CARBONÍFERA	66
6.2.1 - Providências Legais e Administrativas	69
6 2 2 - Fontes de Poluição Hídrica	73

6.2.3 - Qualidade das Águas Superficiais	81
6.2.4 - Demanda Potencial de Água	86
6.2.5 - Enquadramento Legal dos Recursos Hídricos	89
7 - PRIORIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	91
7.1 - ESTRATÉGIA PROPOSTA	91
7.2 - PRIORIDADES AMBIENTAIS DA REGIÃO CARBONÍFERA	92
7.2.1 - Bacias Hidrográficas como Unidade de Planejamento	92
7.2.2 - Ações Prioritárias por Bacia Hidrográfica	93
8 - RECOMENDAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	99
8.1 - ZONEAMENTO AMBIENTAL	99
8.1.1 - Critérios para Zoneamento da Região Carbonífera Catarinense	99
8.1.2 - Zoneamento Ambiental da Região Carbonífera	100
8.2 - DIRETRIZES PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS A CÉU	j
ABERTO E DE REJEITOS	104
8.3-DIRETRIZES PARA A IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE DE POLUIÇÃO	NA
INDÚSTRIA CARBONÍFERA	105
8.3.1 - Escopo dos Projetos de Controle da Poluição	105
8.3.2 - Etapas e Cronograma de Implantação	107
8.4 - AÇÕES ESTATAIS DE COORDENAÇÃO E APOIO	110
8.4.1 - Avaliação e Controle Permanentes	110
8.4.2 - Abastecimento D'Água de Criciúma	111
8.4.3 - Proteção do Ecossistema Lagunar	112
8.4.4 - Alívio do Vale do Rio Araranguá	113
9 - RESUMO DAS CONCLUSÕES	114
BIBLIOGRAFIA	116

SUMÁRIO DAS TABELAS

TABELA 1 -	RECURSOS E RESERVAS DE CARVÃO MINERAL NO BRASIL	21
TABELA 2 -	COMPOSIÇÃO DOS CARVÕES PRODUZIDOS EM SANTA	
	CATARINA	25
TABELA 3 -	CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MENORES NO CARVÃO	26
TABELA 4 -	COMPOSIÇÃO DOS RECURSOS E RESERVAS ENERGÉTICAS	;
	BRASILEIRAS NÃO-RENOVÁVEIS	27
TABELA 5 -	CONSUMO ENERGÉTICO BRASILEIRO	28
TABELA 6 -	VALOR MÍNIMO DE pH PARA PRECIPITAÇÃO DE ÍONS	
	METÁLICOS COMO HIDRÓXIDOS	35
TABELA 7 -	DADOS CLIMÁTICOS SELECIONADOS	59
TABELA 8 -	DADOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO TUBARÃO	61
TABELA 9 -	DADOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ	61
TABELA 10 -	PRODUÇÃO DE CARVÃO E GERAÇÃO DE REJEITOS	66
TABELA 11 -	BENEFICIAMENTO DO CARVÃO	67
TABELA 12 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA	
	SUBTERRÂNEA - BACIA DO ARARANGUÁ	73
TABELA 13 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA	
	SUBTERRÂNEA - BACIA DO URUSSANGA	73
TABELA 14 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA	
	SUBTERRÂNEA - BACIA DO TUBARÃO	74
TABELA 15 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA A C	ÉU
	ABERTO - BACIA DO TUBARÃO	74
TABELA 16 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA A C	ÉU
	ABERTO - BACIA DO ARARANGUÁ	75
TABELA 17 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DO	
	BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES) - BACIA DO	
	TUBARÃO	75
TABELA 18 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DO	
	BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES) - BACIA DO	
	URUSSANGA	75
TABELA 19 -	ESTRUTURA DE PRODUÇÃO - DISTRIBUIÇÃO DO	
	BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES) - BACIA DO	
	ARARANGUÁ	76
TABELA 20 -	PRODUÇÃO DE CARVÃO E GERAÇÃO DE REJEITOS (t) POR	
	BACIA HIDROGRÁFICA	76

TABELA 21 -	ÁREA COBERTA POR REJEITOS/ MINERADA A CÉU ABERTO	78
TABELA 22 -	GERAÇÃO DE REJEITOS SÓLIDOS NO BENEFICIAMENTO EM	I
	SC	80
TABELA 23 -	COMPOSIÇÕES TÍPICAS DOS EFLUENTES DE MINERAÇÃO E	
	BENEFICIAMENTO DE CARVÃO	80
TABELA 24 -	METAIS PESADOS EM EFLUENTES DE LAVRA E	
	BENEFICIAMENTO DE CARVÃO	81
TABELA 25 -	QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ	82
TABELA 26 -	QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO URUSSANGA	83
TABELA 27 -	QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO TUBARÃO	84
TABELA 28 -	DEMANDA POTENCIAL DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO	85
TABELA 29 -	DEMANDA POTENCIAL DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO	86
TABELA 30 -	PRAZOS DE IMPLANTAÇÃO DAS ETAPAS DO CONTROLE DA	
	POLUIÇÃO CONFORME AS ZONAS AMBIENTAIS	109

SUMÁRIO DAS FIGURAS

EICHDA 1	EVOLUÇÃO DO CARVÃO MINERAL ENERGÉTICO NACIONAL	10
	•	
	DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS DE CARVÃO	21
	LOCALIZAÇÃO DE MINAS, JAZIDAS E CORPOS RECEPTORES	
	DISTRITO CARBONÍFERO DE SANTA CATARINA	24
	ENERGÉTICOS NÃO-RENOVÁVEIS NO BRASIL	28
	CONSUMO ENERGÉTICO BRASILEIRO - 1987	29
	IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA	00
	CATARINENSE	32
	ETAPAS E ALTERNATIVAS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO	37
	OPERAÇÕES UNITÁRIAS DO PROCESSO DE TRATAMENTO	20
	CONVENCIONAL CIRCULTOS TÍDICOS DE RENEFICIAMENTO DE CARVÃO	38
	CIRCUITOS TÍPICOS DE BENEFICIAMENTO DE CARVÃO	43
	SISTEMA DE TRATAMENTO INTEGRADO MINA/ LAVADOR/	- 4
	REJEITOS	51
	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PESQUISA	57 64
	COBERTURA VEGETAL ORIGINAL	64
	GERAÇÃO DE REJEITOS NO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO	67 68
	CAPACIDADE INSTALADA DE BENEFICIAMENTO DE CARVÃO	
	PRODUÇÃO POR BACIA HIDROGRÁFICA	78
FIGURA 17 -	-DEMANDA POTENCIAL DE ÁGUA	88
SUMÁRIO D	OS MAPAS (em anexo)	
ΜΛΟΛ 1	REDE HIDROGRÁFICA	
	USO DO SOLO	
MAPA 3 -	ÁREAS URBANAS, SISTEMA VIÁRIO E INDÚSTRIAS NÃO-	
WAFA 3 -	CARBONÍFERAS	
MAPA 4 -	FONTES POLUIDORAS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA	
MAPA 5 -	CONCESSÕES DE PESQUISA E LAVRA MINERAL	
MAPA 6 -	QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	
MAPA 7 -	CLASSIFICAÇÃO LEGAL DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS	
MAPA 8 -	SÍNTESE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA	
	CARBONÍFERA SOBRE AS ÁGUAS SUPERFICIAIS	
MAPA 9 -	ZONEAMENTO AMBIENTAL DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA NO)
	SUL DE SANTA CATARINA	

1 - INTRODUÇÃO

O objeto de estudo da Geografia é o espaço, incluindo elementos naturais e sociais em integração dinâmica, todos compreendidos no domínio da investigação geográfica.

Por seu caráter de síntese entre o natural e o social, a Geografia parece ser particularmente apropriada para o estudo das questões ambientais (Penteado-Orellana, 1985).

A definição de paisagem de Bertrand (1972), por exemplo, já apresenta cunho ecológico. "Não é a simples soma dos elementos geográficos disparatados. É uma determinada porção do Espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que interagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução."

Evolução que, nas bases atuais, tem levado ao agravamento contínuo da degradação ambiental provocada pelo desenvolvimento e cuja reversão tornou-se imperativo, para a sobrevivência da espécie no próximo milênio.

A "Declaração sobre o Meio Ambiente", aprovada na la Conferência Mundial Sobre Meio Ambiente, realizada em Estocolmo (ONU, 1972), já enfatizava como vital a compatibilização do desenvolvimento com o meio ambiente, com a adoção do conceito de desenvolvimento sustentável, entendido como aquele onde os processos produtivos e a utilização dos recursos naturais sejam dimensionados de forma a não comprometer a qualidade ambiental e as possibilidades de desenvolvimento das gerações futuras.

O crescimento econômico brasileiro, tanto no setor agrícola como no industrial, em particular a acelerada e desorganizada urbanização, vem se processando de forma predatória e extremamente agressiva ao meio ambiente físico, social e psicológico.

O crescimento tolhido pela drenagem de capital para pagamento do pesado endividamento externo e a grave crise econômica dos últimos dez anos - a "década perdida" - não são as causas dos problemas brasileiros e sim manifestações de um modelo de desenvolvimento inadequado.

As origens desses problemas são múltiplas e complexas, destacando-se: uma longa tradição de regimes autoritários, insensíveis às mudanças sociais; políticas econômicas equivocadas, com base num crescimento indefinido e sem preocupação com a distribuição da renda; um Estado clientelista e incapaz de

implementar políticas de médio e longo prazo; evasão dos melhores cientistas e defasagem tecnológica; uma cultura que não preserva a herança em recursos naturais; um papel de país periférico na economia mundial; além da distorção do processo de desenvolvimento pelas elites que contribuiu para aumentar a dívida externa do País e reduzir significativamente os benefícios sociais dos ingressos de capital externo (ECLAC, 1989).

Uma combinação desses fatores, resultando em acentuada concentração de renda e aguda degradação ambiental, pode ser encontrada na região sul catarinense, enquadrada pelo Decreto 85206, de 25 de setembro de 1980 como a "14ª. Área Crítica Nacional para Efeito de Controle da Poluição e Conservação da Qualidade Ambiental", junto às outras 13 já definidas em 1976, em função, principalmente, dos impactos ambientais da sua indústria carbonífera, em atividade há mais de cem anos e responsável por quase 80 % da produção nacional.

Passando em revista a evolução do conceito de região, observa-se que:

- o espaço ou lugar já aparecia em Aristóteles como uma das dez categorias em relação às quais qualquer coisa poderia ser considerada (substância, quantidade, qualidade, relação, tempo, lugar, posição, posse, atividade, passividade);
- na época contemporânea, o termo região passa a ser utilizado com um significado mais técnico, inicialmente entre os geógrafos, que imprimem ao conceito uma denotação eminentemente natural, relacionada ao meio físico,
- subsequentemente, a teoria econômica, dentro da concepção neoclássica, incorpora a dimensão espacial considerando a região como área de mercado;
- mais recentemente, notadamente através de Friedmann, Boudeville e Perroux, o termo região adquire outros significados. Consagram-se então os conceitos de *região homogênea, região polarizada* ou *nodal* e *região de planejamento*. A primeira consiste em uma área natural, formada por espaço contínuo onde cada uma de suas partes possui características semelhantes às demais (podem ser características geográficas, climáticas, econômicas, sociais, culturais, consideradas isoladamente ou em conjunto).

O conceito de região polarizada baseia-se no critério de interação ou na noção de área de influência de centros urbanos, traduzida pela intensidade de trocas (fluxo de mercadorias, de serviços e de pessoas). A região de planejamento, definida como área de particular interesse à intervenção governamental, associase mais à variável institucional.

Ainda que essa conceituação admita um certo tratamento interdisciplinar da questão regional, mostra-se ainda insuficiente para abarcar todos os aspectos

relacionados à dimensão espacial. O espaço é um elemento contínuo e qualquer espaço parcial é sempre uma simplificação seletiva, o que implica o propósito de incluir algumas coisas e excluir outras (STOHR, 1982).

A região sul catarinense acha-se confinada entre as escarpas da Serra Geral e o litoral atlântico, paralelos e separados por uma distância de cerca de 50 km. Em consequência, as bacias hidrográficas da região compreendem áreas relativamente pequenas (menores que 5.000 km²), formadas por rios de pequena vazão.

Por si sós, estas condições naturais determinam uma tendência ao conflito entre os usos dos recursos hídricos, tanto pela pouca disponibilidade como pela baixa capacidade de diluição e auto-depuração dos cursos d'água.

O desenvolvimento industrial da região foi baseado no carvão mineral que, substituindo a base agropecuária, criou condições para a instalação de um parque diversificado, com destaque para a cerâmica, metalurgia, construção civil, confecções e calçados. Trouxe consigo, porém, severos impactos ambientais, dentre os quais o mais sério parece ser o elevado grau de poluição hídrica das bacias que drenam a região carbonífera (ALVAREZ et alii, 1978; GONÇALVES et alii, 1985).

Foi no início da década de 70, com a crise do petróleo, que a mecanização das minas subterrâneas causou o acentuado agravamento da poluição ambiental, pelo grande aumento de produção conjugado à menor seletividade da lavra mecanizada na extração do carvão, trazendo à superfície quantidades de rejeitos cada vez maiores.

A mineração de carvão e a primeira etapa do seu beneficiamento concentram-se nos municípios de Criciúma, Forquilhinha, Siderópolis, Urussanga, Orleans, Lauro Muller e Içara.

O beneficiamento final do carvão e o complexo termelétrico estão instalados em Capivari de Baixo, município recentemente desmembrado de Tubarão. Imbituba abriga uma fábrica de ácido sulfúrico e fosfórico que usa rejeito piritoso como insumo, além do terminal marítimo. Os vários empreendimentos estão ligados pela linha férrea, com locomotivas a carvão e a óleo diesel.

Nos últimos anos, a extinção total dos subsídios, a liberação das importações de carvão metalúrgico e a retirada do Governo Federal das atividades produtivas, o que resultou no fechamento de suas empresas de mineração abalaram a economia da região. A produção de carvão caiu 60 % de 1986 a 1992, causando a demissão de 10.000 mineiros, reduzindo de 14.000 para cerca de 4.000 os empregos diretos na indústria carbonífera.

A recuperação ambiental dessa região já foi objeto de vários projetos - não implantados por falta de recursos - e vem sendo programada pelo Poder Público há mais de dez anos. Recentemente, foi inserida no âmbito do PRÓ-VIDA - Projeto de Recuperação da Qualidade de Vida da Região Sul de Santa Catarina.

A Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC está participando desse processo, através do projeto "Qualidade Ambiental da Região Sul de Santa Catarina", de caráter interdisciplinar e interdepartamental, com a coordenação do Curso de Pós-Graduação em Geografia, entre outras iniciativas.

É neste contexto que se insere a presente dissertação, pretendendo constituir uma parcela desse trabalho maior.

2 - OBJETIVOS

O objetivo básico deste trabalho é o de avaliar os impactos ambientais decorrentes da exploração de carvão mineral no sul catarinense (apontada há décadas como a maior causa da degradação ambiental na região) sobre os recursos hídricos superficiais (o recurso ambiental mais escasso e mais degradado).

Como objetivos específicos, alinham-se:

- estudar os processos produtivos ligados à exploração de carvão, enfatizando os seus efeitos sobre o meio ambiente;
- realizar o mapeamento das principais variáveis de interesse para a avaliação da qualidade e do uso dos recursos hídricos regionais;
- avaliar os impactos ambientais dos processos produtivos sobre os recursos hídricos superficiais e as principais tendências futuras;
 - estudar as estratégias de mitigação desses impactos ambientais;
- analisar a legislação pertinente e sua adequação e eficácia no caso específico;
- propor um zoneamento ambiental e diretrizes específicas para a indústria carbonífera na região, visando administrar os conflitos e racionalizar o uso dos recursos hídricos regionais;
- contribuir para o projeto "Qualidade Ambiental da Região Sul Catarinense", em elaboração pela UFSC/Curso de Pós-Graduação em Geografia;
 - apontar áreas prioritárias para novas pesquisas sobre o assunto.

Procurou-se enfatizar os efeitos dos despejos sobre a qualidade das águas das bacias hidrográficas afetadas (dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão) e os conflitos daí decorrentes com os principais usos da água (abastecimento público, irrigação, pesca, lazer, turismo e preservação da flora e fauna).

Buscou-se alcançar uma visão da dinâmica dos recursos hídricos da região considerada e, na medida do possível, avançar na formulação de propostas para o gerenciamento dos conflitos diagnosticados.

Num contexto mais amplo, este trabalho pretende contribuir para o conhecimento da situação ambiental de uma área em estágio crítico de degradação e, a partir daí, fazer uma tentativa de criar uma ferramenta de decisão para priorizar as ações de recuperação ambiental - o zoneamento - segundo critérios que possibilitem resgatar os usos benéficos mais importantes da água, viabilizando alternativas de desenvolvimento numa região em crise ambiental,

econômica e social, conforme os objetivos do PRÓ-VIDA, programa do Governo Federal que visa a recuperação da região carbonífera catarinense.

Este trabalho pode, ainda, constituir-se em subsídio para o estabelecimento de uma política de zoneamento ambiental da região, voltada para a compatibilização das diversas atividades sócio-econômicas lá desenvolvidas, entre si e com a preservação ambiental e a melhoria da qualidade de vida.

3 - METODOLOGIA

A legislação brasileira, seguindo a tendência geral, define impacto ambiental (CONAMA, 1986) como "qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:

- I a saúde, a segurança e o bem-estar da população
- II as atividades sociais e econômicas
- III a biota
- IV as condições estéticas e sanitárias do ambiente
- V a qualidade dos recursos ambientais."

Em decorrência dessa legislação, empreendimentos capazes de alterar o meio ambiente passaram a ter sua implantação condicionada à elaboração e aprovação de estudo de impacto ambiental. Após a implementação dessa lei, um grande número de estudos de impacto ambiental tem sido executado, aplicando várias metodologias de avaliação de impactos ambientais. O sucesso desses estudos tem sido bastante limitado, principalmente devido às razões abaixo relacionadas:

- a formação acadêmica especializada e estanque, ministrada no ensino superior tradicional, revela-se inadequada no trato das questões ambientais, de natureza complexa e dinâmica, requerendo um enfoque holístico e integrador dos vários ramos do conhecimento para sua compreensão;
- a carência de dados primários sobre o ambiente em estudo, elementos imprescindíveis para a formulação de uma avaliação de impactos ambientais em bases científicas:
- a comunicação dos resultados nem sempre é feita de forma compreensível a todos, sem garantir o envolvimento e participação da sociedade nas decisões relativas aos projetos. Nesse sentido, a falta de tradição democrática da sociedade brasileira é um dos mais poderosos obstáculos à instituição efetiva da avaliação de impactos como elemento de decisão de programas e projetos de desenvolvimento;
- conforme muito bem frisa PENTEADO-ORELLANA (1985), um estudo ambiental tem que partir de um diagnóstico de problemas e, sendo os problemas muitos e complexos, há necessidade de selecioná-los segundo algum critério de prioridades, sob pena de resultar, como em muitos casos, um estudo muito extenso e de caráter enciclopédico, onde os principais problemas não recebem o devido destaque;
 - um dos problemas mais difíceis a serem enfrentados é de caráter

metodológico (DUEK, 1982). Devido ao seu caráter global, no sentido de que não se pode estudar um fenômeno isolado de seu contexto, o objeto dos estudos ambientais são as interrelações entre as distintas variáveis, e não as variáveis por si mesmas.

A avaliação de impactos ambientais, conforme prevista na legislação brasileira se dá de forma pontual, com tratamento caso a caso de cada empreendimento isolado. Poderia, entretanto, ser aplicada de modo amplo, no planejamento do desenvolvimento regional.

O imenso potencial da avaliação de impactos ambientais como instrumento de gestão dos recursos ambientais já foi identificado como tendência futura que se fortalece (CLARK, 1991): a utilização de metodologias de avaliação de impactos ambientais no planejamento regional, em particular no uso do solo e na identificação de sítios preferenciais para o desenvolvimento econômico antes do surgimento de propostas específicas. Assim procedendo, os órgãos de controle ambiental adquirem um peso maior na localização, por exemplo, de unidades industriais, como parte de uma estratégia de desenvolvimento mais abrangente.

É nesse sentido que este trabalho pretende, a partir da avaliação de impactos ambientais da indústria carbonífera como um todo sobre os recursos hídricos das bacias atingidas, propor uma estratégia de mitigação dos seus efeitos atuais e potenciais sobre o meio ambiente.

As dificuldades dos vários especialistas às voltas com a busca de uma metodologia integradora - naturalmente baseada em seus próprios paradigmas - num contexto onde as várias disciplinas são estanques é magistralmente explorada por GONÇALVES (1988) e MONTEIRO (1986, 1989), espelhando com clareza a crise geral de paradigmas deste final de século. Nesse sentido, o equacionamento da questão ecológica, onde a avaliação de impactos ambientais se destaca como instrumento de gestão integrada e participativa do meio (físico, biótico, sócio-econômico e cultural) parece despontar como o móvel de uma revolução científica em direção a um novo conjunto de paradigmas.

Várias metodologias de estudo do meio ambiente foram pesquisadas (TRICART, 1977; PENTEADO-ORELLANA, 1985; DIEGUES, 1989; SILVA e SOUZA, 1987; CANTER, 1977; DUEK, 1982; CEI, 1987; CETESB, 1987; CONAMA, 1986; CLARK, 1991). Num extremo, utiliza-se abordagem matemática mais adequada ao estudo de impactos físico-químicos, e no outro são abordagens psico-sociológicas que investigam impactos sócio-culturais.

Direcionando-se o enfoque especificamente para as avaliações de impactos ambientais, observa-se que, apesar das variações que apresentam, podem ser

agrupadas conforme se descreve a seguir.

Métodos "ad-hoc" consistem na reunião integrada de um grupo de especialistas de diferentes disciplinas para identificar impactos em suas áreas de especialidade, sem definir previamente parâmetros específicos a serem pesquisados (ESPANHA, 1982).

Técnicas gráficas são baseadas no uso de uma série de mapas transparentes, geralmente temáticos, que se sobrepõem em várias combinações, para produzir uma caracterização composta do ambiente regional e estudar as correlações entre as variáveis mapeadas e selecionar áreas que atendam simultaneamente a vários requisitos. Entretanto, não são adequados para quantificar impactos ambientais não espacializáveis (DUEK, s.d.).

Matrizes e "check-lists" consistem em listas generalizadas das atividades de um projeto ou ação e dos fatores ambientais afetados por cada uma delas. Demandam tempo para avaliar todas as ações em relação a todos os fatores ambientais, selecionando as interações causadoras de impactos ambientais relevantes, sendo que a maioria delas não é significativa (DUEK, 1979).

Índices ou sistemas quantitativos, criados para serem usados no planejamento de recursos hídricos, são centrados em componentes específicos de qualidade ambiental, escolhidos por sua relevância para análise do projeto ou ação em pauta, uma vez que seria praticamente impossível quantificar cada uma das interações identificadas. A crítica a este método se baseia no fato de que nem sempre é óbvia a escolha dos melhores componentes de qualidade ambiental a serem avaliados e esta influi decisivamente nos resultados da avaliação (DUEK, 1979).

Finalmente, merecem destaque os enfoques de modelagem, modelos dinâmicos ou ecodinâmicos, desenvolvidos graças à rápida evolução da informática. Estes métodos, sem dúvida, são os mais sofisticados e potencialmente valiosos, uma vez que o enfoque de sistemas, implícito nestes modelos, é o único que permite propor, de modo interdisciplinar, a apreensão do ambiente físicobiótico e sócio-econômico do homem atual e estruturar um conjunto de hipóteses interrelacionadas (DUEK, 1982). Todavia, estes modelos, com referência à avaliação de impactos ambientais, encontram-se ainda em uma etapa de consolidação. As críticas a estes métodos centram-se nos custos de aquisição e processamento dos dados requeridos, quando não na impossibilidade de obter os dados, em função da inexistência de séries históricas adequadas de observação.

Nos países aspirantes ao pleno desenvolvimento industrial e à independência econômica, como na América Latina e no Sudeste Asiático, verifica-se uma outra

realidade econômica e ecológica. A gerência do meio ambiente depende muito menos da técnica e muito mais da política, em relação aos países industrializados.

Partindo de uma visão dialética de meio ambiente, este seria entendido, assim, como a síntese de duas forças antagônicas e complementares, cultural e natural, e administrado através da identificação dos problemas e proposição preliminar de ação (planejamento), escolha metodológica e eleição de problemas e áreas críticas e prioritárias (organização), ações integradas para a solução e profilaxia dos problemas detectados (direção) e monitoramento e fiscalização constantes da qualidade ambiental e de vida e dos progressos obtidos no desenrolar do processo (controle) (CASTRO, s.d.)

A despeito de toda a imprecisão metodológica, a maioria dos autores parece convergir para o estabelecimento de quatro componentes para uma avaliação de impactos (CANTER, 1977; DUEK, 1982; CONAMA, 1986; CEI, 1987; CLARK, 1991): identificação, quantificação/priorização, análise/interpretação e recomendações, embora sem consenso quanto às técnicas a serem utilizadas em cada etapa, ou aos seus limites, que dependem inclusive do objeto e da finalidade da avaliação.

Essas quatro etapas nortearam a execução deste trabalho, que "se constitui num desafio, visto que não existe uma receita técnica calcada numa concepção teórico-metodológica pronta para ser seguida. A própria tomada de consciência quanto à questão ambiental, sem dúvida tardia, faz com que as análises ambientais encontrem-se mais no campo da experimentação do que em metas plenamente atingidas". (CEI, 1987).

Com a atenção voltada para estas questões, foram delimitados o escopo, a área de estudo e os objetivos do presente trabalho, buscando não efetuar cortes que comprometám a visão global pretendida e, ao mesmo tempo, não incluir objetos e atividades prescindíveis para uma avaliação final compatível com prazos e recursos de uma dissertação de mestrado.

Para isso, contou-se com um necessário diagnóstico ambiental preliminar, preparado em função dos vários estudos já realizados na área (ALVAREZ et alii, 1978; ECP, 1983; GONÇALVES et alii, 1985; GOTHE, 1989,1991), além da experiência de mais de dez anos de militância profissional em questões ambientais, correlatas.

Segundo estes estudos, a degradação ambiental na área de pesquisa é devida, principalmente, à exploração de carvão mineral. Por este motivo, essas atividades foram selecionadas como objeto de avaliação.

A degradação ambiental causada pela indústria carbonífera, em função da

natureza dos processos envolvidos e das características geológicas e geomorfológicas regionais, manifesta-se com maior intensidade sobre os recursos hídricos, que se constituem no recurso ambiental mais poluído e escasso na região. Este fato conduziu à sua determinação como foco deste trabalho.

Entretanto, limitações de tempo, dados e recursos financeiros impuseram ainda cortes adicionais:

- os recursos hídricos subterrâneos, embora sujeitos à poluição carbonífera (MACHADO et alii, 1984), não serão objeto deste trabalho, o qual limitar-se-á às águas superficiais;
- os impactos ambientais sobre o meio biótico, exceto agropecuária e saúde pública, receberão pouca ênfase.

3.1 - IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A identificação dos impactos ambientais envolve duas tarefas básicas:

- o estudo dos processos poluidores, visando a identificação de impactos atuais e potenciais sobre o meio ambiente;
- a caracterização da sua área de influência (área afetada direta ou indiretamente), a partir do conhecimento da qualidade ambiental nessa área.

A ausência de dados recentes detalhados a respeito da indústria carbonífera, cujo controle estatístico foi interrompido a partir de 1987 com a crise do setor, e de qualidade de água na região dificultou a presente avaliação, impossibilitando o acompanhamento adequado da evolução temporal dos impactos ambientais sobre os recursos hídricos

3.2 - QUANTIFICAÇÃO E PRIORIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A qualidade das águas e seus usos benéficos principais, atuais e potenciais, foram as bases para a quantificação dos impactos ambientais da indústria carbonífera sobre os recursos hídricos e priorização das ações de controle ambiental correspondentes.

Impactos diretos derivam do lançamento de despejos nos cursos d'água e da lixiviação de rejeitos dispostos no meio ambiente manifestando-se sobre a qualidade das águas a jusante, sobre a flora e fauna aquática (nativa e cultivada) e sobre a saúde humana, incluindo o saneamento e abastecimento de água potável.

Impactos indiretos emergem nos prejuízos causados aos demais usuários da água pela sua má qualidade a jusante das indústrias carboníferas, especialmente para abastecimento público, irrigação, pesca e lazer.

A magnitude de cada impacto ambiental depende de:

- intensidade, quando possível medida com um indicador quantitativo, como a concentração de poluentes selecionados de forma a caracterizar o tipo de poluição presente;
- abrangência, dada pela área afetada, registrada em mapas em escala adequada;
- evolução temporal da intensidade dos impactos ambientais e de sua abrangência, identificando tendências futuras (CLARK, 1991).
- O enquadramento legal dos rios na região carbonífera catarinense foi reproduzido segundo a classificação legal ainda vigente em Santa Catarina, definida na Portaria GAPLAN/SC nº 024/79, de 19 de setembro de 1979. Esta Portaria segue as 4 Classes definidas na Portaria MINTER 0013/76, de 15 de janeiro de 1976.

O estado ainda não adequou a classificação dos seus recursos hídricos ao disposto na Resolução CONAMA 020/86, que prevê 9 Classes de água.

Para aferir a qualidade da água foram utilizadas as análises disponíveis, selecionando-se os parâmetros indicadores mais adequados para detecção da poluição carbonífera.

A poluição carbonífera não é de natureza orgânica, sendo, portanto, de pouca valia os parâmetros mais comumente usados como medida do grau de poluição, como OD (oxigênio dissolvido), DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e coliformes.

Os critérios empregados na seleção de parâmetros para casos específicos consideram três condições básicas que o parâmetro deve satisfazer (DUEK, 1982):

- encontrar-se com invulgar frequência ou ser sensivelmente alterado no ambiente afetado;
- causar dano comprovado ao ecossistema, acima de certas concentrações ou por variações bruscas;
 - existir tecnologia disponível para sua detecção.

Partindo destas considerações e analisando trabalhos anteriores (ALVAREZ et alii, 1978; MONTEGGIA, 1981; ECP, 1983; DUEK, 1983; GONÇALVES et alii; 1985; ZETA, 1985; LAGO, 1989; GOTHE, 1989, 1991), pode-se adiantar os parâmetros indicadores mais importantes: pH, acidez, sólidos totais e suspensos, sulfatos, ferro e outros metais.

A única caracterização bastante completa da qualidade das águas da área de pesquisa foi realizada em 1983 (ECP, 1983).

A área ocupada (minerada, coberta por rejeitos, cultivada, desmatada, etc.) e sua evolução temporal são outros indicadores de grande importância, bem como as interrelações entre os usos (atuais, prejudicados, potenciais) dos recursos hídricos.

Impactos sobre o meio físico são mais facilmente mensuráveis que efeitos sobre o meio social e cultural. Além disso, mesmo os indicadores de alguma forma mensuráveis podem não ser comparáveis quantitativamente.

Já os impactos sobre o meio ambiente sócio-cultural são sentidos de forma diferenciada pelos vários atores sociais, sua exteriorização é individualizada e somente aferida em bases pessoais.

Esta etapa envolve também a tarefa crítica de destacar, dentre o grande número de impactos ambientais potenciais, aqueles mais relevantes para a qualidade dos recursos hídricos, o que constitui fator de grande relevância na eficácia da avaliação realizada.

Isso coloca o problema da subjetividade na priorização de certos impactos ambientais a serem estudados, praticamente incontornável. A ótica do avaliador, determinada por sua ideologia, é parte integrante da avaliação, tanto quanto somos parte do meio ambiente avaliado.

3.3 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

Procurou-se atingir uma avaliação dos impactos ambientais da indústria carbonífera catarinense através da análise integrada dos estudos e levantamentos setoriais existentes, de modo a formar um cenário global da realidade atual e das perspectivas de evolução da situação detectada, complementados por pesquisas de campo e utilizando a experiência adquirida em atividades correlatas lá desenvolvidas.

A localização e a carga poluidora das empresas carboníferas, a qualidade de água resultante em cada trecho dos cursos d'água, a localização, a demanda e os requisitos de qualidade, atuais e potenciais dos demais usos foram os fios condutores da análise dos impactos ambientais programada.

A integração dos diversos levantamentos setoriais foi feita via técnicas de superposição de mapas e cruzamento de informações, colocadas em cartas temáticas e em tabelas e figuras.

Elegeu-se a escala de apresentação em 1:250.000, como sendo compatível com os objetivos e a metodologia proposta, apesar da utilização, nas diversas etapas de levantamento e análise, desde plantas cadastrais até mapas na escala 1:250.000, conforme os requisitos e as disponibilidades do trabalho.

Pela dificuldade de compactar os resultados da avaliação de impactos ambientais em uma "carta síntese dos impactos ambientais da indústria carbonífera sobre as águas superficiais" são apresentadas, junto com a carta-síntese ambiental, as principais cartas temáticas utilizadas, com o intuito de possibilitar uma melhor compreensão.

A carta síntese dos impactos ambientais da indústria carbonífera sobre as águas superficiais será elaborada representando um mínimo de variáveis significativas para não carregá-la em excesso, dificultando sua compreensão.

A seleção preliminar de variáveis de interesse buscou subsidiar a avaliação pretendida, que enfatiza o diagnóstico atual do meio ambiente, a identificação dos conflitos de uso dos recursos hídricos e a priorização de soluções para os maiores problemas de degradação ambiental do sistema hídrico.

3.4 - RECOMENDAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

As recomendações derivadas da avaliação de impactos ambientais pretenderam incluir as ações, obras e projetos prioritários para resgatar os mais importantes usos benéficos dos recursos hídricos, hoje prejudicados.

É proposto um zoneamento ambiental da região, conjugado à definição de diretrizes específicas para o controle de cada tipologia de fonte poluidora, acompanhados dos respectivos cronogramas de execução.

Vários planos, programas e projetos para proteção ambiental na região carbonífera já existem, sem integração ou compatibilidade entre si. As ações recomendadas foram preferencialmente selecionadas entre os projetos já elaborados, ou neles baseadas.

Foram também incluídas recomendações relativas a novos estudos e pesquisas correlatos e considerados prioritariamente necessários para aumentar a abrangência e o refinamento da atual avaliação.

4 - A INDÚSTRIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Para possibilitar a colocação dos carvões vendáveis (metalúrgico e energéticos) no mercado consumidor, são executados uma série de processos industriais potencialmente poluidores, que compreendem a lavra - subterrânea ou a céu aberto -, o beneficiamento e a disposição de rejeitos.

Este capítulo descreve o aparelho produtivo implantado em Santa Catarina, com vistas à produção de carvão mineral, bem como as perspectivas futuras deste energético.

4.1 - HISTÓRICO DA EXPLORAÇÃO DE CARVÃO

A importância do carvão como fonte de energia começou a ser consolidada em meados do século XVIII, permitindo o desenvolvimento das atividades industriais.

No Brasil, a exploração do carvão mineral iniciou-se no século XIX. Em 1860, começava a mineração de carvão em Arroio dos Ratos, no Rio Grande do Sul, sob a responsabilidade do Estado.

Em Santa Catarina, os trabalhos de mineração e beneficiamento de carvão foram iniciados em 1866, com a constituição da empresa Lage & Irmãos, permitindo o uso de carvão nas locomotivas, caldeiras industriais, navios e gaseificadores. Em 1880, começou a implantação da Estrada de Ferro Donna Thereza Christinna, que entrou em operação em 1884, ligando as minas ao porto de Laguna.

O desenvolvimento do setor carbonífero nacional, contudo, nas primeiras décadas do século XX, foi seriamente afetado pelo surgimento dos combustíveis derivados do petróleo, cujo poder calorífico, preço e facilidade de transporte tornava seu uso mais econômico.

Como consequência, seu mercado tornou-se instável, somente apresentando grande procura durante as duas guerras mundiais e em períodos de dificuldades na obtenção de outros combustíveis.

Dada a função significativa do carvão nessas anormalidades, o Governo Federal começou a tomar medidas controladoras de mercado, regulamentando o consumo em épocas de grande procura e criando um mercado compulsório nos períodos de baixa demanda.

Com o beneficiamento do carvão bruto para a produção exclusiva do carvão

metalúrgico, embarcado pelo Porto de Imbituba (construído para substituir o porto de Laguna, que não opera com navios de grande porte), grandes quantidades de carvão não coqueificável e de poder calorífico mais baixo não eram aproveitadas.

O carvão energético, obtido pelo beneficiamento do material antes descartado, passou a ser consumido pela SOTELCA - Sociedade Termelétrica de Capivari, que tinha potência instalada de 10 milhões de watts (10 MW) criada com o incremento da produção de carvão em função da II Guerra Mundial, e destinada a atender ao Lavador de Capivari e ao conjunto de minas localizadas no Sul de Santa Catarina, implantadas pela C.S.N. (Companhia Siderúrgica Nacional).

Em 1945, aproveitando as linhas de transmissão existentes até as minas em Siderópolis, a usina termelétrica de Capivari passou a suprir de energia elétrica desde Imbituba até Araranguá. De 1949 a 1953, através de uma linha isolada, foram supridas de energia elétrica a cidade de Florianópolis e a região industrial de Joinville. Em 1958, a usina teve a sua capacidade ampliada para 12 MW.

A consolidação de uma política específica para o carvão mineral teve origem no ano de 1953, quando, através da Lei nº 1886, foi aprovado o PLANCARVÃO - Plano do Carvão Nacional, que visava planificar e regular o Setor Carbonífero, tendo sua efetivação atribuída a uma comissão executiva subordinada diretamente à Presidência da República.

Em sua essência, tal plano visava a ampliação do mercado deste insumo energético pela redução dos custos aos consumidores finais, inclusive via implantação de usinas termelétricas e siderúrgicas.

Para a consecução desta meta, o plano previa financiamentos para a mecanização das minas (aquisição e instalação de equipamentos destinados à lavra e ao beneficiamento) e para obras de infraestrutura de transporte e movimentação dos produtos, de maneira a ampliar seu raio econômico. Adicionalmente, contemplava também investimentos em pesquisa (mineral e tecnológica) e na assistência social aos mineiros. (MONTENEGRO, 1982)

A Lei nº 3.860/60 criou a CPCAN - Comissão do Plano do Carvão Nacional, entidade dotada de personalidade jurídica e autonomia financeira, à qual foi atribuída a execução do programa, "coordenando as atividades relacionadas com o carvão mineral, a fim de ampliar-lhe, de modo econômico, a produção, incrementar e racionalizar o seu consumo, de forma a melhor aproveitá-lo como redutor, combustível e matéria-prima".

Posteriormente, a CPCAN foi vinculada ao MME - Ministério de Minas e Energia, sendo que, em 1968, teve início a transferência de suas atribuições para o CNP - Conselho Nacional do Petróleo e para o DNPM - Departamento Nacional

da Produção Mineral, processo concluído em 1970 com a extinção da comissão.

Com a extinção da Comissão do Plano de Carvão Nacional - CPCAN, que reunia todas as atividades ligadas ao carvão suas atribuições foram pulverizadas entre diversos ministérios e órgãos federais. Essa fragmentação de atribuições, conjugada com a instabilidade de mercado, desestimulou a produção durante certo tempo (MOTTA, 1980).

Desde então, vários órgãos vêm-se incumbindo legalmente da política do setor carbonífero.

Com as crises do petróleo (preços e dependência de importação), em 1973 e 1979, o Governo Federal resolveu estimular o uso de combustíveis nacionais alternativos (carvão mineral e álcool).

Abria-se, assim, uma nova perspectiva para o carvão nacional assegurar um mercado estável que garantisse a auto sustentação do setor (CATÃO, 1986).

Em 1975, a CAEEB - Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras foi designada como responsável pela comercialização do carvão, o que ocorreu até o final de 1988, com a extinção do subsídio ao transporte do carvão.

Criaram-se diversos tipos de carvão energético para uso industrial, cujo consumo foi estimulado por subsídios estabelecidos pelo Governo.

A economia carbonífera nacional experimentou, nas décadas de 70 e 80, um crescimento bastante significativo. Esse crescimento deve-se, quase que exclusivamente, aos incrementos verificados nos níveis de produção e consumo de carvão energético, os quais foram ensejados fundamentalmente pela política governamental de promoção do uso desse carvão, em substituição ao óleo combustível, em setores industriais que incluem notadamente a indústria de cimento, mas também siderurgia, fumo, alimentos, têxtil, papel e cerâmica, além das sucessivas ampliações do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda para 100 MW (1968), 232 MW (1974) e 482 MW (1980), sua capacidade atual, responsável, em 1985 por cerca de 92,6 % do total comercializado dessa fração de carvão (PARAHYBA, 1987). Está em curso a construção de uma nova unidade que ampliará sua capacidade para 832 MW.

A interferência do Estado no Setor Carbonífero, influiu significativamente tanto no comportamento dos concessionários como na política de preços.

Com efeito, os mineradores colocaram-se numa posição passiva, à espera de incentivos do governo, em oposição a uma estratégia voltada à conquista de mercados. Essa acomodação revelou-se uma estratégia conveniente para o empresariado, em função das garantias asseguradas pelos órgãos de governo.

De maneira análoga, as distorções nos preços praticados para os diversos

tipos de carvão produzidos, atrelados ao óleo combustível e/ou baseados em "convenções", de origem não bem definida e com objetivos nem sempre claros, tornaram esses preços irreais (FAGUNDES, 1987).

O efeito multiplicador destas excepcionalidades foi tal que se tornou praticamente impossível conhecer o custo real do produto, face aos subsídios, diretos ou indiretos, embutidos nos preços dos insumos, situação idêntica, aliás, à dos demais combustíveis produzidos no país.

Sendo assim, em que pese o fato da produção e consumo de carvão nacional terem evoluído a taxas anuais significativas no passado recente (de 1977 a 1986, conforme mostra a figura 1), é importante assinalar que esse desempenho decorreu de uma conjugação de condições favoráveis, que configuraram em modelo muito particular de crescimento.

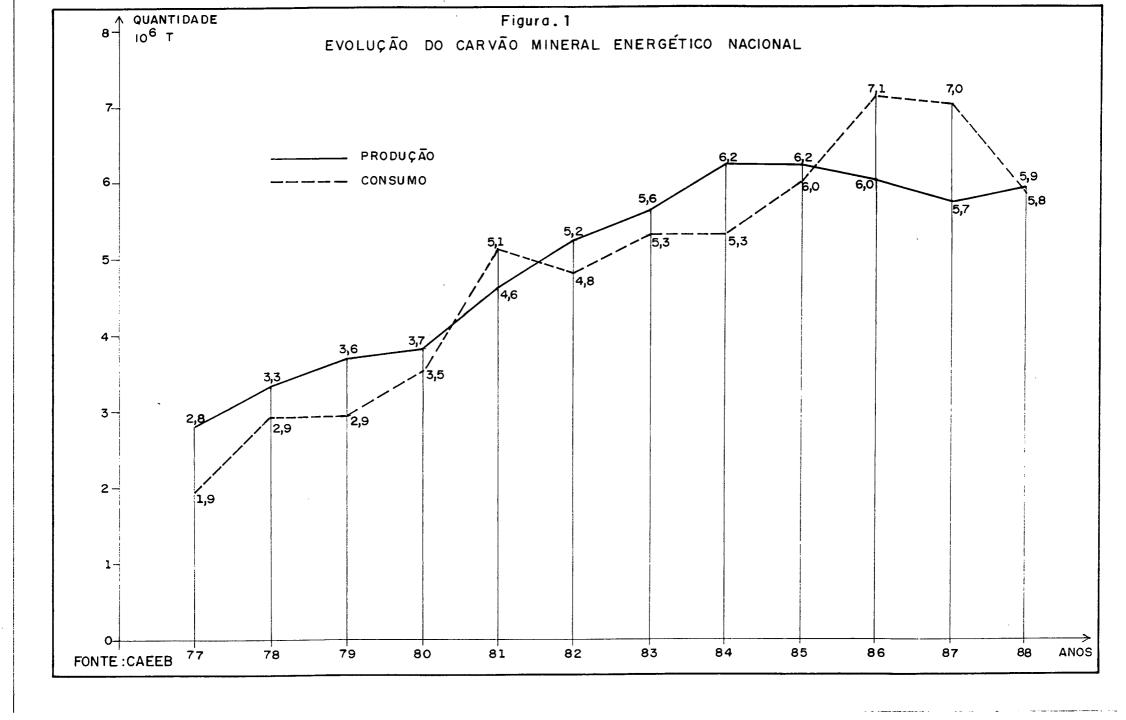
Com efeito, o crescimento analisado fundamentou-se basicamente nos seguintes fatores (FAGUNDES, 1987):

- geração de uma demanda crescente por carvão energético, calcada em uma política de preços ao consumidor fortemente subsidiados;
- existência de capacidades ociosas no setor de produção, aliadas às possibilidades de incremento relativo da produção de carvão energético, mediante remanejamento do aparelho de produção, em especial do Lavador Central de Capivari;
- existência de capacidade ociosa na infra-estrutura de transporte para o escoamento da produção.

Sob essas condições favoráveis, o setor pôde crescer sem grandes dificuldades, na medida em que a política de preços subsidiados, associada à redução das cotas de fornecimento de óleo combustível para alguns setores industriais, estimulava a procura pelo carvão, e foi possível ao aparelho de produção responder às demandas crescentes que a política de promoção do uso do carvão propiciava, através de remanejamentos e aproveitamento das capacidades ociosas existentes.

Face à pulverização das atribuições entre diversos ministérios e órgãos federais relativos ao carvão, representando interesses muitas vezes conflitantes, verificam-se, a partir de 1987, crescentes dificuldades para a indústria carbonífera.

A decisão de promover uma maior utilização do carvão, à altura de seu percentual no contexto dos recursos e reservas nacionais de energia pressupõe uma ação política coordenada, contemplando todas as fases do ciclo econômico do carvão (produção, beneficiamento, transporte, distribuição e consumo), bem como as atividades ligadas ao controle da poluição causada neste ciclo.



Atualmente, aquela conjugação afortunada de condições que possibilitou o crescimento do setor nos últimos anos não mais se verifica.

Constatam-se, inclusive, tendência no sentido da redução de seu consumo, conforme mostra a figura 1, em decorrência da substituição do carvão por outros energéticos, mormente na indústria cimenteira, em função da retirada dos subsídios às despesas de transporte, o que desestimulou o consumo do carvão distante das minas.

4.2 - RECURSOS E RESERVAS DE CARVÃO

A maior ocorrência de carvão mineral no Brasil concentra-se no flanco leste da Bacia do Rio Paraná, numa faixa que se estende em direção nordeste/sudoeste por 1.500 km, do Estado de São Paulo ao Rio Grande do Sul, nos quais as pesquisas efetuadas (DNPM/CPRM, 1986) confirmaram a existência de recursos superiores a 30 bilhões de toneladas.

No flanco noroeste da Bacia do Paraná, nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, os sedimentos foram depositados em ambientes e sob condições desfavoráveis para a formação do carvão.

Vale ressaltar que os recursos identificados de carvão mineral poderão aumentar, se considerarmos que a Bacia do Paraná inclui as áreas submersas até a cota batimétrica de 200 metros, ainda não pesquisadas. Estudos realizados sugerem que uma calha sedimentar contendo camadas de carvão pode ocorrer naquela área, ao longo da plataforma continental (DNPM/CPRM, 1986).

Na tabela 1 estão indicadas as reservas e os recursos de carvão mineral por Unidade da Federação.

O gráfico da figura 2 mostra a concentração dos recursos no estado do Rio Grande do Sul.

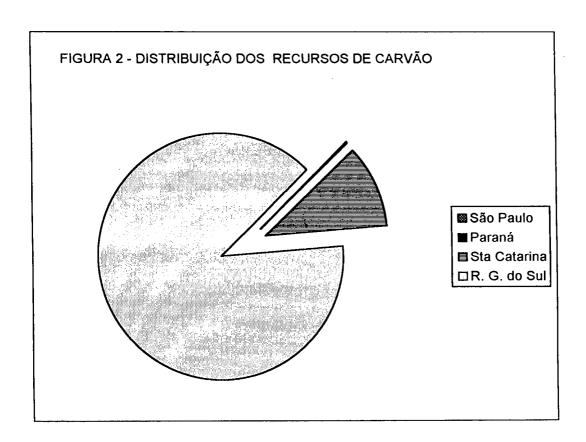
Além disso, as reservas recuperáveis poderão ser muito ampliadas se houver investimentos na pesquisa tecnológica que visem superar os problemas inerentes ao nosso carvão, muito desperdiçado na lavra, por falta de conhecimento do comportamento dos maciços rochosos e no beneficiamento, cuja tecnologia atual não permite o aproveitamento integral dos produtos, ocorrendo uma baixa recuperação da fração ideal e perda de finos por falta de tecnologia moderna e equipamentos não ajustados (FAGUNDES, 1987).

TABELA 1
RESERVAS E RECURSOS DE CARVÃO MINERAL

(milhões de toneladas)

ESTADO	RESERVAS	RESERVAS	RESERVAS	RESERVAS	TOTAL
	MEDIDAS	INDICADAS	INFERIDAS	MARGINAIS	IDENTIFICADO
	IVILDIDAO	INDIOADAG	IIII LINDAO	MINICOLLAND	IDENTII IOADO
São Paulo	3,50	1,00	0,00	4,00	8,50
Paraná	78,38	23,44	3,72	2,65	108,19
Sta Catarina	550,34	875,90	1.035,56	1.041,40	3.503,20
R. G. do Sul	2.644,62	6.079,32	5.943,20	14.159,30	28.826,44
TOTAL	3.276,84	6.979,66	6.982,48	15.207,35	32.446,33

Fonte: DNPM, 1986.



As jazidas brasileiras de carvão mineral de interesse econômico estão localizadas nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e, com menor expressão, no Paraná e São Paulo, conforme mostram as figuras 3 e 4.

Reserva é a parcela identificada de um recurso mineral que obedece a critérios específicos mínimos, físicos e químicos, em relação às práticas atuais de lavra e produção econômica, tais como: teor, qualidade, largura, espessura e profundidade. Normalmente a reserva é expressa em seu estado natural ("in situ")

e, segundo o seu grau de confiabilidade, é diferenciada em:

Reserva medida é aquela que foi cubada mediante pesquisas detalhadas, desde os afloramentos, com sondagens pioneiras completadas por um sistema reticulado de sondagens, ou malha, distantes de 100 a 200 metros em caso de sedimentos carboníferos pouco profundos e malha menos densa em caso de jazidas de carvão profundas.

Reserva indicada é aquela avaliada com menos precisão do que a medida, mediante estudos geológicos de superfície, os quais não são detalhados por se tratar de estudos gerais, com exames de afloramento e, talvez, uma ou outra sondagem pioneira feita por serviços geológicos do governo ou de organizações particulares.

Reserva inferida é aquela que se supõe existir em face da configuração geológica geral de determinadas regiões fisiograficamente conhecidas (MOTTA, 1977).

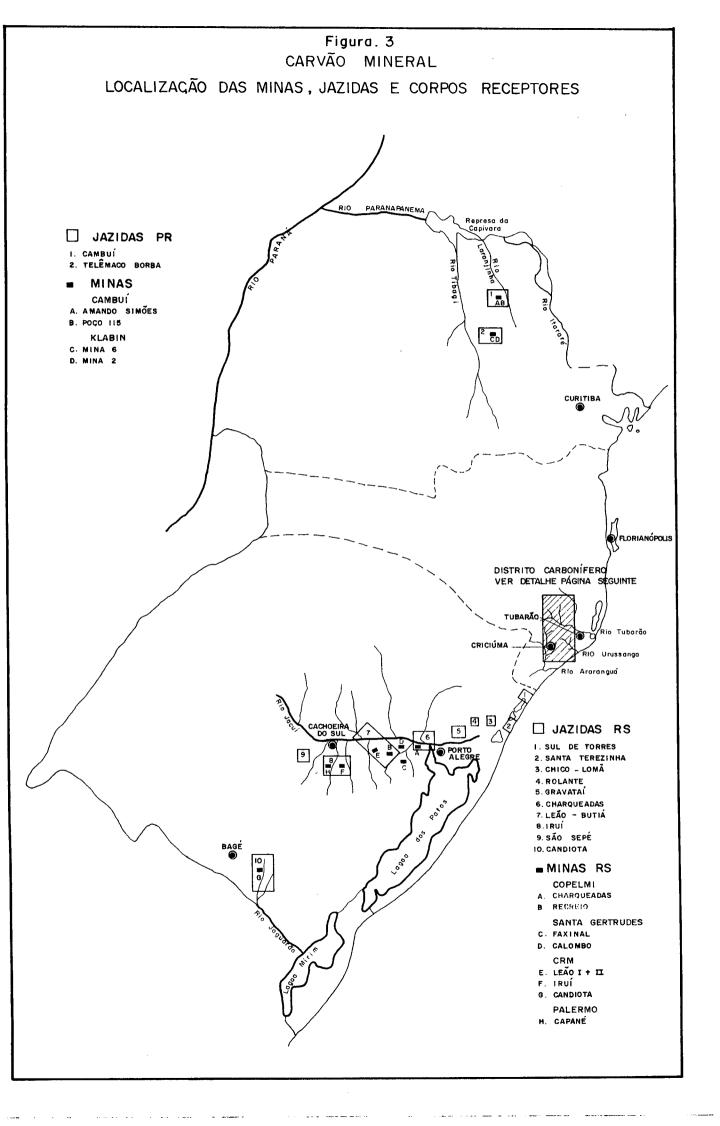
O estado do Rio Grande do Sul detém mais de 80% das reservas de carvão mineral nacional (DNPM/CPRM, 1986), embora o quadro de produção conceda a liderança ao estado de Santa Catarina, com cerca de 80% do total extraído (DNPM, 1988).

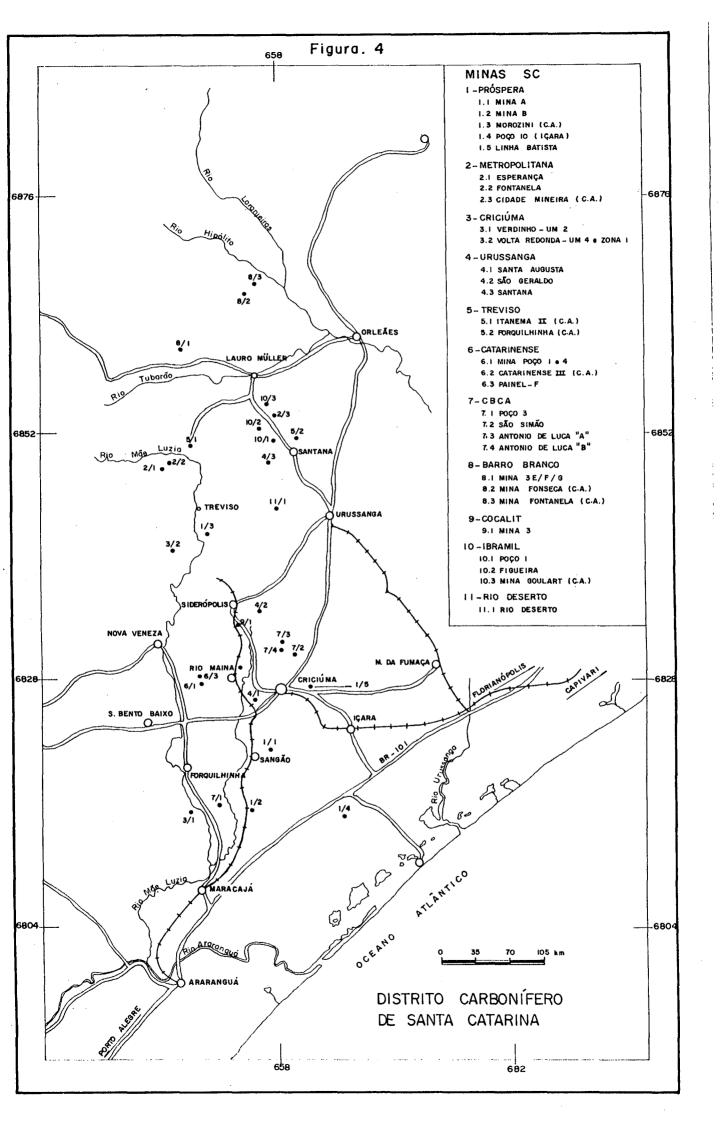
A bacia carbonífera de Santa Catarina está situada a sudeste do estado e sua parte mais conhecida estende-se das proximidades do Morro dos Conventos e Arroio do Silva, no litoral, ao sul, até as cabeceiras do rio Hipólito, ao norte. O limite oeste não ultrapassa o meridiano de Nova Veneza e, a leste, a linha natural de afloramento vai do sul de Içara até Brusque do Sul, conforme mostra a figura 4.

Dentro dessa área, o posicionamento estratigráfico do pacote de sedimentos onde ocorrem intercaladas as camadas de carvão é na denominada Formação Rio Bonito, composta por siltitos, arenitos e sedimentos carbonosos. Furos de sondagem executados evidenciaram a presença de doze camadas de carvão, das quais três, Barro Branco, Irapuá e Bonito, têm importância econômica (DNPM/CPRM, 1986).

Atualmente, existem doze empresas carboníferas que exploram as reservas medidas, principalmente na camada Barro Branco. Destas, apenas duas carboníferas extraem o carvão da camada Irapuá e Barro Branco concomitantemente. Para a camada Bonito já existe uma mina implantada, mas atualmente paralisada.

Embora a bacia carbonífera de Santa Catarina esteja praticamente delineada, seu potencial geoeconômico continuará despertando por muito tempo o interesse dos empresários do setor mineral.





Em sua porção norte, já foram executados projetos cujos resultados permitiram avaliar recursos de grande expressão, especialmente na bacia do rio Laranjeiras, próximo ao paralelo que passa pela cidade de Alfredo Wagner. Ainda mais ao norte, foram localizados e mapeados vários afloramentos de carvão que demonstraram ocorrências de interesse, especialmente na Serra do Mirador - Município de Presidente Getúlio, e na localidade de Sumidor - Município de Rio do Oeste (DNPM, 1981)

- A camada Barro Branco se estende das escarpas da Serra Geral, ao nordeste, até o Oceano Atlântico, numa extensão em torno de 100 km. Sua profundidade varia de zero ao nordeste, até 400m nas proximidades de Araranguá. A sua espessura varia entre 1,8 a 2,0 m, contendo de 0,8 a 1,0 m de carvão. Os recursos totais identificados estão avaliados em 847 milhões de toneladas e é uma jazida de carvão com propriedades coqueificantes;
- A camada Bonito ocorre entre 30 e 70 m abaixo da camada Barro Branco e sua espessura varia de 2,0 a 5,0 m. Tem uma profundidade variável de nordeste para sudeste, aflorando nas proximidades de Lauro Muller, Urussanga e Içara, mergulhando até a profundidade de 1.100 m sob o mar, a sudeste de Torres. Estima-se em 1,26 bilhões de toneladas os recursos totais identificados;
- A camada Irapuá ocorre ao sul de Içara e nas proximidades de Torres, e está situada a alguns metros acima da camada Bonito. Tem pequena espessura ao sul de Içara e elevada profundidade próximo a Torres. Os recursos identificados de carvão estão avaliados em 119 milhões de toneladas (DNPM/CPRM, 1986).

4.3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CARVÃO

Genericamente, os carvões constituem uma série de materiais orgânicos sólidos e combustíveis, originados a partir de uma massa vegetal depositada em ambientes subaquáticos que, protegida da ação do oxigênio do ar, sofre gradualmente transformações que a levam para os estágios de turfa, linhito, hulha (carvão betuminoso) e antracito, pelo enriquecimento relativo em carbono fixo (carbonificação).

A turfa corresponde à massa vegetal menos transformada, contendo abundante resto vegetal não carbonificado, que dá um aspecto esponjoso. O linhito é mais sólido, de cor parda ou negra, que conserva apenas a estrutura lenhosa. A hulha ou carvão betuminoso é compacto, fosco, não se distinguindo macroscopicamente vestígios de origem vegetal. Já o antracito, que representa o

último estágio da carbonificação, é o mais duro e compacto, de cor negra e fratura conchoidal (UFRGS, s.d.).

Todos os carvões contém em sua composição teores variáveis de material mineral, que constituem as impurezas, as quais dão origem aos rejeitos, com potencial poluidor.

Os constituintes de maior importância na determinação do potencial poluidor de um carvão são a cinza e o enxofre.

A tabela 2 apresenta os teores de cinzas e enxofre dos carvões produzidos em Santa Catarina.

O carvão energético nacional é considerado de alto teor de cinzas (40 a 50% comparado até com 10% no exterior). Em relação a presença de enxofre, o carvão é considerado de alta qualidade até 1%, médio até 3% e inferior acima deste valor (ELETROSUL coord., 1990).

Além das características citadas acima, o carvão também possui na sua composição elementos ditos "traços" ou "menores", pois aparecem em concentrações pequenas, da ordem de partes por milhão (ppm).

Embora estas concentrações sejam pequenas, a grande massa de carvão e rejeitos extraídos, beneficiados, lixiviados e/ou queimados pode provocar teores relativamente elevados destes elementos no ambiente. Na tabela 3, as concentrações dos elementos menores são mostradas para o carvão CE-4500.

TABELA 2
COMPOSIÇÃO DOS CARVÕES ENERGÉTICOS PRODUZIDOS EM SANTA
CATARINA

TIPO CARVÃO	PROCEDÊNCIA	% Enxofre	% Cinzas
CE 5200	CNP	2,5	35
CE 5200	LavaCap	2,1	33
CE 5200	COCALIT	1,9	34
CE 4700	CNP	1,5	35
CE 4700	CNMCBB/Bonito	2,7	49
CE 4500	CNP	3,5	43
CE 4500	MAX LavaCap	3,2	42

Fonte: DNPM, 1988.

TABELA 3 CONCENTRAÇÃO DE ELEMENTOS MENORES

(em p.p.m. ou % quando indicado).

ELEMENTOS	CE-4500	ELEMENTOS	CE-4500
Alumínio %	5,2	Potássio	9100
Arsênio	2,8	Magnésio	1700
Ouro	0,05	Manganês	124
Boro	43	Sódio	730
Bário	7	Níquel	30
Berílio	7	Chumbo	48
Bromo	30	Enxofre %	2,5
Cálcio	4300	Selênio	11
Cádmio	0,9	Antimônio	0,78
Cloro	320	Tório	25
Cobalto	10	Titânio	3900
Cromo	74	Zinco	217
Cobre	32	Urânio	2,5
Ferro %	2,9	Vanádio	120
Mercúrio	0,05		

Fonte: FUNDATEC, 1987.

4.4 - PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO E USO DO CARVÃO MINERAL

O carvão mineral se constitui na maior reserva energética não-renovável nacional, correspondendo a aproximadamente 66% do total de recursos e reservas de energia não-renovável do País, conforme pode ser observado na tabela 4, e na figura 5.

No entanto, apesar do expressivo volume de suas reservas, a participação atual do carvão mineral de origem nacional em nossa estrutura de consumo de energia é inferior a 2%, o que não condiz com as suas potencialidades. (ver tabela 5 e figura 6).

TABELA 4

COMPOSIÇÃO DOS RECURSOS/RESERVAS ENERGÉTICAS BRASILEIRAS

NÃO RENOVÁVEIS (Situação: 31/12/87)

TANO NEITO VAVEIO (Olidação: 31/12/01)				
Especificação	Unidade	Total	Equivalência	%
			Milhões TEP	
Petróleo	milhões m³	374	325	3,2
Gás Natural	bilhões m³	95	87	0,8
Óleo de Xisto	milhões m³	818	709	7,1
Carvão Mineral	bilhões t	32	6.611	66,2
Energia Nuclear	mil t U ₃ O ₈	301	2.100	21,1
Turfa	milhões t	487	153	1,7

TEP - Tonelada equivalente de petróleo.

Fonte: MME, 1988.

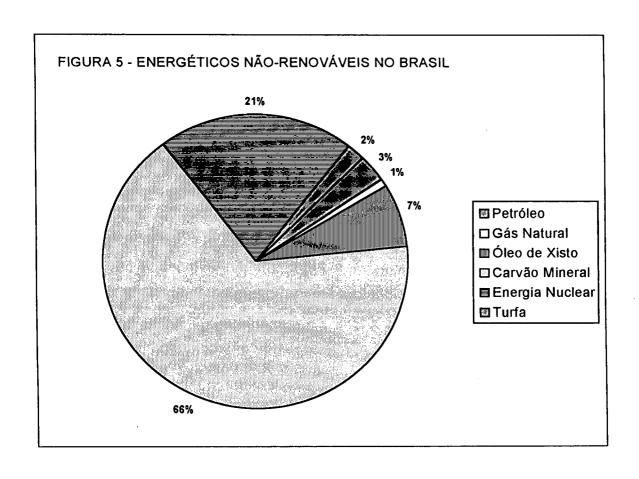
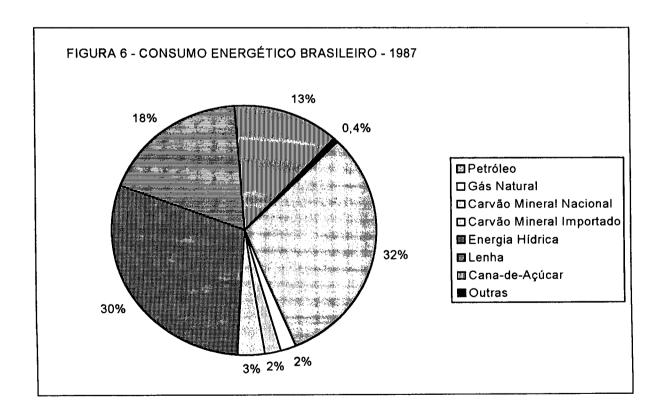


TABELA 5
CONSUMO ENERGÉTICO BRASILEIRO (1987)

Fontes Energéticas	Consumo (milhões TEP)	Participação Relativa %
Petróleo	54,6	31,6
Gás Natural	3,1	1,8
Carvão Mineral Nacional	3,3	1,9
Carvão Mineral Importado	5,9	3,4
Energia Hídrica	51,7	29,9
Lenha	31,0	17,9
Cana-de-Açúcar	22,7	13,1
Outras	0,7	0,4
TOTAIS	173,0	100,0

Fonte: MME, 1988.



Segundo o planejamento do Setor Elétrico, a participação do carvão mineral no contexto econômico-energético nacional deverá ser mais expressiva a partir da próxima década, quando a geração termelétrica a carvão experimentará um crescimento substancial de participação na geração de energia elétrica, passando de 0,7 GW em 1986 para prováveis 6,5 GW em 2010, um aumento de 800%. Dentro da estrutura geral de geração, a participação do carvão passará de 1,6% para 4,1% da energia elétrica gerada no país. (ELETROBRÁS, 1987).

Além de sua contribuição específica para o suprimento de energia à sociedade brasileira, o aproveitamento dos recursos carboníferos conduz a apreciável desenvolvimento sócio-econômico das regiões produtoras, ampliando o mercado de trabalho, aumentando a arrecadação tributária (90% dos recursos do IUM - Imposto Único sobre Minerais são retidos nos estados e municípios produtores) (DNPM, 1988), e constituindo-se em um pólo de atração para outros ramos industriais como o cimenteiro e o cerâmico, pela utilização de sub-produtos, ou mesmo como insumo.

Desta forma, justificam-se os estudos para a efetivação de controle ambiental destas atividades, como executado em outros países produtores.

5 - ANÁLISE AMBIENTAL DOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Este capítulo analisa os impactos ambientais potencialmente gerados em cada fase do processo produtivo da indústria carbonífera catarinense - lavra (subterrânea e a céu aberto), beneficiamento, transporte, estocagem e geração termelétrica - e discute as medidas mitigadoras, que, no atual estágio tecnológico, podem ser aplicadas a cada um dos impactos ambientais analisados.

Procurou-se extrair dos vários trabalhos consultados (ALVAREZ et alii, 1978, DUEK, 1983; ECP, 1983; FREITAS et alii, 1982; FUNDATEC, 1987; MACHADO et alii, 1984; SUDESUL (coord.), 1984; GONÇALVES et alii, 1985; GOTHE, 1985, 1989, 1991; ZETA, 1985; ELETROSUL, 1990) aqueles impactos ambientais citados como os mais significativos, bem como as medidas mitigadoras mais condizentes com o nível tecnológico da indústria local.

Os modelos de produção (métodos de lavra e beneficiamento; produtos finais comercializados) utilizados na região foram desenvolvidos em função das características do carvão disponível e dos usos pretendidos.

Assim, o aparelho produtivo em Santa Catarina foi desenvolvido tendo como objetivo principal a recuperação da fração de carvão metalúrgico (5%) contida no carvão bruto da camada Barro Branco, e apresentando carvões energéticos (20% do carvão bruto) como subprodutos vendáveis à termeletricidade e à indústria cimenteira. O restante do carvão bruto extraído do solo, (ROM = run off mine), é considerado rejeito (75%), com aproveitamento de uma pequena parcela (2%) do rejeito piritoso para produção de ácido sulfúrico, por parte da ICC - Indústria Carbonífera Catarinense (ECP, 1983). Encontra-se paralisada desde 1992.

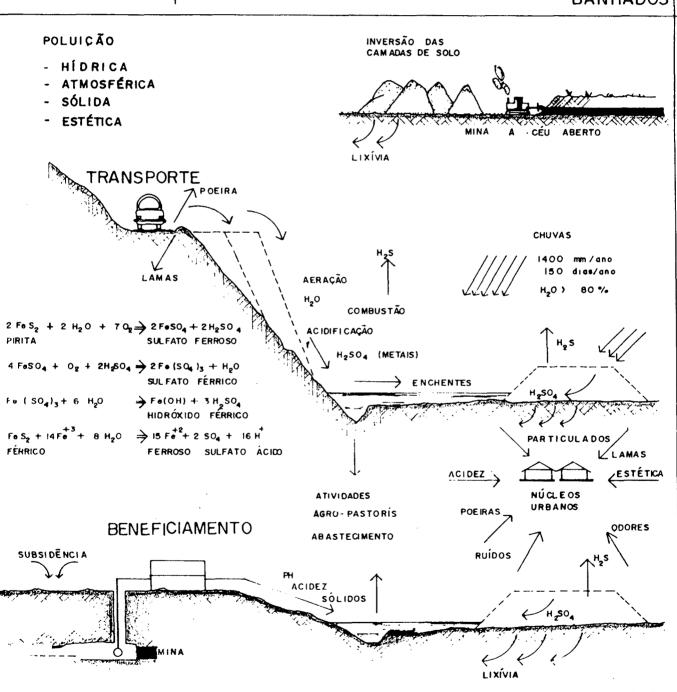
As influências ambientais, geradas pelas atividades de mineração, dependem em grau e qualidade dos vários métodos de mineração e beneficiamento adotados. Em função das condições de jazimento, a mineração pode ser praticada em subsolo ou a céu aberto.

Alterações são evidenciadas na atmosfera, no solo e nos corpos d'água, decorrentes da disposição inadequada de materiais sólidos considerados como rejeitos, águas acidificadas de drenagem de minas, águas de arraste e de lixiviação de substâncias presentes nas pilhas de rejeitos e efluentes líquidos com alta concentração de sólidos provenientes das várias fases de beneficiamento do carvão bruto, conforme sumariza a figura 7.

Além disso, ao contrário da maioria das indústrias, o fechamento das minas não encerra o processo poluidor, que continua enquanto e onde houver material piritoso exposto à oxidação, durante décadas (GOTHE, 1989).

Figura. 7 IMPACTOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA

POLUENTES	ORIGEM/DESTINO
LÍQUIDOS SÓLIDOS	MINA → LAVADOR → CURSO D'ÁGUA REJEITOS → BAIXO CUSTO DISPOSIÇÃO → ENCOSTAS TALVEGUES BANHADOS



5.1 - O PROCESSO POLUIDOR

Os problemas de poluição hídrica nas regiões carboníferas são qualitativamente similares em todos os locais de lavra e beneficiamento e se devem na maior parte à oxidação da pirita (FeS₂ - Sulfeto de ferro) que ocorre associada ao carvão e que, quando exposta ao ar e à umidade, se oxida gerando ácido sulfúrico e compostos de ferro que acabam sendo, de alguma forma, carregados até os cursos d'água. O ácido formado na oxidação da pirita dissolve os metais associados ao mineral e possibilita a sua ocorrência em altas concentrações no meio aquático.

A reação inicial ocorre quando a pirita é exposta ao ar e à água, produzindose sulfato ferroso e ácido sulfúrico (ECP, 1983).

A oxidação subsequente do sulfato ferroso produz sulfato férrico;

Dependendo das condições físico-químicas do meio, a reação pode evoluir para formar-se hidróxido de ferro ou sulfato básico de ferro:

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6 H_2O - Fe_2(OH)_{35} + H_2SO_4$$

e/ou

$$Fe_2(SO_4)_3 + 2 H_2O - - 2 Fe(OH)SO_4 + H_2SO_4$$

A pirita pode também ser oxidada pela íon férrico como a seguir

$$FeS_2 + 14 Fe^{+3} + 8 H_2O - 15 Fe^{+2} + 2 SO_4^{-2} + 16 H^+$$

Assim, a oxidação, de um mol de pirita produz dois moles de ácido sulfúrico.

Estas equações são úteis para ilustrar a produção de acidez pelos materiais piritosos, contudo podem dar a impressão que apenas compostos de ferro e ácido sulfúrico estejam presentes. Na verdade, reações secundárias ocorrem entre os sulfatos, ácidos e demais compostos presentes nas argilas, calcáreos, arenitos, siltitos, folhelhos e outros estratos que, em geral, sempre se encontram associados

à camada de carvão mineral.

A taxa de geração de acidez e a conseqüente qualidade das águas de drenagem são funções da quantidade e do tipo de pirita presente, do seu tempo de contato com o ar e a água, das características hidrogeológicas da área de mineração, do método de lavra e do sistema de drenagem das águas percoladas.

A quantidade de pirita presente na camada de carvão não é necessariamente proporcional à geração de acidez. Esta depende do tipo da pirita associada ao minério de carvão; a forma cristalina do material piritoso mostra-se menos sujeita à oxidação que a forma amorfa.

5.2 - TRATAMENTO DAS DRENAGENS ÁCIDAS

Apresentadas aqui de uma forma geral, as drenagens ácidas ocorrem em qualquer processo onde a pirita entre em contato com o ar e a água, acarretando a necessidade de tratamento que reduza as concentrações de poluentes abaixo dos limites aceitos pela legislação ambiental.

Os parâmetros fundamentais para qualquer projeto de tratamento de efluentes são a vazão de descarga e a concentração em que ocorrem os poluentes, cujo produto nos leva à carga poluidora.

Obviamente, quanto maior a carga poluidora, maior o custo do tratamento. Assim, a primeira etapa do trabalho contempla uma análise profunda dos processos produtivos individuais a fim de alcançar a redução da carga poluidora através de medidas de controle.

Estas medidas, exemplificadas nos itens anteriores, envolvem basicamente, redução e/ou racionalização do uso da água, obtendo-se, como produto, uma redução dos volumes a serem tratados.

Em um sistema de tratamento químico, onde o custo dos reagentes tem um peso muito grande nos custos totais do tratamento e é proporcional aos volumes tratados, as medidas de controle podem ter um papel importantíssimo na redução dos custos de tratamento.

Com relação aos projetos de tratamento propriamente ditos, a concepção que deve nortear os trabalhos é a de realizar tratamento integrado das unidades de um mesmo parque extrativo (mina + lavador + áreas de apoio e de rejeitos), onde a proximidade física permita, obtendo assim o máximo em economia de escala.

Quanto aos processos de tratamento, em todos os lugares onde existe exploração de carvão, ocorrem problemas hídricos comuns, detectados por:

- presença de grande quantidade de finos de carvão e minerais associados.
- aumento da acidez mineral.
- alto teor de ferro e metais pesados.
- ocorrência de sulfatos.

Sendo assim, os processos de tratamento devem ser escolhidos e dimensionados de modo a combinar uma efetiva melhora destes problemas com uma tecnologia aplicável e com a maior simplicidade possível. (USEPA, 1973b).

Nesta ótica, embora mereçam destaque como métodos futuros, processos como osmose reversa, troca iônica, eletrodiálise e cristalização, não devem encontrar, segundo estudos já realizados até o momento, aplicação prática imediata, merecendo, no entanto, pesquisas posteriores.

A neutralização, precedida da remoção dos finos, e seguida da oxidação do ferro e da remoção de metais pesados é o método empregado na maioria das estações de tratamento em operação pelo mundo.

Dentro deste universo, a figura 8 lista as etapas do processo de tratamento, acompanhadas do leque de alternativas que se abre no estudo de cada etapa.

Vários materiais alcalinos podem ser usados para neutralizar as águas ácidas da mineração de carvão. A escolha do álcalis depende principalmente do seu custo, disponibilidade, reatividade, volume de lodo produzido, facilidade de manuseio e qualidade desejada do efluente.

Os materiais mais comumente usados incluem: cal virgem, cal hidratada, calcário, soda cáustica, soda barrilha, lixívia de soda e outros.

As reações envolvidas na neutralização são:

- Usando cal:

$$\begin{split} &\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})} ----- &\text{CaSO}_{4(\text{s})} + 2 \text{ H}_2\text{O}_{(\text{l})} \\ &\text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \text{FeSO}_{4(\text{aq})} ----- &\text{CaSO}_{4(\text{s})} + \text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{aq})} \\ &3 \text{ Ca}(\text{OH})_{2(\text{s})} + \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 ----- & 3 \text{ CaSO}_{4(\text{s})} + 2 \text{ Fe}(\text{OH})_{3(\text{s})} \end{split}$$

- Usando calcário:

$$\begin{aligned} &\mathsf{CaCO}_{3(s)} + \mathsf{H}_2 \mathsf{SO}_{4(\mathsf{aq})} ----- \mathsf{CaSO}_{4(s)} + \mathsf{H}_2 \mathsf{O}_{(\mathsf{I})} + \mathsf{CO}_{2(\mathsf{g})} \\ &3 \; \mathsf{CaCO}_{3(s)} + \mathsf{Fe}_2 (\mathsf{SO}_4)_{3(\mathsf{aq})} --- \; 3 \; \mathsf{CaSO}_{4(\mathsf{s})} + 2 \; \mathsf{Fe}(\mathsf{OH})_{3(\mathsf{s})} + 3 \; \mathsf{CO}_{2(\mathsf{g})} \end{aligned}$$

- Usando soda:

$$\begin{aligned} &\text{NaOH}_{(\text{s})} + \text{H}_2 \text{SO}_{4(\text{aq})} ----- \text{Na}_2 \text{SO}_{4(\text{aq})} + 2 \text{ H}_2 \text{O}_{(\text{l})} \\ &2 \text{ NaOH}_{(\text{s})} + \text{FeSO}_{4(\text{aq})} ----- \text{Na}_2 \text{SO}_{4(\text{aq})} + \text{Fe}(\text{OH})_{2(\text{aq})} \\ &6 \text{ NaOH}_{(\text{s})} + \text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_{3(\text{aq})} ----- 3 \text{ Na}_2 \text{SO}_{4(\text{aq})} + 2 \text{ Fe}(\text{OH})_{3(\text{s})} \end{aligned}$$

Através da apropriada seleção do agente neutralizante e das condições e processos de neutralização, muitos metais (cátions) podem ser removidos durante a neutralização como hidróxidos insolúveis. Ânions podem ser removidos da solução como bases de cálcio, utilizando o princípio da solubilidade (FREITAS et alii, 1982).

As altas concentrações de metais pesados presentes, com sua solubilidade aumentada pelo abaixamento de pH, podem ser reduzidas por precipitação como hidróxidos insolúveis. O pH no qual esta precipitação ocorre é diferente para cada metal. Valores típicos de pH são apresentados na tabela 6.

TABELA 6
VALOR MÍNIMO DE pH PARA PRECIPITAÇÃO DE ÍONS METÁLICOS COMO
HIDRÓXIDOS

CÁTION	рН
Estanho (Sn ⁺²)	4,2
Ferro (Fe ⁺³)	4,3
Alumínio (Al ⁺³)	5,2
Chumbo (Pb ⁺²)	6,3
Cobre (Cu ⁺²)	7,2
Zinco (Zn ⁺²)	8,4
Níquel (Ni ⁺²)	9,3
Ferro (Fe ⁺²)	9,5
Cádmio (Cd ⁺²)	9,7
Manganês (Mn ⁺²)	10,6

Fonte: EPA, 1973b

A precipitação como hidróxidos insolúveis geralmente remove estes metais a concentrações de 1 mg/l ou menos. No caso de metais anfotéricos, tais como zinco e alumínio, haverá ressolubilização se a solução se tornar por demais alcalina. Isto pode se apresentar como um problema se mais de um metal necessitar de remoção (USEPA, 1973b).

A figura 9 ilustra as operações unitárias do processo de tratamento convencional com cal.

ETAPAS E ALTERNATIVAS DE PROCESSOS DE TRATAMENTO

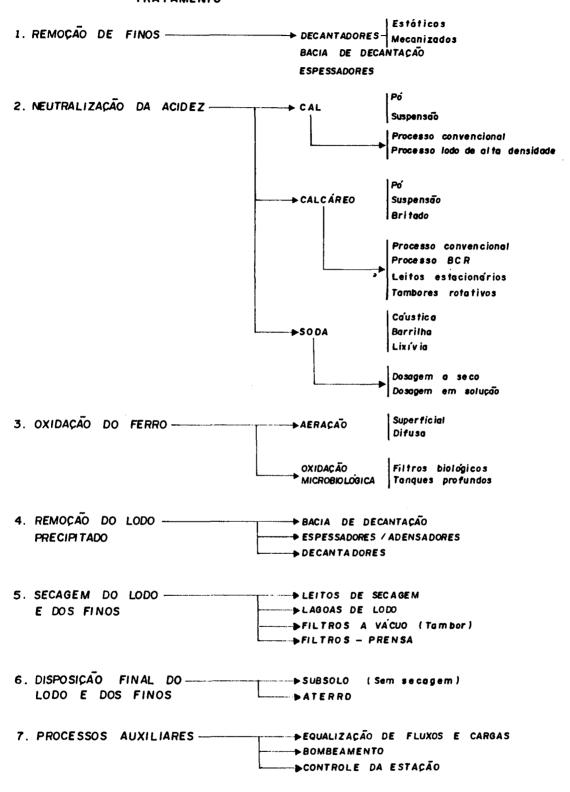
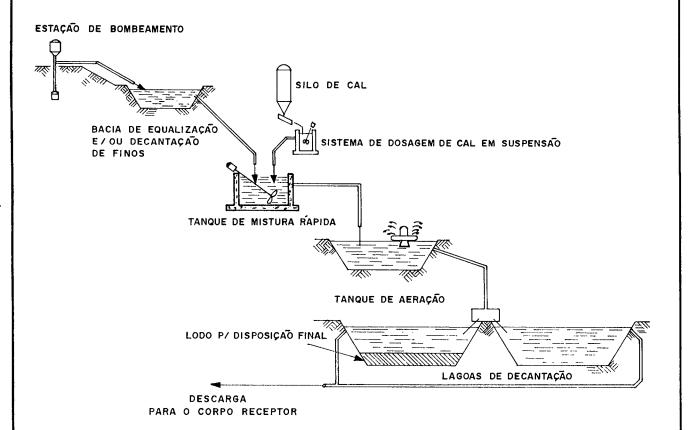


Figura. 9

PROCESSO CONVENCIONAL DE NEUTRALIZAÇÃO COM CAL



5.3 - LAVRA SUBTERRÂNEA

5.3.1 - Impactos Ambientais

As minas de carvão podem ser divididas em minas subterrâneas (de subsolo) e minas a céu aberto.

As minas de subsolo são classificadas em três tipos principais, quanto à forma de se atingir a camada de carvão mineral a explorar, sendo denominadas como minas de encosta, minas em plano inclinado e minas em poco vertical.

Nas minas de encosta, a camada de carvão encontra-se acessível pela perfuração de galeria aproximadamente horizontal, a partir de uma encosta de elevação topográfica.

Nas minas em plano inclinado a camada de carvão encontra-se relativamente a pequena profundidade do solo, tornando-se acessível pela perfuração de galeria inclinada.

Nas minas em poço a camada de carvão encontra-se a maior profundidade do solo, tornando-se acessível pela perfuração de um poço vertical que alcança a galeria principal.

A extração do carvão nas minas de subsolo pode ser realizada através de processos manuais, semi-mecanizados ou mecanizados.

No processo manual, a camada de carvão é perfurada por meio de ponteiras e picaretas (usando-se atualmente perfuratrizes a ar comprimido), desagregada por explosão, sendo o material solto manualmente (rafa) e colocado em vagonetes tracionados manualmente e por meio de engate em cabo sem fim, tracionado por guincho.

No processo semi-mecanizado, a camada de carvão é perfurada com perfuratrizes a ar comprimido, desagregada por explosão, sendo o material solto colocado em esteiras transportadoras, por pequenas pás carregadeiras tracionadas eletricamente denominadas "bob cats".

No processo mecanizado, a camada de carvão é perfurada por perfuratrizes a ar comprimido, desagregada por explosão, sendo o material solto em esteiras transportadoras por equipamentos mecanizados denominados de "feeder-breaker", "loader" e "shuttle-car", equipamentos esses utilizados quando se emprega o método de escavação em câmaras e pilares.

Na mineração mecanizada poder-se-á, ainda, utilizar equipamentos com escudos auto-marchantes e cortadeira de tambor denominado "long-wall", que, ao mesmo tempo que recolhe o material solto e o transporta para fora da galeria da

mina, ainda promove a sustentação do teto da galeria.

As minas de subsolo interceptam, em função da abertura de poços, planos inclinados e galerias, o sistema hídrico onde se encontram instaladas, constituindo-se em sumidouros para os quais as águas percolam e se introduzem, através de furos de sondagem, poços de ventilação e fraturas no teto. Essas águas necessitam ser drenadas e recalcadas para a superfície, a fim de permitir a execução dos trabalhos, causando o rebaixamento do lençol freático em sua área de influência.

Além disso, após a lavra, muitas vezes ocorre o abatimento do teto (subsidência), que pode se refletir na superfície por rachaduras, com infiltração e secagem de cursos d'água, açudes e poços, e abaixamento do terreno, com danos em edificações e na agropecuária.

As águas de drenagem das minas de carvão tornam-se fortemente poluídas pela acidez gerada com a oxidação da pirita associada ao carvão e pelo arraste de sólidos gerados pela mineração do carvão para os cursos d'água que drenam a área da mina. O ácido resultante da oxidação do enxofre da pirita solubiliza os metais presentes no carvão minerado e nas rochas adjacentes, possibilitando sua ocorrência em altas concentrações no meio aquático, arrastados das minas ao sistema hídrico.

Somente uma mina de grande porte chega a drenar do subsolo cerca de 10.000 litros por segundo de águas acidificadas, o que equivale à vazão média dos próprios rios receptores de seus lançamentos, ultrapassando em muito a sua capacidade de autodepuração.

5.3.2 - Medidas Mitigadoras

A seguir são apresentadas técnicas e medidas de prevenção e redução dos impactos ambientais gerados (USEPA, 1973a):

- a) não locar poços de acesso ou ventilação em áreas inundáveis, ou em zonas muito fraturadas, para evitar infiltração de água;
 - b) não lavrar (ou não recuperar pilares) sob zonas urbanas;
- c) preservar uma faixa de segurança sob rios e na zona de transição para lavra a céu aberto;
- d) controlar as fraturas no teto, pelo aumento de dimensões dos pilares, escoramento do teto, jateamento de concreto;
- e) selar os furos de sondagem, zonas de fratura e subsidência, a partir da superfície, geralmente com argila;

- f) selar as galerias abandonadas;
- g) abrir poços periféricos à área de lavra para rebaixamento do lençol freático;
 - h) desviar as águas superficiais para longe dos pontos de infiltração na mina;
- i) melhorar o escoamento superficial sobre a área de mineração, para reduzir infiltrações;
- j) redistribuir os pontos de bombeamento da drenagem para a superfície, minimizando o contato com material piritoso e o tempo de armazenamento;
 - I) realizar o tratamento das drenagens ácidas remanescentes.

5.4 - LAVRA A CÉU ABERTO

5.4.1 - Impactos Ambientais

A mineração a céu aberto é praticada quando a camada de carvão apresentase próxima à superfície, geralmente a menos de 30 metros de profundidade.

Este sistema de lavra sem dúvida é o que gera maiores problemas de ordem ambiental. Para haver a extração do minério é necessária a remoção de toda a cobertura rochosa e do solo a ela sobreposto.

A remoção do material de cobertura (solo e rocha) é realizada geralmente por escavadeiras de grande porte ("drag-line e shovell") e a camada de carvão exposta é desagregada então por perfuração e explosão, e o material solto é transferido por caminhões basculantes com emprego de escavadeiras de porte médio.

Desta forma, inicialmente tem-se um forte impacto visual causado pelo grande volume de material escavado e movimentado. As demais consequências são geração de poeira, erosão, alterações nas relações solo-animais-vegetais, alterações no nível freático, impactos e vibrações no solo e ar, entre outras tantas.

A área afetada em uma lavra a céu aberto é bem maior que no caso de lavra subterrânea, podendo uma mina de médio porte, num prazo de 20 anos, escavar uma área equivalente a 1000 ha (BUGIN et alii, 1989).

Com a total movimentação do capeamento e a inversão de suas camadas, soterrando o solo fértil dos horizontes superiores sob o material rochoso, o material piritoso é exposto às intempéries, além de resultar num relevo marcado por filas paralelas de montes cônicos, resultantes da operação das escavadeiras.

A exposição da pirita ao intemperismo polui as águas drenadas da área de forma similar às da mineração subterrânea.

O transporte de sólidos, decorrente das atividades de mineração, pelas águas de drenagem, provoca o assoreamento dos corpos d'água, ampliando as áreas e os tempos de contato do material piritoso com o oxigênio e a água aumentando conseqüentemente os focos de geração de acidez, que ocorre da mesma forma que na lavra de subsolo. O contato do ar e da água com a pirita presente nos estratos associados ao carvão vai acidificar as drenagens da área de mineração.

5.4.2 - Medidas Mitigadoras

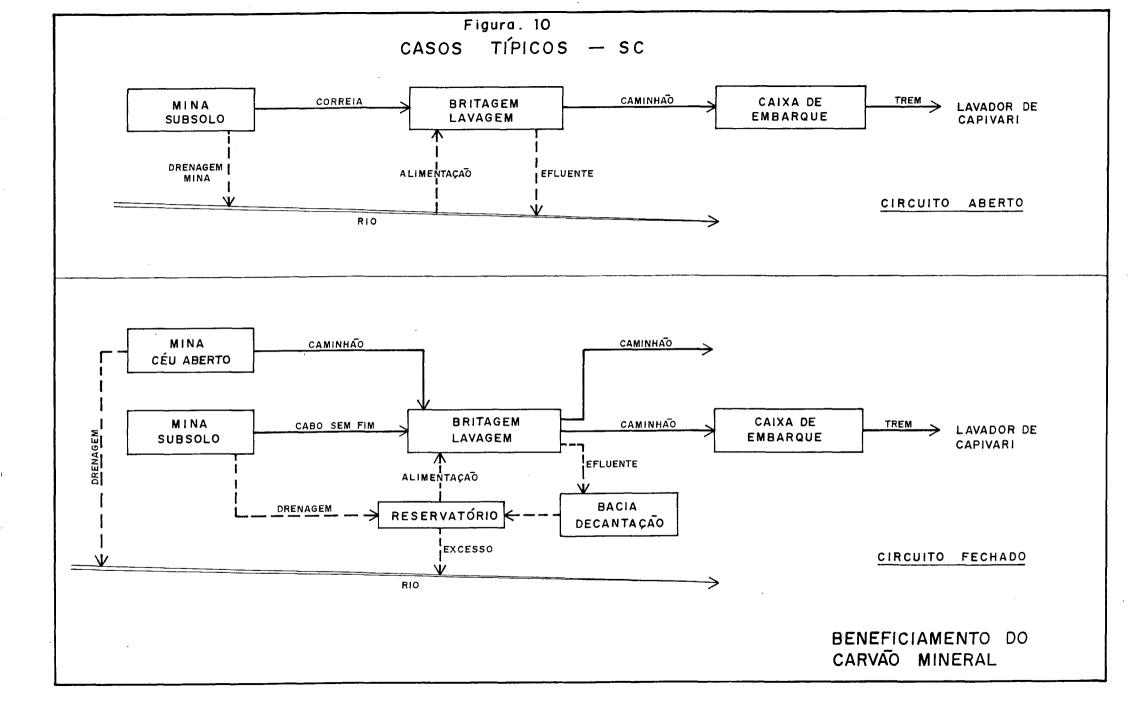
Abaixo são resumidas as técnicas usadas para prevenir e reduzir os impactos ambientais decorrentes da mineração a céu aberto (U.S.A. VIRGINIA, 1977):

- a) não lavrar leitos de rios, deixando uma faixa de terra para proteção ambiental;
- b) executar um sistema de drenagem da área de lavra que permita a reunião das águas em um único ponto;
- c) estocar o solo de cobertura (orgânico), protegendo-o das intempéries e dispondo-o posteriormente sobre o terreno minerado;
 - d) confinar o folhelho piritoso nos horizontes inferiores das cavas;
 - e) reencher as cavas ou não deixá-las sem ponto de escoamento;
 - f) não depositar material do capeamento em talvegues;
- g) desviar os riachos da área de lavra, mediante canais de desvio à montante, de maneira que passem ao seu redor;
- f) utilizar estruturas de retenção dos sólidos erodidos, evitando que atinjam o sistema hídrico regional;
- g) implantar, o mais rapidamente possível após a lavra, uma cobertura vegetal que minimize a erosão e a infiltração de água;
 - h) realizar o tratamento das drenagens ácidas remanescentes.

5.5 - BENEFICIAMENTO

5.5.1 - Impactos Ambientais

A operação de beneficiamento do carvão é empregada sempre que um carvão bruto não tem a qualidade desejada para o uso a que se destina, necessitando purificação, como é o caso na região estudada.



O beneficiamento, ou lavagem, do carvão bruto (ROM = run of mine) separa o carvão de outros materiais minerais que a ele encontram-se agregados, pelo fato de não se poder extrair do solo somente a camada que contém exclusivamente o carvão mineral.

A figura 10 apresenta os circuitos típicos de beneficiamento utilizados, com ênfase nas descargas hídricas dos processos.

Os rejeitos sólidos são constituídos pelos minerais e rochas que ocorrem associados ao carvão, tais como a pirita, arenitos, siltitos e folhelhos que, considerados até pouco tempo como sem maior valor econômico, foram sendo depositados à menor distância de transporte possível, gerando extensas áreas cobertas com material rico em enxofre e metais pesados, extremamente acidificante quando em contato com o ar e a água, e sujeito á autocombustão com geração de gases tóxicos.

Em Santa Catarina, as impurezas (rejeitos) constituem cerca de 3/4 do material extraído, gerando uma enorme quantidade de rejeitos piritosos. geralmente descartados de qualquer maneira, em áreas próximas ao lavador, ao longo de rodovias, baixios, alagadiços, e margens de rios, onde o minerador, buscando áreas de baixo custo financeiro para o descarte do rejeito, na verdade gera um elevado custo ecológico e social.

A contaminação das águas empregadas nas usinas de beneficiamento difere daquela das minas pelo maior teor de sólidos em suspensão, decorrente da britagem do carvão, que produz uma fração fina descarregada com o efluente, conferindo-lhe cor preta e pela menor acidez, em função do menor tempo de contato da água com a pirita. Em certos lavadores, que utilizam águas ácidas no processo, observa-se um aumento no pH dessas águas devido à presença de elementos alcalinos no carvão bruto (ZETA, 1985).

A separação (beneficiamento) do carvão mineral bruto (ROM) se realiza por meio de processos industriais que podem ser subdivididos da seguinte maneira:

a)Pré-Tratamento:

Britagem

Peneiramento

Peneiramento para remoção de lamas

b)Beneficiamento da Fração Grossa:

Jigs

c)Beneficiamento da Fração Fina: Ciclones classificadores

Ciclones clarificadores

Mesas concentradoras

Flotadores

d)Condicionamento:

Deságue mecânico Deságue de finos Secagem térmica

A partir da qualidade estabelecida para o produto, são selecionados os processos de beneficiamento a serem empregados.

Pela britagem, o ROM é reduzido a frações que dependem do tipo do carvão processado e das características desejáveis para o produto final.

Os jigs são equipamentos destinados a separar os materiais presentes no ROM (carvão e rejeitos), de diferentes pesos específicos, por impulsos dados a um fluxo d'água que atravessa um leito sobre o qual as frações do ROM são depositadas. A água executa um movimento pulsante fazendo com que o material pesado vá se depositando progressivamente no leito de sustentação e o material mais leve ascenda à superfície, sendo transportado para fora, ao longo da unidade. Para separá-lo da água, são usadas peneiras.

Com o uso de grandes quantidades de água para beneficiamento (de 150m³/h até 1.800m³/h) e o lançamento de "águas negras", que conduzem os rejeitos finos de beneficiamento a corpos receptores, as águas dos rios tornam-se negras, ocorre o assoreamento da calha, e a decomposição destes finos, cuja reação produz acidez e dissolve metais e outros íons causadores da poluição química.

Os rejeitos separados do carvão bruto (ROM) pelas operações de beneficiamento (lavagem) podem ser agrupados em 3 classes denominadas, geralmente, como R1, R2 e R3. O rejeito R1 é aquele retirado em primeiro lugar, por diferença de densidade em meio líquido pulsante, no "jig" dos lavadores e que contém a pirita (sulfeto de ferro) que se encontrava associada às camadas de carvão. Quando esses rejeitos piritosos são depositados inadequadamente, sofrem, em presença do ar e da água, um processo de decomposição, gerando forte poluição das águas por lixiviação, e da atmosfera pela emissão de odores e de partículas ácidas. Os rejeitos classificados como R2 e R3 são compostos de siltitos e, mineralogicamente, silicatos e aluminatos. Desde que separados dos rejeitos piritosos, podem os rejeitos R2 e R3 ser dispostos com a preocupação apenas de eliminar as agressões estéticas e de recuperar as áreas de disposição para usos de interesse comunitário.

A geração de rejeitos sólidos depende, na verdade, de dois fatores principais:

- a produção de carvão bruto (ROM)
- a recuperação de carvão vendável, pelo beneficiamento.

O estado de Santa Catarina, além de ser o responsável pela maior produção de carvão mineral, gera aproximadamente 2 vezes mais rejeitos por tonelada de

carvão bruto que sai da mina, em relação ao Rio Grande do Sul e Paraná (ver tabela 10 mais adiante, no item 6.2).

Observa-se que o processo de beneficiamento do carvão catarinense esteve dividido em duas etapas:

- a transformação do ROM em um produto intermediário, o carvão pré-lavado (CPL), efetuada em instalações industriais de propriedade das empresas mineradoras;
- a transformação do CPL em produtos vendáveis, como carvão metalúrgico e carvão vapor, no Lavador de Capivari S.A., companhia de economia mista, subsidiária da CSN.

Esta situação derivou do monopólio estatal do beneficiamento, efetuado pelo Lavador de Capivari, no município de Capivari de Baixo.

Com o crescimento da produção, e dos custos do transporte de grandes quantidades de rejeitos, das bocas de mina até Capivari, os primeiros estágios de beneficiamento (britagem e jigagem) foram transferidos para as empresas mineradoras, e efetuadas nos chamados pré-lavadores.

Estes processos, constituindo-se nos primeiros estágios do beneficiamento deixam de recuperar sub-produtos vendáveis, uma vez que operam com granulometrias elevadas.

Para evitar parte destas perdas, muitas empresas mineradoras instalaram coquerias, dotando suas usinas de beneficiamento de circuitos de recuperação de finos, a vários níveis e utilizando operações unitárias diversas (mesas concentradoras, flotação, etc) (ZETA, 1985).

Em Capivari, até recentemente ocorria a segunda etapa do beneficiamento. O carvão pré-lavado (CPL) passa por uma classificação e nova britagem; sendo, então enviado a uma instalação de beneficiamento completa, incluindo jigs, ciclones lavadores a meio denso, hidrociclones classificadores (tricones) e recuperadores magnéticos.

Deve-se, portanto, ter em mente que este sistema de produção dividido em dois leva à irremediável perda de alguns produtos, na maior parte finos carreados nos efluentes de pré-lavadores, que poderiam ser recuperados em instalações completas de beneficiamento. Isto acarreta maiores custos, não só de produção, mas também de controle da poluição, devido à limitada aplicação do princípio geral que considera os poluentes como recursos deslocados, propugnando sua recuperação com o emprego de tecnologia apropriada, pelo menos de forma a cobrir parte dos custos de tratamento.

A poluição gerada nos processos de beneficiamento empregados pelo pré-

lavadores é devida à corrente líquida que foi utilizada na jigagem e à grande quantidade de rejeitos sólidos separados do carvão, cuja disposição, apesar do enorme potencial poluidor, foi sempre feita sem cuidados de proteção ambiental.

As seguintes considerações podem ser feitas a respeito da geração de efluentes de uma pilha de rejeitos ou de carvão:

- para uma dada pilha de carvão, a quantidade gerada de poluentes depende do tempo de residência da água no interior da pilha;
- o tempo necessário para completar o arraste dos poluentes da pilha de carvão depende do volume de água aplicado e da duração da aplicação;
- antes que o arraste seja completado, as concentrações de contaminantes são inversamente proporcionais à vazão da drenagem.
- após completar-se o arraste não há variação apreciável nas concentrações dos poluentes relacionada com a vazão de drenagem.

As características físico-químicas das drenagens de pilhas de carvão ou rejeitos são bastante variáveis. Teores elevados de sólidos em suspensão são devidos ao arraste das partículas mais finas pelas águas.

A relação entre o teor de enxofre e do álcalis no carvão determina a qualidade e o pH do efluente da drenagem. Se a concentração de álcalis é alta, o pH do efluente ficará em torno de 7 (neutro), mesmo se o teor de enxofre deste carvão for alto.

A maioria dos sólidos dissolvidos presentes são consequência da oxidação da pirita (sulfeto de ferro - FeS₂) associada ao carvão.

O pH tende a ácido, também devido à oxidação da pirita, em presença de oxigênio e água. Acredita-se que a reação ocorra em duas etapas. Na primeira etapa são produzidos sulfato ferroso e ácido sulfúrico.

À medida que o pH do sistema desce abaixo de 5, certas bactérias acidófilas e autotróficas tornam-se ativas. Estas bactérias, *Thiobacillus ferroxidans, Ferrobacillus spp.*, *Metallogenium spp.* e espécies similares são ativas a pH 2 e usam CO₂ como sua fonte de carbono (ECP, 1983). Estas bactérias são responsáveis pela oxidação do íon ferroso a íon férrico, que é a etapa mais lenta do processo, cumprindo a função de catalisador. A presença destas bactérias é, geralmente, uma indicação da oxidação rápida da pirita, acompanhada do abaixamento do pH e aumento nos teores de ferro, manganês e metais pesados.

A influência do pH sobre o comportamento dos metais pesados e tóxicos é de particular relevância. Muitos metais são anfotéricos e a maioria tem sua solubilidade aumentada com o abaixamento do pH.

Os fatores que afetam a acidez, o pH e a conseqüente lixiviação de metais

são (ZETA, 1985):

- concentração e forma de ocorrência do enxofre na pirita;
- tamanho e forma da pilha;
- método de beneficiamento de carvão antes da estocagem;
- condições climáticas, incluindo precipitação pluviométrica, umidade e temperatura;
 - concentrações de CaCO₃ e outros álcalis no carvão:
 - tempo de residência na pilha de carvão.

A observação dos dados revela uma variação muito ampla entre os valores. Embora a baixos valores de pH estejam associados altos valores de acidez, a relação não é simples nem direta, indicando que, enquanto o pH mede os íons hidrogênio livres, a acidez mede a disponibilidade total de prótons. Observa-se também tendência das concentrações de metais aumentarem enquanto baixa o pH.

Após a desativação da unidade produtiva, a degradação continua, pelo intemperismo nas áreas de rejeitos do beneficiamento e nas áreas mineradas a céu aberto, que foram abandonadas sem controle ou proteção. As águas lixiviadas, ácidas e com altos teores de metais pesados vão poluir os rios dos quais são tributárias.

Por isso, além da poluição causada por minas e lavadores em operação, existem os problemas ocasionados por áreas de mineração e depósitos de rejeitos abandonados.

Esta situação é mais crítica em Santa Catarina, onde a mineração se desenvolve desde o início do século e há, além das grandes áreas identificáveis, grande número de locais onde o rejeito foi usado como base de estradas, caminhos e aterros em terrenos alagadiços, levando consigo os problemas típicos de poluição carbonífera.

5.5.2 - Medidas Mitigadoras

As medidas mitigadoras dos impactos ambientais gerados pelo beneficiamento são aplicadas desde a concepção do modelo produtivo, e do circuito de beneficiamento, até o depósito de rejeitos sólidos.

Para as usinas de beneficiamento (lavadores) propriamente ditas, são recomendadas as seguintes medidas:

- a) privilegiar a lavra seletiva do carvão mineral, ao invés da lavra da camada total, evitando a geração de grandes quantidades de rejeitos;
 - b) minimizar a geração de finos durante a britagem do carvão, pelo uso de

moinhos que baseiam seu funcionamento na fragmentação por impacto, ao invés dos baseados na trituração, mantendo criteriosa manutenção e regulagem;

- c) reduzir e/ou racionalizar o uso da água, pela maximização das taxas de recirculação, procurando dotar a usina de beneficiamento de circuito fechado de águas, recirculando os efluentes;
- d) usar, quando possível, as drenagens de minas subterrâneas como fonte de água, poupando os mananciais superficiais, situação favorecida pelas curvas de lavabilidade dos carvões nacionais apresentarem melhores resultados em meio ácido:
 - e) realizar o tratamento das águas residuais.

As principais técnicas e procedimentos aplicáveis na disposição de rejeitos sólidos, controle da poluição e recuperação ambiental dos depósitos dos rejeitos gerados nas operações de beneficiamento têm por finalidade alcançar os seguintes objetivos básicos (GOTHE, 1985):

- minimizar o contato do oxigênio livre do ar e da água com os rejeitos de características piritosas e outros materiais tóxicos;
- reduzir a oxidação do enxofre, a consequente formação de águas ácidas, e subsequente solubilização de metais em níveis altamente tóxicos, entre outros sólidos;
- minimizar o contato da água com os rejeitos por precipitação direta na superfície; por afluxo de águas de "run off"; por afloramento de águas subterrâneas ou por inundação;
- prevenir a autocombustão das pilhas de rejeitos piritosos;
- promover a utilização subsequente do solo;
- recuperar os valores estéticos da área afetada;
- minimizar a erosão decorrente da atividade;
- minimizar o assoreamento dos corpos d'água adjacentes.

Dentre as técnicas utilizadas, estão as seguintes:

- a) realizar o manejo de águas, procurando isolá-las do contato com os materiais poluentes (desvio à montante, canalização, diques);
- b) dotar o depósito de um sistema de impermeabilização inferior, para prevenir a infiltração, se o terreno não possuir as características adequadas;
- c) executar a modelagem do depósito em bancadas e compactar as camadas dispostas no aterro, reduzindo a erosão, infiltração e autocombustão dos depósitos, e melhorando a capacidade de suporte da superfície resultante;
- d) efetuar o isolamento da camada superficial do depósito, do ar e da água, através de cobertura com material argiloso, cimento ou asfalto;

- e) cobrir a camada isolante com solos em condições de sustentar a necessária revegetação, seja para recomposição ecológica, pecuária, agricultura ou para simples estabilização da camada isolante;
- f) efetuar a correção do solo, adubação e plantio com mudas, sementes, hidrossemeadura ou leiva;
- g) incentivar usos alternativos dos rejeitos, tais como recuperação de subprodutos, uso da fração mais inerte como material de construção, reenchimento de galerias de minas abandonadas e outros.

A figura 11 ilustra um sistema de tratamento integrado mina/lavador/depósitos de rejeitos.

5.6 - GERAÇÃO TERMELÉTRICA A CARVÃO

Fundamentalmente, as usinas térmicas produzem energia elétrica num processo em três etapas, independente do combustível utilizado. Na primeira, o combustível é queimado, transformando, com o calor gerado, a água em vapor na caldeira. Na segunda, o vapor é expandido em condições de alta pressão e temperatura, obtendo-se energia mecânica na turbina. Na terceira, o vapor é condensado, transferindo calor para o meio refrigerante, retornando o condensado à caldeira para completar e reiniciar o ciclo. Concomitantemente, a energia mecânica da turbina é transformada em energia elétrica no gerador.

Entram como matérias-primas neste processo o carvão, o ar, água e produtos químicos, sendo gerados, além do produto (energia elétrica), uma série de subprodutos (cinzas, gases, etc), que podem constituir poluição.

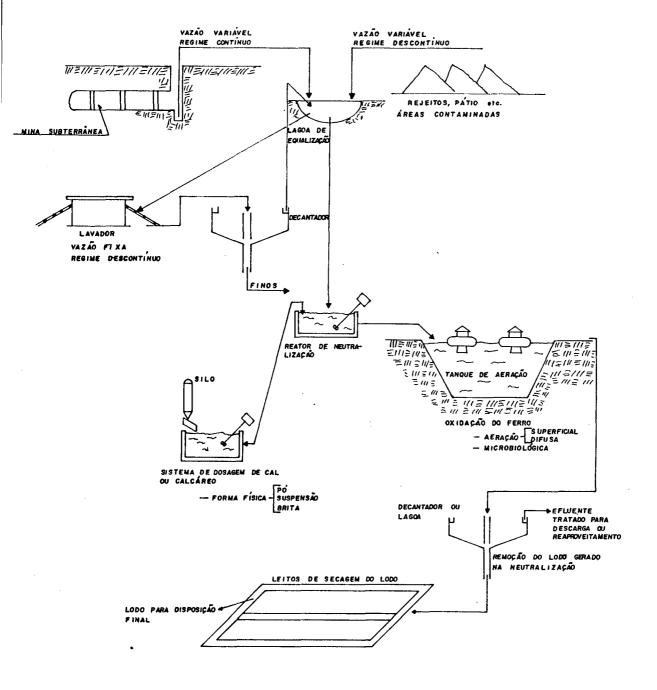
5.6.1 - Impactos Ambientais

A identificação e caracterização dos fluxos efluentes das usinas termelétricas é realizada via análise dos insumos, dos processos de transformação da energia, da matéria e dos produtos gerados. Os efluentes principais para os recursos hídricos são a água de arraste de cinzas e as cinzas não comercializadas.

A água usada para extrair as cinzas do fundo da caldeira constitui um efluente que, além dos sólidos em suspensão (cinzas), pode apresentar alteração de pH e elementos dissolvidos, antes contidos nas cinzas. Entretanto, estes efluentes têm um potencial poluidor muito inferior ao das drenagens ácidas da mineração e dos efluentes do beneficiamento do carvão.

SISTEMA DE TRATAMENTO MINA/LAVADOR/DEPÓSITOS

Figura, 11



A disposição de cinzas em aterros também deve receber medidas de controle ambiental. Caso contrário, as cinzas tanto podem ser arrastadas pelas águas superficiais, quanto lixiviadas pela água da chuva percolada, arrastando para o lençol freático substâncias eventualmente tóxicas que, por esse meio, podem atingir mananciais de abastecimento rural ou urbano.

As propriedades físico-químicas das cinzas de usinas termelétricas a carvão são função de vários fatores, entre os quais são (ELETROSUL coord., 1990):

- composição do carvão
- grau de beneficiamento e moagem do carvão
- tipo, projeto e operação da caldeira
- sistema de extração e manuseio das cinzas.

Após a queima, as cinzas mais finas, denominadas de volantes, acompanham o fluxo de gases, ao passo que os grãos maiores descem ao fundo da caldeira, sendo chamadas de cinzas pesadas.

A necessidade de retirar as cinzas da usina a baixo custo fez com que se adotassem, até poucos anos atrás, práticas de disposição das cinzas em áreas inadequadas e sem medidas suficientes de proteção ambiental.

O teor de compostos solúveis em água na cinza varia de traços a vários por cento. Os principais íons contidos no lixiviado são cálcio e sulfato, com quantidades menores de magnésio, sódio, potássio e silicatos. A maior parte das cinzas apresenta lixiviado alcalino, com pH variando de 7 a 11, embora, em certos casos, a reação seja ácida.

Acredita-se que o pH seja controlado pela relação entre o cálcio e o enxofre solúveis presentes nas cinzas.

Ao lado de sua ação benéfica de neutralizar o solo ácido e fornecer alguns micronutrientes em falta no solo, existem especulações sobre o efeito de teores reduzidos de elementos traço eventualmente presentes nas cinzas e que podem provocar um impacto ambiental negativo sobre vegetais e animais.

Este impacto ambiental apresenta, todavia, intensidade muito inferior ao provocado pelos rejeitos de mineração e beneficiamento, quimicamente mais reativos (ácidos) e gerados em quantidades muito maiores.

Considerando-se uma produção de carvão bruto anual de 20 milhões de toneladas, 4,1 milhões de toneladas são de carvão vendável e mais de 12 milhões de toneladas são rejeitos de beneficiamento.

Na termeletricidade, são gerados cerca de 0,6 milhões de toneladas de cinza, sendo vendidas à indústria cimenteira, em sua maior parte, para incorporação ao produto.

Assim sendo, a massa de cinza gerada anualmente corresponde a menos de 2 % da massa de rejeito do beneficiamento.

5.6.2 - Medidas Mitigadoras

A seguir são apresentados os processos utilizados no controle da poluição hídrica de usinas termelétricas a carvão, que incorporados ao projeto da usina, garantem a manutenção de padrões satisfatórios de qualidade ambiental (ELETROSUL coord., 1990).

O processo de tratamento mais eficaz para este efluente é a sua eliminação, pela adoção de um sistema de extração e transporte a seco das cinzas.

O interesse comercial nas cinzas volantes como uma matéria prima estimulou a transição de sistemas líquidos para secos, já que a maior parte das utilizações requer cinzas secas.

O transporte pneumático das cinzas volantes, em lugar do transporte hidráulico, reduz em mais de 40% o volume de efluentes a serem tratados e em mais de 70% a carga poluidora que seria lançada no rio.

No projeto do sistema de extração das cinzas por via úmida, deve-se:

- a) avaliar a disponibilidade de áreas com características geotécnicas adequadas para a construção de bacias de sedimentação e aterros controlados de resíduos (nível do freático, permeabilidade do terreno, capacidade de atenuação do solo) de forma a não poluir a águas por infiltração;
 - b) avaliar a probabilidade de inundação dessas áreas.
- c) projetar o sistema com alto grau de recirculação dos efluentes, para minimizar as descargas;
- d) buscar a neutralização mútua de efluentes ácidos e básicos na bacia de sedimentação;
- e) dimensionar o sistema com base em testes de sedimentação representativos, de forma a garantir uma qualidade satisfatória ao efluente e adequada vida útil às bacias;
- f) selecionar o local com base em dados geotécnicos, dando preferência a locais onde o nível do lençol freático esteja alguns metros abaixo da superfície e a permeabilidade do solo seja baixa, bem como a capacidade de suporte das estruturas seja adequada;
- g) caso locais altos e de baixa permeabilidade não estejam disponíveis, executar obras de proteção de enchentes e do freático;
 - h) a direção preferencial do vento não deve ser tal que leve a poeira gerada

durante a limpeza para zonas habitadas;

- i) dimensionar os diques e taludes com estabilidade e declividade adequadas;
- j) respeitar a distância mínima dos cursos d'água prevista na legislação;
- k) implantar um sistema de monitoramento do efluente e das águas do freático na área das bacias (vazão, pH, metais);

O primeiro esforço no sentido de mitigar os impactos ambientais decorrentes da disposição de resíduos sólidos no meio ambiente deve sempre ser dirigido no sentido de analisar suas potencialidades como matéria-prima para utilização em outros processos industriais.

No caso das cinzas, por exemplo, destacam-se cada vez mais seus usos na fabricação e incorporação ao cimento, por suas propriedades pozolânicas.

Estão sendo feitas pesquisas de utilização da cinza em blocos de construção, como base de estradas e misturada ao concreto asfáltico, no pavimento.

A par dos esforços para colocar no mercado uma parcela sempre maior dos resíduos, sempre haverá, por outro lado, um excedente de resíduos, demandando um local de disposição final, onde seu potencial poluidor deve ser confinado através de medidas de controle ambiental. São os Aterros Industriais Controlados, que devem ser objeto de medidas de proteção ambiental similares às dos rejeitos de beneficiamento R2 e R3, com menor teor de enxofre.

6 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA ATINGIDA

Há mais de dez anos, a avaliação dos efeitos ambientais gerados pelas atividades da indústria do carvão mineral cujos resultados levaram ao enquadramento como Área Crítica para Fins de Controle de Poluição, através de Decreto Federal, já assinalava problemas que desde então se agravaram. destacando-se: "que a rede hidrográfica encontra-se comprometida em 2/3 de sua extensão; que os valores de pH das águas dos rios atingem, em certos trechos, o nível de 2 a 3 unidades, com elevados teores de acidez e de sulfatos de ferro; que grandes extensões dos cursos d'água encontram-se assoreadas pela deposição de finos e ultrafinos do carvão e dos rejeitos, de materiais xistosos e argilosos, com acentuada turbidez e concentrações de sólidos sedimentáveis, concorrendo para incrementar os efeitos de transbordamento verificados na região; que as zonas lacustres situadas a jusante das bacias hidrográficas têm sido atingidas por cargas poluentes insuportáveis à manutenção da vida aquática, com sérios prejuízos à indústria pesqueira e turística e que a disposição de rejeitos sólidos em locais e sob forma inadequada vem causando a degradação de extensas áreas rurais e urbanas, quase sempre de alto interesse ambiental e social" (ALVAREZ et alii, 1978).

A esse quadro alarmante soma-se a presença já constatada de metais tóxicos nas águas efluentes das unidades mineiras, que podem estar relacionados aos índices elevados de deficiências neurológicas congênitas como anencefalia, da qual existe registro de 18 casos entre os anos de 1979 e 1984. Estes números, a uma média de 6000 partos por ano, conduzem a um índice de 1 caso para 2000 nascimentos, quando a média, segundo a literatura médica, indica 1 caso para 20000 nascimentos (GONÇALVES et alii, 1985).

6.1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA

6.1.1 - Posição Geográfica

A bacia carbonífera de Santa Catarina está situada na região sul do estado, compreendendo uma faixa alongada na direção norte - sul, com extensão de cerca de 100 km e largura máxima de 20 km, entre os paralelos de 28°19' e 29°00' S e meridianos 49°13' e 49°31' W.

A região sul do estado, segundo o GAPLAN/SC, compreende as seguintes

micro-regiões administrativas:

- Micro-Região Carbonífera: Santa Rosa de Lima, São Martinho, Rio Fortuna, Armazém, Braço do Norte, Grão-Pará, Gravatal, São Ludgero, Orleans, Tubarão, Capivari de Baixo, Pedras Grandes, Lauro Muller, Urussanga, Treze de Maio, Morro da Fumaça, Siderópolis, Criciúma e Forquilhinha.
- Micro-Região Colonial Sul Catarinense: Nova Veneza, Meleiro, Timbé do Sul, Turvo, Jacinto Machado e Praia Grande.
- Micro-Região Litoral Sul Catarinense: São João do Sul, Santa Rosa do Sul, Sombrio, Araranguá, Maracajá, Içara e Jaguaruna.
 - Micro-Região Litoral de Laguna: Laguna, Imaruí e Imbituba.

Esta divisão não espelha a realidade em termos de atividades da indústria carbonífera. Existe mineração e pesquisa de carvão em municípios não compreendidos na micro-região carbonífera, estando estas atividades ausentes em municípios integrantes da referida micro-região.

A bacia carbonífera atualmente explorada ocupa áreas drenadas pelas bacias hidrográficas dos rios Tubarão, Urussanga e Araranguá.

Assim sendo, estas bacias hidrográficas despontam naturalmente como a parcela da região sul a receber maior ênfase como as unidades adequadas para o estudo de impactos ambientais sobre os recursos hídricos e constituem a área central desta pesquisa.

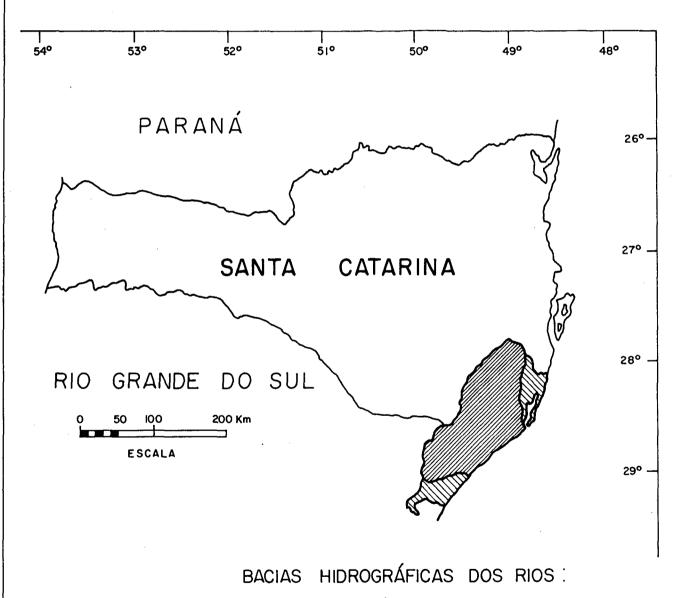
O conjunto destas três bacias hidrográficas totaliza 7.900 km², que compreendem áreas dos municípios acima citados, além de áreas dos municípios de Anitápolis e São Bonifácio.

A área da pesquisa, desta forma engloba, além da região sul catarinense, estas áreas, onde estão localizadas parte das nascentes da bacia do rio Tubarão.

As bacias dos rios D'Una e Aratingaúba, contribuintes do sistema lagunar formado pelas Lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim, onde também deságua o rio Tubarão, e o trecho catarinense da bacia do rio Mampituba, prevista como área de expansão da mineração de carvão, foram incluídas neste trabalho com um nível de detalhe menor, conforme será visto mais adiante.

A figura 12 mostra a localização da área da pesquisa no estado de Santa Catarina

ÁREA DA PESQUISA LOCALIZAÇÃO NO ESTADO REGIÃO CARBONÍFERA CATARINENSE



- Araranguá

Principal

- Urussanga

- Tubarão

- D'una

Complementar

- Mampituba

- Aratingauba

6.1.2 - Geologia

A caracterização geológica da área está baseada no Atlas de Santa Catarina (GAPLAN, 1986).

O embasamento cristalino data do pré-cambriano, sendo constituído dos grupos Taboleiro, predominante no norte, e Pedras Grandes, no sul. Composto de granitos, granodioritos, quartzo-monzonitos e outras rochas graníticas.

A faixa sedimentar da Bacia do Paraná nessa área é formada por sedimentos de idade carbonífera (Super-Grupo Tubarão), permiana (Grupo Passa Dois) e triássica (Grupo São Bento).

O Super-Grupo Tubarão compreende, no Grupo Guatá, as formações Palermo - siltitos, leitos calcáreos e argilitos, depositados em ambientes marinhos rasos - e Rio Bonito - arenitos, siltitos e folhelhos com horizontes de carvão, depositados em ambientes flúvio-deltaicos e paludais. O Grupo Itararé está representado na área pela formação Rio do Sul, composta de arenitos, conglomerados e outros depósitos de origem glacial.

O Grupo Passa Dois é constituído de siltitos, folhelhos, folhelhos betuminosos e níveis calcáreos, ocorrendo na área as formações Irati e Rio do Rastro.

O Grupo São Bento é composto de arenitos róseos e avermelhados, depositados em ambientes desérticos (formação Botucatu), capeados por derrames basálticos da Serra Geral, diques e soleiras de diabásio (formação Serra Geral)

Ao longo da costa ocorrem depósitos sedimentares inconsolidados, formados em ambientes marinho, fluvial, lagunar, eólico ou misto durante o Holoceno. Compõem-se de areias, argilas, cascalhos, seixos e sedimentos síltico-argilosos, com ocorrência de concheiros e sambaquis.

6.1.3 - Geomorfologia

A área da pesquisa engloba porções de cinco unidades geomorfológicas: a Serra Geral, os Patamares da Serra Geral, a Depressão da Zona Carbonífera Catarinense, a Planície Colúvio-Aluvionar e as Planícies Litorâneas (GAPLAN, 1986).

As nascentes das bacias do Araranguá e do Tubarão situam-se na unidade Serra Geral, constituída dos terminais escarpados abruptos da borda leste do Planalto dos Campos Gerais, com desníveis de até 1.000 metros. Os vales fluviais desenvolveram verdadeiros "canyons", com aprofundamentos superiores a 500 metros em suas nascentes.

Associada à dissecação da rede de drenagem da bacia do Araranguá e localizada no extremo sul, desenvolve-se como faixa estreita e descontínua a unidade geomorfológica Patamares da Serra Geral, com formas de relevo alongadas, irregulares e digitadas, como esporões interfluviais.

A Depressão da Zona Carbonífera Catarinense configura uma faixa alongada na direção N-S, ocupando uma área de 1.659 km². O relevo mostra duas feições bem marcantes. Da cidade de Siderópolis para o norte, correspondendo às porções de montante das bacias do Tubarão e do Araranguá, ocorre um relevo colinoso, com vales encaixados; as vertentes são íngremes, com espesso manto de intemperismo que favorece a ocorrência de processos de solifluxão e, ocasionalmente movimentos de massa rápidos. Para o sul, as formas são côncavo-convexas com vales abertos. Encontram-se disseminados nessa área relevos residuais de topo plano, mantidos por rochas mais resistentes e remanescentes de antiga superfície de aplainamento, que fazem parte da unidade geomorfológica Patamares da Serra Geral. Os rios direcionam-se para leste, apresentando-se encaixados, embora em alguns trechos mais de jusante existam terraços aluviais. O padrão de drenagem é do tipo subparalelo (GAPLAN, 1986).

O trecho mediano das bacias do Tubarão e do Araranguá, bem como a metade de montante da bacia do Urussanga cortam a Planície Colúvio-Aluvionar, uma superfície plana, suavemente inclinada para leste, posicionada entre a Depressão da Zona Carbonífera e as Planícies Litorâneas.

As porções de jusante das bacias hidrográficas que compõem a área de pesquisa cortam a unidade geomorfológica Planícies Litorâneas, que corresponde a uma estreita faixa situada junto ao Oceano Atlântico, onde existem praias arenosas e dunas que evidenciam a predominância de ações e processos marinhos e eólicos. Ao sul, as planícies litorâneas se apresentam mais largas com a linha de costa mais retificada, extensas praias e grandes dunas. A porção norte é caracterizada pelo complexo lagunar onde se destacam as lagoas de Imaruí, Mirim e Santo Antônio GAPLAN, 1986).

6.1.4 - Climatologia

Adotando-se como referência a classificação de Köppen, o clima da região pode ser considerado como do tipo temperado moderado chuvoso (Cfa), com a temperatura do mês mais quente superior a 22 °C e a temperatura do mês mais frio

compreendida entre 3 e 18 °C. As chuvas são razoavelmente distribuídas durante todo o ano, apresentando picos em janeiro/fevereiro e setembro. A tabela 7 apresenta dados climáticos selecionados para cinco estações do 8º DISME - Distrito Meteorológico.

TABELA 7
DADOS CLIMÁTICOS SELECIONADOS

Estação	Precipitação Média Evapotranspiração		Temperatura
	Anual (mm)	Potencial (mm)	Média (ºC)
Araranguá	1219,4	886	18,9
Laguna	1387,5	911	19,5
Imbituba	1234,8	841	18,1
Orleans	1530,0	860	18,3
Urussanga	1470,9	889	19,0

Fonte: 8° DISME

Na classificação de Thornthwaite, em função do Índice Efetivo de Umidade, são climas do tipo úmido. No litoral encontramos climas úmidos da primeira e da segunda, passando para úmidos da terceira em direção ao interior e para úmidos da quarta nas escarpas da Serra, o que significa umidade crescente do litoral para o interior.

O clima experimenta variações dentro das estações e de ano para ano em decorrência da circulação atmosférica. A região é afetada pela "circulação perturbada", ou seja, pelas flutuações incessantes de situações meteorológicas provocadas pelos sistemas de ciclones e anticiclones e conseqüentes massas de ar quentes e frias. Como resultado da ascensão de massas de ar carregadas de umidade, atingindo o nível de condensação, surgem as nuvens e, com frequência, chuvas frontais ou ciclônicas.

Pode-se esperar que, dentro da região, nas áreas de maior poluição do ar, a frequência de ocorrência de nebulosidade seja maior do que em outros locais. Em áreas com altos índices de poluentes atmosféricos, a presença de núcleos de condensação altamente higroscópicos da origem à condensação com umidade relativa do ar até de 70 %, de acordo com a concentração de poluentes. (TUBELIS et alii, 1988).

Os dados de três estações meteorológicas atuantes há mais tempo (Araranguá - 1928, Urussanga - 1924 e Laguna - 1923) foram estudados visando a caracterização climática da região carbonífera por BUTZKE e PFADENHAUER

(1978), que concluíram:

- o clima térmico das três estações é marcado por fortes diferenças entre o inverno e o verão. Nem as médias mensais nem as anuais permitem identificar diferenças significativas entre as três estações. No entanto, a média das temperaturas extremas revela o caráter climático continental de Urussanga na comparação com as estações costeiras de Araranguá e Laguna. Em Urussanga ocorre, no verão, as mais altas temperaturas às 12 horas e, no inverno, as baixas durante a noite.
- as precipitações revelam diferenças nítidas entre um inverno seco e um verão úmido. As maiores precipitações ocorrem de setembro a março. Uma pequena depressão domina outubro a dezembro. O maior volume de chuvas ocorre em Urussanga de janeiro a março e em setembro, à semelhança de Laguna e Araranguá. As precipitações, na bacia de captação dos rios (estação de Urussanga), ocorrem menos freqüentemente em forma de aguaceiros como na costa, mas sim em forma de chuvas leves, mais duradouras, geradas pela influência da serra próxima. Níveis mais altos de água nos rios devem ser esperados em setembro e outubro e de dezembro a março.

A localização da bacia nas encostas da Serra Geral induz a ocorrência de chuvas orográficas. Estas chuvas são geradas pela presença de relevo acidentado na bacia, que obriga a ascensão de grandes massas de ar carregadas de umidade, provenientes do litoral marítimo. Devido ao resfriamento adiabático - expansão em função da menor pressão atmosférica - a umidade se condensa ocasionando as chuvas orográficas. As chuvas orográficas na região podem atingir moderadas intensidades, abrangendo as áreas próximas às escarpas da Serra Geral.

Em função dessas características, pode-se afirmar que os dados das estações pluviométricas existentes, localizadas em altitudes mais baixas e relativamente rarefeitas, não são válidos para a caracterização de toda a região, especialmente das maiores altitudes da escarpa da Serra Geral.

6.1.5 - Hidrologia

O mapa 1 apresenta a respectiva rede hidrográfica, acompanhada dos dados hidrológicos mais relevantes

As áreas de drenagem das bacias hidrográficas estudadas são as seguintes:

bacia do rio Tubarão

- 4.500 km²

bacia do rio Urussanga

- 600 km²

bacia do rio Araranguá - 2.800 km²

Os dados hidrológicos dos rios da região são raros, restringindo-se a algumas estações do DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. Uma síntese dos dados observados nessas estações está apresentada nas tabelas 8 e 9.

TABELA 8
DADOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO TUBARÃO

RIO	Estação	Área de Drenagem (km²)	Descarga Média (m³/s) (1)	Descarga Máxima (m³/s) (2)	Descarga Mínima (m³/s) (3)
Tubarão	Orleans	599	18,4	244	2,41
Povoamento	Povoamento	148	4,87	49,9	1,56
raço Esquerdo	Grão Pará	151	4,74	59,1	0,929
Rio Pequeno	Rio Pequeno	379	12,0	137	1,86
Braço do Norte	São Ludgero	1692	43,2	413	11,6
Tubarão	Rio do Pouso	2739	64,7	612	16,0
Capivari	Armazém	773	17,7	107	6,95

- (1) Média das médias mensais.
- (2) Máxima das médias mensais.
- (3) Mínima das médias mensais.

Fonte: DNAEE

TABELA 9
DADOS HIDROLÓGICOS DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ

RIO		Área de	Descarga	Descarga	Descarga
	Estação	Drenagem	Média	áxima (m³/s)	Mínima
		(km²)	(m³/s) (1)	(2)	(m³/s) (3)
Mãe Luzia	Forquilhinha	523	15,5	229	1,27
Manuel Alves	Meleiro	344	10,9	222	0,218
Manuel Alves	foz	404	12,3	226	0,246
Amola Faca	Turvo	336	13,2	425	0,467

Fonte: DNAEE

6.1.6 - Cobertura Vegetal Original

Toda a região atualmente influenciada pela mineração de carvão era coberta pela Floresta Perenifólia Hidrófila Costeira, encontrada ao longo do Litoral Sul, recobrindo as planícies costeiras e as encostas orientais da Serra Geral, até altitudes de cerca de 600 a 700 m acima do nível do mar, como mostra a figura 13.

Essa floresta era formada por uma vegetação bastante exuberante, alta e desenvolvida, composta por espécies pertencentes a várias formas biológicas e estratos, das quais as últimas vivem num ambiente bastante sombrio e úmido, dependendo, por isso, das espécies que formam a cobertura superior.

Em alguns locais, apresenta-se imponente, com árvores de 30 a 40 metros de altura, com troncos grossos e copas densas e longas, que interceptam grande parte da luz. Esta penetra de forma incipiente, permitindo, no entanto, a existência de dois outros estratos, um arbóreo mais baixo e um arbustivo. O solo é quase desnudo, sendo constituído, em parte, por plantas jovens dos estratos superiores. No interior da mata, só conseguem sobreviver as plantas tolerantes à sombra, sendo esta a razão do estrato arbustivo, apesar de denso, ser pobre em espécies, ou seja, com baixa diversidade.

Ao lado de considerável número de árvores altas, arvoretas e arbustos, apresenta-se rica em epífitas, lianas, pteridófitas e musgos, todos contribuindo para dar o seu cunho característico para formar o harmonioso conjunto das matas tropicais úmidas e perenifoliadas da encosta atlântica, que tanto impressionam pela sua exuberância e heterogeneidade.

Nas áreas onde a serra está afastada do litoral, ela recobre a baixada, limitando-se com a vegetação litorânea, especialmente com a estabelecida sobre as restingas.

Apesar da grande retirada de madeira, algumas áreas estão intactas, principalmente nos locais de difícil acesso, ou seja, nas encostas íngremes. No entanto, estão se aperfeiçoando métodos de exploração madeireira, mediante a mecanização e uso de guinchos, com os quais é possível a retirada fácil do produto florestal de áreas não permitidas pela legislação vigente e exploração norteada pelo Código Florestal (MAIXNER e SCHWARZBOLD, 1978).

Assim sendo, os raros núcleos residuais de vegetação original devem ser protegidos pelas autoridades competentes, não só pelo fato de se encontrarem, de modo geral, em áreas consideradas de preservação permanente pelo Código Florestal, mas pela sua importante contribuição para a perenidade dos cursos d'âgua, a minimização das enchentes e a preservação da fauna e da flora nativas.

Figura, 13

LEGENDA

REGIÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

FLORESTA NEBULAR DA CRISTA DA SERRA GERAL - FL. MONTANA FLORESTA TROPICAL MERIDIONAL DAS ENCOSTAS DA SERRA GERAL

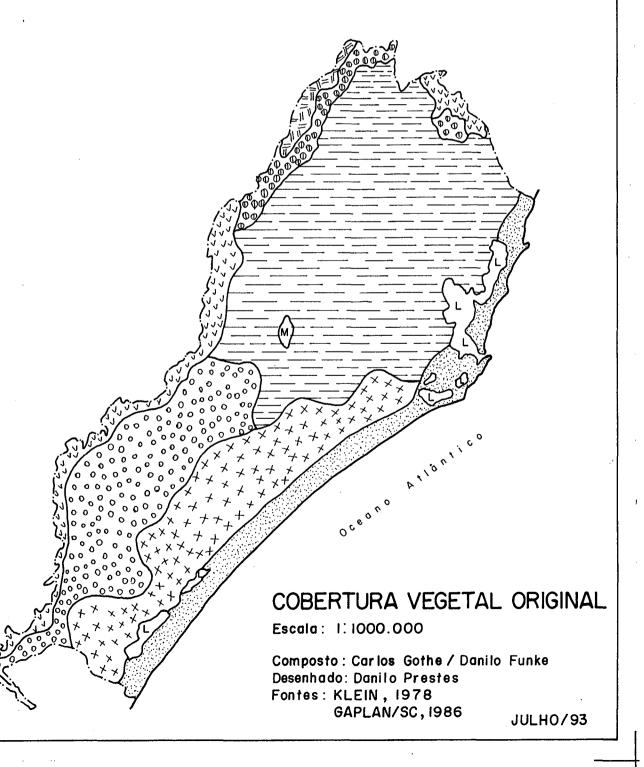
図量

FLORESTA TROPICAL DAS PLANÍCIES QUATERNÁRIAS DO SUL FLORESTA TROPICAL DO LITORAL E ENCOSTA CENTRO-SUL VEGETAÇÃO LITORÂNEA - DE MANGUES, DE DUNAS E DE RESTINGAS

REGIÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

M

NÚCLEO DE FLORESTA MISTA DE ARAUCÁRIA NA REGIÃO DA MATA PLUVIAL ATLÂNTICA FAXINAL AO LONGO DAS RAMIFICAÇÕES DA SERRA GERAL E DO TABULEIRO CAMPOS DE ALTITUDE NA BORDA ORIENTAL DO PLANALTO CATARINENSE.



6.1.7 - Uso do Solo Rural e Urbano

O mapa 2 apresenta o uso do solo na região, tendo sido produzido pela equipe do projeto "Qualidade Ambiental da Região Sul de Santa Catarina, a partir de imagens-papel coloridas do satélite LANDSAT-TM de 1989 e 1990.

Atualmente a maior parte da área é utilizada para culturas cíclicas, tais como fumo, arroz, feijão, milho e mandioca. Na área de mineração, são encontrados reflorestamentos com eucaliptos, que são utilizados como escoramento do teto nas minas subterrâneas. A faixa litorânea de restingas e dunas têm sofrido terraplanagem para a ocupação imobiliária visando o turismo.

A região sustenta menos de 10% da cobertura florística original, quase que totalmente situada nas escarpas da Serra Geral e do Taboleiro (GAPLAN, 1986), em virtude da topografia acidentada e da dificuldade de acesso.

A utilização predatória da vegetação e o uso inadequado dos solos provocam a erosão acelerada e a degradação de sua fertilidade, o que concorre para o agravamento das enchentes, pelo assoreamento do leito dos rios.

O mapa 3 mostra as áreas urbanas, o sistema viário regional e as indústrias não ligadas diretamente ao carvão.

Observa-se a nítida polarização do desenvolvimento urbano nos municípios de Tubarão e Criciúma, ambos fortemente associados à indústria carbonífera.

O desenvolvimento do município de Tubarão teve seu apogeu ligado à implantação da sede das empresas mineradora (CSN) e elétrica (ELETROSUL) do Governo Federal, nas décadas de 50 e 60.

Já o município de Criciúma, caracterizado como sede das empresas mineradoras privadas de grande porte implantadas na década de 70, com a mecanização das minas, teve um desenvolvimento mais recente, suplantando Tubarão à medida que o capital privado suplantava o estatal na indústria carbonífera.

A região é dotada de uma malha ferroviária mais densa que a média nacional, implantada exclusivamente em função do carvão e hoje sub-utilizada em função da crise do setor.

Corta a região de norte a sul a BR-101, rodovia pavimentada que constitui a espinha dorsal do sistema rodoviário não só da região, como de todo o litoral de Santa Catarina.

As rodovias estaduais, de uma forma geral, estendem-se no sentido lesteoeste, ligando as cidades do interior à BR-101, que corre ao longo do litoral.

6.2 - DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA

Os impactos ambientais (estudados no capítulo 5) gerados durante a mineração do carvão, subterrânea ou a céu aberto, seu beneficiamento e queima, vem causando problemas de degradação em grau variado nas diversas bacias carboníferas. Os principais fatores intervenientes no processo são:

- nível de produção de carvão ROM quanto maior, maiores os impactos;
- características do carvão quanto maiores os teores de constituintes poluentes (por ex. cinzas, enxofre, metais pesados), maiores os impactos;
- processos de lavra e beneficiamento influenciam nos percentuais de rejeitos gerados no processo produtivo, nas características dos carvões obtidos e outras variáveis relacionadas aos impactos ambientais:
- capacidade de autodepuração ambiental quanto menor a área das bacias hidrográficas receptoras dos efluentes maiores os impactos;
- destino do carvão quanto maior a parcela do carvão utilizada na região, maiores os impactos, pois diminui a exportação do potencial poluidor;
 - medidas mitigadoras de impactos ambientais implementadas.

Como resultante das características do carvão mineral, dos níveis de extração e do modelo de produção no estado de Santa Catarina, as influências incidentes sobre o ambiente tornam-se aí bem mais preocupantes que aquelas que ocorrem atualmente nos estados do Rio Grande do Sul e do Paraná, tanto devido à maior produção atual quanto às reduzidas extensões das bacias hidrográficas onde estão situadas as numerosas unidades mineiras - agrupamento de instalações de processo constituídas por frentes de lavra e usinas de beneficiamento - em operação, conforme demonstrado a seguir.

Tomando-se por base dados do DNPM, foi preparada a tabela 10, relativa ao período de 1975, início de produção das minas mecanizadas, até 1987:

Pode-se observar que o estado de Santa Catarina, além de ser o responsável pela maior produção de carvão mineral, gera relativamente muito mais rejeito por tonelada de carvão bruto que sai da mina, resultando em cerca de 90% do total de rejeito gerado no período, conforme mostra a figura 14.

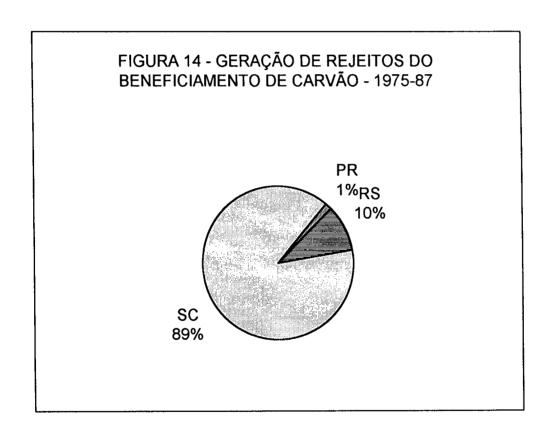
A fim de avaliar, por aproximação, a dimensão das áreas utilizadas como depósitos de rejeitos do beneficiamento, observe-se que o estado de Santa Catarina ostenta, durante o período de 75 a 87, um total de rejeitos sólidos gerados igual a 125 milhões de toneladas.

TABELA 10
PRODUÇÃO DE CARVÃO E GERAÇÃO DE REJEITOS

1975 / 87 (em 1000 t)	1	975	/ 87 ((em	1000	t)
------------------------	---	-----	--------	------	------	----

ESTADO	PRODUÇÃO	PRODUÇÃO	GERAÇÃO	PERCENTUAL
2017120	ROM	CARVÃO	REJEITOS	DE REJEITOS
	1.0111	VENDÁVEL	RECEITOO	(% do ROM)
RS	39.078	25.225	13.853	35
				33
SC	169.323	44.337	124.986	74
PR	4.525	2.919	1.606	35
TOTAL	212.926	72.481	140.445	

Fonte: DNPM, 1988.



O teor de enxofre (% S) nos carvões brutos cresce do sul para o norte, oscilando próximo de 1% a 2% no Rio Grande do Sul, atingindo a faixa de 2 a 8% em Santa Catarina (de maior produção atual e maior percentagem de rejeitos no carvão bruto), subindo até a faixa de 9 a 10% no Paraná (DNPM, 1988).

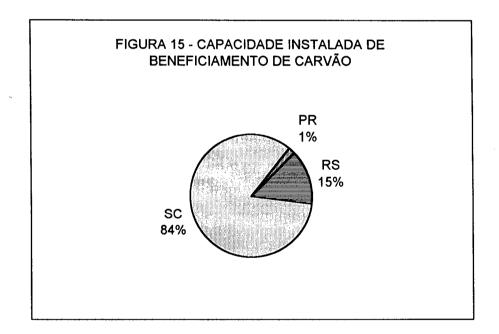
Considerando, a seguir, as capacidades das usinas de beneficiamento implantadas nos diversos estados produtores de carvão mineral e a qualidade dos respectivos carvões processados, foram preparadas a tabela 11 e a figura 15, de

onde se pode inferir que os problemas ligados aos efluentes do beneficiamento são bem mais graves em Santa Catarina, com capacidade instalada cinco vezes maior que o estado do Rio Grande do Sul, beneficiando um carvão bruto com alto teor de enxofre

TABELA 11
CAPACIDADE INSTALADA DE BENEFICIAMENTO DO CARVÃO

ESTADO	CAPACIDADE	TEOR DE		
	INSTALADA	ENXOFRE (%)		
	(tROM/h)			
RS	1250	0,5 a 2,5		
SC	7136	2 a 8		
PR	126	6 a 10		

Fonte: DNPM, 1988.



Outro ponto de interesse para comparar os impactos ambientais diz respeito à capacidade de autodepuração dos ecossistemas das regiões carboníferas.

De uma maneira geral, observa-se que os impactos ambientais mais graves ocorrem no estado de Santa Catarina, que apresenta grande produção (mais ou menos 80% da produção total do país) com unidades concentradas em uma região relativamente pequena, e drenada por rios de pequeno porte, essenciais ao abastecimento d'água de diversos núcleos urbanos, à irrigação de extensas áreas agropecuárias e ao equilíbrio ecológico de importante complexo lagunar costeiro.

Exploravam carvão no sul de Santa Catarina em 1986 12 empresas que, no conjunto, operavam cerca de 30 minas subterrâneas, 15 minas a céu aberto e 25 usinas de beneficiamento.

Estas atividades, expandindo-se por décadas e com insuficientes preocupações com o meio ambiente, causaram uma situação crítica de degradação ambiental que se estende por extensa área. Constata-se, em todos os rios a jusante de onde existe exploração de carvão mineral, a ocorrência de problemas hídricos comuns, detectados pela presença de grande quantidade de finos de carvão e minerais associados, aumento da acidez mineral e altos teores de ferro, metais pesados e íons dissolvidos, nos cursos d'água.

6.2.1 - Providências Legais e Administrativas

Várias providências legais e administrativas foram aplicadas visando atenuar a degradação ambiental, incrementadas desde o enquadramento como Área Crítica, sem muitos resultados práticos.

A seguir é apresentado um resumo cronológico das providências acima citadas.

- 20/02/1967 Código de Mineração Decreto-Lei 227, modificado pelo Decreto-Lei 318, de 14/03/67:
 - Art. 47 "Ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais que constam desse código, ainda às seguintes: (.....)
 - 8 Responder pelos danos e prejuízos à terceiros que resultarem direta ou indiretamente da lavra;
 - 9 Preservar a segurança e a salubridade das habitações existentes no local:
 - 10 Evitar o extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos;
 - 11 Evitar poluição do ar ou da água que possa resultar dos trabalhos de mineração."
- Ano 1974 Início da mecanização das minas de carvão em grande escala no sul catarinense.
- 15/01/1976 Portaria GM 013. Estabelece a classificação das águas interiores do país. Determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nas coleções de água,

desde que obedeçam às seguintes condições:

pH entre 5 e 9;

ausência de materiais flutuantes:

substâncias que poderiam ser prejudiciais, de acordo com limites a serem fixados pela SEMA - Secretaria Especial de Meio Ambiente.

- Ano 1978 Convênio FATMA/UFRGS (NIDECO Núcleo Interdepartamental de Ecologia e IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas) - Estudos de diagnóstico e dimensionamento da problemática ambiental da mineração do carvão.
- 25/09/1980 Enquadramento da região sul de Santa Catarina como ÁREA CRÍTICA PARA FINS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO Decreto 85.206.
- 16/03/1981 Portaria 330 SEMA Nomeia Comissão Interministerial MME/MIC/MT/ MINTER (Ministérios das Minas e Energia, da Indústria e Comércio, dos Transportes e do Interior), para elaborar um relatório técnico com recomendações para solução destes problemas ambientais.
- 05/06/1981 PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO SUL DE SC.

FATMA/ECP- Eng. Consultores Projetistas S.A. - (FATMA-BRDE-FINEP)

Projetos:

- A Monitoramento Ambiental
- B Avaliação de Impacto Ambiental
- C Avaliação e Controle de Fontes de Poluição
- D CARBODATA Centro de Informações Ambientais
- E Recuperação de Áreas de Disposição de Resíduos da Mineração de Carvão
- G FIORITA/MÃE LUZIA Correção da Poluição do Sistema Hídrico
- H SANGÃO Correção da Poluição do Sistema Hídrico
- J CPCAm/CRICIÚMA Centro de Pesquisas e Controle Ambiental
- M Recuperação Piloto de Áreas Mineradas a Céu Aberto
- N Manual de Manejo e Uso do Carvão
- O Legislação Específica da Mineração e Uso do Carvão
- P Organização e Controle do Uso do Espaço
- 31/08/1981 Lei 6938 Estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente.
- 06/07/1982 Portaria Interministerial 917/82 MME/MIC/MT/MINTER. Determina

- que todas as empresas de mineração devem apresentar à SEMA e ao DNPM projetos de tratamento de efluentes líquidos, de transporte e disposição de rejeitos sólidos e de recuperação da área minerada, no prazo de 180 dias.
- 06/1983 Projeto Conceitual para Controle da Poluição IESA Internacional de Engenharia S.A., contratada pelo SNIEC Sindicato Nacional da Indústria de Extração de Carvão.
- 09/09/1983 Parecer afirmativo da SEMA sobre o Projeto Conceitual.
- 28/09/1983 Acordo de Florianópolis SEMA, GAPLAN, FATMA, empresas mineradoras, SNIEC, prefeituras. Aprovação do Projeto Conceitual e definição dos cronogramas de execução.
- 05/10/1983 Outorga de competência à FATMA pela SEMA para acompanhar e controlar a execução dos projetos advindos da Portaria 917/82.
- 25/11/1983 Contrato Mineradores / Consórcio ZETA-IESA para atender à Portaria 917/82 e ao Acordo de Florianópolis.
- 10/12/1983 Protocolo entre MINTER e Governo Estadual objetivando estabelecer um Plano de Trabalho para o controle da degradação ambiental.
- 28/02/1984 Plano de Trabalho para o Controle Ambiental na Região Carbonífera Catarinense Comissão SUDESUL, SEMA, DNOS, GAPLAN, FATMA, CASAN. Valor: 17.150.000 UPC (Unidade Padrão de Capital) em 5 anos, englobando:
 - Projetos Ambientais
 - Projetos de Abastecimento de Água e Esgoto Sanitário
 - Projetos de Tratamento de Esgotos de Pequenas Comunidades
 - Projetos de Irrigação, Barragens e Drenagens
 - Projetos Complementares
- 1984/1985 Programa/Projeto Visando Minimizar os Efeitos Ambientais Decorrentes das Atividades de Lavra e Beneficiamento de Carvão Mineral no Brasil. Convênio SEMA/ABES Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental 022/84.
 - 11/1984 Anúncio de liberação de recursos não consumada pelo Governador do Estado para os projetos "G -Fiorita/Mãe Luzia" e "J - CPCAm", no seminário Ações para Controle do Meio Ambiente, em Criciúma.
- 23/01/1986 Resolução CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente nº 001/86 Institui a obrigatoriedade de elaboração e aprovação do EIA/RIMA para, entre outros, extração de carvão, minerodutos e usinas termelétricas.

- 05/10/1988 Constituição Federal, Art. 225, §2º: "Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei."
- 17/09/1990 Portaria MINFRA Ministério da Infra-Estrutura nº 801 Libera importações de carvão.
 - 02/1992 Governo Federal anuncia PRÓ-VIDA, Programa de Recuperação da Qualidade Ambiental da Região Carbonífera.

Como se pode observar, desde 1967 existia legislação específica contra a poluição da mineração de carvão.

Em 1982, foi editada legislação específica exigindo o tratamento dos despejos e a recuperação da área minerada e dos depósitos de rejeito, através da Portaria 917/82.

Paralelamente, a FATMA contratava a elaboração do Programa de Conservação e Recuperação Ambiental da Região Sul de Santa Catarina, um conjunto de 12 projetos cuja execução, somada ao controle de poluição nas indústrias em operação, regulamentado pela Portaria 917/82, deveria resolver os principais problemas ambientais da região.

Depois de sucessivos adiamentos, foi assinado, em setembro de 1983, o Acordo de Florianópolis, um cronograma para execução de projetos de controle da poluição, subscrito pela SEMA, FATMA, GAPLAN/SC, Sindicato dos Mineradores e prefeituras da região atingida.

Durante dois anos os projetos foram sendo desenvolvidos, tendo sido aprovados pela FATMA, mas apenas parcialmente implementados pelas mineradoras, escudadas no pleito de fixação de uma parcela maior no preço do carvão, fixado pelo CNP, para repasse de custos ambientais.

Face às dificuldades para a implementação da legislação, foi incluída até mesmo na Constituição Federal a obrigação de recuperar a área minerada, numa tentativa de reforçar o seu cumprimento.

Nos últimos anos, com a queda de produção, a perda de mercados do carvão e o agravamento da recessão econômica, os esforços de controle de poluição progrediram ainda menos que as atividades produtivas, mergulhando a região, já em estágio crítico de degradação ambiental, numa profunda crise econômica e social.

É importante salientar que, atualmente, o carvão não representa mais a atividade econômica mais relevante na região. Apesar de ter, reconhecidamente,

alavancado o desenvolvimento da região, com o declínio da mineração os capitais empresariais migraram para a cerâmica, metal-mecânica, confecções e calçados, entre outros. Ficaram as áreas degradadas.

Busca-se, agora, concretizar o PRÓ-VIDA, como instrumento de coordenação, tecnologia e recursos para recuperação do ambiente degradado e viabilização de novas alternativas de desenvolvimento.

6.2.2 - Fontes de Poluição Hídrica

Os problemas de poluição hídrica nas regiões carboníferas são qualitativamente similares em todos os locais, e se devem, na maior parte, à oxidação da pirita (FeS2 - sulfeto de ferro) que ocorre associada ao carvão e que, quando exposta ao ar à umidade, se oxida gerando ácido sulfúrico e compostos de ferro que acabam sendo, de alguma forma, carreados até os cursos d'água, o ácido dissolvendo os metais associados e possibilitando a sua ocorrência em altas concentrações no meio aquático (ALVAREZ et alii, 1978).

Em Santa Catarina, os efluentes da lavra e beneficiamento do carvão mineral são drenados por 3 bacias hidrográficas, todas relativamente pequenas:

- bacia do Araranguá 2.800 km²
- bacia do Urussanga 600 km²
- bacia do Tubarão 4.500 km²

Nas tabelas a seguir, são listados os empreendimentos ligados à indústria carbonífera que operavam em 1984 (GONÇALVES et alii, 1985), por bacia hidrográfica e por tipo de atividade, acompanhados de suas características básicas, tais como o porte e a localização, a partir das quais é possível estimar o seu potencial poluidor.

TABELA 12

ESTRUTURA DE PRODUÇÃO DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA SUBTERRÂNEA

BACIA DO ARARANGUÁ (2.800 km²)

B/(OII/(DO/)	NANANGUA (2.000 KIII	
CARBONÍFERA	UNIDADE MINEIRA	PRODUÇÃO
		(tROM/ano)
METROPOLITANA	Esperança	1.492.000
CRICIÚMA	Volta Redonda	750.000
PRÓSPERA	Siderópolis	697.000
COCALIT	Ex-Patrimônio	264.000
METROPOLITANA	Túnel	706.000
CCU	São Geraldo	667.000
CBCA	Antônio de Luca	394.000
CBCA	São Simão	513.000
CATARINENSE	Rio Maina	650.000
CCU	Santa Augusta	1.385.000
CBCA	Santa Luzia	paralisada
METROPOLITANA	União	544.000
CBCA	São Roque	1.656.000
CRICIÚMA	São Roque	paralisada
PRÓSPERA	Sangão	2.197.000
PRÓSPERA	Morro Albino	636.000
CRICIÚMA	Verdinho	1.950.000
CBCA	Verdinho	60.000
PRÓSPERA	lçara	281.000
subtotal		14.572.000

TABELA 13 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA SUBTERRÂNEA

BACIA DO URUSSANGA (600 km²)

CARBONÍFERA	UNIDADE MINEIRA	PRODUÇÃO
		(tROM/ano)
CCU	Santana	1.140.000
RIO DESERTO	Rio Deserto	121.000
subtotal	<u></u>	1.261.000

TABELA 14 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA SUBTERRÂNEA

BACIA DO TUBARÃO (4.500 km²)

	100A10A0 (4.000 KIII)	
CARBONÍFERA	UNIDADE MINEIRA	PRODUÇÃO
		(tROM/ano)
COCALIT	Morro da Palha	200.000
PALERMO	Boa Vista	220.000
BARRO BRANCO	Rocinha	1.031.000
PALERMO	Palermo	160.000
IBRAMIL	Pilar	50.000
IBRAMIL	Figueira	164.000
CRICIÚMA	Santa Rosa	550.000
IBRAMIL	Santana	220.000
subtotal		2.595.000

TABELA 15 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA A CÉU ABERTO BACIA DO TUBARÃO (4.500 km²)

CARBONÍFERA	UNIDADE MINEIRA	PRODUÇÃO
		(tROM/ano)
COCALIT	Morro da Palha	40.000
PALERMO	Boa Vista	31.000
BARRO BRANCO	Rio Cafundó	36.000
BARRO BRANCO	Guatá	7.000
BARRO BRANCO	Rio do Rastro	132.000
IBRAMIL	Apertado	100.000
PALERMO	Palermo	37.000
CRICIÚMA	Santa Rosa	38.000
TREVISO	Itanema	580.000
subtotal		1.001.000

TABELA 16

ESTRUTURA DE PRODUÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DA LAVRA A CÉU ABERTO

BACIA DO ARARANGUÁ (2.800 km²)

CARBONÍFERA	UNIDADE MINEIRA	PRODUÇÃO
		(tROM/ano)
PRÓSPERA	Morosini	400.000
CATARINENSE	Macarini	90.000
CBCA	Santa Bárbara	29.000
METROPOLITANA	Cidade Mineira	48.000
subtotal		567.000

TABELA 17 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES)

BACIA DO TUBARÃO (4.500 km²)

CARBONÍFERA	UNIDADE	CAPAC.	PRODUÇÃO	REJEITOS
	MINEIRA	t/h	t/ano	t/ano
PALERMO	Boa Vista	80	30.700	93.650
BARRO BRANCO	Rocinha	80	137.212	367.090
PALERMO	Palermo	80	38.640	65.630
CRICIÚMA	Santa Rosa	85	112.305	312.400
IBRAMIL	Santana	100	81.160	269.650
PRÓSPERA	Capivari	785	CM e CE	•
subtotal		1210	400.017	1.108.420

TABELA 18

ESTRUTURA DE PRODUÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES)

BACIA DO URUSSANGA (600 km²)

CARBONÍFERA	UNIDADE	CAPAC.	PRODUÇÃO	REJEITOS
	MINEIRA	t/h	t/ano	t/ano
CCU	Santana	300	246.704	776.890
TREVISO	Rio Carvão	200	106.736	356.380
RIO DESERTO	Rio Deserto	120	13.807	50.380
subtotal		620	367.247	1.183.550

TABELA 19 ESTRUTURA DE PRODUÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DO BENEFICIAMENTO DE CARVÃO (LAVADORES)

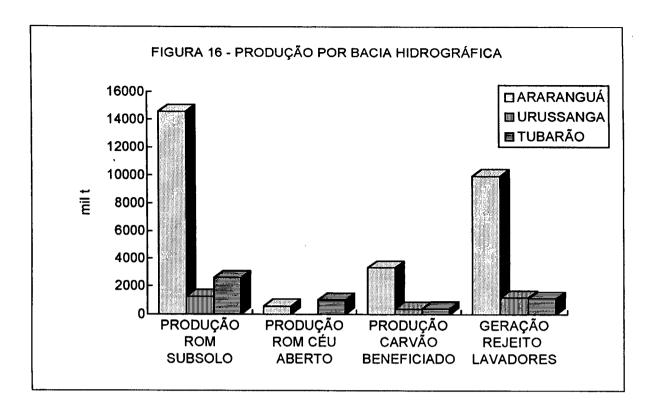
BACIA DO ARARANGUÁ (2.800 km²)

	DAGIA DO ATO			
CARBONÍFERA	UNIDADE	CAPAC.	PRODUÇÃO	REJEITOS
	MINEIRA	t/h	t/ano	t/ano
METROPOLITANA	Esperança	600	565.833	1.731.100
CRICIÚMA	Volta Redonda	140	49.921	164.040
PRÓSPERA	Siderópolis	350	358.765	974.600
COCALIT	Ex-Patrimônio	60	134.016	221.000
CCU	São Geraldo	120	132.415	411.000
CRICIÚMA	São Marcos	50	65.298	119.900
CBCA	Antônio de Luca	100	118.288	301.974
CBCA	São Simão	90	97.381	236.220
CATARINENSE	Rio Maina	120	139.665	298.850
CCU	Santa Augusta	350	334.100	1.290.330
CBCA	Santa Luzia	80	85.719	285.600
CBCA	São Roque	160	132.363	420.060
CRICIÚMA	São Roque	280	491.050	1.373.950
PRÓSPERA	Sangão	600	564.024	1.492.970
CRICIÚMA	Verdinho	600	IMPLANTAÇÃO	
PRÓSPERA	Içara	80	58.979	237.950
ICC	Sangão	600	pirita	
subtotal		4380	3.327.817	9.559.550

A tabela 20 e a figura 16 sintetizam a ocorrência e intensidade das atividades poluidoras ligadas à indústria carbonífera catarinense, por bacia hidrográfica.

TABELA 20
PRODUÇÃO DE CARVÃO E GERAÇÃO DE REJEITOS (t/ano)

, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,					
BACIA	ARARANGUÁ	URUSSANGA	TUBARÃO	TOTAL	
PRODUÇÃO CARVÃO BRUTO SUBSOLO	14.572.000	1.261.000	2.595.000	18.428.000	
PRODUÇÃO CARVÃO BRUTO CÉU ABERTO	567.000	-	1.001.000	1.568.000	
PRODUÇÃO DE CARVÃO BENEFICIADO	3.327.817	367.247	400.017	4.095.081	
GERAÇÃO DE REJEITOS NO LAVADOR	9.959.550	1.183.650	1.108.420	12.251.620	
CAPACIDADE INSTALADA BENEFICIAMENTO	4.380 t/h	620 t/h	1.210 t/h	6210 t/h	



O mapa 4 detalha a localização dos vários empreendimentos listados nas tabelas 12 a 19. Este mapa foi obtido a partir de campanhas de campo realizadas, quando foram mapeadas todas as unidades mineiras acima, localizadas na carta 1:50 000 do IBGE (1976), a partir de saídas a campo e verificação da localização real e do destino das drenagens e águas efluentes das minas e usinas de beneficiamento.

Além das unidades em operação, foram também mapeadas a localização e extensão aproximada das áreas já mineradas a céu aberto e das áreas de deposição de rejeitos, que constituem contribuições poluidoras importantes, decorrente da lixiviação provocada pelas águas pluviais.

Existe mineração de carvão em Santa Catarina há mais de 100 anos. Se, entretanto, compararmos as áreas mineradas até 1974 com as áreas mineradas por apenas 2 ou 3 minas de grande porte, implantadas após 1974, percebe-se que estas apresentam-se muito mais extensas que o total antes minerado (DNPM, 1988). As minas primitivas utilizavam técnicas rudimentares e o processo de extração do carvão era manual, não havendo grande avanço técnico no setor.

A entrada em operação das grandes minas mecanizadas acarretou dois novos aspectos á mineração do carvão. As condições espaciais de trabalho melhoraram com a introdução de máquinas que exigem maiores vãos, dando lugar, em consequência, à abertura de galerias mais amplas, todavia aumentando em muito a vazão de drenagem ácida. Foram implantados sistemas de exaustão de ar

mais potentes e o desmonte manual - pior tarefa para o trabalhador mineiro - passou a ser realizado por grandes máquinas, fazendo crer que estava sendo obtida uma melhoria nas condições de trabalho e que a mecanização estava vindo em benefício dos mineiros.

Contudo, logo começaram a ser registradas com maior intensidade, as doenças profissionais, especialmente nas minas de grande porte, em função dos volumes de carvão manejados e da circulação do ar dentro das galerias. Carregando os gases e as partículas geradas pelas detonações, as correntes de ar começaram a manter em suspensão partículas sólidas de sílica que acarretaram um aumento no índice de incidência de pneumoconiose, doença causada pelo acúmulo de pó nos pulmões, nos mineiros (VOLPATO, 1984). Outro aspecto de interesse refere-se ao fato de que as novas minas começaram a alastrar-se por várias áreas com uma produção bem maior e uma seletividade menor na extração do carvão bruto, implicando em maior teor de rejeito.

O modelo de produção adotado, privilegiando a obtenção do carvão metalúrgico, o qual representa apenas 5% do carvão bruto (CATÃO, 1986), levou as usinas de beneficiamento à geração de enormes quantidades de rejeitos, cuja acumulação exponencialmente crescente veio a acarretar os sérios problemas ambientais que hoje afligem a região sul de Santa Catarina, desde que esse material foi sempre disposto de qualquer maneira em áreas de baixo custo financeiro, que se transformam em focos de poluição, gerando um elevado custo ecológico e social.

Levantamentos realizados pela ECP para a FATMA em 1982 (ECP, 1983), detectaram os valores apresentados na tabela 21.

TABELA 21 ÁREA COBERTA / MINERADA

BACIA	REJEITO DO	MINERAÇÃO A CÉU
	BENEFICIAMENTO (ha)	ABERTO (ha)
ARARANGUÁ	1000	1200
URUSSANGA	150	700
TUBARÃO	250	600
TOTAL	1400	2500

As maiores concentrações de rejeitos do beneficiamento estão na bacia do rio Sangão, afluente do Mãe Luzia (Criciúma), ocorrendo também em Santana (Urussanga) e disseminadas por toda a região.

Em Criciúma existe, inclusive, grande concentração de rejeitos em plena área urbana, principalmente nos bairros de Rio Maina, Santa Augusta, Boa Vista, Sangão, São Roque e Santa Líbera.

Destacam-se com grandes áreas mineradas a céu aberto, o município de Siderópolis, a região de Rio Maina (Criciúma) e os municípios de Lauro Muller e Urussanga.

No município de Siderópolis, existe uma antiga área de mineração a céu aberto de cerca de 1000 hectares desolada e inóspita, conhecida no local pelo sugestivo nome de "paisagem lunar".

Estes dados mostram que a produção concentra-se na bacia do Araranguá - tanto a lavra como o beneficiamento, esperando-se por isso um maior grau de poluição nessa bacia, fato que se confirma mais adiante. A sub-bacia do rio Sangão é a que ostenta, dentro da bacia do Araranguá, a maior concentração industrial, abrangendo, também, a cidade de Criciúma, a maior da região.

Hoje já se aproveita, em parte, os rejeitos piritosos que, depois de concentrados, são processados pela ICC - Indústria Carboquímica Catarinense - em Imbituba, para produção de ácido fosfórico a partir de ácido sulfúrico, produzindo gesso e óxido de ferro, como rejeitos sólidos (SECTME, 1990).

A geração de cinzas no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda é da ordem de 800.000 t/ano (ELETROSUL coord., 1990), correspondendo a cerca de 5% da massa de rejeito de beneficiamento gerada anualmente, e sendo, em grande parte, comercializadas. Desta forma, o impacto ambiental da disposição de cinza, em função das quantidades bem menores e do seu baixo potencial poluidor.

Considerando a área em hectares necessária para se formar pilhas de rejeitos com 7 metros de altura e 1,5 t/m³ de densidade dos rejeitos na pilha - dados médios reportados (GONÇALVES et alii, 1985) resulta a tabela 22, baseada em dados estatísticos e previsões do DNPM.

O mapa 5 - Concessões de Pesquisa e Lavra Mineral - composto a partir de dados do DNPM, mostra as áreas já concedidas para pesquisa e lavra mineral e permite antever de forma aproximada a progressão das áreas mineradas até o esgotamento das reservas.

Observa-se que municípios predominantemente agrícolas, hoje sem atividades carboníferas e situados em sub-bacias hidrográficas ainda não atingidas, têm prevista a mineração da totalidade do seu subsolo.

As demais fontes poluidoras industriais significativas foram incluídas no mapa 3, juntamente com as áreas urbanas e o sistema viário.

TABELA 22
GERAÇÃO DE REJEITOS SÓLIDOS NO BENEFICIAMENTO DO CARVÃO EM
SANTA CATARINA

PRODUÇÃO	MASSA	VOLUME	EM PILHAS DE 7
	(milhões t)	(milhões m³)	METROS (ha)
MÉDIA ANUAL	13,5	9	130
PERÍODO 1975/86			
(PÓS-MECANIZAÇÃO)	117	78	1120
DE 1986 ATÉ A EXAUSTÃO			
DAS RESERVAS (~130 ANOS)	1840	1227	17.500

Fonte: GONÇALVES et alii, 1985.

6.2.3 - Qualidade das Águas Superficiais

Os parâmetros prioritários indicadores de poluição para o estudo de qualidade da água foram já justificados na análise ambiental dos processos produtivos e englobam pH, acidez, sólidos, sulfatos, ferro e elementos menores.

As tabelas 23 e 24 sintetizam dados típicos de qualidade de efluentes e dos cursos d'água da região.

TABELA 23
COMPOSIÇÕES TÍPICAS DOS EFLUENTES DE MINERAÇÃO E
BENEFICIAMENTO (mg/l, exceto pH)

BENEFION WENT O (Mg/), Oxosto pri)					
	DRENAGEM DE	EFLUENTES DE	RIOS MAIS		
PARÂMETRO	MINA	USINA DE	ATINGIDOS		
	SUBTERRÂNEA	BENEFICIAMENTO	PELA POLUIÇÃO		
рН	1,5 A 3,5	3,0 A 5,0	2,0 A 6,0		
ACIDEZ	500 A 3.000	100 A 3.000	ATÉ 3.000		
SÓLIDOS SUSPENSOS	ATÉ 5.000	5.000 A 5.000	ATÉ 20.000		
SÓLIDOS TOTAIS	2.000 A 50.000	5.000 A 160.000	ATÉ 50.000		
FERRO	100 A 500	50 A 500	ATÉ 100		
SULFATOS	500 A 2.000	500 A 2.000	ATÉ 2.000		

Fonte: ECP, 1983.

TABELA 24
METAIS PESADOS EM EFLUENTES DE LAVRA/ BENEFICIAMENTO DE CARVÃO

10 MINAS / 10 LAVADORES

ELEMENTOS	PADRÃO EMISSÃO mg/l	MÁXIMO DETECTADO mg/l
FERRO	15,0	850
MANGANÊS	1,0	545
COBRE	0,5	102
СНИМВО	0,5	3,5
ZINCO	1,0	0,9
SELÊNIO	0,02	7,2
NÍQUEL	1,0	1,8
PRATA	0,02	0,6
MERCÚRIO	0,005	3,3
ARSÊNIO	0,1	8,3
BÁRIO	5,0	19,3
CÁDMIO	0,1	2,1

Fonte: ZETA, 1985

As tabelas 25 a 27 mostram as faixas de concentração dos parâmetros indicadores de poluição selecionados, utilizando os dados disponíveis (ECP, 1983), para os cursos d'água e/ou trechos principais das bacias dos rios Araranquá, Urussanga e Tubarão, listados de montante para jusante.

A comparação dos valores encontrados com os Padrões de Qualidade de Água mostra que o parâmetro que em primeiro lugar ultrapassa os limites prescritos para cada Classe é o pH, em todos os casos. Basta que um parâmetro esteja acima dos limites para que o curso d'água esteja fora dos Padrões de Qualidade. Por estes motivos, optou-se pelo pH como parâmetro indicador prioritário para o mapeamento da qualidade das águas neste caso, ao invés do O.D. - Oxigênio Dissolvido, indicador clássico de poluição orgânica.

O mapa 6 - Qualidade das Águas - detalha o pH dos cursos d'água das bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão.

TABELA 25 QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ

(mg/l, exceto pH)

RIO	рН	Acidez	Sulfato	Ferro	Sólidos	O.D.
Dória	4,5-5,5	0-5	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
Mãe Luzia1	3,5-4,5	5-10	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
Ferreira	5,5-6,5	0-5	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
do Pio	3,5-4,5	10-150	0-150	10-100	300-500	8,0-9,0
Morosini	4,5-5,5	150-300	0-150	1-10	0-300	7,0-8,0
Manin	5,5-6,5	10-150	0-150	0-1	0-300	8,0-9,0
Jordão	5,5-6,5	5-10	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
Fiorita	2,0-3,5	+ 300	+ 700	+ 100	+ 1500	3,0-5,0
Mãe Luzia2	2,0-3,5	10-150	250-500	10-100	500-1000	7,0-8,0
Vargem	5,5-6,5	0-5	0-150	1-10	0-300	7,0-8,0
São Bento	5,5-6,5	5-10	0-150	0-1	0-300	8,0-9,0
Sangão	2,0-3,5	+ 300	+ 700	100	+ 1500	3,0-5,0
Mãe Luzia3	2,0-3,5	150-300	250-500	10-100	500-1000	7,0-8,0
do Cedro	4,5-5,5	0-5	0-150	0-1	0-300	7,0-8,0
Manuel Alves	4,5-5,5	0-5	0-150	0-1	0-300	6,0-7,0
Itoupava	4,5-5,5	0-5	0-150	0-1	0-300	7,0-8,0
Mãe Luzia4	2,0-3,5	10-150	0-150	1-10	1000-1500	6,0-7,0
dos Porcos	5,5-6,5	5-10	250-500	1-10	+ 1500	3,0-5,0
Araranguá	4,5-5,5	10-150	500-1000	0-1	+ 1500	6,0-7,0

Fonte: ECP, 1983

Já nas áreas próximas à foz do rio do Pio existem áreas mineradas e depósitos de rejeitos que comprometem a qualidade das águas do rio Mãe Luzia.

Observa-se que os maiores impactos sobre a qualidade das águas ocorrem nos rios Sangão e Fiorita, afluentes do rio Mãe Luzia em Criciúma e Siderópolis, respectivamente. Este rio, após receber esses afluentes, também é afetado seriamente e, mesmo com a diluição proporcionada pelos afluentes da margem direita do rio Mãe Luzia, não consegue recuperar suas características naturais.

TABELA 26 QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO URUSSANGA

(mg/l, exceto pH)

RIO	рН	Acidez	Sulfato	Ferro	Sólidos	O.D.
Carvão	2,0-3,5	+ 300	500-1000	+ 100	+ 1500	3,0-5,0
Maior	6,5-7,5	5-10	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
Urussanga1	3,5-4,5	+ 300	500-1000	+ 100	+ 1500	3,0-5,0
América	2,0-3,5	+ 300	250-500	10-100	500-1000	3,0-5,0
Deserto	2,0-3,5	+ 300	500-1000	10-100	1000-1500	7,0-8,0
Caeté	3,5-4,5	150-300	150-250	10-100	0-300	7,0-8,0
Barro Vermelho	6,5-7,5	0-5	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
da Areia	6,5-7,5	10-150	0-150	1-10	0-300	6,0-7,0
Cocal	5,5-6,5	10-150	0-150	10-100	500-1000	6,0-7,0
Urussanga2	2,0-3,5	+ 300	250-500	10-100	1000-1500	6,0-7,0
Varjedo	5,5-6,5	10-150	0-150	10-100	0-300	6,0-7,0
Linha Anta	3,5-4,5	10-150	150-250	1-10	0-300	7,0-8,0
Ronco d'Água	3,5-4,5	10-150	150-250	1-10	0-300	7,0-8,0
Urussanga3	2,0-3,5	150-300	250-500	10-100	500-1000	6,0-7,0
Urussanga4	3,0-4,5	10-150	500-1000	10-100	500-1000	5,0-6,0

Fonte: ECP, 1983.

Já nas cabeceiras do rio Carvão, formador do Urussanga, existem áreas mineradas a céu aberto, que comprometem seriamente a qualidade de suas águas. Apesar da contribuição de vários afluentes de boa qualidade, a qualidade das águas permanece ruim até a foz, em função das baixas vazões e das elevadas cargas poluidoras lançadas nos rios Carvão, América, Caeté e no próprio Urussanga.

TABELA 27 QUALIDADE DAS ÁGUAS NA BACIA DO RIO TUBARÃO

(mg/l, exceto pH)

RIO	рН	Acidez	Sulfato	Ferro	Sólidos	O.D.
Rocinha	5,5-6,5	0-5	0-150	10-100	0-300	7,0-8,0
Bonito	3,5-4,5	10-150	150-250	10-100	300-500	6,0-7,0
Oratório	5,5-6,5	5-10	250-500	1-10	0-300	6,0-7,0
Cafundó	2,0-3,5	150-300	250-500	10-100	500-1000	6,0-7,0
Laranjeiras	5,5-6,5	5-10	0-150	1-10	0-300	7,0-8,0
Tubarão1	3,5-4,5	10-150	0-150	10-100	0-300	7,0-8,0
Lageado	2,0-3,5	+ 300	250-500	+ 100	+ 1500	3,0-5,0
Palmeiras	2,5-3,5	10-150	150-250	10-100	0-300	6,0-7,0
Pequeno	5,5-6,5	5-10	0-150	0-1	0-300	8,0-9,0
Braço Norte	5,5-6,5	10-150	0-150	0-1	0-300	7,0-8,0
Tubarão2	5,5-6,5	5-10	0-150	1-10	0-300	8,0-9,0
Capivari	4,5-5,5	5-10	0-150	1-10	300-500	7,0-8,0
Tubarão3	5,5-6,5	5-10	0-150	1-10	0-300	7,0-8,0
Tubarão4	5,5-6,5	5-10	0-150	1-10	0-300	6,0-7,0
Sambaqui	5,5-6,5	10-150	500-1000	1-10	+ 1500	7,0-8,0
Tubarão5	5,5-6,5	10-150	500-1000	1-10	+ 1500	7,0-8,0

Fonte: ECP, 1983

As atividades da indústria carbonífera concentram-se nas cabeceiras desta bacia hidrográfica, onde os rios Bonito, Cafundó Lajeado e Palmeiras, além do alto curso do rio Tubarão, são os mais afetados. A área de drenagem desta bacia é a maior dentre as estudadas, e a contribuição de vários rios de boa qualidade evita que o baixo curso do rio Tubarão fique inviabilizado como fonte de abastecimento para a cidade de Tubarão.

Sobrepondo-se os mapas 3 - Áreas Urbanas, Sistema Viário e Indústrias Poluidoras Não-Carboníferas e 4 - Fontes de Poluição da Indústria Carbonífera com o da Qualidade das Águas (mapa 6), observa-se claramente a correlação entre os trechos dos rios com pior qualidade de água e a localização da indústria carbonífera.

Paralelamente ao incremento da produção de carvão, os demais usos da água (abastecimento público, irrigação, pesca) foram sendo prejudicados, impondo-se como fundamental uma utilização mais racional dos recursos hídricos

disponíveis na região pela administração dos conflitos existentes e potenciais.

Sendo assim, a atividade da indústria carbonífera deve ser objeto de um ordenamento imediato, que estabeleça prioridades e diretrizes tecnológica e economicamente viáveis para a reversão da situação de aguda degradação ambiental detectada.

6.2.4 - Demanda Potencial de Água

A análise foi centrada no uso da água para abastecimento público e para irrigação de culturas, consideradas as principais demandas quantitativas e prioritárias na área de estudo.

A tabela 28 apresenta a estimativa da demanda potencial de água para irrigação de arroz nas áreas irrigáveis compreendidas na área da pesquisa, mostradas na figura 17.

TABELA 28
DEMANDA POTENCIAL DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

BACIA	Área Irrigável	Consumo			
	(ha)	(1000 m³/dia)			
Araranguá	36.400	6.290			
Urussanga	4.500	780			
Tubarão	25.900	4.480			

Fonte: EPAGRI, 1978.

Para a composição da tabela acima foram consideradas as áreas preferenciais para o cultivo do arroz, segundo o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina e o consumo usual para irrigação por inundação de 2 litros por segundo para cada hectare cultivado, ininterruptamente, durante um período de cerca de 100 dias de um ciclo médio da cultura de 130 dias, nos meses de outubro a fevereiro, com pequenas variações segundo o cultivar utilizado.

Foram desconsideradas as demandas de outras culturas e sistemas de irrigação, por serem pouco significativas. Pelas informações do Censo Agropecuário de 1980 (IBGE, 1983-84), na região havia um máximo de 4% das propriedades pesquisadas onde eram utilizados outros métodos de irrigação, o que equivale dizer outras culturas irrigadas.

Em 1980, a área irrigada em toda a região equivalia a cerca de 50% do total

da área irrigável descrita no zoneamento agroclimático citado.

A bacia do Araranguá é, ao mesmo tempo, aquela que apresenta maior degradação dos recursos hídricos pela atividade carbonífera e o maior potencial de demanda para irrigação. Além deste fato, três municípios localizados nesta bacia apresentavam, já em 1980, 100% da área preferencial efetivamente cultivada. São eles: Jacinto Machado (1881 ha), Turvo (5853 ha) e Meleiro (5785 ha).

Para abastecimento público, a demanda potencial de água foi estimada tomando por base a população de cada município e o índice de consumo individual médio de 150 litros/dia (CASAN, 1982). Os dados de população foram agrupados por bacia hidrográfica, considerando a localização da sede do município, resultando na tabela 29.

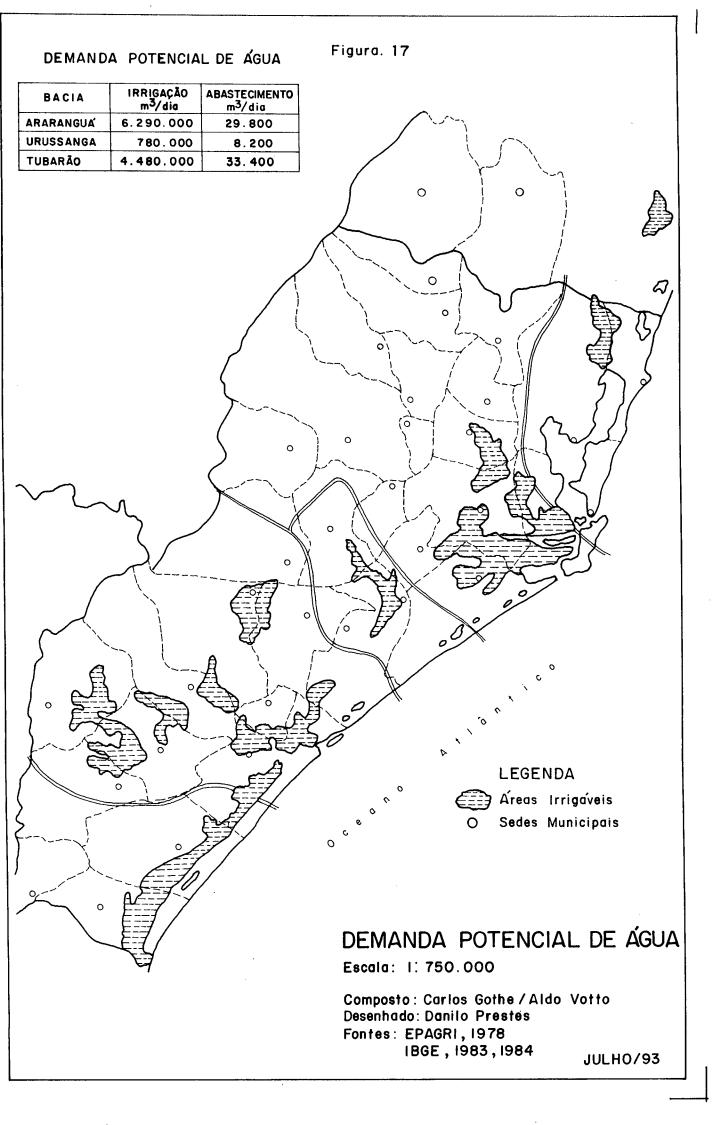
TABELA 29
DEMANDA POTENCIAL DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

BACIA	População (hab)	Consumo (m³/dia)
Araranguá	198.759	29.800
Urussanga	54.945	8.200
Tubarão	222.653	33.400

Fonte: GAPLAN, 1986.

Deve-se enfatizar que a captação de água no rio São Bento para a cidade de Criciúma, que concentra a metade da população da bacia do Araranguá, não tem vazão suficiente para atender a demanda e o rio Mãe Luzia, com vazão suficiente, está com a qualidade das águas comprometida, em função da indústria carbonífera.

A cidade de Tubarão, que reúne 30 % da população da bacia do rio do mesmo nome, tem sua captação de água dependendo da diluição dos poluentes, proporcionada pelo rio Braço do Norte, ao misturar suas águas com as do rio Tubarão



6.2.5 - Enquadramento Legal dos Recursos Hídricos

O enquadramento dos recursos hídricos em classes de qualidade, relacionadas ao uso pretendido (e não o uso ou a qualidade atual), a serem obedecidas, teve origem no Brasil com a Portaria MINTER 0013/76, que estabeleceu 4 classes, fundamentalmente baseadas nos seguintes princípios:

Classe 1 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, com simples desinfecção. Nestas águas, não é permitido o lançamento de efluentes, mesmo que tratados.

Classe 2 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas, à recreação de contato primário (natação, esqui aquático, mergulho).

Classe 3 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à preservação da fauna e flora e à dessedentação de animais.

Classe 4 - Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento avançado, à navegação, à harmonia paisagística, ao abastecimento industrial, á irrigação e outros usos menos exigentes.

Nas águas de classes 2, 3 e 4 são tolerados despejos de efluentes desde que os efluentes atendam aos limites de emissão e as águas, após receberem os despejos, satisfaçam os padrões de qualidade definidos para a classe respectiva, também definidos nesta Portaria.

A partir daí, cada estado deveria enquadrar os corpos d'água de seu território de acordo com as diretrizes da Portaria MINTER 0013/76.

Em Santa Catarina, a Portaria GAPLAN 024/79, de 19 de setembro de 1979, estabeleceu o enquadramento requerido. O mapa 7 - Classificação Legal dos Recursos Hídricos - mostra a classificação resultante, para a região sul do estado.

Apesar da péssima qualidade de certos cursos d'água nesta região já naquela época (ALVAREZ et alii, 1978), nenhum rio foi enquadrado na Classes 3 e 4.

Observa-se, de uma forma geral que o legislador enquadrou as nascentes como Classe 1 e o restante dos cursos d'água como Classe 2, sem estudos específicos aprofundados.

Curiosamente, o rio São Bento, que abastece Criciúma de água, ainda que de forma deficiente, visto que é o único manancial com qualidade adequada, não foi incluído na Classe 1 e, ainda mais, situa-se em área já concedida pelo DNPM (ver mapa 5 - Concessões de Pesquisa e Lavra Mineral).

Mais recentemente, o CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente,

através da Resolução 020/86, reestruturou o enquadramento das águas interiores do Brasil, ampliando para 9 o número de Classes, alterando e complementando os limites de emissão e os padrões de qualidade.

O estado de Santa Catarina, entretanto, até a presente data, não se adequou às novas disposições legais.

Por estes motivos, entende-se que a classificação em vigor deve ser revista, em bases realistas.

7 - PRIORIZAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

7.1 - ESTRATÉGIA PROPOSTA

Como pode ser observado no item 6.2.1 - Providências Legais e Administrativas, não foi a falta de estudos e projetos de recuperação ambiental, nem tampouco a ausência de providências legais que impediram a recuperação da região sul catarinense.

Portanto, para a implementação de um novo programa de recuperação ambiental da região sul, é necessário que haja do governo federal/estadual, o comprometimento, a vontade política e a seriedade na liberação dos recursos, sem os quais nenhum projeto alcançará êxito. Como afirma CARVALHO (1990): "Uma situação interessante, apontando um grande paradoxo, é que, por um lado acentua-se a preocupação legal com os recursos naturais, ao mesmo tempo em que a estrutura governamental - os programas e metas administrativas dos diferentes Governos, ou até a omissão no cumprimento efetivo da legislação - foram, e são, os maiores responsáveis pelo acelerado saque contra a Natureza".

A partir das informações coletadas nos diversos trabalhos já realizados na região, concluiu-se que, para reverter a situação grave de degradação ambiental na região sul catarinense, o referido programa deve abranger quatro ações prioritárias:

- identificar e priorizar as ações e as áreas para preservação e recuperação ambiental, segundo o benefício obtido e os recursos requeridos;
- atenuar os efeitos da degradação consumada, pela recuperação de áreas já degradadas e outros projetos complementares;
- controlar a poluição das indústrias carboníferas em operação, visando sustar a degradação nos níveis presentes;
 - rever as autorizações concedidas para novas áreas de lavra;
 - coordenar o processo, acompanhar os resultados e programar novas ações.

A seguir, será delineada uma estratégia para a execução destas ações, compreendendo a priorização, coordenação e execução dessas atividades.

Nesta estratégia foram considerados os aspectos relativos a indústria do carvão e previstas as evoluções quantitativa e territorial possíveis de ocorrerem, a degradação ambiental das bacias hidrográficas influenciadas e seus usos benéficos exercidos ou potenciais, tais como abastecimento d'água de população, irrigação de culturas, pesca comercial e proteção do patrimônio ecológico.

7.2 - PRIORIDADES AMBIENTAIS DA REGIÃO CARBONÍFERA

Pela verificação das áreas que apresentam conflitos de usos similares tornouse possível a identificação de zonas, caracterizadas de acordo com os usos do solo atuais e futuros, propiciando uma disciplina das atividades de mineração de modo a não comprometer os principais usos da água e a obter uma efetiva e mais rápida recuperação das áreas e cursos d'água nas zonas já afetadas pelos efeitos da mineração, onde os conflitos relativos ao uso da água apresentam-se mais acentuados.

O mapa 8 apresenta a carta síntese dos impactos ambientais da indústria carbonífera sobre os recursos hídricos da região.

7.2.1 - Bacias Hidrográficas como Unidade de Planejamento

Pelo conhecimento adquirido através das informações coletadas nos diversos trabalhos já realizados na região, percebe-se que a priorização das soluções a serem progressivamente implantadas visando a solução dos graves problemas reconhecidos, deve ser realizada utilizando as bacias hidrográficas da região como unidades espaciais de planejamento ambiental, uma vez que a poluição carbonífera apresenta-se como predominantemente hídrica (ALVAREZ et alii, 1978, MONTEGGIA et alii, 1981, FREITAS et alii, 1982, DUEK, 1983, GONÇALVES et alii, 1985, GOTHE, 1989).

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como uma área físico-geográfica devidamente delimitada aonde as águas superficiais e subterrâneas vertem a uma rede natural. A bacia se delimita a partir dos divisores de águas. Simplificadamente, bacia hidrográfica é a área que drena as águas das chuvas para um curso principal com vazão efluente (saída) desaguando no mar ou em um grande lago (ROCHA, 1989)

O emprego do critério hidrológico, para o estabelecimento da unidade de planejamento, foi o reconhecimento de que o tipo de manejo d'água, como recurso circulante, é que determina, em grande parte, o grau de conversão e degradação da bacia (HIDALGO, 1989).

7.2.2 - Ações Prioritárias por Bacia Hidrográfica

Dentre as bacias hidrográficas representadas no mapa 1 - Rede Hidrográfica, destacamos aquelas que, atualmente, recebem despejos da atividade carbonífera, e/ou estão situadas em área de expansão desta.

As bacias hidrográficas onde são lançados os efluentes da lavra e beneficiamento do carvão mineral são a bacia do Araranguá, a bacia do Urussanga e a bacia do Tubarão.

Conforme o mapa 5, que mostra as concessões de carvão mineral, a bacia do rio Mampituba constitui-se em área de expansão da mineração de carvão, a médio prazo.

7.2.2.1 - Bacia do Araranguá

Caracteriza-se como sendo a bacia hidrográfica onde se concentra atualmente a maior parte das atividades carboníferas e a maior concentração de população urbana, resultando assim como sendo a mais intensamente poluída.

O rio Araranguá é formado pelo encontro do rio Mãe Luzia com o rio Itoupava.

A sub-bacia do rio Mãe Luzia é a mais afetada, com o rio Mãe Luzia e dois de seus afluentes - Sangão e Fiorita - apresentando pH em torno de 3.

Nela se concentra a maior parte da atividade mineradora, e é a zona mais antiga de mineração, padecendo, por isso, de graves e crônicos problemas de poluição.

É importante observar que o abastecimento de água da cidade de Criciúma (mais ou menos 200.000 habitantes, a maior da região Sul de SC) é realizado através de uma derivação de 20 quilômetros de extensão, apesar da presença de vários rios de bom porte nas suas imediações. Todos eles estão seriamente degradados.

O vale do Araranguá é uma zona fértil de grande atividade agrícola, principalmente culturas irrigadas como o arroz, porém a perda de produtividade do solo, devido a problemas de contaminação, já se faz sentir há anos, mesmo no Baixo Araranguá. Os agricultores já não se utilizam dos rios para irrigação, necessitando recorrer a poços artesianos, que o avanço das minas de subsolo faz secar ou polui, não restando opção ao agropecuarista senão empregar-se na mineração ou deixar o local. Também a atividade pesqueira que operava na foz do rio Araranguá transferiu-se para o mar.

As ações identificadas como prioritárias nesta bacia são:

a) resguardar e assegurar a captação de água para o abastecimento da cidade de Criciúma no rio São Bento, hoje quase insuficiente para atender a demanda nos períodos de seca e situada em área minerável.

Em função de suas condições naturais, o rio São Bento é o manancial utilizado para o abastecimento d'água da cidade de Criciúma, através de uma derivação implantada em seu baixo vale.

A área de contribuição do rio São Bento no local de captação, é da ordem de 122 km², abrangendo áreas cobertas por vegetação abundante, o que assegura uma boa qualidade para a água.

Seus formadores principais são os rios da Serra, da Mina e Serrano, recebendo ainda a contribuição dos rios Serrinha e Guarapari.

Na sua confluência com o rio Mãe Luzia, próximo à localidade de Forquilhinha, a bacia hidrográfica do rio São Bento, é da ordem de 200 km².

No rio São Bento também existe, a montante da captação para Criciúma, uma barragem de derivação de águas para irrigação de cerca de 1.700 ha de lavouras de arroz situadas no município de Nova Veneza.

Essa utilização das águas para fins agrícolas baseava-se num instrumento legal expedido pelo Governo do estado de Santa Catarina em 1953, que concedia a Arno Amboni e outros o direito de captação das referidas águas, o que vinha sendo feito rotineiramente desde então.

Mais recentemente (1972), considerando que o manancial explorado não dispõe de capacidade hídrica para abastecer as diferentes demandas, sem introdução de obras de acumulação, o Poder Executivo de Santa Catarina revogou a autorização concedida em 1953, e autorizou a CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento a promover o aproveitamento das águas do rio São Bento para o integral abastecimento da cidade de Criciúma, atendendo, quando possível, os demais interesses da região.

Ocorre que os períodos de estiagem do curso d'água geralmente coincidem com a época de irrigação das lavouras, o que acarreta a deficiência ou inexistência de água para fins agrícolas, Esse fato vem gerando sérios problemas sócio-econômicos junto aos agricultores de Nova Veneza, sendo que em várias safras de arroz, desde 81, foi necessária a mobilização policial para assegurar o abastecimento d'água de Criciúma.

b) recuperar a antiga captação de água, para o abastecimento da cidade de Criciúma, no rio Mãe Luzia, que possui vazão suficiente para atender à demanda, mas apresenta atualmente qualidade comprometida pelas atividades de mineração

e beneficiamento de carvão em sua sub-bacia.

Segundo o Relatório Técnico Preliminar de Planejamento dos Recursos Hídricos de Criciúma (CASAN, 1982), o rio Mãe Luzia, por seu posicionamento geográfico e bacia de contribuição, salienta-se, à primeira vista, como a fonte indicada (a médio prazo), para o abastecimento de água da área de Criciúma. Entretanto, a mineração de carvão, pelo lançamento indiscriminado de despejos, inviabilizou a captação que existia no rio Mãe Luzia, obrigando a transferência para o rio São Bento. Assim sendo, o rio Mãe Luzia, no seu estado atual, não tem condições de utilização para abastecimento populacional, nem mesmo para irrigação, recreação ou criação de peixes, em função principalmente do seu alto teor de acidez, metais pesados e sólidos suspensos. Impõe-se, pela ausência de mananciais alternativos, então, a recuperação da qualidade das águas do rio Mãe Luzia, ao menos até a altura da captação da água.

Essa recuperação poderá ser atingida pela execução de projetos de recuperação de parte das áreas mineradas a céu aberto e de disposição de rejeitos de beneficiamento, principalmente na sub-bacia do rio Fiorita, o mais poluído curso d'água desta zona. Consta, além da recuperação física de áreas mineradas, de canal de desvio e retificação do rio, minimizando o contato com material piritoso, conforme projeto (ECP, 1983), contratado pela FATMA, já mencionado no item 6.2.1.

- c) proteger, pelo controle de mineração, as novas sub-bacias de interesse a serem mineradas nesta área tais como as sub-bacias dos rios Ferreira, do Pio, Maruim, Jordão e outros.
- d) iniciar as ações destinadas a aliviar a poluição do vale do Araranguá, extensa área agrícola a jusante das áreas de mineração, pelo controle das unidades mineiras em operação. O baixo vale do rio Araranguá, apesar de ainda não minerado, recebe as descargas poluídas provenientes da sub-bacia do rio Sangão e do baixo curso do rio Mãe Luzia. Nestes está localizada a grande concentração de atividades carboníferas, industriais e urbanas da região. É o local onde a mineração se desenvolve há muito tempo, e o rejeito, sob a forma de estradas, aterros, etc., faz parte do cotidiano. A recuperação dessas áreas é impossível a curto prazo, determinando a necessidade de implantação gradativa do tratamento e recuperação.

Na área a jusante da captação da CASAN no rio Mãe Luzia, exigir a remoção dos sólidos piritosos em suspensão dos efluentes. Ao mesmo tempo, tendo em vista a urgência em aliviar a carga poluidora das áreas agrícolas irrigadas no baixo Mãe Luzia, é importante a execução dos projetos de dragagem, retificação e

alargamento do rio Sangão, confinando o material dragado, após tornar efetiva a proibição de lançamento de efluentes com sólidos piritosos em suspensão, conforme projeto contratado pela FATMA (ECP, 1983).

e) proteger a porção oeste da bacia do Araranguá (sub-bacias dos rios do Cedro, Manoel Alves e Itoupava) pelo controle da poluição provocada pela mineração de carvão e explorando as sub-bacias sequencialmente, não simultaneamente, a fim, de não comprometer todos os mananciais a um só tempo.

7.2.2.2 - Bacia do Tubarão

Caracteriza-se como área de expansão de mineração, ou extensão para o sentido norte, que já se desenvolve na área das nascentes dos rios formadores da bacia.

O rio Tubarão drena a região de mineração em suas nascentes e, devido às baixas vazões nesta porção do rio, a qualidade de suas águas e de seus afluentes é péssima (pH em torno de 3). Seus problemas ambientais principais são causados, além das unidades mineiras em operação, pela grande extensão de áreas mineradas a céu aberto lá existente.

No seu curso médio recebe a contribuição diluidora do rio Braço do Norte, de vazões equivalentes à do próprio rio Tubarão naquele ponto, conforme mostra a tabela 6.0, e outros de menor porte, que aliviam um pouco a poluição.

Na porção de jusante do rio Tubarão não existe mineração de carvão mas, pela sua localização estratégica, concentram-se nesta área o Lavador Central de Capivari (Beneficiamento do CPL - Carvão Pré-Lavado), o Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, o entreposto de carvão da CAEEB e, utilizando como matéria prima antigos rejeitos piritosos depositados no Banhado da Estiva, uma unidade de rebeneficiamento da COCALIT, para recuperação de carvão. Essa última área se constitui num grave problema ambiental pela disposição desordenada e desprotegida dos rejeitos, efetuada há décadas.

Além dos prejuízos já comentados à agricultura e à pecuária da região, o rio Tubarão é tributário do ecossistema lagunar formado pelas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim, de significativo interesse em termos de lazer e turismo, e grande produtor de camarões e outros crustáceos.

A área das lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim (Ecossistema Lagunar) não possui jazidas conhecidas de carvão mineral, porém torna-se necessário o controle ambiental com referência às atividades do Porto de Imbituba (embarque de carvão e recebimento de rocha fosfatada) e da ICC - Indústria Carboquímica

Catarinense, produtora de ácidos sulfúrico e fosfórico, bem como, no devido tempo, dos novos empreendimentos que forem surgindo.

O tipo de poluição despejado, predominantemente conservativa, com sólidos e metais, é altamente prejudicial ao sistema lagunar, que possui baixa capacidade de auto-depuração devido à pouca circulação das águas.

Embora não haja evidências diretas de relação com a poluição carbonífera, vale ressaltar informações contidas no "Plano de Trabalho para o Controle Ambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina", (SUDESUL - coord., 1984), em que se alerta para o fato de que na última década a produção de pescado, somente nas lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim, segundo dados da SUDEPE - Superintendência do Desenvolvimento da Pesca, chegou a alcançar, em 1976 (início da mecanização das atividades carboníferas), 7650 toneladas, baixando rapidamente nos anos seguintes até atingir, em 1982, apenas 1560 toneladas. Outra evidência da queda da produção das lagoas são os dados referentes ao esforço de pesca: enquanto que em 1976 um pescador capturava 15 kg/dia de camarões na época da safra, em 1982 esta média caiu para 4 kg/dia.

Ao lado de outros fatores responsáveis, como a sobrepesca (retirada maior do que repovoamento), o desrespeito ao período da desova e a utilização de agrotóxicos, a poluição da indústria carbonífera também pode ser responsabilizada por esta queda de produção.

Identificam-se como ações prioritárias, nesta bacia, aquelas destinadas à proteção do ecossistema lagunar, a saber:

- a) controlar as unidades mineiras operando nas nascentes do rio Tubarão;
- b) controlar as unidades industriais da porção jusante da bacia do Tubarão, quais sejam: Lavador Central de Capivari, Usina Termelétrica Jorge Lacerda e Entreposto de Carvão, situados no município de Capivari de Baixo.
- c) recuperar a área de rejeitos piritosos do banhado da Estiva, onde os rejeitos foram dragados e relavados (rebeneficiados) para concentração da pirita e para recuperação de carvão, constituindo-se em intensa fonte de poluição.
- d) proteger, pelo controle da mineração, as novas sub-bacias de interesse, a serem mineradas na área.
- e) recuperar as áreas antigas de mineração a céu aberto e de disposição de rejeitos na sub-bacia do rio Tubarão.

7.2.2.3 - Bacia do Urussanga

Caracteriza-se por ser a menor das três bacias hidrográficas consideradas,

situando-se a área de mineração em seu terço de montante, com as áreas de jusante recebendo os despejos dessas atividades.

O rio Urussanga, de pequeno porte, apresenta seu curso principal degradado da nascente até a foz, com pH em torno de 3 em toda a sua extensão. Os afluentes da margem esquerda, bem como o rio Cocal, afluente da margem direita, não apresentam as alterações de pH que caracterizam a poluição decorrente da indústria carbonífera, visto que aquelas áreas não foram ainda exploradas.

A bacia do rio Urussanga também irriga várzeas arrozeiras e outras culturas e criações, padecendo dos mesmos problemas que a bacia do Araranguá.

O alto curso do rio Urussanga é geologicamente semelhante à sub-bacia do rio Sangão e tem os mesmos graus elevados de atividades de mineração e degradação ambiental, apenas menos atividades de beneficiamento e zonas urbanas bem menores. Apresenta grandes áreas já mineradas a céu aberto e pequenas vazões, o que piora ainda mais a situação. A recuperação da qualidade das águas desta bacia depende da recuperação das grandes áreas mineradas a céu aberto, além do controle da poluição das unidades mineiras em operação.

A área de jusante da bacia do rio Urussanga, embora não esteja sendo minerada atualmente, tem suas águas poluídas por despejos da área de montante. Deve ser minerada de modo que a recuperação da bacia seja feita simultaneamente: após a lavra na área já degradada e concomitante à lavra na área a minerar.

Identificam-se como ações prioritárias nesta bacia aquelas destinadas a:

- a) controlar as unidades mineiras operando na bacia;
- b) proteger, pelo controle da mineração, as novas sub-bacias de interesse a serem mineradas nesta área, principalmente aquelas que compreendem as lagoas litorâneas.

7.2.2.4- Bacia do Mampituba

Embora não tenha sido estudada no mesmo nível de detalhe que as três bacias anteriormente citadas, esta bacia, embora ainda não acuse a presença da indústria carbonífera, caracteriza-se como zona de expansão da mineração de carvão na direção sul. Portanto, impõe-se, a exemplo das demais sub-bacias mineráveis e não mineradas, proteger, pelo controle da mineração, as sub-bacias de interesse a serem mineradas nesta área, principalmente aquelas que compreendem as lagoas litorâneas e explorar as sub-bacias sequencialmente, a fim, de não comprometer todos os mananciais ao mesmo tempo.

8 - RECOMENDAÇÕES DA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

8.1 - ZONEAMENTO AMBIENTAL

A avaliação de alternativas para a mitigação dos impactos ambientais da indústria carbonífera catarinense aponta para a aplicação de soluções padronizadas para cada tipo de unidade de produção, combinadas entre si de forma específica para atender aos problemas identificados em cada local.

A forma selecionada para atingir este objetivo foi a formulação de um zoneamento ambiental da atividade carbonífera na região, com prazos e padrões ambientais diferenciados conforme a localização e o tipo do empreendimento (MONOSOWSKI, 1989, CLARK, 1991).

Os padrões ambientais a serem aplicados devem tornar-se paulatinamente mais rigorosos, acompanhando o desenvolvimento tecnológico e o estágio de recuperação ambiental alcançado.

8.1.1 - Critérios para Zoneamento da Região Carbonífera Catarinense

Tomando-se por base o quadro apresentado por bacias hidrográficas influenciadas pela lavra e beneficiamento do carvão mineral adotou-se, para atingir os objetivos preconizados, a estratégia de estabelecer, para a recuperação da qualidade ambiental da região sul do estado de Santa Catarina, um ZONEAMENTO AMBIENTAL que, abrangendo sub-bacias com problemas semelhantes, permitisse de um modo objetivo canalizar os recursos disponíveis para projetos prioritários, que se integrassem e complementassem no tempo e espaço (GOTHE, 1992).

Foram definidas as seguintes categorias de ZONAS AMBIENTAIS:

ZPP - ZONAS DE PROTEÇÃO PRIORITÁRIA

Definidas como as zonas (sub-bacias) de relevante interesse em termos de usos benéficos da água, ainda não afetadas pela mineração e que, por isso, devam ser prioritariamente protegidas.

ZRP - ZONAS DE RECUPERAÇÃO PRIORITÁRIA

Definidas como zonas (sub-bacias) de relevante interesse e onde os usos

benéficos da água encontram-se prejudicados pela poluição advinda das atividades de lavra e beneficiamento do carvão mineral, devendo ser objeto de iniciativas para recuperação a curto e médio prazo.

ZCR - ZONAS CRÍTICAS DE RECUPERAÇÃO

Definidas como as zonas (sub-bacias) intensamente mineradas e poluídas desde longa data, devendo ser objeto de iniciativas para recuperação a médio e longo prazo.

ZNM - ZONAS NÃO MINERADAS

Definidas como as zonas (sub-bacias) componentes da região sul e ainda não mineradas, devendo ser objeto de iniciativas adiante especificadas.

8.1.2 - Zoneamento Ambiental da Região Carbonífera

Com base nas categorias de Zonas Ambientais definidas, foi configurada uma proposta de Zoneamento Ambiental para a indústria carbonífera catarinense, descrita a seguir e mostrada no mapa 9 - Zoneamento Ambiental Proposto.

ZONAS DE PROTEÇÃO PRIORITÁRIA

ZPP1 - A porção da sub-bacia do rio São Bento a montante da atual captação de água para abastecimento da cidade de Criciúma. Área de expansão de mineração para oeste. O rio São Bento, afluente da margem direita do rio Mãe Luzia, desenvolve-se aproximadamente no sentido Norte-Sul, através do Município de Nova Veneza, tendo suas nascentes nos contrafortes da Serra Geral.

Do exposto, pode-se concluir que é fundamental garantir a qualidade das águas do rio São Bento, o manancial preferencial, a curto prazo, dentro do plano de uso múltiplo das águas da região de Criciúma, dando-se ênfase ao abastecimento humano.

Esta providência poderá ser implementada pela proibição de atividades da indústria carbonífera nesta sub-bacia e seu enquadramento legal como Classe 1, até a exaustão das reservas na sub-bacia do rio Mãe Luzia à montante da captação antiga da CASAN e até que estas águas atinjam qualidade aceitável para o abastecimento público (mesmo que as águas do rio Mãe Luzia se apresentem próprias para o consumo público antes da exaustão das reservas nesta sub-bacia como resultado da implantação de instalações de tratamento, persistirá ainda o

risco de acidentes devido às freqüentes enchentes que costumam ocorrer na área em questão).

Dois projetos já existentes devem ser implantados para resolução desses problemas: uma barragem no rio São Bento e a recuperação ambiental do alto rio Mãe Luzia, especialmente a sub-bacia do rio Fiorita, em Siderópolis.

ZPP2 - A porção da sub-bacia do rio Mãe Luzia e de seus afluentes a montante da antiga captação de água para abastecimento da cidade de Criciúma.

Área ainda não minerada mas considerada como de expansão da mineração para noroeste. Justifica-se a classificação desta área como Zona de Proteção Prioritária pela necessidade que se apresenta de conservar a qualidade das águas de seus rios até a recuperação proposta para os cursos d'água já afetados, incluídos na Zona de Recuperação Prioritária ZRP1, conforme justificativa adiante exposta no item relativo a ZRP1.

ZPP3 - Sub-bacias do rio Tubarão ainda não mineradas, na área das lagoas de Santo Antônio, Imaruí e Mirim (ecossistema lagunar). Não possui jazidas conhecidas de carvão mineral, porém torna-se necessário o Controle Ambiental com referência às atividades do Porto de Imbituba (embarque de carvão e recebimento de rocha fosfatada) e da ICC - Indústria Carboquímica Catarinense, produtora de ácidos sulfúrico e fosfórico.

ZPP4 - Sub-bacias do rio Tubarão, não mineradas, na porção média da bacia. Área de expansão da mineração para leste. (ver considerações referentes a ZRP3, adiante expostas)

ZONAS DE RECUPERAÇÃO PRIORITÁRIA

ZRP1 - Áreas a montante da captação antiga de Criciúma, no rio Mãe Luzia já mineradas ou com atividades de mineração.

Fonte indicada para o abastecimento de água da área de Criciúma, está com seu uso inviabilizado pelo lançamento indiscriminado de despejos da mineração de carvão, obrigando a transferência para o rio São Bento. A recuperação da qualidade das águas do rio Mãe Luzia, até a seção da captação de água para Criciúma, poderá ser atingida pela execução de projetos de recuperação de áreas mineradas e de rejeitos, conforme as Diretrizes para Recuperação de Áreas Mineradas a Céu Aberto e de Rejeitos - (item 8.2); e pelo tratamento da poluição

das unidades em operação, segundo as Diretrizes para a Implantação de Controle da Poluição na Indústria Carbonífera - (item 8.3, adiante apresentado).

A FATMA possui o projeto de recuperação das áreas antigas mineradas a céu aberto do rio Fiorita, o mais poluído curso d'água desta ZONA, constando do desvio e retificação do rio para retirá-lo dos cortes abertos na área minerada, minimizando o contato, e da recuperação física de 300 ha de áreas mineradas.

ZRP2 - Áreas do Banhado da Estiva e Capivari - trecho de jusante da bacia do Tubarão - Ecossistema Lagunar.

Nesta área não existe mineração de carvão, mas pela sua localização estratégica concentram-se nesta área o Lavador Central de Capivari (beneficiamento do CPL - Carvão Pré-Lavado), a Usina Termelétrica Jorge Lacerda, o Entreposto de Carvão da CAEEB e, utilizando como matéria prima antigos rejeitos piritosos depositados no Banhado da Estiva, a usina de beneficiamento da COCALIT. O Entreposto da CAEEB e o Lavador de Capivari suspenderam suas operações recentemente, deixando um grande problema ambiental pela disposição desprotegida dos rejeitos. As demais unidades produtoras encontram-se em operação regular e delas deve ser exigido o controle da poluição conforme definido no item 8.3, adiante apresentado.

ZRP3 - Área de montante da bacia do rio Tubarão e efluentes, já mineradas ou minerando. Zona de expansão da mineração; na bacia do Tubarão o volume de produção é menor, e as minas são mais dispersas que na bacia do Araranguá.

Ocorrem níveis críticos de poluição dos efluentes e do curso principal do rio Tubarão, até receber a contribuição de outros afluentes de boa qualidade, destacando-se o rio Braço do Norte (na ZPP3), cuja área de contribuição na confluência é maior do que a do próprio rio Tubarão.

Seus principais problemas ambientais são causados, além das unidades mineiras em operação, pela grande extensão de áreas mineradas a céu aberto ali existentes.

O controle da poluição causada pelas unidades mineiras em operação segue as Diretrizes para a Implantação de Controle da Poluição da Indústria Carbonífera - (item 8.3). Já os projetos de recuperação de áreas devem ser executados segundo o item 8.2 - Diretrizes para Recuperação de Áreas Mineradas a Céu Aberto e de Rejeitos.

ZONAS CRÍTICAS DE RECUPERAÇÃO

ZCR1 - Sub-bacia do rio Sangão e baixo curso do rio Mãe Luzia. A maior e mais antiga concentração de atividades da indústria carbonífera e a maior área urbana. A recuperação destas áreas é impossível a curto prazo, determinando a necessidade de implantação gradativa do tratamento e recuperação, conforme previsto no item 3.4 - Diretrizes para a Implantação de Controle da Poluição na Indústria Carbonífera. Ao mesmo tempo, tendo em vista a urgência em aliviar da carga poluidora as áreas agrícolas irrigadas no baixo Mãe Luzia, recomendam-se a execução dos projetos de dragagem, retificação e alargamento do rio Sangão, conforme projeto existente na FATMA (ECP, 1983).

ZCR2 - Alto curso do rio Urussanga (área de montante da bacia). Geologicamente semelhante à ZCR1, tem os mesmos graus de atividades de mineração e degradação ambiental, apenas menos atividades de beneficiamento e zonas urbanas bem menores. Apresenta grandes áreas de mineração a céu aberto, e rios de pequeno porte, o que agrava ainda mais a situação. A recuperação da qualidade das águas desta bacia depende da recuperação das grandes áreas mineradas a céu aberto, além do controle da poluição das unidades mineiras em operação conforme as Diretrizes para a Implantação de Controle da Poluição na Indústria Carbonífera.

ZONAS NÃO MINERADAS

ZNM1 - Porção de jusante da bacia do rio Urussanga, correspondente à cerca de metade da área da bacia. Águas poluídas por despejos da área de montante (ZCR2). Deve ser minerada preferencialmente, para que, a recuperação da bacia seja atingida simultaneamente na ZCR2 e na ZNM1, após a lavra na área já degradada e concomitante à lavra na área a minerar. Esta área apresenta também problemas de áreas degradadas pela extração de argila para a indústria cerâmica.

ZNM2 a 5 - Sub-bacias de afluentes do Araranguá. A mineração será permitida após o esgotamento nas zonas atualmente mineradas. A mineração deverá ser seqüencial por zona, isto é, cada uma delas só poderá ser minerada após encerrada a mineração na zona imediatamente anterior.

ZNM6 e 7 - Zona das lagoas litorâneas - bacia do Araranguá. Antes da

mineração deverão ser definidos os locais de lazer, patrimônios ecológicos, e culturais que deverão ser protegidos.

O mapa 9 mostra o zoneamento ambiental proposto.

8.2 - DIRETRIZES PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS MINERADAS A CÉU ABERTO E DE REJEITOS

A recuperação das áreas degradadas pela mineração a céu aberto e pela deposição de rejeitos apresenta grande importância para a recuperação da qualidade das águas, possibilitando o seu uso, nestas bacias hidrográficas pois, além da poluição gerada pelas unidades mineiras em operação, as grandes áreas mineradas a céu aberto e de depósitos inadequados de rejeitos, pela lixiviação continuada, permanecem gerando uma poluição permanente nos cursos d'água situados a jusante dessas áreas.

A tecnologia de recuperação de áreas mineradas e de rejeitos piritosos já foi testada com sucesso na região (ECP, 1983).

O custo da recuperação ambiental - abrangendo terraplanagem, cobertura com solo e revegetação - varia dependendo da geomorfologia da área e do equipamento de mineração lá utilizado.

Com base nas experiências realizadas, pode-se estimar custos da ordem de 2 a 3 mil dólares por hectare para a área de Siderópolis (maior espessura escavada e fragmentos de rocha maiores) e 1,5 a 2 mil dólares por hectare para áreas como Santana, em Urussanga (mais favoráveis).

Recentemente têm sido propostos também processos alternativos, com o uso de cinza de carvão, resíduo de curtume, lixo urbano, dejetos suínos e outros, visando reduzir esses custos.

Devido à grande extensão de áreas a recuperar, e os altos custos correspondentes, as áreas devem ser priorizadas de acordo com o zoneamento ambiental aqui proposto para a região.

Consideradas, é claro, as prioridades reais, as áreas selecionadas poderão ser distribuídas por município, possibilitando a repartição dos recursos pelas prefeituras e a abertura de várias pequenas frentes de trabalho, garantindo o acesso a esse mercado das médias e pequenas empresas regionais.

Em cada bacia prioritária, o cadastro das áreas degradadas deve ser atualizado, e os proprietários devem ser intimados a firmar um "Contrato de

Recuperação Ambiental", prevendo responsabilidades, custos, cronogramas de execução e de desembolso e inspeção final. Este contrato terá duas modalidades:

- o proprietário assume o compromisso de recuperar a área, em prazo determinado, podendo optar por financiamento do PRÓ-VIDA. Caso a área não seja recuperada, ou o financiamento não seja pago, a propriedade da área será do Poder Público.
- o Poder Público, representado por um Consórcio de Bacia, composto pelas Prefeituras, Governo Estadual, associações comunitárias e empresas, recupera a área, ficando com parte ou o todo em troca da quitação compulsória dos serviços realizados.

As áreas rurais recuperadas, após plantio, deverão ser gerenciadas de forma ecologicamente correta, sujeitas a monitoramento e controle de usos. Naquelas áreas pertencentes ao governo, poderão ser assentadas famílias sem-terra, ou transformadas em Áreas de Proteção Ambiental - APAs, conforme sua vocação.

As áreas urbanas ou urbanizáveis recuperadas receberão infra-estrutura urbana, sendo loteadas em programas de habitação popular.

8.3 - DIRETRIZES PARA A IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE DE POLUIÇÃO NA INDÚSTRIA CARBONÍFERA

Ao lado das ações para recuperação ambiental, o controle da poluição das unidades em operação deve ser incrementado, sob pena de comprometer as metas programadas. Esse controle deve ser implementado de forma paulatina e diferenciada por ZONA, constituindo-se em disciplinador da exploração carbonífera futura.

8.3.1 - Escopo dos Projetos de Controle da Poluição

As instalações de lavra e beneficiamento do carvão mineral denominam-se de Unidades Mineiras. Uma unidade mineira (UM) é constituída por uma instalação ou por instalações de processo. Os elementos constituintes das unidades mineiras são:

SS - Mina de Subsolo

CA - Mina a Céu Aberto

LAV - Usina de Beneficiamento (Lavador)

REJ - Depósito de Rejeitos

A grande diversidade de situações que se apresentam na prática requer que, em termos de controle ambiental, se deva agrupar as instalações de lavra e beneficiamento de carvão em unidades mineiras. O agrupamento leva em conta como critérios principais: a proximidade física das instalações, o fluxo de extração, beneficiamento e a disposição de rejeitos do carvão produzido e a propriedade de uma mesma empresa carbonífera.

As seguintes situações apresentam-se então como típicas para as UMs tendo em vista a elaboração de projetos de Controle da Poluição e Recuperação Ambiental:

- U.M. do tipo 1 SS Mina de Subsolo isolada
- U.M. do tipo 2 CA Mina a Céu Aberto isolada
- U.M. do tipo 3 SS/LAV/REJ Mina de Subsolo com Lavador e Depósito
- U.M. do tipo 4 CA/LAV/REJ Mina a Céu Aberto com Lavador e Depósito de Rejeitos próximos
- U.M. do tipo 5 SS/LAV-REJ Lavador com Depósito de Rejeitos próximo
- U.M. do tipo 7 CA/LAV-REJ Mina a Céu Aberto com Lavador próximo e Depósito de Rejeitos afastado
- U.M. do tipo 8 LAV-REJ Lavador com Depósito de Rejeitos distante
- U.M. do tipo 9 CA/REJ-LAV Mina a Céu Aberto com Lavador distante e Rejeitos voltando à Mina

Esta conceituação permite a padronização dos Projetos de Controle de Poluição das unidades mineiras a serem apresentados à FATMA no licenciamento ambiental, e, conseqüentemente a sua análise e fiscalização. Os referidos projetos, para cada unidade mineira específica, deverão englobar os projetos necessários ao controle da poluição gerada por cada uma das unidades de produção que as constituem.

A seguir, são definidos os projetos necessários ao controle da poluição de cada elemento isolado das unidades mineiras:

CA - Mineração a Céu Aberto

Projetos:

- modificação dos métodos de lavra para recuperação simultânea da área lavrada;
- controle da drenagem superficial;
- tratamento das águas de drenagem superficial;

- controle da lama e pó nas vias de transporte do carvão minerado.

SS - Mineração de Subsolo

Projetos:

- controle das águas de drenagem subterrâneas;
- controle das águas de drenagem dos pátios de estocagem;
- tratamento das águas de drenagem subterrânea e dos pátios de estocagem;
- controle da lama e pó nas vias de transporte do carvão minerado.

LAV - Usinas de Beneficiamento (Lavadores)

Projetos:

- controle e recirculação das águas de lavagem;
- controle das águas de drenagem dos pátios de estocagem;
- tratamento das águas de lavagem e drenagem dos pátios de estocagem;
- controle da lama e pó nas vias de transporte do carvão beneficiado.

REJ - Depósitos de Rejeitos

Projetos:

- modificações operacionais para recuperação simultânea das áreas de depósito;
- controle das águas de drenagem (superficiais e profundas) dos depósitos de rejeitos;
- tratamento das águas de drenagem fora dos padrões estabelecidos;
- controle da lama e pó nas vias de transporte dos rejeitos a depositar.

Cada um desses projetos deve ser elaborado de forma a atender os padrões da legislação ambiental vigente.

8.3.2 - Etapas e Cronograma de Implantação

É patente que a implantação do controle de poluição das unidades em operação deve ser gradativa e diferenciada conforme a ZONA onde estiver instalada a atividade.

Isto se constitui em fator de viabilização econômica da recuperação ambiental proposta, já que não obriga o industrial que capta e utiliza águas muito poluídas a restituí-las dentro dos padrões da legislação ambiental, mas estabelece prazos e etapas para a adequação das indústrias carboníferas em operação, a ser feita em

paralelo com a execução de projetos de recuperação ambiental.

Constitui-se, também em fator indutor da localização de novas unidades mineiras, que buscarão as áreas com menores restrições ambientais e, portanto, menores custos de controle da poluição.

Com base no exposto até aqui, foram definidas etapas e prazos para a implantação do controle de poluição das unidades mineiras em operação ou que vierem a operar, que contemplam as diferenças de usos da água atuais e potenciais entre as várias zonas, bem como os diferentes níveis de degradação ambiental encontrados.

Essas diretrizes procuram compatibilizar a situação ambiental encontrada e a desejada, a importância econômica e ecológica da área com a aplicação de um montante de recursos compatível com a situação do país. As etapas foram determinadas com base nos níveis das tecnologias requeridas (já dominadas, experimentais e dependendo de pesquisas), prevendo-se prazos para sua efetiva implementação.

Os projetos implantados para controle da poluição das unidades mineiras em operação nas diversas ZONAS AMBIENTAIS deverão obedecer as orientações específicas para cada elemento das UMs, de acordo com o que foi definido anteriormente.

ZPP - ZONAS DE PROTEÇÃO PRIORITÁRIA

Foram definidas como Zonas de Proteção Prioritária, as sub-bacias ainda não mineradas nem poluídas, imprescindíveis à preservação dos usos prioritários dos recursos hídricos, quais sejam a captação de água das cidades, especialmente de Criciúma e Tubarão, e a manutenção do ecossistema lagunar.

Assim, nas ZPP, recomenda-se que das unidades mineiras que lá se instalarem se exija completa adequação à legislação ambiental vigente desde a implantação.

No caso da bacia do rio São Bento (captação atual) se estabeleça a proibição da mineração e beneficiamento até a recuperação do alto rio Mãe Luzia.

ZRP - ZONAS DE RECUPERAÇÃO PRIORITÁRIA

Foram definidas como as sub-bacias já mineradas ou em fase de mineração, cuja recuperação é imprescindível para a reabilitação da captação de água de Criciúma e de Tubarão e conservação do ecossistema lagunar.

Assim, nas ZRP recomenda-se que, das unidades mineiras lá instaladas, se exija:

- a) a partir de 1993:
 - recuperação simultânea da área minerada;
 - disposição adequada dos rejeitos piritosos;
 - remoção de sólidos dos efluentes;
- b) a partir de 1995:
 - controle de pH (5 a 9).
- c) a partir de 2000:
 - completa adequação à legislação, com o controle das substâncias tóxicas.

ZCR - ZONAS CRÍTICAS DE RECUPERAÇÃO A MÉDIO PRAZO

Foram definidas como tal as sub-bacias intensamente mineradas e poluídas de longa data, de recuperação onerosa e menos essenciais para os usos prioritários, onde o tratamento fica também dificultado devido à má qualidade já das águas captadas pelas empresas.

Assim, nas ZCR recomenda-se que, das unidades mineiras lá instaladas, se exija:

- a) a partir de 1993:
 - recuperação simultânea da área minerada;
- b) a partir de 1995:
 - disposição adequada dos rejeitos piritosos;
 - remoção de sólidos dos efluentes.
- c) a partir de 2000:
 - controle de pH (5 a 9).
- d) a partir de 2010:
 - completa adequação à legislação, com controle de substâncias tóxicas.

ZNM - ZONAS NÃO MINERADAS

Foram definidas como tal as sub-bacias ainda não mineradas e não enquadradas como de proteção prioritária.

Assim, nas ZNM recomenda-se a intervenção do estado no zoneamento da mineração com exploração seqüencial (não simultânea) das várias sub-bacias para evitar a degradação simultânea dos vários mananciais.

Recomenda-se também que, das unidades mineiras que lá se implantarem,

se exija:

- a) a partir de 1993:
 - recuperação simultânea da área minerada;
 - disposição adequada dos rejeitos piritosos;
 - remoção de sólidos dos efluentes;
- b) a partir de 1995:
 - controle de pH (5 a 9).
- c) a partir de 2000:
 - completa adequação aos padrões, com controle de substâncias tóxicas.

A tabela 30, a seguir, sintetiza estas diretrizes, mostrando as diversas etapas de controle de poluição da indústria carbonífera e as zonas ambientais definidas, com seus prazos de implantação.

TABELA 30
PRAZOS DE IMPLANTAÇÃO DAS ETAPAS DO CONTROLE DA POLUIÇÃO
CONFORME AS ZONAS AMBIENTAIS

ETAPAS DE CONTROLE DA POLUIÇÃO	ZPP	ZRP	ZNM	ZCR
RECUPERAÇÃO DA ÁREA MINERADA	1993	1993	1993	1993
DISPOSIÇÃO ADEQUADA DE REJEITOS	1993	1993	1993	1995
REMOÇÃO DE SÓLIDOS DOS EFLUENTES	1993	1993	1993	1995
CONTROLE DE pH (5 A 9)	1993	1995	1995	2000
CONTROLE DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS	1993	2000	2000	2010

8.4 - AÇÕES ESTATAIS DE COORDENAÇÃO E APOIO

Como ações de coordenação e apoio, para atender ao objetivo proposto pela presente estratégia, foram consideradas as necessidades de atualização permanente e reavaliação das prioridades, o que envolve monitoramento ambiental, cadastro das fontes poluidoras e controle da poluição, resultando a recomendação da implementação das seguintes iniciativas:

8.4.1 - Avaliação e Controle Permanentes

Executar programas de monitoramento para identificar as novas prioridades e acompanhar os resultados obtidos através das ações exercidas, através da análise

de amostras d'água coletadas em pontos estratégicos selecionados e da interpretação de imagens do satélite LANDSAT para controle das áreas de mineração a céu aberto e de disposição de rejeitos das atividades de lavra e beneficiamento do carvão mineral.

Implementar e manter ações de controle da poluição ambiental nas zonas definidas como de proteção prioritária visando principalmente a preservação dos usos benéficos prioritários, principalmente no que diz respeito ao abastecimento de água da cidade de Criciúma e da manutenção do ecossistema lagunar, de acordo com as recomendações definidas no item 8.1.2.

Implantar e manter um sistema de efetivo detalhamento do uso do espaço na região sul do estado de Santa Catarina, promovendo organização adequada para o cadastramento, controle e licenciamento ambiental do planejamento, projeto, implantação e operação de atividades potencialmente poluidoras e das áreas a recuperar e recuperadas, a fim de que se atinjam os objetivos pretendidos pela organização do uso do espaço, no menor tempo possível. Este sistema deve ser utilizado como ferramenta de planejamento das atividades de mineração, agricultura e outras que apresentam conflito.

Além destas atividades, de responsabilidade do estado, existem projetos já elaborados para os ítens abaixo, originalmente concebidos para execução direta pelo Poder Público, onde se recomenda a busca de parceiros privados, segundo a sistemática prevista no item 8.2 - Diretrizes para a Recuperação de Áreas Mineradas a Céu Aberto e de Rejeitos.

8.4.2 - Abastecimento D'Água de Criciúma (ZRP1)

Os projetos incluídos neste item referem-se a medidas destinadas a proteger a bacia do alto Mãe Luzia no sentido de corrigir e manter a qualidade de suas águas, visando garantir e ampliar seus usos nos municípios de Siderópolis, Nova Veneza, Maracajá, Araranguá e, especialmente, Criciúma, através de recuperação física de áreas já mineradas a céu aberto em Siderópolis e do desvio do rio Fiorita dessas áreas. Atualmente, o rio Fiorita encontra-se altamente degradado pela carga de poluentes que recebe ao atravessar as áreas já mineradas e de depósitos inadequados de rejeitos.

O panorama atual apresenta o rio Fiorita com parte de seu percurso ao longo do "high wall" norte da área minerada, cruzando a seguir esta área no sentido norte-sul, e ingressando em um profundo e extenso corte da mineração a céu aberto, onde a água permanece por longo tempo em contato com materiais

piritosos. Após deixar esta lagoa, o rio cruza novamente a área minerada, desta vez no sentido sul-norte indo encontrar o leito natural um pouco à montante da Vila Fiorita. Assim, qualquer conjunto de obras que vise a redução da poluição hídrica na bacia do alto Mãe Luzia deverá forçosamente contemplar o desvio do rio Fiorita, lançando-o ao longo da margem norte da área minerada, no mais curto percurso entre as seções originais do rio a montante e a jusante da área minerada, de vez que esta providência torna-se imprescindível para a liberação da área minerada para as obras necessárias à sua recuperação.

- Canal de desvio do rio Fiorita:

Execução de obras e serviços para o desvio e canalização parcial do atual curso do alto rio Fiorita, visando seu isolamento, para evitar o contato de suas águas com materiais poluentes nas áreas abandonadas de lavra a céu aberto. O trecho a ser desviado, tem 1,6 km de extensão.

- Recuperação de áreas mineradas a céu aberto em Siderópolis (ZRP1)

Execução de obras e serviços de recuperação física de 274,5 hectares de áreas lavradas a céu aberto e de confinamento de rejeitos sólidos acumulados inadequadamente pela indústria carbonífera situada no município de Siderópolis.

8.4.3 - Proteção do Ecossistema Lagunar

Este item incluirá projetos referentes à recuperação e proteção da bacia do rio Tubarão, principal contribuinte do ecossistema lagunar, extremamente importante em termos ecológico, paisagístico, turístico, econômico e social. Este ecossistema representa um valioso patrimônio natural de relevante beleza, onde se pratica extensivamente a pesca artesanal, comercial e de subsistência, beneficiando direta ou indiretamente cerca de 60 mil pessoas.

- Recuperação de Áreas (ZRP3)

Remodelação topográfica, correção do solo e revegetação de cerca de 1000 ha de áreas mineradas a céu aberto e depósitos de rejeitos dispersas na área de montante da bacia do rio Tubarão, a fim de possibilitar a recuperação da qualidade da bacia do rio Tubarão, tributário do ecossistema lagunar.

- Recuperação de Áreas (ZRP3)

Recuperação das áreas degradadas pela indústria carbonífera na área de jusante da bacia do Tubarão, especialmente no Banhado da Estiva, com cerca de 120 ha, e no Entreposto de Carvão da CAEEB, hoje desativado, com cerca de 80 ha.

8.4.4 - Alívio do Vale do Rio Araranguá (ZCR1)

Este item objetiva amenizar os efeitos da poluição residual das atividades da indústria carbonífera sobre extensas áreas agrícolas dos municípios de Criciúma e Maracajá, bem como áreas agrícolas e pesqueiras do município de Araranguá.

- Retificação e Alargamento do Rio Sangão

Dragagem, retificação e alargamento do rio Sangão visando a redução dos efeitos advindos da lavra e beneficiamento do carvão em sua bacia hidrográfica. Estas atividades são necessárias à recuperação ambiental desta bacia, desde que, atualmente, o leito do rio apresenta-se totalmente sinuoso e com margens baixas em sua maior extensão, com meandros assoreados. Estas providências virão a contribuir sensivelmente na melhoria da qualidade da água, desde que a obtenção de condições hidráulicas de escoamento mais adequadas reduzirá a sedimentação de finos (que deverá ser controlada nas fontes emissoras) e impedirá a ocorrência das atuais enchentes que prejudicam seriamente zonas de aproveitamento agrícola. As obras e serviços a serem executados envolvem a dragagem e a remoção de aproximadamente 1.500.000 m³ de finos piritosos já depositados no leito do rio.

9 - RESUMO DAS CONCLUSÕES

O carvão mineral é o energético não-renovável mais abundante do Brasil, embora seu consumo seja proporcionalmente restrito.

A maior parte da atividade carbonífera no Brasil é realizada na região sul do estado de Santa Catarina e já compromete a qualidade de cerca de 50% dos mananciais superficiais;

O fechamento de unidades mineiras não implica na cessação da poluição por elas provocada, face à lixiviação dos rejeitos da mineração e do beneficiamento, bem como à drenagem de minas subterrâneas, sendo necessárias ações de recuperação ambiental;

Para caracterizar a poluição hídrica da indústria carbonífera, no estágio avançado encontrado, o indicador pH é o mais importante, por sua especificidade e baixo custo, podendo os demais indicadores serem monitorados com menor frequência;

É urgente a realização de nova caracterização da qualidade das águas na região;

Existe uma série de técnicas para a prevenção e controle da poluição provocada pela indústria carbonífera, já testadas com sucesso no País e no exterior, mas que não são utilizadas de forma ampla e generalizada na região, apesar do arsenal legislativo e administrativo existente;

Embora ainda não consolidadas como metodologia, as técnicas de confecção de cartas temáticas e superposição de mapas permitiram uma visão espacial das variáveis de interesse para a avaliação de impactos ambientais e de suas interrelações mais diretas;

O presente trabalho é abrangente do ponto de vista da área estudada, que compreende a área de influência da atividade carbonífera no estado de Santa Catarina, mas, evidentemente, não engloba a avaliação de todos os impactos ambientais na área de estudo, visto que, por definição, esta atividade é multidisciplinar, requerendo a contribuição especialistas de diversos campos do conhecimento humano.

Constitui, talvez, um ponto de partida para os avanços reais tão necessários no campo da integração multidisciplinar muito discutida e pouco praticada. Sugerese a continuidade e expansão do projeto multidisciplinar "Qualidade Ambiental da Região Sul de Santa Catarina", da UFSC.

Mesmo com a carência de dados e informações constatada, foi possível identificar os principais problemas ambientais relativos aos recursos hídricos e as

ações prioritárias para iniciar seu equacionamento;

O enfoque de planejamento regional dado à avaliação de impactos ambientais faz ressaltar a necessidade de ordenamento da ocupação e uso do solo e as dificuldades de efetivar a integração dos diversos órgãos setoriais responsáveis por diferentes aspectos, muitas vezes conflitantes, do meio ambiente:

O zoneamento ambiental, realizado sob critérios das prioridades ambientais identificadas (abastecimento público de água e irrigação), conjugado à definição de diretrizes para a recuperação das áreas já degradadas pela mineração a céu aberto e pela deposição de rejeitos e para o controle diferenciado e paulatino da poluição das unidades em operação, resultou numa proposta que parece coerente e factível para um horizonte de 20 anos.

BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, F. C. et alii. 1978. Impacto da Mineração de Carvão sobre os Recursos Hídricos da Bacia Carbonífera de Santa Catarina. Porto Alegre, IPH/UFRGS- Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2v.
- BERTRAND, G. 1972. Paisagem e Geografia Física Global Esboço Metodológico.

 <u>Cadernos de Ciências da Terra</u>, São Paulo, 13:1-27.
- BUGIN, A.; . COSTA, J. F. C. L.; LAURENT JR., O. Controle Ambiental na Mineração de Carvão Mina Butiá Leste. In: II° CONGRESSO BRASILEIRO DE CARVÃO, Porto Alegre, 1989. <u>Anais</u>. UFRGS,
- BUTZKE, J. e PFADENHAUER, T. 1978. O Clima na Região Carbonífera do Estado de Santa Catarina. In: UFRGS, Estudos sobre o Impacto Ecológico da Mineração e do Beneficiamento do Carvão na Região Sul do Estado de Santa Catarina. Porto Alegre, UFRGS, 337p.
- CANTER, W. L. 1977. <u>Environmental Impact Assessment.</u> New York, U.S.A., Mc Graw-Hill, 118p.
- CARVALHO, C. G. 1990. <u>Introdução ao Direito Ambiental</u>. Cuiabá, Edições Verde Pantanal. 326p.
- CASAN Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. 1982. Relatório Técnico Preliminar de Planejamento dos Recursos Hídricos de Criciúma. Florianópolis, 252p.
- CASTRO, L. C. F. (s.d.) <u>Gerenciamento Ambiental pela Administração de Conflitos</u>.

 18 p.
- CATÃO, A. 1986. Carvão como fonte de energia no Brasil e no mundo: importância e perspectivas. Mineração e Metalurgia, Rio de Janeiro, 50(476):4-15.

- CEI Centro de Estatística e Informações da Bahia. 1987. Qualidade Ambiental na Bahia: Recôncavo Bahiano e Regiões Limítrofes. Salvador, 94p.
- CETESB Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo 1987. <u>Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água</u>. São Paulo, 150p.
- CLARK, B. D. 1991. <u>Environmental Impact Assessment and Environmental Policies</u>. In: SEMINÁRIO SOBRE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL NA AMÉRICA DO SUL, São Paulo, 19p.
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. 1988.

 Nosso Futuro Comum. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 198p.
- CONAMA Conselho Nacional de Meio Ambiente. 1986. Resolução nº 001/86. Brasília, Diário Oficial da União, 17-02-1986.
- DIEGUES, A. C. 1989. Planejamento e Gerenciamento Costeiro: alguns aspectos metodológicos. In: IIº ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. Florianópolis, 1989. <u>Anais</u>, UFSC, vol.3, p.112-150.
- DNPM Departamento Nacional da Produção Mineral. 1981. <u>Carvão no Estado de</u> Santa <u>Catarina</u>. Brasília, DNPM. 210p.
- DNPM Departamento Nacional da Produção Mineral. 1982. <u>Código de Mineração e Legislação Correlata</u>. Brasília, DNPM,1984. ed. rev. 292p.
- DNPM Departamento Nacional da Produção Mineral. 1988. <u>Informativo Anual da Indústria Carbonífera</u>, <u>Ano Base 1987</u>. Brasília, Ministério das Minas e Energia, 252p.
- DNPM/CPRM Departamento Nacional da Produção Mineral. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. 1986. Projeto "A Borda Leste da Bacia do Paraná": Integração Geológica e Avaliação Econômica. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 143p.

- DUEK, J. J. s.d. <u>Introducción a las Técnicas de Análisis de Impacto Ambiental</u>: Mérida, Venezuela, CIDIAT, 21p.
- DUEK, J. J. 1979. <u>Métodos para la Evaluación de Impactos Ambientales</u>. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 114p.
- DUEK, J. J. 1982. <u>Una Nueva Metodologia para Modelar la Evaluación de Impactos Ambientales</u>. Mérida, Venezuela, CIDIAT, 134p.
- DUEK, J. J. (coord.) 1983. <u>Taller sobre Identificación de Impactos Ambientales.</u>

 <u>Caso: Proyecto Carbonífero</u>. Mérida, Venezuela, CIDIAT- MARNR, 23p.
- ECLAC- Economic Commission for Latin America and Caribbe. 1989. <u>Preliminary</u>

 <u>Economic Balance of the Latin American and Caribbean Economy.</u>

 Santiago, Chile, 1989. 153p.
- ECP Engenheiros Consultores Projetistas Ltda. 1983. <u>Programa de Conservação</u>
 <u>e Recuperação Ambiental da Região Sul de Santa Catarina</u> Florianópolis,
 FATMA, 12 projetos.
- ELETROBRÁS Centrais Elétricas Brasileiras S.A. 1987. <u>Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010.</u> Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia. 87p.
- ELETROSUL Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (coord.) 1990. <u>Diretrizes Ambientais para Usinas Termelétricas a Carvão Mineral Nacional</u>. Rio de Janeiro, ELETROBRAS, 314p.
- EPAGRI Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária. 1978. <u>Atlas do Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina</u>. Porto Alegre, Palotti. 27 map.
- ESPANHA. Dirección General del Medio Ambiente. 1982. <u>Las Evaluaciones de</u> Impacto Ambiental. Madrid, Espanha, MOPU, 80p.

- FAGUNDES, L. G. S. 1987. Aspectos Econômicos e Ambientais da Utilização Energética do Carvão. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE TECNOLOGIA E CONTROLE AMBIENTAL. São Paulo, CETESB. 34p.
- FREITAS, A. R. et alii. 1982. <u>Prevenção e Correção da Poluição Hídrica na Área da Mina União, Criciúma, Santa Catarina</u>; relatório final. Porto Alegre, IPH/UFRGS- Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FUNDATEC Fundação Universidade Empresa de Tecnologia e Ciência. 1987.

 Relatório de Impacto Ambiental de Usina Termelétrica de Jorge Lacerda

 IV. Porto Alegre, UFRGS, 5v.
- GAPLAN Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral de Santa Catarina. 1986. Atlas de Santa Catarina. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 173p.
- GONÇALVES, F. P. B. et alii. 1985. <u>Programa/Projeto Visando Minimizar os Efeitos Ambientais Decorrentes das Atividades de Lavra e Beneficiamento do Carvão Mineral no Brasil.</u> Rio de Janeiro, ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 5v.
- GONÇALVES, C. W. P. 1988. Possibilidades e Limites da Ciência e da Técnica Diante da Questão Ambiental. <u>Geosul</u>, Florianópolis, 5:1-40.
- GONÇALVES, C. W. P. 1990. Extensão Universitária e Meio Ambiente. In: IVº SEMINÁRIO UNIVERSIDADE E SOCIEDADE FACE À POLÍTICA AMBIENTAL BRASILEIRA. Florianópolis, 1990. <u>Anais</u>, UFSC, p.187-204.
- GOTHE, C. A. de V. 1985. Depósitos de Rejeitos Sólidos do Beneficiamento de Carvão Mineral. In: Iº ENCONTRO SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS. Porto Alegre, 1985. Anais, CIENTEC, p.125-136.
- GOTHE, C. A. de V. 1989. Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera Catarinense. In: IIº ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. Florianópolis, 1989. <u>Anais</u>, UFSC, vol.3, p62-96.

- GOTHE, C. A. de V. 1991. Environmental Guidelines for Coal Fired Power Plants in Brazil. In: UNITED NATIONS MEETING ON ENERGY AND ENVIRONMENT IN THE DEVELOPMENT PROCESS. Beijing, China, 1991. 16p.
- GOTHE, C. A. de V. 1992. PRÓ-VIDA Gerenciamento Ambiental na Região Carbonífera Catarinense. <u>BIO</u>. Rio de Janeiro, ABES, IV,2:14-18, abr-jun 1992.
- GTN Grupo de Trabalho Nacional Rio-92. 1991. <u>A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento- Informação Básica.</u>
 Brasília, 1991. 10p.
- HIDALGO, P. 1989. La Planificación del Medio Ambiente en Relación al Fenomeno Natural de las Crecidas. In: IIº ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. Florianópolis, 1989. <u>Anais</u>, UFSC, vol.3 p.219-257.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1976. <u>Carta do Brasil Escala</u> 1:50.000. Rio de Janeiro.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1983. Mapa Planialtimétrico. Escala 1:250.000. Rio de Janeiro.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1983-84. <u>Censo Agropecuário</u>. Rio de Janeiro, IBGE, 9.: v.2, t.3.
- IBRAM Instituto Brasileiro de Mineração. 1985. <u>Mineração e meio ambiente:</u> impactos previsíveis e formas de controle. Belo Horizonte 64p.
- KLEIN, R. M. 1978. <u>Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina</u>. Itajaí, Pe. Raulino Reitz. 24p. il.
- LAGO, P. F. 1989. <u>Gente da Terra Catarinense Desenvolvimento e Educação Ambiental</u>. Florianópolis, UFSC/FCC/Lunardelli/UDESC, 350p.

- MACHADO, J. L. F. et alii. 1984. <u>Projeto Estudo da Vulnerabilidade à Contaminação dos Mananciais Subterrâneos Decorrente da Extração do Carvão Mineral</u>. Porto Alegre, CPRM-DNPM, 287p.
- MAIXNER, A. E. e SCHWARZBOLD, A. 1978. Características Silvo-Agro-Pastoris da Região Carbonífera do Estado de Santa Catarina In: UFRGS, <u>Estudos sobre o Impacto Ecológico da Mineração e do Beneficiamento do Carvão na Região Sul do Estado de Santa Catarina</u>. Porto Alegre, UFRGS, 337p.
- MME Ministério de Minas e Energia. 1988. <u>Boletim Energético Nacional Ano Base 1987</u>. Brasília, Ministério das Minas e Energia, 165p.
- MONOSOWSKI, E. (org.). 1989. <u>Planejamento e Gerenciamento Ambiental Caderno FUNDAP nº 16</u>. São Paulo, Fundação do Desenvolvimento Administrativo de São Paulo, 96p.
- MONTEGGIA, L.O. et alii. 1981. Estudo de qualidade das águas e principais atividades poluidoras na bacia do alto rio Mãe Luzia em Santa Catarina. Porto Alegre, IPH/UFRGS- Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 281p.
- MONTEIRO, C. A. de F. 1989. Conferência de Abertura. In: IIº ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. UFSC, Florianópolis, 1989. Anais, UFSC, vol.1, p.3-25.
- MONTEIRO, C. A. de F. 1986. Análises Ambientais perspectivas geográficas à interdisciplinaridade e problemas teórico-metodológicos. In: I° ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. Recife, 1986. Anais, Fundação Joaquim Nabuco, 2v.
- MONTENEGRO, D. A. F. 1982. O carvão nacional: industrialização de seus rejeitos. <u>Carvão de Pedra</u>, Rio de Janeiro, 14(100/101):2-5, jul./ago.
- MOTTA, J. P. 1977. <u>Economia Mineira Nacional.</u> v.1. Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul; São Paulo, McGraw-Hill do Brasil. 454p.

- MOTTA, J. P. 1980. Economia Mineira Nacional. v.2. <u>A Crise Energética Atual.</u>
 Porto Alegre. Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 389p.
- ONU Organização das Nações Unidas. 1972. Declaração sobre o Meio Ambiente. In: Ia CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Estocolmo, Suécia, 1972. Anais, ONU, 3v.
- PARAHYBA, R. E. R. 1987. Projeto Balanço Mineral de Estado de Santa Catarina. Coordenadoria de Recursos Minerais da Secretaria de Ciência e Tecnologia, Minas e Energia, (Série Textos Básicos de Geologia e Recursos Minerais de Santa Catarina). 144p.;il.
- PENTEADO-ORELLANA, M. M. 1985. Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente. <u>Geografia</u>, Rio Claro, 10(20):125-148.
- RADAMBRASIL. 1982. Mapas Escala 1:250.000.
- ROCHA, J. S. M. 1989. <u>Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.</u> SFF-DER-CCR/UFSM. Santa Maria, Imprensa Universitária. 195p.
- SECTME Secretaria de Ciência e Tecnologia, das Minas e Energia do Estado de Santa Catarina. 1990. <u>Diagnóstico de Carvão Mineral Catarinense.</u> Florianópolis, 77p.
- SILVA, J. X. da e SOUZA, M. J. L. 1987. <u>Análise Ambiental</u>. Rio de Janeiro, UFRJ, 196p.
- STOHR, W. 1982. "La definición de regiones con relación al desarollo nacional y regional en América Latina" In: ILPES. <u>Ensayos sobre planificación regional del desarollo.</u> 3. ed. México, Siglo Veintiuno, p.141-69.
- SUDESUL- Superintendência para o Desenvolvimento da Região Sul (coord.).

 1984. <u>Plano de Trabalho para o Controle Ambiental na Região</u>
 Carbonífera Catarinense. Florianópolis, 64p.

- TUBELIS, A.; NASCIMENTO, J. L. N. 1988. <u>Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras.</u> São Paulo, Nobel, 374p.
- TRICART, J. 1977. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 97p.
- UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul Instituto de Química. s.d. Generalidades sobre o carvão. Porto Alegre 5p.
- U.S.E.P.A.- Environmental Protection Agency. 1973a. Water Infiltration Control to Achieve Mine Water Pollution Control. USA, Washington, Environmental Protection Technology Series. 185p.
- U.S.E.P.A.- Environmental Protection Agency. 1973b. <u>An Appraisal of Neutralization Processes to Treat Coal Mine Drainage</u>. USA, Washington, Environmental Protection Technology Series. 347p.
- U.S.E.P.A.- Environmental Protection Agency. 1976. <u>Coal Mining</u>. USA, Washington, Environmental Protection Technology Series. 288 p.
- U.S.A. VIRGINIA. 1977. <u>Reclamation Manual</u>. U.S.A., Virginia. Department of Conservation and Economic Development. 142p.
- VENEZUELA. Ministerio del Ambiente e de los Recursos Naturales Renovables.

 1978. <u>Instructivo para Diagnostico Conservacionista</u>. Caracas,

 Venezuela, 79p.
- VOLPATO, T. G. 1984. <u>Pirita Humana Os Mineiros de Criciúma</u>. Florianópolis, UFSC, 159p.
- ZETA Engenharia e Planejamento Ltda e IESA Internacional de Engenharia S.A. 1985. <u>Projeto de Preservação do Meio Ambiente na Região Carbonífera</u>. Criciúma, SNIEC, 15v.

