

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ (SC).**

NADJA ZIM ALEXANDRE

Orientação :Prof^a. Dr^a. Gerusa Maria Duarte

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais



03441418

Florianópolis, (SC) 2000

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS

DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ (SC).

NADJA ZIM ALEXANDRE

Orientação: Profa. Dra. Gerusa Maria Duarte

Dissertação submetida ao Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

Florianópolis, (SC) 2000

**DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO
BIBLIOTECA CENTRAL – UNESC – CRICIÚMA - SC**

A382a Alexandre, Nadja Zim

Análise integrada da qualidade das águas da bacia do Rio Araranguá (SC) / Nadja Zim Alexandre. – Florianópolis : UFSC, 2001.

297 p. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Curso de Mestrado em Geografia, 2001.

1. Água – Qualidade – Araranguá, Bacia do Rio (SC). 2. Monitoramento ambiental – Araranguá, Bacia do Rio (SC). 3. Recursos Hídricos – Araranguá, Bacia do Rio (SC). I. Título.

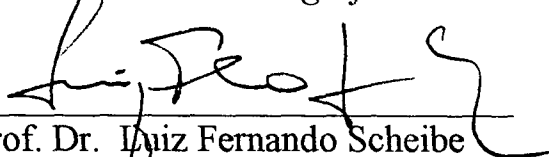
CDD – 21ª ed. 333.91098164

Bibliotecária: Rosângela Westrupp – CRB-14ª/374

"Análise Integrada da Qualidade das Águas da Bacia do Rio Araranguá".

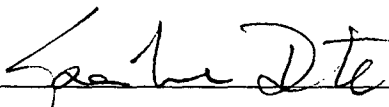
Nadja Zim Alexandre

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Geografia, área de concentração em Utilização e Conservação de Recursos Naturais, do Departamento de Geociências do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina, em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do grau acadêmico de Mestre em Geografia.

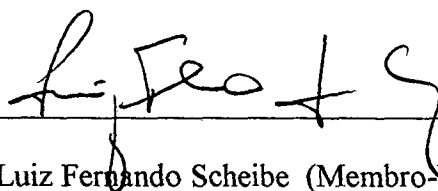


Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 29/11/2000



Dr.ª Getusa Maria Duarte (Presidente-Orientadora-UFSC)



Dr. Luiz Fernando Scheibe (Membro-UNESC)



Dr.ª Vanilde Citadini Zanette (Membro-UNESC)

Criciúma - 2000

"A Terra não é do homem. O homem pertence à Terra. Todas as coisas são dependentes. Não foi o homem que teceu a teia de sua vida; ele não passa de um fio dessa teia. Tudo que ele fizer a essa teia, ele estará fazendo para si mesmo."

(Trecho do manifesto do Chefe SEATTLE ao Presidente dos Estados Unidos Franklin Pierce, em 1855)

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação de mestrado leva no mínimo dois anos para ser concluída, porém nesse caso particular onde o tema escolhido faz parte da rotina do meu trabalho na FATMA, há 15 anos e, na UNESC há 8 anos, primeiro através do NUPEA, Núcleo de Pesquisas Ambientais, a agora através do IPAT, Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas, fazer a página de agradecimentos tornou-se realmente uma tarefa difícil, pois todos que trabalharam comigo nesses anos, com certeza compartilham uma parte da autoria do presente estudo.

De qualquer forma citarei algumas pessoas que estiveram presentes nos dois últimos anos, tentando em nome dessas agradecer a todos os que direta ou indiretamente contribuíram para essa dissertação.

Nos trabalhos de campo, não posso esquecer da colaboração do Adhyles, Heriberto e Jairo; e é claro da infra-estrutura da FATMA colocada à disposição através dos gerentes regionais (Adhyles, Ênio e Henrique). Nas discussões sobre vários assuntos técnicos, não posso deixar de citar: Valdemar, Vanilde, Adão, Joaquim, Tânia, Eduardo, Marcos Back, Marcos Bianchini, Clair, Cláudio, Glória e Oto, além é claro daqueles que me auxiliaram no campo (já citados) que serviram para tirar dúvidas sobre os assuntos que dominam. Ao Fabiano que conseguiu espacializar as informações, cartografando a minha imaginação numa forma que realmente me deixou muito satisfeita. E, é claro, um agradecimento especial ao pessoal do laboratório FATMA/UNESC-IPAT não só pelas análises em si, mas principalmente sobre as conversas nas dúvidas sobre química.

Porém, sem o apoio do Governo do Estado através do FUNCITEC, o que propiciou o convênio entre a UFSC, através do seu departamento de Geociências e a UNESC, através da diretoria de pós graduação, sem dúvida a realização do curso de mestrado seria um sonho bem mais difícil de ser alcançado.

E nesse sentido, aproveito para agradecer também aos Professores do Curso de Mestrado em Geografia, que desde a entrevista para pré-seleção, passando pelas disciplinas e a qualificação conseguiram ir moldando (recortando) o tema, facilitando a conclusão dos trabalhos.

À banca meu agradecimento especial por ter aceito avaliar essa dissertação, numa época quando todos os professores encontram-se muito atarefados. E ao

professor Álvaro Back (EPAGRI/UNESC) pelas dicas e orientações na qualificação e auxílio nos assuntos relacionados ao clima e hidrografia do sul catarinense.

E aproveitando, um agradecimento especial a “turma de Criciúma”, que sem dúvida foi especial em vários aspectos, não só com relação aos estudos, mas principalmente referindo-se a amizade que ficou entre seus vinte integrantes (“humanos” e “não humanos”). Dessa turma eu não gostaria de nominar ninguém, porém a Morgana, Yasmini, Krebs e Marcos colaboraram com o trabalho dentro da área de conhecimento de cada um.

Algumas instituições também colaboraram na execução da dissertação, além da FATMA e UNESC. Com esse intuito, se faz necessário agradecimento especial ao pessoal da EPAGRI de Urussanga, à Regional da CASAN, em Criciúma e ao 10º Destacamento da Polícia Ambiental de Santa Catarina.

Ao pessoal da MachRatt, em especial à Nana, por compartilhar o “stress” da montagem final do trabalho além de contribuir nos “efeitos especiais”.

Além desses há aqueles que precisam de um agradecimento muito especial:

À Gerusa que como orientadora conseguiu fazer com que uma química, acostumada a trabalhar com tratamento de efluentes, observasse muito mais do que os descartes dos despejos em um rio. Tornando-se além de orientadora uma grande amiga, o que nos permite até sonhar com alguns trabalhos futuros envolvendo nossos alunos (das duas universidades).

Ao Nego (Alexandre) pelo incentivo, apoio, compreensão e valiosas contribuições sobre vários assuntos que foram abordados nesse estudo.

E é claro, aos meus queridos filhos: Luiz Antônio, Kike e Maria Catarina. Gostaria de agradecer a paciência que tiveram comigo, e estou muito feliz em dizer que parece que a mãe finalmente conseguiu terminar *“aquele trabalho infinito, que nunca termina”*.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	2
RESUMO	18
ABSTRACT	20
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE ANEXOS	17
1 APRESENTAÇÃO	22
2 DESCRIÇÃO DA ÁREA	24
3 OBJETIVOS.....	27
4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM.....	36
6 A BACIA DO RIO ARARANGUÁ: UM SISTEMA INTEGRADO	72
6.1 A modelização do sistema hídrico do rio Araranguá.....	76
6.1.1 O subsistema das escarpas da Serra Geral	76
6.1.2 O subsistema do rio da Pedra / Itoupava.....	81
6.1.3 O subsistema do rio Mãe Luzia	84
6.1.4 O subsistema do rio dos Porcos.....	94
6.1.5 O subsistema do baixo vale do rio Araranguá	95
6.1.6 O subsistema lacustre	103
6.1.7 O subsistema das águas subterrâneas.....	104
7 O MONITORAMENTO COMO INSTRUMENTO DA ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS	110

7.1 O ciclo hidrológico e a transferência de solutos para as águas superficiais.....	118
7.2 Parâmetros indicadores da qualidade das águas.....	121
7.3 O dimensionamento da rede e a análise espaço-temporal da qualidade das águas	135
7.3.1 Discussão dos resultados de qualidade das águas: integrando os dados	161
7.3.2 Condição atual e os principais conflitos de uso das águas da bacia hidrográfica do Araranguá	192
8 ÁGUA, CAPITAL NATURAL AMEAÇADO	209
8.1 Análise da sustentabilidade ambiental	213
8.1.1 Sustentabilidade ambiental da mineração do carvão frente às questões da água.....	219
8.1.2 Sustentabilidade ambiental da rizicultura frente às questões da água	228
8.1.3 Sustentabilidade ambiental da urbanização frente às questões da água.	236
8.2 A construção do referencial sobre a qualidade das águas segundo a percepção dos agentes integrantes da bacia.	240
8.3 As relações de poder e o uso das águas da bacia do rio Araranguá	242
9 A LEI DAS ÁGUAS.....	250
9.1 O comitê da bacia do Rio Araranguá	257
10 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	259
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	274
ANEXOS.....	289

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Localização da bacia do rio Araranguá.....	26
FIGURA 2:	Diagrama esquemático da localização das estações de amostragem de águas.....	35
FIGURA 3:	Curva hipsométrica do subsistema do rio Itoupava estabelecida entre as cotas: a) 0 e 1400 metros; b) 500 e 1400 metros, c) 200 e 1400 metros e d) 0 e 200 metros.....	48
FIGURA 4:	Curva hipsométrica do subsistema do rio Mãe Luzia estabelecida entre as cotas: a) 0 e 1500 metros; b) 500 e 1500 metros, c) 200 e 1500 metros e d) 0 e 200 metros.....	49
FIGURA 5:	Curva hipsométrica do subsistema do rio dos Porcos estabelecida entre as cotas 20 a 300 metros.....	50
FIGURA 6:	Curva hipsométrica do subsistema do Baixo Vale do Rio Araranguá estabelecida entre as cotas 0 e 200 metros.....	51
FIGURA 7:	Curva hipsométrica da bacia do rio Araranguá estabelecida entre as cotas: a) 0 e 1500 metros; b) 500 e 1500 metros, c) 200 e 1500 metros e d) 0 e 200 metros.....	52
FIGURA 8:	Uso da “engenharia cartesiana” no rio dos Porcos, onde originalmente a sinuosidade do canal impedia, em parte, o avanço das águas da maré alta. Planície aluvial do rio dos Porcos freqüentemente utilizada para o plantio de arroz irrigado. Observa-se a presença de gado na área de domínio da floresta ciliar.....	54
FIGURA 9:	Freqüência relativa da direção dos ventos por trimestre, segundos dados observados em Urussanga, SC, no período de 1977 a 1997, onde c refere-se ao período sem vento ou calmo (Back, 1999).....	62
FIGURA 10:	Ocupação urbana em área de preservação permanente, margens do rio Araranguá. Observa-se a coloração característica desse rio em função dos efeitos dos despejos	

	da mineração de carvão localizada a montante e da água do oceano que avança nesse setor do rio que é um ambiente estuarino. Município de Araranguá.....	66
FIGURA 11:	Plantio de milho em área de preservação permanente, APP, nas margens do rio Manuel Alves. Essa cena é freqüentemente observada na bacia do rio Araranguá, principalmente com cultivo de milho e arroz. Observa-se a instabilidade da margem em função da ausência da vegetação ciliar.....	67
FIGURA 12:	Deposição de rejeitos piritosos e bacias de deposição de finos provenientes do beneficiamento de carvão mineral em área de preservação permanente, margens do Rio Sangão. Distrito de Rio Maina, município de Criciúma. A mineração de carvão iniciou-se local no ano de 1945 e a usina de beneficiamento foi instalada em 1975 (informações do escritório DNPM - Criciúma). Foto cedida pela FATMA de autoria de Norberto Cidade.....	68
FIGURA 13:	Bacia hidrográfica do rio Araranguá e seus subsistemas, com representação do percentual com que cada um contribui para a formação da área de 3.039 km ²	74
FIGURA 14:	Esquema simplificado demonstrando a compartimentação dos estudos da bacia do Araranguá e suas principais características. Os sentidos das setas indicam a entrada (→) saída de matéria e energia de cada compartimento do sistema.....	75
FIGURA 15:	Representação através de modelo das alterações do equilíbrio ambiental na Bacia do Rio Araranguá.....	77
FIGURA 16:	Perfil topogeológico do canal rio da Pedra/ Itoupava/ Araranguá.....	79
FIGURA 17:	Perfil topogeológico do canal do rio Mãe Luzia.....	80
FIGURA 18:	Plantação de banana em encostas onde estão localizadas algumas das nascentes do rio Pai José, um dos contribuintes do rio da Pedra, Jacinto Machado, na lateral direita do vale. Essas não são as nascentes mais distantes, mas também nessas últimas visualiza-se desmatamento e cultivo em vários setores. Janeiro/2000.....	81
FIGURA 19:	Local de coleta de amostras de águas, vendo-se os fragmentos de variados tamanhos (blocos, matações e seixos), transportados pelas cheias. Rio da Pedra, Jacinto Machado, abril/2000.....	82
FIGURA 20:	Escarpa de Serra Geral vendo-se as "cicatrices" geradas pelos escorregamentos de materiais e de deposição dos mesmos na planície em função das intensas precipitações	

	pluviométricas de dezembro de 1995. Jacinto Machado, janeiro de 1996.....	82
FIGURA 21:	Área minerada a céu aberto pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, na década de 60, pela dragline Marion. Mina localizada no Campo Vila Funil, cujo aspecto ficou conhecido como “ Paisagem Lunar”, observa-se total ausência de vegetação. Siderópolis, SC.....	86
FIGURA 22:	Mesma área da figura 19, em 2000. Constata-se a presença de vegetação espontânea. Foto cedida pela Companhia Carbonífera Rio Deserto.....	87
FIGURA 23:	Imagem de uma das lagoas de águas ácidas formada pela mineração a céu aberto, pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. A área destacada é conhecida como Campo Vila Funil e/ou Paisagem Lunar com 280 ha minerados a partir do ano de 1962, município de Siderópolis, Santa Catarina.....	88
FIGURA 24:	Processo de oxidação de rejeito piritoso, onde visualiza-se a tonalidade amarela, possivelmente enxofre elementar. A coloração branca que cobre os rejeitos no plano referem-se a presença de sais de enxofre, possivelmente, melanterita, forma oxidada do elemento enxofre. Na superfície da bancada do depósito é possível identificar uma camada de aproximadamente 10 cm de espessura, correspondente ao recobrimento do material piritoso. Localidade de São Roque, município de Forquilha, agosto/2000.....	90
FIGURA 25:	Diagrama demonstrativo de dados de vazão obtidos no rio São Bento / Guarapari, onde Qe: vazão de estiagem em L/s; e Qc: vazão de cheia em L/s.....	92
FIGURA 26:	Perfil topogeológico do rio dos Porcos.....	96
FIGURA 27:	Ocupação antrópica na planície inundável do rio Araranguá, na cidade de mesmo nome.	99
FIGURA 28:	Paisagem observada no baixo vale do rio Araranguá, após as fortes chuvas ocorridas em fevereiro/2000, quando a BR 101 ficou interditada por vários dias.....	101
FIGURA 29:	Panorama do abastecimento de águas subterrâneas na bacia do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997e).....	105
FIGURA 30:	Comparação visual da turbidez em água de poço escavado em área dos leques aluviais. O primeiro copo de Becker contém a água do poço enquanto a área da propriedade vizinha estava sendo preparada para o plantio de arroz; no segundo copo a água do mesmo poço dois dias após o término dessa operação.....	108
FIGURA 31:	Estação de coleta RML1, alto vale do rio Mãe Luzia	

- onde pode ser visualizado um desnível de aproximadamente 4 metros sobre um sill de diabásio..... 164
- FIGURA 32: Vista geral da estação de coleta AML7.2, localizada no rio Manuel Alves, onde há um pequeno desnível de cerca de 40 cm de altura sobre rochas do Grupo Passa Dois. Coleta realizada a montante do desnível. Abril/2000..... 166
- FIGURA 33: Exfluxão de águas subterrâneas, alimentando o rio Manuel Alves, na margem direita da estação de coleta AML7.2. Abril/2000..... 167
- FIGURA 34: Vista parcial da A .P. A. do Morro Estevão. Visualiza-se plantações de feijão e bananas, freqüentes naquele local, além de remanescentes de Mata Atlântica onde geralmente há presença de várias nascentes de água. A estação de coleta RP1.1 localiza-se em um desses nichos preservados de Mata Atlântica. Março/2000..... 167
- FIGURA 35: Variação temporal das principais características da qualidade das águas na estação AML3, localizada no rio Fiorita, no período compreendido entre 11/04/90 e 11/09/00. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total..... 173
- FIGURA 36: Estação de monitoramento localizada no rio Fiorita, AML3. A coloração das águas reflete as elevadas concentrações de ferro, além de outros contaminantes característicos das atividades ligadas a exploração do carvão. As réguas foram instaladas para medição do nível da água no instante da coleta o que possibilita o cálculo da vazão..... 175
- FIGURA 37: Variação temporal das principais características da qualidade das águas na estação RML4, localizada no rio Mãe Luzia no período compreendido entre 10/07/80 e 28/09/99. Escala logarítmica para condutividade, sulfatos e ferro total..... 176
- FIGURA 38: Evolução das principais características da qualidade das águas na estação RML6, localizada no rio Mãe Luzia, em Forquilha, no período compreendido entre 03/07/74 e 28/09/99. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total..... 176
- FIGURA 39: Estação de monitoramento no rio Sangão, AML5. A coloração vermelha das águas reflete a elevada concentração de ferro associada aos baixos valores de pH e concentração de oxigênio dissolvido, o que faz com que o metal na forma predominantemente reduzida permaneça dissolvido na água. Presença também de outros contaminantes característicos das atividades ligadas a exploração do carvão e outras atividades industriais já que

	nesse ponto o rio reúne os afluentes que atravessam o município de Criciúma.....	177
FIGURA 40:	Rio Sangão com seu leito assoreado pela deposição de finos carbonosos e piritosos provenientes do rebeneficiamento de carvão que eram lançados diretamente em seu canal até meados da década 80. Distrito de Rio Maina, município de Criciúma, em agosto/2000.....	178
FIGURA 41:	Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação AML5, localizada no rio Sangão, em Maracajá, no período compreendido entre 11/04/90 e 11/11/99. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total.....	179
FIGURA 42:	Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RML7, localizada no rio Mãe Luzia, após a confluência com o rio Sangão, em Maracajá, no período compreendido entre 20/11/81 e 11/11/99. Escala logarítmica para condutividade, sulfatos e ferro total.....	181
FIGURA 43:	Rio Cedro Alto, em estação de monitoramento avaliada por Santa Catarina (1997d), onde foram realizadas duas medidas de vazão: a primeira em período de cheia quando registrou-se 12.236 L/s em 22/10/96 (data da foto) e a segunda em período de estiagem com 433 L/s em 04//12/96. Observa-se a quantidade de detritos transportados pelas águas.....	183
FIGURA 44:	Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RP1, localizada no rio dos Porcos, antes da sua confluência com o rio Araranguá, no período compreendido entre 12/04/90 e 09/11/99. Escala logarítmica para sulfatos e ferro total....	189
FIGURA 45:	Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RA2, localizada no rio Araranguá, na cidade de mesmo nome, no período compreendido entre 18/11/81 e 09/11/99.....	190
FIGURA 46:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para os níveis de pH medido no período compreendido entre 1981 e 2000. Média de todas as medidas obtidas em cada parâmetro.....	198
FIGURA 47:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração de sulfatos medidos no período compreendido entre 1981 e 2000.....	199
FIGURA 48:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração de ferro total medidos no período compreendido entre 1981 e 2000. Média de todas	

	as medidas obtidas em cada parâmetro.....	199
FIGURA 49:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para os níveis de condutividade medida no período compreendida entre 1981 e 2000. Média de todas as medidas obtidas em cada parâmetro.....	200
FIGURA 50:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração níveis de sólidos totais no período compreendida entre 1981 e 2000. Média de todas as medidas obtidas em cada parâmetro.....	200
FIGURA 51:	Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para somatório das concentrações de cálcio e magnésio no período compreendido entre 1981 e 2000. Média de todas as medidas obtidas em cada parâmetro.....	201
FIGURA 52:	Classificação das condições ambientais, quanto a sustentabilidade.	217
FIGURA 53:	Vista aérea do campo de lavra a céu aberto da CSN, onde ocorreu a inversão dos horizontes do solo. O lago formou-se no "último caminho da Marion". O lago atualmente é utilizado para recreação e até pesca dos moradores locais. Ao fundo, observa-se a Vila Fiorita, Siderópolis, SC, 1996.....	219
FIGURA 54:	Comparativo da produção de carvão bruto na Região Sul de Santa Catarina em toneladas (SIECESC, 1999, planilha de produção).....	220
FIGURA 55:	Principais interrelações entre os sistema tecnológico, ambiental e sócio econômico gerados a partir da extração de carvão mineral em Santa Catarina.....	224
FIGURA 56:	Área de deposição de rejeitos piritosos "recuperada" propiciando a ocupação popular. No fundo fornos de produção de coque (paralisados). Bairro Mina União, Criciúma, SC. Média de todas as medidas obtidas em cada parâmetro.....	227
FIGURA 57:	Fotografia obtida sobre um depósito de rejeitos piritosos, com vários focos erosivos, na área de domínio da mata ciliar do rio Sangão, destacado pela coloração vermelha no fundo do depósito. Na margem esquerda observa-se a Vila Francesa, inserida na paisagem degradada pela mineração. Essa vila foi totalmente construída sobre a deposição de rejeitos, já que originalmente era uma área de banhado. É possível observar também na margem esquerda do rio a deposição de lixo e entulhos.....	227
FIGURA 58:	Áreas aptas para cultivo de arroz irrigado no Sul de Santa Catarina (modificado de UNESCO, 1997).....	229

FIGURA 59:	Área irrigada para produção arroz, em ha, por município da bacia do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997g).....	232
FIGURA 60:	Empresa carbonífera inserida na área rural, onde observa-se a rizicultura irrigada com águas do rio Mãe Luzia, a montante da sua confluência com o rio Sangão, onde a carbonífera despeja seus efluentes.....	234
FIGURA 61:	Deposição de resíduos domésticos na margem esquerda do rio Mãe Luzia. Esse local corresponde à estação de coleta RML7. Município de Forquilha, em 1987. Atualmente (2000) essa prática não é mais utilizada	239
FIGURA 62:	No primeiro plano visualiza-se o desvio realizado pela carbonífera para tomada de água do rio Sangão, com a finalidade de abastecer a usina de beneficiamento de carvão mineral. No fundo observa-se o depósito de rejeitos piritosos em Área de Preservação Permanente, APP, do rio Sangão. Rio Maina, Criciúma. Agosto/2000. Foto cedida pela FATMA de autoria de Norberto Cidade.....	244
FIGURA 63:	Disposição da população em contribuir para a recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração do carvão, onde os números representam o percentual (UNESC, 1997).....	246
FIGURA 64:	Ambiente estuarino do rio Araranguá onde observam-se as forma sinuosas do leito divagante e parte de sua planície, ocupada pela agricultura. Ao encontro do Oceano, na margem direita, o Balneário de Morro dos Conventos.....	260

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Determinação da elevação média do subsistema do rio Itoupava, bacia do rio Araranguá, Sul de Santa Catarina, compreendida entre as cotas 0 e 1400 metros.....	48
TABELA 2:	Determinação da elevação média do subsistema rio mãe luzia, bacia do Rio Araranguá, Sul de Santa Catarina, compreendida entre as cotas 0 e 1500 metros.....	49
TABELA 3:	Determinação da elevação média do subsistema do Rio dos Porcos, Bacia do Rio Araranguá, Sul de Santa Catarina, estabelecida entre as cotas 0 e 300 metros.....	50
TABELA 4:	Determinação da elevação média do subsistema do baixo vale do rio araranguá, bacia do rio araranguá, sul de santa catrina, estabelecida entre as cotas 0 e 200 metros.....	51
TABELA 5:	Determinação da elevação média da bacia do Rio Araranguá, Sul de Santa Catarina estabelecida entre as cotas 0 e 1500 metros.....	52
TABELA 06:	Dados de vazão média e específica em estações fluviométricas existentes na Sul de Santa Catarina, onde Q=vazão Bacia do Rio Araranguá,.....	55
TABELA 07:	Valores médios mensais dos componentes climáticos registrados na estação metereológica localizada no município de urussanga, bacia hidrográfica do Rio Urussanga, durante o Período compreendido entre 1949 a 1996 (Back, 1997, adaptado por Back, 1999, modificado).....	57
TABELA 08:	Valores médios mensais dos componentes climáticos registrados na estação metereológica localizada no município de Araranguá, Bacia do Rio Araranguá. altitude: 12,3 metros. ano de abertura da estação: 1928 (Santa Catarina, 1997, adaptado por back, 1999, modificado).....	57
TABELA 09:	Valores médios mensais dos componentes climáticos registrados na estação metereológica localizada no município de Turvo, bacia do rio araranguá. latitude:28°56',	

	longitude: 49° 41' altitude: 28,0 metros (Santa Catarina, 1997, adaptado por Back, 1999, modificado).....	58
TABELA 10:	Resultados quantitativos, absolutos e percentuais da cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina, AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera e AMESC – Associação do Município do Extremo Sul Catarinense.....	63
TABELA 11:	Dados demonstrativos da influência das antigas áreas mineradas a céu aberto sobre a qualidade das águas do rio Fiorita, afluente do rio Mãe Luzia, bacia do Rio Araranguá. coleta das amostras realizadas em 23/03/99.....	85
TABELA 12:	Áreas degradadas pela mineração de carvão, no subsistema hídrico do rio Mãe Luzia, bacia hidrográfica do Rio araranguá. dados em ha, distribuídos por curso de água.....	91
TABELA 13:	Comparação entre valores obtidos pela análise da qualidade da água em 03 poços localizados no município de Criciúma, SC, e os limites previstos para potabilidade da água de acordo com a portaria n. 036 nos parâmetros analisados.....	106
TABELA 14:	Qualidade da água em poço escavado em área dos leques aluviais, localizados em São Bento Alto, município de Nova Veneza, subsistema hídrico do rio Mãe Luzia, bacia do Rio Araranguá. observa-se a transmissividade de partículas em função do preparo do solo para cultivo de arroz.....	107
TABELA 15:	Resultados obtidos na campanha realizada pela CETESB (1974) quando do diagnóstico intitulado: poluição industrial na bacia do Rio Araranguá, SC.....	139
TABELA 16:	Resultados obtidos na campanha realizada pela FATMA (1976), para avaliação da qualidade das águas do baixo vale do Rio Araranguá, SC.....	140
TABELA 17:	Resultados obtidos no monitoramento realizado pelo IPH (1981) quando da realização dos estudos no alto rio Mãe Luzia, bacia do Rio Araranguá, SC.....	141
TABELA 18:	Resultados obtidos no monitoramento realizado pela ECP (1982) quando da realização do programa do monitoramento ambiental da bacia carbonífera, bacia do rio Araranguá, SC..	143
TABELA 19:	Resultados obtidos no monitoramento realizado pela FATMA durante o período compreendido entre abril e setembro/ 1990, na bacia do Rio Araranguá, SC.....	145
TABELA 20:	Resultados obtidos pelo dnpm em campanha realizada em dezembro de 1991, no subsistema do rio Mãe Luzia, bacia do rio Araranguá, SC.....	148
TABELA 21:	Resultados obtidos no monitoramento realizado pela FATMA no período compreendido entre junho de 1993 e janeiro de	

	1996, na bacia do rio Araranguá, SC.....	150
TABELA 22:	Resultados obtidos na avaliação realizada por Santa Catarina (1997), na bacia do rio Araranguá, SC. foram realizadas duas campanhas de amostragens: estiagem e cheia.....	153
TABELA 23:	Resultados obtidos no monitoramento realizado pela JICA (1996) quando do programa intitulado: "The Feasibility Study on Recuperation of Mined-out Areas in South Region of Santa Catarina State, the Federative Republic of Brazil".....	154
TABELA 24:	Resultados obtidos pelo DNPM em campanha realizada em dezembro/1991, nos rios comprometidos pelas atividades carboníferas na bacia do rio Araranguá, SC.....	157
TABELA 25:	Resultados obtidos na avaliação da qualidade das águas realizada no período compreendido entre abril de 1999 a abril 2000, na bacia do rio Araranguá, SC.....	158
TABELA 26:	Panorama da qualidade das águas próximas às nascentes de alguns dos principais tributários da bacia do rio Araranguá, SC.....	160
TABELA 27:	Incremento na concentração de sulfatos, ferro total e alumínio, em mg/l, em águas superficiais e a variação nos valores de pH, em função das atividades de mineração do carvão, em alguns rios da bacia do rio Araranguá, SC. Os valores foram obtidos no monitoramento 1999-2000.....	192

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1: Mapa de hidrografia - cadastro das estações fluviométricas localizadas na Bacia do Rio Araranguá, SC.....	289
ANEXO 2: Mapa de preservação ambiental dos recursos hídricos e hipsometria Da bacia do Rio Araranguá, SC.....	291
ANEXO 3: Qualidade das águas e principais fontes de poluição localizadas na Bacia Do rio Ararangua, SC.....	293

RESUMO

O presente estudo apresenta a análise da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá, integrando os principais componentes da paisagem, comparando-se as características das águas provenientes da contribuição antrópica com a qualidade natural das mesmas.

A bacia do rio Araranguá é uma das bacias de Santa Catarina que reúne os mais complexos problemas ambientais.

Na economia destacam-se atividades que usam as águas desta bacia seja na produção agrícola, extrativa mineral ou industrial, além do consumo humano, entre as quais: 1) a cultura de arroz irrigado, 2) mineração e beneficiamento de carvão, 3) indústrias cerâmicas, de alimentos, lavanderias industriais e outras, 4) lavouras de fumo. Acrescenta-se uma série de aspectos de ordem natural que também refletem na questão das águas dessa bacia:

1. o embasamento geológico constituído de rochas sedimentares e rochas intrusivas e extrusivas básicas e os depósitos sedimentares provenientes dessas rochas;
2. o relevo com grandes amplitudes que faz com que a bacia apresente elevações com mais de 1.000 metros de altura, fornecendo sedimentos, para a planície;
3. o clima, com suas peculiaridades que nem sempre são levadas em consideração por deficiência do número de estações meteorológicas; e
4. a situação geográfica, uma vez que a bacia encontra-se entre a escarpa do Planalto Sul Brasileiro, conhecida como Serra Geral e o Oceano Atlântico, numa faixa de aproximadamente 50 km de largura.

ABSTRACT

The present study performs an analysis of the quality of the superficial water from Araranguá River Basin by integrating the main contents of the landscape, and comparing the characteristics of the waters originated from the anthropic contribution with the natural quality of those waters.

The Basin of Araranguá River is one of the most affected by environmental problems in Santa Catarina.

In economy, activities that utilize the water in agriculture, mining and industry, besides human consumption, are relevant, such as (1) the cultivation of irrigated rice, (2) mining and improvement of coal, (3) ceramics and food industries, industrial laundries etc, and (4) tobacco crops. In addition, there is a series of natural aspects that also influence the question of the waters from such a basin:

1. the geological basement constituted of sedimentary rocks and basic intrusive and extrusive rocks, and the sedimentary deposits derived from those rocks;
2. the relief with large amplitudes causes rises in the basin more than 1000 meters high, which provides the plain with sediments;
3. the climate with its peculiarities that are not taken into account for lack of meteorological stations;
4. the geographical situation because the basin is located between the scarp of the southern plateau in Brazil, known as Serra Geral, and the Atlantic Ocean, showing approximately 50 km of width.

1 APRESENTAÇÃO

O tema central desse estudo é a qualidade das águas da bacia do rio Araranguá, numa tentativa de integração dos elementos da paisagem com a condição encontrada nos principais rios. Dessa forma, são abordadas as características do meio físico, sem deixar de descrever a situação da vegetação e das atividades antrópicas desenvolvidas no espaço limitado pela bacia.

Entre as atividades antrópicas que alteram a condição ambiental na área de estudo, duas são as principais responsáveis pelo atual quadro de degradação em que se encontra a bacia do rio Araranguá: a mineração de carvão e a agricultura, principalmente a do arroz irrigado.

A mineração de carvão prejudicou diretamente a qualidade das águas das sub-bacias dos rios Mãe Luzia e dos Porcos e indiretamente o rio Araranguá, tornando-as impróprias para os seus diversos usos (em alguns trechos encontramos valores de pH abaixo de 3,0 unidades, elevadas concentrações de sulfatos, acidez e metais). A agricultura, é responsável por uma extensa área, onde a erradicação da vegetação nativa, inclusive da mata ciliar, é substituída principalmente por arroz e fumo, causando modificação na paisagem e conseqüentemente na condição ambiental da bacia.

São enfocados alguns aspectos que poderão servir para uma análise da sustentabilidade ambiental dessas atividades e da urbanização da bacia frente às questões que envolvem a água.

Um levantamento dos registros históricos de dados sobre a qualidade da água propiciou uma análise espaço-temporal sobre esse tema durante o período compreendido entre o ano de 1974 até os dias atuais.

2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Sul de Santa Catarina situa-se entre as escarpas da Serra Geral, onde se encontram localizadas as nascentes dos seus principais rios e o Oceano Atlântico, limites esses paralelos e separados por uma distância aproximada de 50 km. O regime torrencial dos seus principais rios, fazem com que os conflitos gerados pelo uso das águas atinjam os diversos setores econômicos ali instalados.

Como agravante, a exploração do carvão, que aos poucos substituiu a base agropecuária na área que ficou conhecida como Bacia Carbonífera de Santa Catarina, trouxe consigo severos impactos ambientais, entre os quais o mais grave é o elevado grau de poluição dos recursos hídricos de três das cinco bacias que drenam a Região Sul Catarinense.

A faixa de 60 km de extensão por 20 km de largura (JICA, 1998) onde se localizam as reservas de carvão, é drenada por formadores das bacias hidrográficas dos rios Tubarão, Araranguá e Urussanga.

Integrante da 10^a região hidrográfica do estado (Santa Catarina, 1997,a), a bacia do rio Araranguá ocupa uma área de 3.039 km². Localiza-se entre os 28°40' a 29°10' LS e os 49°20' a 50° LW, drenando em superfície os territórios de dezesseis municípios, conforme ilustra a figura 01. Entre eles estão grande parte das áreas pertencentes à Criciúma, Araranguá, Jacinto Machado e Treviso; cerca de 50% do território de Içara; pequena parte dos municípios de Ermo e Cocal do Sul, ínfima área do município de Arroio do Silva. As áreas pertencentes aos municípios de Siderópolis, Nova Veneza, Forquilha,

Maracajá, Turvo, Meleiro, Morro Grande e Timbé do Sul encontram-se totalmente na bacia.

As áreas consideradas críticas do estado em relação à disponibilidade hídrica e à qualidade das águas também se encontram na bacia do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997a).

Nela encontram-se áreas de mineração a céu aberto, minas de subsolo, áreas de deposição de estéreis e rejeitos provenientes da mineração de carvão, indústrias cerâmicas de revestimento e estrutural, indústrias metal-mecânicas, curtumes de pequeno e médio porte, indústrias de vestuário e de alimentos. Na agricultura, a bacia do rio Araranguá destaca-se como produtora de arroz irrigado, com aproximadamente 329 km² (Santa Catarina, 1997b) e de fumo.

De acordo com Scheibe, Buss (1993:40)

“As conseqüências sócio-ambientais dessa diversificação, como também do próprio modelo de ocupação agrícola vigente até hoje em grande parte da região sul catarinense, carecem ainda de verificação mais detalhada. (...) a mancha negra do carvão tem também o efeito de mascarar o fato de que, mesmo que estivesse ausente, muitos seriam os problemas ambientais dessa região”.

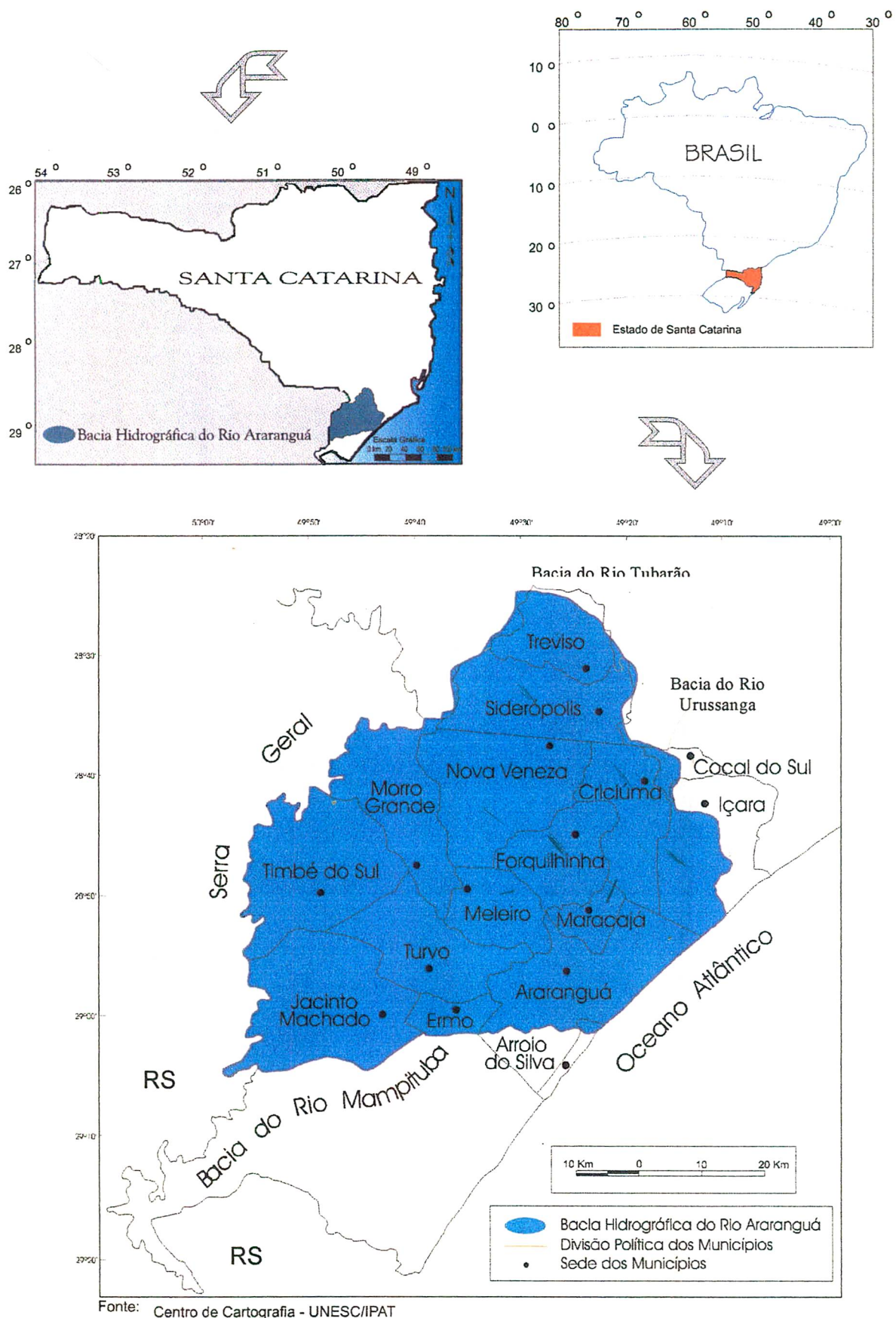


Figura 01: Localização da bacia do rio Araranguá.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia do rio Araranguá, comparando-se as suas características naturais com aquelas provenientes da ação antrópica, integrando os diversos componentes da paisagem.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar os dados históricos da qualidade das águas superficiais da bacia, procurando traçar sua evolução num universo espacial e temporal;
- Coletar e analisar amostras de água em áreas de nascentes e nos baixos cursos fluviais, procurando identificar modificações qualitativas das águas da bacia;
- Avaliar aspectos que interferem na sustentabilidade ambiental das principais atividades econômicas: mineração de carvão e cultivo de arroz irrigado, frente à questão das águas;
- Identificar os principais conflitos de uso das águas, principalmente relacionados aos aspectos qualitativos das mesmas;
- Identificar as áreas prioritárias para programas de recuperação ambiental, visando a melhoria da qualidade das águas;
- Identificar as áreas prioritárias para preservação visando a qualidade das águas e a manutenção do equilíbrio ambiental da bacia hidrográfica.

4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia empregada no presente estudo encontra-se fundamentada em trabalhos de diversos autores, entre eles: Bertalanfy (1973), Sotschava (1977), Christofolletti (1978), Bertrand (1991) e Monteiro (1996).

Com base na teoria dos sistemas, considerou-se a bacia do rio Araranguá como um sistema hídrico, que por sua vez foi subdividido em sete subsistemas: das escarpas da Serra Geral, das águas subterrâneas, do rio Itoupava, do rio Mãe Luzia, do rio dos Porcos, do baixo vale do rio Araranguá e lacustre. Esta subdivisão foi realizada de acordo com a sua homegeneidade, principalmente no que se refere ao uso da terra e da água.

De acordo com Veado (1989) ao procurar delimitar áreas homogêneas e estabelecer uma ordem hierárquica entre elas, parte-se do princípio que cada subdivisão teve uma “evolução morfogenética semelhante, abrigando formas de exploração humana mais ou menos idênticas” e as atividades humanas variarão de acordo com os recursos naturais existentes em cada subsistema.

Essa compartimentação, a princípio, pode parecer estar em desacordo com a abordagem sistêmica, mas é essencial para compreendê-la, uma vez que subsistema apresenta uma série de características próprias e seu entendimento facilita a análise da qualidade ambiental da bacia como um todo.

Para subsidiar a análise da qualidade das águas, bem como para descrever a evolução dessa qualidade no tempo, procedeu-se o levantamento dos programas de monitoramento e avaliação da qualidade das águas realizados

na área de estudo. Dos programas executados, 38 pontos de amostragem foram selecionados de modo que vários deles representassem a qualidade ambiental de um curso d'água ou de uma sub-bacia, ao mesmo tempo em que contemplassem um número considerável de variáveis, capazes de favorecer a avaliação temporal das características da água naquele ponto ou estação de amostragem.

Existem estudos sobre a qualidade das águas superficiais nessa bacia desde 1974. A sub-bacia mais estudada tem sido a do rio Mãe Luzia, justificado pela degradação causada pela mineração do carvão.

Para melhor visualizar a evolução espaço-temporal da qualidade das águas, foram plotados gráficos avaliando alguns parâmetros ao longo do canal de um rio ou a variação nos valores de determinados parâmetros entre os anos de 1974 e 2000 em uma mesma estação de amostragem. Em função do comprometimento verificado em alguns desses pontos, principalmente naqueles localizados na área sob influência da mineração de carvão, houve a necessidade de se utilizar escalas logarítmicas para representar as variações nas concentrações obtidas. A vantagem do uso dessas escalas é que possibilita a representação em um único gráfico dos valores obtidos nas estações de monitoramento sem influência da mineração de carvão e aquelas que apresentam-se fortemente impactadas por essa atividade. Possibilita também, representar em um único gráfico os valores obtidos para sulfatos, condutividade, ferro e outros que apresentaram valores no mínimo 10 vezes superiores à escala de pH. No entanto, é conveniente alertar que a princípio a leitura desses gráficos pode fornecer a *falsa idéia* de que não há muita variação em um determinado parâmetro ou numa determinada estação avaliada.

Para facilitar a análise dos dados, procedeu-se a recodificação dos pontos de amostragem. A letra *R* é usada para designar o canal principal do sistema hídrico, seguida com a letra inicial do nome do rio: *RI*, rio Itoupava; *RML*, rio Mãe Luzia e *RP*, rio dos Porcos. Segue o número seqüencial de acordo com a posição do ponto, número esse crescente da nascente para a foz.

Os afluentes são representados com a letra A, seguida com as letras que indicam o nome do canal principal: *AI*, afluente do rio Itoupava; *AML*, afluente do rio Mãe Luzia.

A condição atual da qualidade das águas foi obtida através do monitoramento das 38 estações selecionadas, conforme demonstra a figura 02 para fazer parte deste estudo. As coletas foram realizadas no período compreendido entre abril de 1999 e maio de 2000 pela Fundação do Meio Ambiente - FATMA, cujos resultados inéditos fazem parte do presente estudo.

Entre essas estações, oito foram localizadas em área com pouca ocupação antrópica, próximas às nascentes dos rios, com objetivo de identificar as características dos principais formadores da bacia do rio Araranguá, em áreas de nascentes ou de altos cursos, onde as interferências humanas são menores. Nesses pontos foram realizadas duas amostragens: em período de estiagem (no mínimo 5 dias sem chuva) e período chuvoso (no mínimo 5 dias com chuva, mas também com o nível dos rios mais elevados quando comparados com a amostragem de estiagem).

Foram analisados 25 parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, conforme descrito no Quadro 1, onde também se descrevem os métodos de análise e o limite de detecção do método para cada parâmetro. Para os pontos com pouca ocupação antrópica, considerados pontos de nascentes, foram acrescentados os parâmetros de fluoreto e sílica, com objetivo de avaliar as concentrações naturais desses nas águas da bacia.

Quadro 1: Métodos de análise e limite de detecção para os parâmetros monitorados.

Parâmetro	Limite detectável	Método de Análise
Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	1,0	Volumétrico a pH determinado
Alcalinidade total (mg/L)	1,0	Volumétrico a pH determinado
Alumínio (mg/L)	0,1	Espectrofotometria de absorção atômica
Arsênio (mg/L)	0,001	Espectrofotometria de absorção atômica
Cádmio (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica

Cálcio (mg/L)	0,05	Espectrofotometria de absorção atômica
Chumbo (mg/L)	0,05	Espectrofotometria de absorção atômica
Cobre (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	Ausentes	Tubos Múltiplos
Coliformes Totais (NMP/100mL)	Ausentes	Tubos múltiplos
Condutividade (uS/cm)	1,0	Potenciométrico
Cromo Total (mg/L)	0,02	Espectrofotometria de absorção atômica
DBO ₅ (mg/L)	1,0	Incubação a 20°C (Por 05 dias)
Ferro Total (mg/L)	0,02	Espectrofotometria de absorção atômica
Fluoretos (mg/L)	0,1	Medidor de Íon Seletivo
Fosfato e Fósforo Total (mg/L)	0,1	Espectrofotométrico com ácido ascórbico
Magnésio (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica
Manganês (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica
Mercúrio (mg/L)	0,002	Espectrofotometria de absorção atômica
Nitrogênio total (mg/L)	1,0	Volumétrico com Ácido Sulfúrico
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	0,1	Winkler modificado
pH	0,1	Potenciométrico
Potássio (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica
Sílica (mg/L)	0,1	Colorimétrico
Sódio (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	1,0	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	1,0	Cone de Imhoff
Sólidos Suspensos (mg/L)	1,0	Gravimétrico
Sólidos Totais (mg/L)	1,0	Gravimétrico
Sulfatos (mg/L)	1,0	Turbidimétrico
Turbidez (NTU)	1	Turbidimétrico
Zinco (mg/L)	0,01	Espectrofotometria de absorção atômica

Fonte: Laboratório FATMA / IPAT - UNESC

As coletas seguiram as determinações de Souza, Derísio (1977) e Clesceri, Greengerg, Eaton (1998). No instante da coleta foram registrados os dados de temperatura da água e do ar, bem como a hora da coleta, possibilitando comparação futura com dados de maré nos pontos localizados na zona estuarina dos baixos cursos da bacia.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Águas e Efluentes Industriais, conveniado entre a FATMA e UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense, localizado no IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas daquela universidade.

Para análise de metais, os resultados apresentados correspondem à concentração do total de metais presentes na amostra bruta, não filtrada e submetida ao processo de digestão ácida. Essas análises incluem todos os metais sob as formas orgânicas, inorgânicas, dissolvida ou particulada (CORSAN, 1984). Para as análises de cálcio, magnésio, potássio e sódio, a exemplo das análises de metais solúveis, como o realizado para o ferro, procedeu-se a filtração prévia da amostra, utilizando-se filtros com 0,45 μ m de diâmetro dos poros. A amostra é acidificada no momento da coleta a pH menor ou igual a 2 unidades, com ácido nítrico. A digestão ácida é realizada a quente, sendo que o ácido utilizado na coleta e na digestão da amostra, possui grau de pureza exigido pelo método de espectrofotometria de absorção atômica.

Em 1996, quando foram realizadas as análises para o programa de monitoramento em atendimento ao projeto da JICA, o IPAT implantou um programa de garantia da qualidade que inclui a determinação da precisão, acuracidade e *cross checking* (análise realizada em laboratório externo), em 10% das amostras selecionadas aleatoriamente (Alexandre, Schmitz, Ricken, 1996). Além do programa de garantia da qualidade, o IPAT participa de estudos interlaboratoriais com objetivo de padronização de metodologias de análises.

Para facilitar a interpretação dos dados de qualidade da água, é necessário ainda o conhecimento dos índices de precipitação pluviométrica. A informação sobre a quantidade de chuva é importante nessa análise já que não se dispõe de registros de vazões concomitantes às coletas de água nas estações monitoradas, o que seria o ideal.

Os dados de precipitação pluviométrica utilizados são os da estação meteorológica de Urussanga, situada em outra bacia hidrográfica, a 28.31° S e 49.19° W, numa altitude de 48,2 metros, a norte da área de estudo. Os dados resultam da média aritmética da precipitação de 5 dias, quatro anteriores e o

próprio dia da coleta. Esses dados são extrapolados para a bacia do Araranguá, uma vez que essa estação é a mais completa do sul de Santa Catarina. Essa situação não é ideal, pois apesar de ser limítrofe à parte da bacia estudada, o Rio Urussanga apresenta características diferentes daquela. Optou-se porém, pela utilização desses dados com objetivo de se ter uma noção do escoamento superficial, bem como da probabilidade de maior ou menor quantidade de água nos rios, o que possibilita saber se há diluição dos poluentes. A utilização dos dados de precipitação apenas no dia da coleta não permitiria esse tipo de comparação.

Para se proceder a análise dos principais elementos da paisagem, além da descrição da área nos principais aspectos físicos e do uso da terra, procedeu-se à construção dos perfis topogeológicos dos canais rio da Pedra/Itoupava/Araranguá, rio Mãe Luzia e rio dos Porcos, que servem para visualizar não só a formação geológica que aflora nos vales dos principais rios da bacia, mas também a amplitude do relevo evidenciando a elevada declividade em parte da área.

A construção desses perfis foi embasada em trabalhos de campo onde se utilizaram cartas do IBGE, escala 1:50.000, mapa geológico, altímetro e GPS. Os dados morfométricos foram obtidos em Santa Catarina (1997a,c).

Foram utilizados também programas de computador EXCEL 2000 para confecção dos gráficos representativos dos perfis. A arte gráfica foi realizada em COREL DRAW.

Querendo se agregar características topográficas que contribuem para a análise geomorfológica da área estudada, foram traçados os gráficos hipsométricos, conforme sugere Gama (1998). Os valores foram obtidos em Santa Catarina (1997c), por planimetria a partir das cartas do IBGE 1:50.000. Os gráficos resultaram do cálculo da área entre as cotas dos subsistemas dos rios Itoupava, Mãe Luzia, dos Porcos e do baixo rio Araranguá. O conjunto dos dados obtidos para cada subsistema permite a construção da curva hipsométrica da bacia do rio Araranguá.

Os mapas apresentados foram obtidos através da digitalização, pelo Centro de Cartografia do IPATY UNESC, das folhas topográficas em escala 1:50.000 do IBGE: Bom Jardim da Serra (SH-22-X-A-III-4); Turvo (SH-22-X-A-VI-4); Araranguá (SH-22-X-B-IV-3); Jacinto Machado (SH-22-X-A-VI-3); São Bento Baixo (SH-22-X-A-VI-2); Criciúma (SH-22-X-B-IV-1) e Silveira (SH-22-X-A-VI-1); ao longo dos divisores de águas que separam a bacia do Araranguá daquelas dos rios Mampituba, Tubarão e Urussanga.

As áreas degradadas pelas atividades da mineração do carvão e demais fontes de poluição foram obtidas de JICA (1998), SANTA CATARINA (1997) e DNPM (1999), sendo atualizadas com o auxílio dos técnicos da Coordenadoria Regional Sul da FATMA. Os locais onde atualmente se faz a captação de água para abastecimento público, bem como os projetos que estão em andamento para complementar e ampliar esse abastecimento, foram obtidos com auxílio de técnicos da Companhia de Abastecimento de Água e Saneamento - CASAN. As localizações dos aterros de resíduos urbanos foram obtidas através de GPS pelo 10º Destacamento da Polícia Ambiental de Santa Catarina.

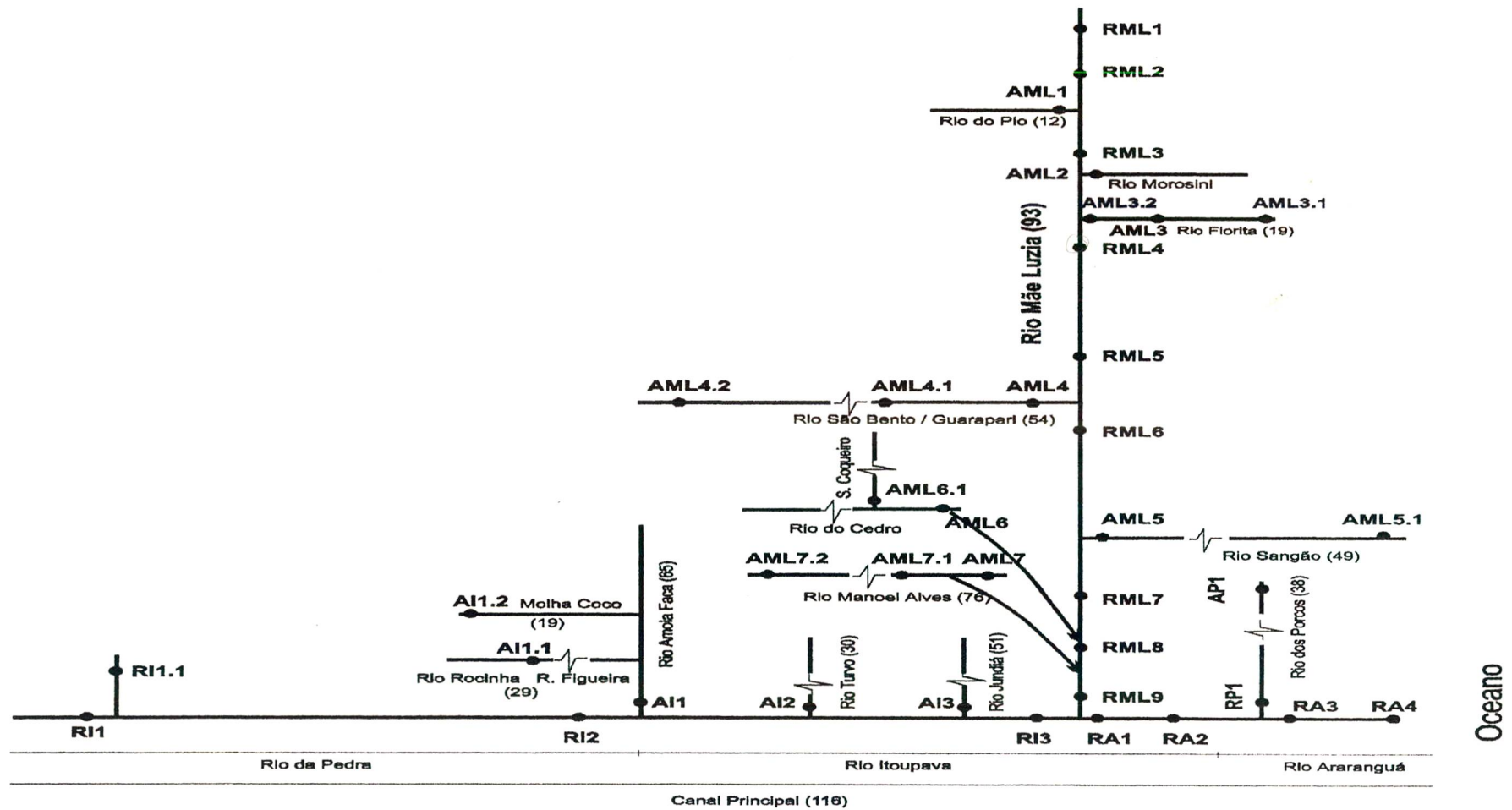


Figura 02: Diagrama esquemático da localização das estações de amostragem de águas. Os dados referentes aos comprimentos dos canais (xx) foram obtidos de Santa Catarina (1997a) e das cartas do IBGE. Comprimento dos canais em km.

5 ANÁLISE DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM

Bertrand (1972, *apud* Bender, 1998) sugere que a paisagem é como um conjunto único, indissociável e em perpétua evolução dos elementos físicos, bióticos e antrópicos que compõem um sistema. A paisagem encontra-se em contínua evolução e transformação e, nesse contexto o homem tem papel preponderante. Bertrand (1991) vê a paisagem como a entrada no mundo das representações da natureza, do meio ambiente, da sensibilidade subjetiva.

“Na mudança do pensamento mecanicista para o pensamento sistêmico, a relação entre as partes e o todo foi invertida. A ciência cartesiana acreditava que em qualquer sistema complexo o comportamento do todo podia ser analisado em termos das propriedades de suas partes. A ciência sistêmica mostra que os sistemas vivos não podem ser compreendidos por meio da análise. As propriedades das partes não são propriedades intrínsecas, mas só podem ser entendidas dentro do contexto do todo maior. Desse modo, o pensamento sistêmico é pensamento “contextual”; e, uma vez que explicar coisas considerando o seu contexto significa explicá-las considerando o seu meio ambiente, também podemos dizer que todo pensamento sistêmico é pensamento ambientalista.”
(Capra, 1996: 46)

De acordo com Christofolletti (1989), entre as proposições de focalização holística, a concepção de sistemas constitui a abordagem mais adequada à análise ambiental (...), comumente chamada de “teoria dos sistemas” ela representa mais uma abordagem e constitui um instrumental organizador para

a análise. O autor reforça o seu pensamento afirmando que a Geografia Física, assim como os seus ramos setoriais, necessita prosseguir na compreensão da mecânica e dos princípios básicos que regem o funcionamento dos sistemas ambientais físicos, afim de se evitar que as explicações sobre os impactos causados pela atividade humana sejam simplesmente superficiais.

“Na sua inerente visão holística, a concepção geográfica considera o ambiente natural como sistema integrado de vários elementos, interligados com constantes fluxos de matéria e energia. Esse sistema expressa-se na superfície terrestre como unidade de organização espacial do ambiente físico, também recebendo a designação de geossistema. Embora o geossistema seja composto por elementos topográficos, biogeográficos, hidrológicos, pedológicos e dinamizados pelos fluxos climáticos, a análise do geossistema processa-se em determinado nível estruturado de grandeza hierárquica, que não se confunde com o campo de ação da Geomorfologia, da Climatologia, da Pedologia, da Hidrologia e da Biogeografia. A organização do conjunto não representa a simples somatória das partes constituintes. A esse conjunto do meio natural deve-se inserir a ação e os fluxos relacionados com as atividades humanas, cuja inserção torna-se participativa tanto nas características como na dinâmica do ambiente” (Christofolletti, 1991, in Tauk 1991 : 82 e 83).

O conhecimento das principais características físicas, bem como a forma como elas interagem com a água, é necessário para se proceder a análise integrada, objetivo desse estudo. Dentro desse contexto, a geologia tem aspecto fundamental já que as rochas contribuem para o enriquecimento de águas naturais através da transferência de solutos para elas. O quadro 2 apresenta a coluna litoestratigráfica da área estudada.

O embasamento cristalino que está constituído por granitóides tardi a sin-tectônicos, ocorre no município de Içara, mas a 120 metros de profundidade, verificada através de laudo técnico de poço tubular profundo (Krebs, 1999), portanto, não há afloramentos desse embasamento na bacia.

Quadro 2: Coluna litoestratigráfica da área estudada (Muhlmann et al., 1974 apud Bortoluzzi et al., 1987) modificada.

Período	Unidade Litoestratigráfica				Litologias	
	Super Grupo	Grupo	Formação	Membro		
Terciário/ Quaternário			Depósitos aluvionares, eólicos, marinhos costeiros, praias e lacustres.		Cascalhos fluviais; areias fluviais, praias, eólicas e marinhas; siltes e argilas fluviais, marinhas costeiras e lacustres; depósitos orgânicos lacustres.	
Cretáceo Jurássico		São Bento	Serra Geral		Basaltos em corpos superpostos e diabásios em forma de diques e soleiras (sills). O litótipo dominante é equigranular fino e afanítico com variações locais para textura porfírica, cinza escuro a preto.	
			Botucatu		Arenitos médios e grossos com estratificação cruzada. Arenito e siltito vermelho argiloso.	
Permiano	Tubarão	Passa Dois	Rio do Rasto		Arenitos violeta-acinzentados, siltitos e folhelhos marrom-avermelhados.	
			Estrada Nova		Siltitos e folhelhos com algumas intercalações de arenitos. Apresentam coloração cinza a preta no terço inferior, tomando-se cinza esverdeada a violácea para o topo.	
			Irati		Folhelhos e siltitos pretos com níveis pirobetuminosos e lentes de calcário.	
		Guatá	Palermo		Siltitos cinza e cinza-esverdeados e arenitos finos intercalados.	
			Rio Bonito	Siderópolis		Arenitos cinza-claros, geralmente finos a médios, subordinadamente siltitos, folhelhos, camadas de carvão.
				Paraguçu		Siltitos cinza-esverdeados subordinadamente arenitos finos, camadas de carvão.
				Triunfo		Arenitos cinza-claros, finos a grossos, subordinadamente siltitos cinza-escuros, raramente carvão.

Os sedimentos Cenozóicos compreendem os depósitos de leques aluviais cobrindo ampla área na bacia incluindo parte dos municípios de Nova Veneza, Siderópolis, Treviso, Timbé do Sul, Turvo, Jacinto Machado, Meleiro, Morro Grande, Ermo, Forquilha e Criciúma. Litologicamente são constituídos por depósitos rudáceos com grânulos, seixos e matacões predominantemente de rochas basálticas, subordinadamente arenosos e/ou pelíticos (Duarte, 1995).

A área coberta pelos depósitos de leques aluviais apresenta solos de espessura variável, alcançando pelo menos 4 metros, constituindo-se em extensas áreas planas ou levemente onduladas, muito utilizadas para o cultivo de arroz irrigado, depois de aplainados (Duarte, 1995; Krebs, 1999).

Ainda de acordo com Duarte (1995), os depósitos praias e eólicos quaternários de várias idades, constituem dentro da bacia do rio Araranguá, uma faixa que abrange desde os municípios de Içara e Maracajá, no leste da área até o Balneário de Morro dos Conventos, e para o sul até o limite do município de Araranguá.

Litologicamente, são formados por espesso pacote de areias finas a médias, bem retrabalhadas, constituídas essencialmente por quartzo. As perfurações executadas para pesquisa de carvão no município de Araranguá, próximo ao Morro dos Conventos e da Lagoa dos Esteves no município de Içara, mostram claramente, que estes depósitos possuem espessuras variáveis de 10 m até mais de 50 m na área do Morro dos Conventos (Santa Catarina, 1997e).

Os depósitos lagunares são constituídos por intercalações de material arenoso e material argiloso, muito rico em matéria orgânica. Estas áreas evoluíram para ambiente lacustre, permitindo o desenvolvimento de turfeiras sobre os mesmos (Duarte, 1995). As turfeiras ocorrem em pequenas áreas da bacia do rio Araranguá, ainda não completamente estudadas.

Ainda de acordo com Duarte (1995): *“os depósitos litorâneos mais recentes correspondem aos praias e aos campos de dunas ativas, constituídos predominantemente por areias quartzosas, originados através de processos marinhos e retrabalhamento eólico”*.

De acordo com Bortoluzzi *et al.* (1987:148), a escarpa da Serra Geral na bacia do rio Araranguá é composta predominantemente por rochas do Grupo São Bento, ou seja arenitos eólicos de ambiente desértico da Formação Botucatu e rochas ígneas da Formação Serra Geral. Esta é constituída predominantemente pelos basaltos e pelos diabásios. Esses ocorrem sob a forma de diques e soleiras de varias dimensões. Na bacia como um todo há boas representações de sills de diabásio como o Montanhão, no município de Siderópolis e na área do Espigão da Pedra, no limite entre os municípios de Araranguá e Içara, entre outros. Os mesmos autores afirmam que “...no sul de Santa Catarina a ocorrência dos basaltos da Formação Serra Geral é de característica predominantemente básica”. Conforme descrito por Leinz (1949, *apud* Putzer, 1955), os corpos de basalto apresentam um perfil típico, caracterizado por três zonas: o topo, o centro e a base. O topo freqüentemente apresenta geodos e amídalas preenchidas com minerais que vão contribuir com seus elementos para o solo, água e vegetação.

Pela sua espessura e em razão do processo de intemperismo, o basalto contribui com solutos que irão modificar as características químicas das águas. Constituídos essencialmente pelos minerais: plagioclásios cálcicos e piroxênios, podem liberar pela ação do intemperismo íons de Ca^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mg^{+2} , além de SiO_2 , como ácido silícico e alumínio, entre outros elementos provenientes de minerais acessórios e secundários.

A Formação Botucatu, sotoposta à Formação Serra Geral, está exposta em uma faixa estreita e contínua, ao longo da escarpa da Serra Geral. Na faixa de afloramento apresenta espessura média de 50 metros e raramente ultrapassa os 100 metros, porém em sondagens alcançou 200 metros (Bortoluzzi *et al.*, 1987). Constitui um “expressivo pacote arenoso, onde é freqüente a presença de cimento silicoso ou ferruginoso” (Santa Catarina, 1997a), o que pode explicar a contaminação por ferro em poços profundos perfurados fora da área carbonífera, como ocorre no município de Turvo (Santa Catarina, 1997e). Freqüentemente constitui a parte superior de elevações mais ou menos isoladas na planície ou na área do sopé da escarpa da Serra.

As litologias de topo do Grupo Passa Dois (quadro 2), sedimentitos de ambientes marinhos e costeiros, afloram na área estudada. As litologias desse Grupo podem contribuir com enxofre, cálcio, sílica e alumínio para os solos e águas da bacia fluvial, entre outros componentes químicos.

A Formação Rio do Rasto, no topo do Grupo, constitui uma seqüência com mais de 200 metros de espessura, ocorrente no oeste da bacia. Também ocorre sob a forma de pequenos morros na cidade de Araranguá e na porção sudoeste, desde a localidade de São Bento Alto até Jacinto Machado. É formada por uma seqüência de arenitos, siltitos e folhelhos (Santa Catarina, 1997e).

A Formação Estrada Nova aflora principalmente no norte da bacia do rio Araranguá, podendo alcançar espessura superior a 170 metros. É constituída por uma seqüência de siltitos e folhelhos de cores cinza-chumbo a preta no terço inferior, tornando-se cinza-esverdeada a violácea para o topo (Krebs, 1999). Quando intemperizada, apresenta cores cinza-amareladas. São freqüentes as concreções carbonáticas, de forma lenticular e, raramente, ocorrem delgadas camadas de calcário. Subordinadamente, intercalam-se camadas de arenitos finos, cinza-claras, com cimento silicoso ou carbonático (Santa Catarina, 1997e).

Na base deste Grupo, a Formação Irati apresenta-se com espessura de 40 metros. É formada por uma seqüência de folhelhos negros e cinzentos, betuminosos, carbonosos, pouco sílticos e calcáreo cinzento, leve, betuminoso e argiloso, com delgados leitos de arenitos. É freqüente a ocorrência de pirita nessas camadas (Putzer, 1955). No terço médio e superior a Formação Irati é intercalada por lentes de calcário. Ela aflora a nordeste da cidade de Maracajá e norte do rio Araranguá. Ainda de acordo com Putzer (1955), encontra-se também no curso médio do rio Manim, oeste de Treviso, nas margens do rio Dandolo, sudoeste de Nova Veneza e no curso do rio do Cedro, próximo à localidade de São Bonifácio.

A Formação Palermo pertencente ao Grupo Guatá (quadro 2), constitui-se de sedimentitos provenientes de ambiente marinho e siltitos arenosos de coloração amarela-esverdeada, intensamente bioturbados (UNESC, 1996).

De acordo com Bortoluzzi *et al.* (1987:148): “a sedimentação da Formação Palermo deve ter se verificado em um ambiente de águas rasas em condições de baixa energia, sob a influência de fraca a moderada ação das ondas, eventualmente afetada pela atividade de pequenos canais de maré”.

A Formação Rio Bonito, representada na bacia pelo Membro Siderópolis, é constituída por um espesso pacote de arenitos, com intercalações de siltitos e folhelhos carbonosos e carvão. Na sua porção basal e média, geralmente, os arenitos possuem grãos arredondados a sub-arredondados de quartzo e, raramente, feldspato, com abundante matriz quartzo-feldspática. Na porção basal do Membro Siderópolis, ocorre uma espessa camada de carvão – Camada Bonito (Santa Catarina, 1997e). No terço superior ocorre a mais importante camada de carvão existente na Formação Rio Bonito, denominada Camada Barro Branco.

A espessura do Membro Siderópolis é bastante variável. Na área de Criciúma não ultrapassa 50 metros (Santa Catarina, 1997e). O Membro Siderópolis é predominantemente arenoso com delgadas intercalações de pelitos subordinados, também portadores de carvão (Krebs, Nosse, 1998).

As rochas desse Grupo contribuem com enxofre, ferro, cálcio, alumínio e sílica, entre outros, para as águas que se infiltram e as alteram através do processo de intemperismo.

Das formações geológicas existentes na área estudada, essa última é a que mais interfere na qualidade das águas da bacia do rio Araranguá, e também das bacias dos rios Urussanga e Tubarão. A mineração de carvão nessas três bacias hidrográficas resultou em 4.780 ha de áreas degradadas, sendo que deste total 3.668 ha encontram-se na bacia do rio Araranguá (JICA, 1998).

Os baixos níveis de pH resultantes do processo de alteração da pirita, aceleram o intemperismo das argilas contidas com estéreis e rejeitos da mineração o que faz com que a drenagem dessas áreas, além dos contaminantes característicos dos rejeitos carbonosos e piritosos, contribuam também com valores elevados de alumínio, cálcio, magnésio e outros (ECP, 1982e).

Duarte (1977) referindo-se à bacia do rio Tubarão mas que tem também validade para a do rio Araranguá,

“...a variedade de rochas, e suas estruturas primárias e granulometria, além das falhas e fraturas relacionadas aos esforços tectônicos a que foram submetidas, geram condições diferentes de drenagem, isto é, de infiltração das águas de chuva, e posterior liberação das mesmas tanto para as fontes e rios, como para os aquíferos profundos”.

Resumindo, as águas que se infiltram e percolam nos basaltos, que constituem ampla área aflorante na bacia, através das juntas e fissuras, se enriquecem com os componentes químicos dos mesmos. Este enriquecimento também se verificará nos processos de infiltração e percolação das águas nas outras rochas e sedimentos com sua saída sob forma de nascentes e oferta de água para os rios. O enriquecimento será diferenciado dependendo da rocha e seus minerais constituintes, e dos processos intempéricos de alteração das mesmas.

As características geomorfológicas também interagem diretamente com as águas de uma bacia hidrográfica. De acordo com Christofolletti (1980), o escoamento superficial constitui processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. Na bacia do rio Araranguá, onde praticamente 2/3 de sua área constituem a planície costeira e 1/3 distribuem-se entre as cotas de 200 e 1500 metros, os processos erosivos encontram-se em intensa atividade, modelando as formas dessa bacia.

De acordo com Duarte (1995:32),

“... a bacia do rio Araranguá apresenta como embasamento as rochas sedimentares e ígneas da Bacia do Paraná que constituem também a borda do Planalto Meridional, chamada Serra Geral. Essas mesmas rochas formam os esporões e elevações isoladas, refletindo as posições anteriores da “Serra” e seu recuo possivelmente durante o Cenozóico”.

A Escarpa da Serra Geral apresenta-se como principal característica geomorfológica na área de estudo. As encostas de alta declividade resultam em interflúvios estreitos de topo anguloso, em formas de cristas, ou tabular (SEPLAN, 1989). Nas palavras de Duarte (1995), a borda do planalto é parte de um escarpamento que *“...é a feição geomorfológica mais impressionante e, talvez, a de maior significado, que se desenvolve desde o Rio Grande do Sul até o Espírito Santo.”* As formas de relevo ali elaboradas são de acordo com Justus (1986 *apud* Pellerin, J. *et al.*, 1997:74): *“...muito abruptas, apresentando vales bem fechados em V, que atingem profundidades superiores a 500 metros e com forte controle estrutural”*.

O domínio em referência apresenta considerável vulnerabilidade à erosão face à sua variada constituição litológica e em decorrência de sua posição altimétrica (Santa Catarina, 1997f). Conforme Duarte (1995:3): *“...a escarpa, além de constituir fonte de material terrígeno, é um front de planalto ou face rochosa com alta declividade, voltado para leste, dispersor de águas e sedimentos”*. O resultado dessas combinações, associadas à elevada densidade de drenagem, revela uma paisagem exuberante, muito irregular e que apresenta *“contrastes altimétricos acentuados com níveis profundos de dissecação e de entalhe da rede de drenagem, que se apresenta controlada por inúmeras linhas estruturais”* (Seplan, 1989).

De acordo com Pellerin *et al.* (1997:74), *“...contíguos à Serra Geral, em direção à planície costeira, ocorrem relevos rebaixados, com altitudes entre 200 e 500 metros, que constituem os esporões e formas colinosas que prolongam-se da Serra, com pequeno aprofundamento dos vales fluviais.”*

Esses esporões e formas colinosas correspondem a testemunhos do recuo da linha da escarpa da Serra Geral (Duarte, 1995). A fragmentação dessa unidade é decorrente da elevada capacidade erosiva ocasionada pela força hidráulica dos rios, devida à alta declividade, com conseqüente fluxo de água e arraste de fragmentos de rocha que possibilitou no norte da bacia, desenvolver um processo de circundesnudação periférica, determinando amplitudes altimétricas em torno de 500 metros (Santa Catarina, 1997f).

Em pequeno trecho da área estudada também observa-se um modelado em rochas sedimentares, formado por colinas com vertentes côncavo-convexas e vales abertos (SEPLAN, 1989). Disseminados em meio a essas colinas, ocorrem morros residuais, como é o caso do Montanhão, no município de Siderópolis, que é um sill de diabásio.

A extração de carvão mineral realizada nessa área, em sistema de lavras a céu aberto e subterrânea, é o traço que causa maior impacto direto sobre a paisagem, afetando seriamente a qualidade das águas, do ar e do solo, modificando a qualidade ambiental de parte da bacia do rio Araranguá, especialmente a sub-bacia do rio Mãe Luzia.

A Planície Costeira ocupa cerca de 2/3 da área da bacia do rio Araranguá e é constituída fundamentalmente por planície cuja superfície levemente inclinada se interioriza pelos principais vales das sub-bacias. Os sedimentos provenientes da área fonte, Serra Geral, quando atingem a planície se *abrem* em forma de leques que se justapõem num intrincado e complexo mosaico de ambientes (Duarte, 1995; Santa Catarina, 1997f). Ainda de acordo com Duarte (1995), nessas áreas de leques aluviais as formas estão sendo geradas tanto por processos deposicionais como por processos erosivos.

Dessa forma, os rios dessa unidade apresentam grande quantidade de blocos rochosos e seixos em seus leitos, provenientes da Serra Geral, enquanto que próximo à foz, o rio Araranguá alarga seu curso, divagando pela planície, formando meandros.

De acordo com Villela, Mattos (1975), as formas do relevo de uma bacia hidrográfica têm influência direta sobre os fatores hidrológicos, uma vez que a declividade da área influencia na velocidade do escoamento superficial e da concentração da precipitação pluviométrica nos leitos dos cursos d'água, mantendo uma relação direta com a extensão da inundação (Wisler, Brater, 1964).

Para Gama (1998), a análise hipsométrica de uma bacia hidrográfica constitui-se num dos elementos "*definidores da estruturação das unidades*

geoambientais, mais especificamente da compartimentação morfoestrutural”, além de permitir o cálculo da elevação média da área de estudo.

As curvas hipsométricas são uma representação do relevo médio de uma bacia. Delas extraem-se os percentuais de área drenada, acima e abaixo de cada altitude. Esses dados encontram-se representados em tabelas, porém os gráficos permitem uma visualização entre a diferença das altimetrias. Esses resultam do cálculo da área entre as cotas dos subsistemas dos rios Itoupava, Mãe Luzia, dos Porcos e do baixo rio Araranguá, conforme tabelas de 01 a 04 e figuras de 03 a 06. O conjunto dos dados obtidos para cada subsistema permite a construção da curva hipsométrica da bacia do rio Araranguá (tabela 05 e figura 07).

A comparação dos dados hipsométricos das tabelas 1 e 2 e respectivas curvas, correspondentes aos subsistemas dos rios da Pedra/Itoupava e Mãe Luzia até a confluência de ambos, evidencia que: a) a área do subsistema do rio Mãe Luzia é maior que a do rio da Pedra/Itoupava; b) o subsistema rio da Pedra/Itoupava tem 1/3 a mais de área acima de 1.000 metros de altitude, do que o do Mãe Luzia, e mais que o dobro em termos percentuais o que significa maior vigor do relevo e área mais sujeita à erosão; c) o subsistema do rio Mãe Luzia sobressai-se em área acima de 100 metros de altitude, em termos absolutos, mas em percentuais, novamente o do rio da Pedra/Itoupava tem um pouco a mais; d) o subsistema do rio Mãe Luzia também tem uma maior superfície com altitudes abaixo de 100 metros que o subsistema do rio da Pedra/Itoupava, entretanto esse tem valores de área e percentuais maiores que aquele; e) o domínio do Mãe Luzia apresenta menos de 5% abaixo da cota de 20 metros, contra 15% no Itoupava.

Portanto, o sistema Pedra/Itoupava/Araranguá é o canal principal da bacia, com um forte contribuinte constituído pelo subsistema do rio Mãe Luzia.

A comparação desses dados podem estar evidenciando o papel maior das rochas sedimentares no subsistema do rio Mãe Luzia, corroborada pela curva hipsométrica deste, entre 1500 e 500 metros, e mesmo aquela entre 1500 e 200 metros.

Mesmo sem ação antrópica, a erosão na área da bacia estabelecida entre as cotas 500 e 1500 metros atua fortemente na evolução das encostas, com constante contribuição de material sólido para a planície. É importante alertar que a retirada da vegetação nessa área, com a conseqüente desnudação das encostas, associada à alta declividade das vertentes e às condições pluviométricas locais, põe em risco o uso da terra também na planície. O Mapa de Cobertura Florestal do Estado de Santa Catarina (FATMA, 1995), constata a supressão da vegetação nessas áreas, com conseqüente exposição do solo.

A área compreendida entre as cotas 0 e 200 metros, que constitui a planície costeira, recebe o material das áreas fonte, onde o relevo é mais vigoroso (Pellerin et al., 1997).

O homem interage com o processo erosivo, ora acelerando-o como acontece quando ocorre ocupação das encostas, substituindo a floresta nativa por pastagens, por exemplo, ora procurando retardá-lo com a ajuda da engenharia, construindo obras ao longo dos canais com objetivo de regularizar as vazões ou diminuir as velocidades de escoamento dos rios. De qualquer forma, o homem como agente de *desequilíbrio ambiental*, precisa estar consciente da necessidade de estudos prévios a qualquer intervenção estrutural nos cursos d'água, estudos esses que segundo Aumond, Scheibe (1994:121) não devem se restringir apenas à área física dessas intervenções, *“mas que procurem abranger todas as possíveis conseqüências, a montante e a jusante, tanto do ponto de vista hidrológico quanto de equilíbrio erosão/deposição”*.

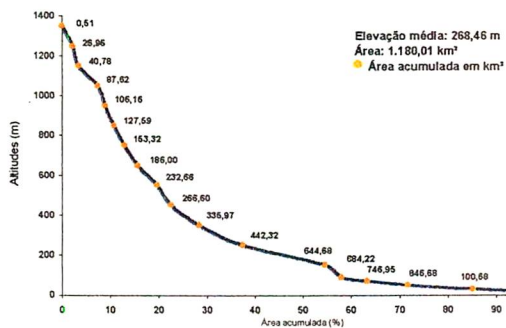
O rio Mãe Luzia com nascentes nas escarpas, no extremo noroeste da bacia, tem uma disposição e direção geral N-S, apresenta-se com um comprimento de 93,36 km, quase tanto quanto o canal principal da bacia e se constitui no principal afluente. Sua nascente mais distante situa-se a 1480 metros de altitude. Possui como afluentes mais importantes os rios: Guarapari ou São Bento, Manuel Alves e do Cedro pela margem direita e Fiorita e Sangão pela margem esquerda. O rio dos Porcos, também com direção geral N-S, deságua no Araranguá bem próximo à foz deste no oceano.

TABELA 1

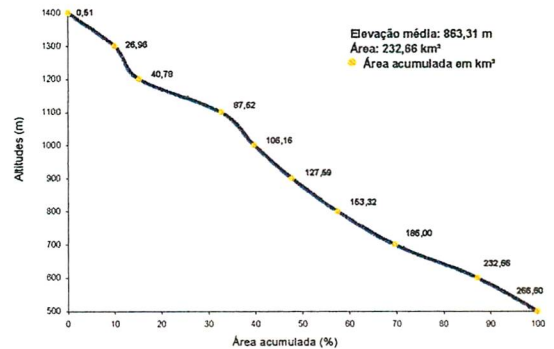
**DETERMINAÇÃO DA ELEVÇÃO MÉDIA DO SUBSISTEMA DO RIO
ITOUPAVA, BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SUL DE SANTA CATARINA,
COMPREENDIDA ENTRE AS COTAS 0 E 1400 METROS**

cotas (m)	cota média (m) (B)	área (km ²) (C)	área acumulada (km ²)	%	% da área acumulada	(B) x (C)
1300-1400	1.350	0,51	0,51	0,04	0,04	687,15
1200-1300	1.250	26,45	26,96	2,24	2,28	33.066,25
1100-1200	1.150	13,82	40,78	1,17	3,46	15.889,55
1000-1100	1.050	46,84	87,62	3,97	7,43	49.183,05
900-1000	950	18,54	106,16	1,57	9,00	17.614,90
800-900	850	21,43	127,59	1,82	10,81	18.214,65
700-800	750	25,73	153,32	2,18	12,99	19.299,75
600-700	650	32,68	186,00	2,77	15,76	21.240,05
500-600	550	46,66	232,66	3,95	19,72	25.663,55
400-500	450	33,94	266,60	2,88	22,59	15.271,65
300-400	350	69,37	335,97	5,88	28,47	24.278,80
200-300	250	106,36	442,32	9,01	37,48	26.588,75
100-200	150	202,35	644,68	17,15	54,63	30.353,10
80-100	90	39,55	684,22	3,35	57,98	3.559,14
60-80	70	62,73	746,95	5,32	63,30	4.390,96
40-60	50	99,73	846,68	8,45	71,75	4.986,40
20-40	30	158,00	1.004,68	13,39	85,14	4.740,03
0-20	10	175,33	1.180,01	14,86	100,00	1.753,27
Total	-	1.180,01	-	-	-	316.781,00
Elevação média	268,46	-	-	-	-	-

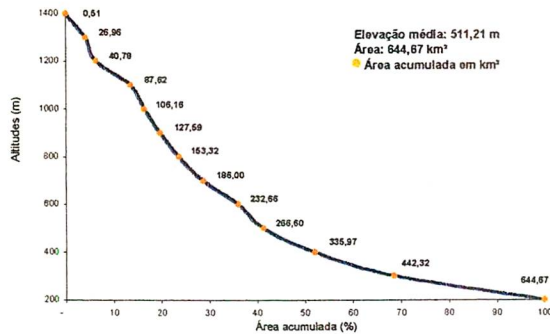
a)



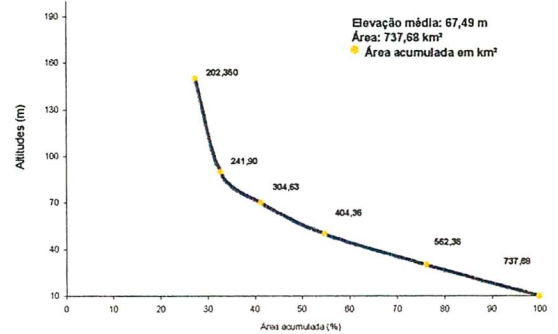
b)



c)



d)



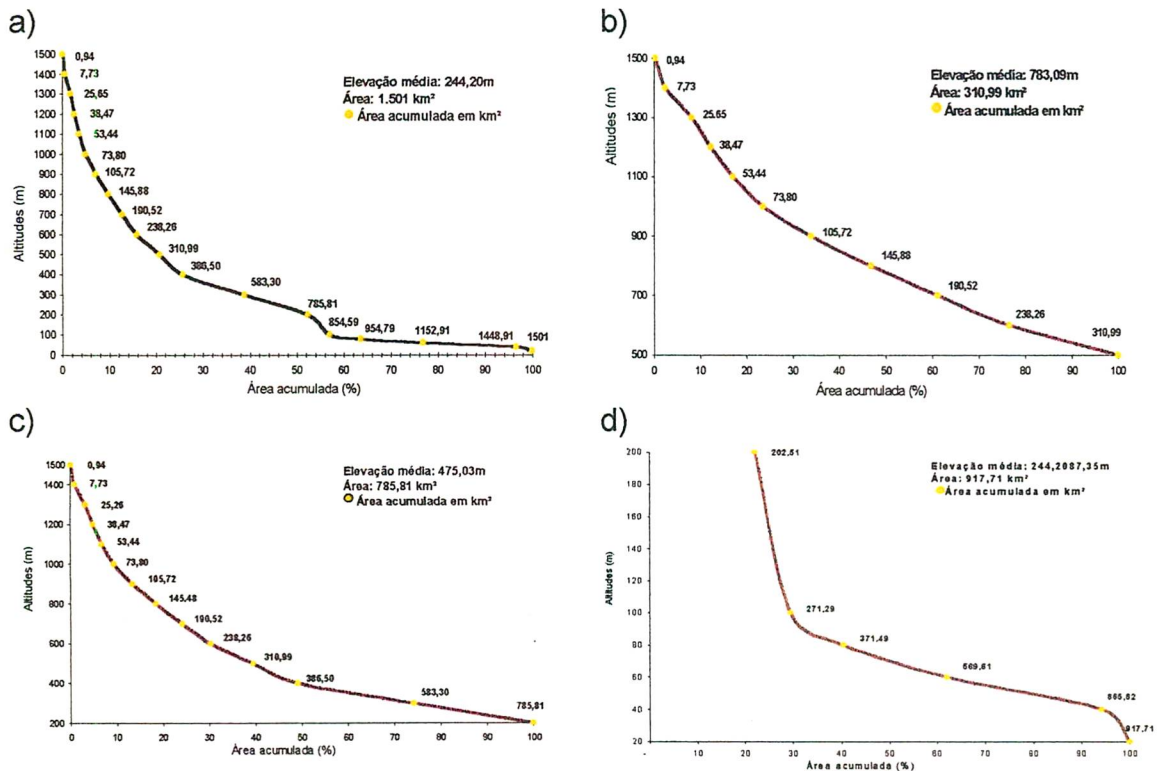
Fonte: Santa Catarina (1997c), modificado.

Figura 03: Curva hipsométrica do subsistema do rio Itoupaava estabelecida entre as cotas: a) 0 e 1400 metros; b) 500 e 1400 metros, c) 200 e 1400 metros e d) 10 e 150 metros

TABELA 2

**DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO MÉDIA DO SUBSISTEMA RIO MÃE LUZIA,
BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SUL DE SANTA CATARINA, COMPREENDIDA
ENTRE AS COTAS 0 E 1500 METROS**

cotas (m)	cota média (m) (B)	área (km ²) (C)	área acumulada (km ²)	%	% da área acumulada	(B) x (C)
1400-1500	1.450	0,94	0,94	0,06	0,06	1.413,00
1300-1400	1.350	6,79	7,73	0,45	0,51	9.161,10
1200-1300	1.250	17,92	25,65	1,19	1,71	22.403,75
1100-1200	1.150	12,82	38,47	0,85	2,56	14.741,85
1000-1100	1.050	14,97	53,44	1,00	3,56	15.719,55
900-1000	950	20,36	73,80	1,36	4,92	19.341,05
800-900	850	31,92	105,72	2,13	7,04	27.128,60
700-800	750	40,16	145,88	2,68	9,72	30.122,25
600-700	650	44,64	190,52	2,97	12,69	29.013,40
500-600	550	47,75	238,26	3,18	15,87	26.259,75
400-500	450	72,73	310,99	4,85	20,72	32.729,85
300-400	350	75,51	386,50	5,03	25,75	26.428,15
200-300	250	196,79	583,30	13,11	38,86	49.198,25
100-200	150	202,51	785,81	13,49	52,35	30.377,10
80-100	90	68,78	854,59	4,58	56,93	6.189,84
60-80	70	100,20	954,79	6,68	63,61	7.014,28
40-60	50	198,12	1.152,91	13,20	76,81	9.905,80
20-40	30	296,01	1.448,91	19,72	96,53	8.880,18
0-20	10	52,09	1.501,00	3,47	100,00	520,89
Total	-	1.501,00	-	-	-	366.548,64
Elevação média	244,20	-	-	-	-	-



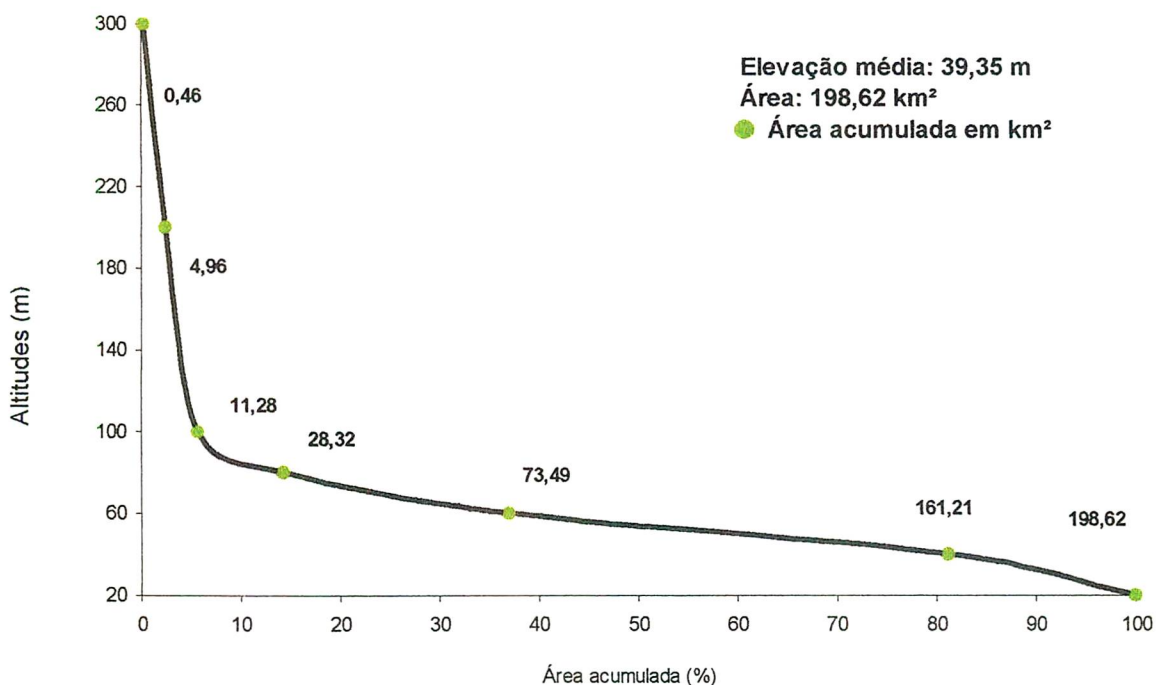
Fonte: Santa Catarina (1997c), modificado.

Figura 04: Curva hipsométrica do subsistema do rio Mãe Luzia estabelecida entre as cotas: a) 0 e 1500 metros; b) 500 e 1500 metros, c) 200 e 1500 metros e d) 20 e 200 metros

TABELA 3

DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO MÉDIA DO SUBSISTEMA DO RIO DOS PORCOS, BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SUL DE SANTA CATARINA, ESTABELECIDO ENTRE AS COTAS 20 E 300 METROS

cotas (m)	cota média (m) (B)	área (km ²) (C)	área acumulada (km ²)	%	% da área acumulada	(B) x (C)
200-300	250	0,46	0,46	0,23	0,23	114,00
100-200	150	4,51	4,96	2,27	2,50	675,75
80-100	90	6,32	11,28	3,18	5,68	569,07
60-80	70	17,03	28,32	8,57	14,26	1.192,17
40-60	50	45,17	73,49	22,74	37,00	2.258,60
20-40	30	87,73	161,21	44,17	81,17	2.631,78
0-20	10	37,41	198,62	18,83	100,00	374,10
Total	-	198,62	-	-	-	7.815,47
Elevação média	39,35	-	-	-	-	-



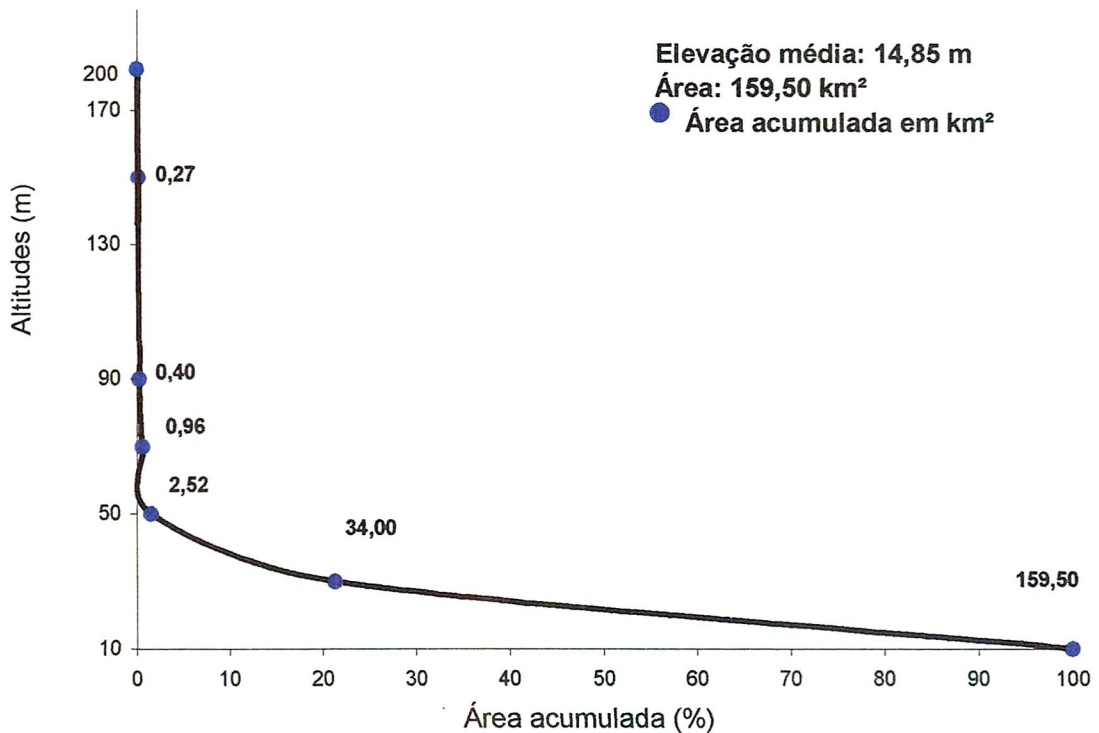
Fonte: Santa Catarina (1997c), modificado.

Figura 05: Curva hipsométrica do subsistema do rio dos Porcos estabelecida entre as cotas 20 a 300 metros.

TABELA 4

DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO MÉDIA DO SUBSISTEMA DO BAIXO VALE DO RIO ARARANGUÁ, BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SUL DE SANTA CATARINA, ESTABELECIDO ENTRE AS COTAS 10 E 200 METROS.

cotas (m)	cota média (m) (B)	área (km ²) (C)	área acumulada (km ²)	%	% da área acumulada	(B) x (C)
100-200	150	0,27	0,27	0,17	0,17	41,10
80-100	90	0,13	0,40	0,08	0,25	11,34
60-80	70	0,56	0,96	0,35	0,60	39,48
40-60	50	1,56	2,52	0,98	1,58	77,85
20-40	30	31,48	34,00	19,74	21,32	944,40
0-20	10	125,50	159,50	78,68	100,00	1.254,97
Total	-	159,50	-	-	-	2.369,14
Elevação média	14,85	-	-	-	-	-



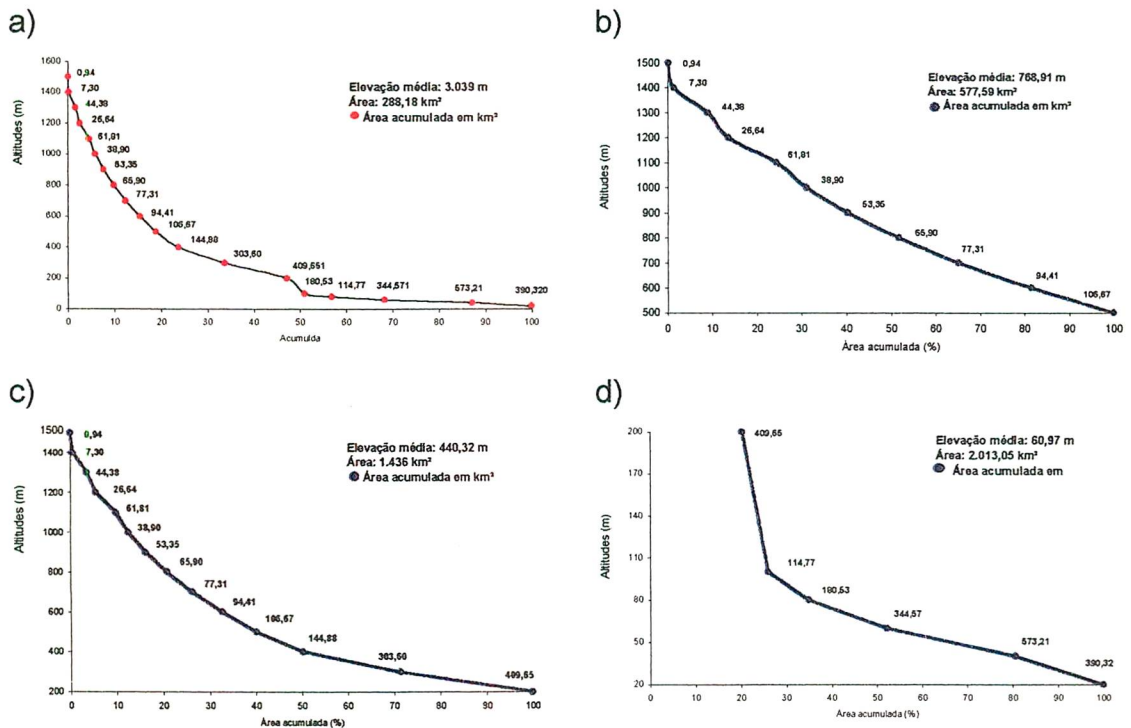
Fonte: Santa Catarina (1997c), modificado.

Figura 06: Curva hipsométrica do subsistema do Baixo Vale do Rio Araranguá estabelecida entre as cotas 0 e 200 metros.

TABELA 5

**DETERMINAÇÃO DA ELEVAÇÃO MÉDIA DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ,
SUL DE SANTA CATARINA, ESTABELECIDO ENTRE
AS COTAS 0 E 1500 METROS.**

cotas (m)	cota média (m) (B)	área (km ²) (C)	área acumulada (km ²)	%	% da área acumulada	(B) x (C)
1400-1500	1450	0,94	0,94	0,03	0,03	1.365,90
1300-1400	1350	7,30	8,24	0,27	0,30	9.848,25
1200-1300	1250	44,38	52,61	1,73	2,03	55.470,00
1100-1200	1150	26,64	79,25	2,61	4,64	30.631,40
1000-1100	1050	61,81	141,06	4,64	9,28	64.902,60
900-1000	950	38,90	179,96	5,92	15,20	36.955,95
800-900	850	53,35	233,31	7,68	22,88	45.343,25
700-800	750	65,90	299,20	9,85	32,73	49.422,00
600-700	650	77,31	376,52	12,39	45,11	50.253,45
500-600	550	94,41	470,92	15,50	60,61	51.923,30
400-500	450	106,67	577,59	19,01	79,62	48.001,50
300-400	350	144,88	722,47	23,77	103,39	50.706,95
200-300	250	303,60	1.026,07	33,76	137,15	75.901,00
100-200	150	409,65	1.435,72	47,24	184,39	61.447,05
80-100	90	114,77	1.550,49	51,02	235,41	10.329,39
60-80	70	180,53	1.731,02	56,96	292,37	12.636,89
40-60	50	344,57	2.075,59	68,30	360,66	17.228,65
20-40	30	573,21	2.648,80	87,16	447,82	17.196,39
0-20	10	390,32	3.039,13	100,00	547,82	3.903,23
Total		3.039				693.467,15
Elevação média da bacia	228,18					



Fonte: Santa Catarina (1997c), modificado.

Figura 07: Curva hipsométrica da bacia do rio Araranguá estabelecida entre as cotas:0 e 1500 metros; b) 500 e 1500 metros, c) 200 e 1500 metros e d) 20 e 200 metros. Em vermelho estão representadas os valores acumulados das áreas em km².

O índice de sinuosidade para os cursos d'água da bacia do rio Araranguá é de 47% em média, indicando que seus rios de uma maneira geral são sinuosos. Entretanto, esse índice calculado a partir das cartas topográficas do IBGE, com escala 1:50.000 (Santa Catarina, 1997c), não reflete a realidade atual uma vez que vários trechos dos rios foram retificados com o objetivo de aumentar a velocidade de escoamento, minimizar os problemas de cheias, desviar e controlar os cursos d'água para facilitar adução de água para a cultura de arroz, rebaixar o nível do lençol freático, entre outros.

O uso da engenharia cartesiana¹ aplicada aos canais da bacia é uma prática comum e pode ser visualizado em vários rios, como no exemplo da figura 08 que demonstra a retificação do rio dos Porcos, cujo objetivo era drenar as áreas de banhado natural para favorecer o plantio de arroz. Mudou-se o canal muito sinuoso para retilíneo, sem a preocupação de se avaliar o contexto em que o rio encontrava-se inserido, pois além do seu baixo vale encontrar-se sob a influência do estuário, existe a presença de turfeiras que contribuem para a formação de ambientes especiais.

O canal do rio Araranguá no trecho compreendido entre a cidade homônima e a sua foz, apresenta sinuosidade com tendência a meandramentos. Entretanto, sua sinuosidade foi maior no passado, uma vez que se observam vários meandros abandonados, principalmente na área à direita do canal atual, a leste da cidade de Araranguá.

A tabela 06 apresenta os dados de vazão média (m^3/s), específica ($L/s/km^2$) e a vazão média e específica com a média das mínimas de 7 dias consecutivos com tempo de recorrência de 10 anos ($Q_{7,10}$) obtidos junto ao DNAEE, para as estações fluviométricas na bacia do rio Araranguá. O mapa de hidrografia, apresenta a localização das estações fluviométricas.

¹ O substantivo "cartesiano" tem sido aplicado para designar métodos que procuram respostas aos problemas sem se preocupar com o contexto geral; se preocupa com as partes e não com o todo. Aqui foi utilizado para representar o uso de obras de engenharia cujo resultado é a retificação de cursos d'água

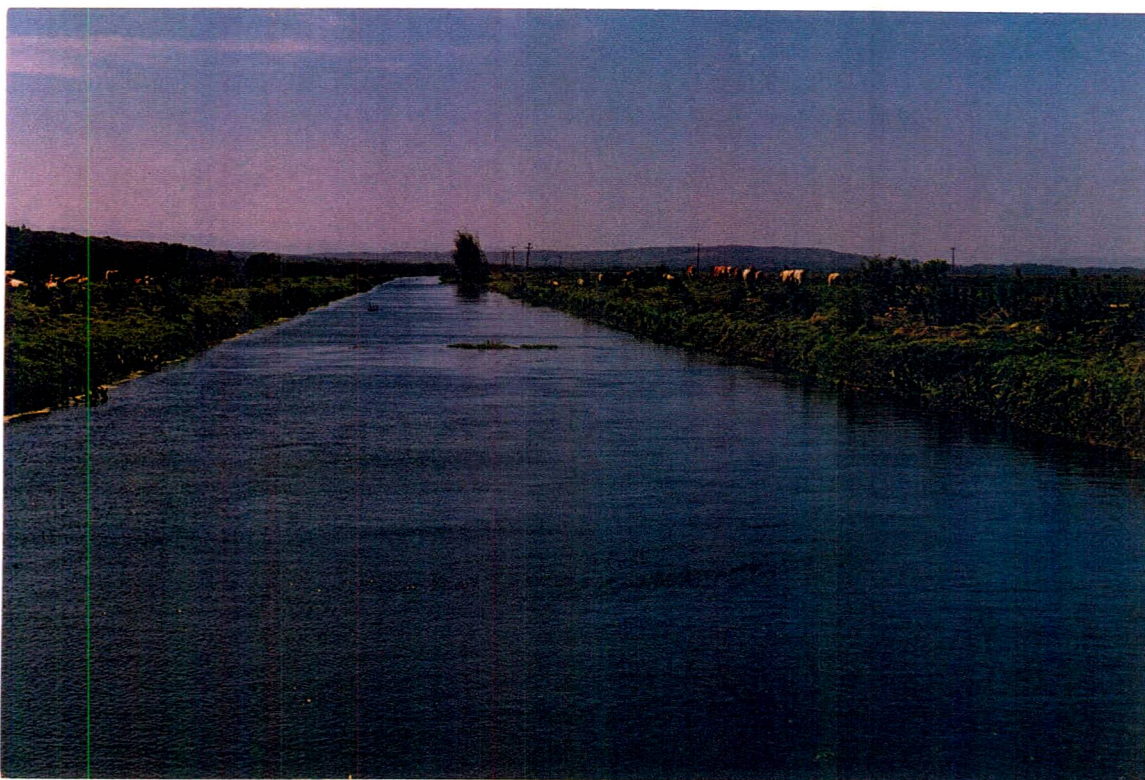


Figura 08: Uso da “engenharia cartesiana” no rio dos Porcos, onde originalmente a sinuosidade do canal impedia, parcialmente, o avanço das águas da maré alta. Observam-se a planície aluvial do rio dos Porcos, freqüentemente utilizada para o plantio de arroz irrigado e a presença de gado na área de domínio da vegetação ciliar.

Os postos fluviométricos localizam-se em cotas inferiores a 50 metros, registrando os índices correspondentes à área da planície da bacia hidrográfica do rio Araranguá, que reúne a contribuição de vários rios. Entretanto, deve-se considerar que muitas das questões hidráulicas geradas pelo desnível das escarpas sob a ação das chuvas, os índices pluviométricos nessas áreas e, questões hidrológicas como a infiltração e a evaporação nos trechos a montante das estações não estão sendo considerados, como também não são consideradas as captações e usos não consuntivos realizados pela população.

TABELA 06

DADOS DE VAZÃO MÉDIA E ESPECÍFICA EM ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS EXISTENTES NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SUL DE SANTA CATARINA, ONDE Q=VAZÃO

Localização	Área (km ²)	Q específica L/s/km ²	Q média m ³ /s	Q _{7,10} específica (L/s/km ²)	Q _{7,10} média (m ³ /s)
Rio Araranguá, em Araranguá	2.366	36,94	87,40	1,80	4,26
Rio Itoupava, em Turvo	1.088	36,94	40,19	1,80	1,96
Rio Manuel Alves, entre Meleiro e Maracajá	544	38,95	21,19	0,93	0,51
Rio Mãe Luzia em Forquilha	471	26,98	12,71	0,89	0,42

Fonte: Santa Catarina (1997a)

Para avaliar a interação entre as características climáticas e as condições das águas da bacia, necessita-se primeiramente, conhecer vários fatores que segundo Back (1999), influenciam o clima de uma determinada área, entre eles: continentalidade, latitude, altitude, massas de ar, correntes oceânicas e radiação solar. Esses fatores condicionam a magnitude e variação dos componentes climáticos como temperatura, precipitação, velocidade do vento, umidade e pressão atmosférica que, por sua vez, definem o tipo climático.

Ainda de acordo com este autor, para o estudo do clima necessita-se de longas séries de dados dos diversos componentes climáticos. No sul de Santa Catarina a estação climatológica com maior série de dados e com maior número de observações é a estação meteorológica de Urussanga, já descrita anteriormente. Salienta-se que esta se encontra numa bacia hidrográfica que não recebe contribuições das escarpas da Serra Geral, o que faz com que seus rios tenham um comportamento diferente daqueles localizados na área de estudo.

Existem outras estações meteorológicas no sul do estado, porém com menor número de aparelhos e com menor série de dados. A estação

meteorológica de Araranguá foi aberta em 1928 e fechada em 1980 sendo novamente reaberta em dezembro de 1994. A estação meteorológica de Turvo foi aberta em 1980. Com referência aos dados de precipitação existem uma série de postos pluviométricos da rede do DNAEE (hoje ANEEL) localizados em vários municípios (Back, 1999), porém cabe salientar que nenhum desses postos situa-se na escarpa da Serra Geral ou em área mais próxima a ela.

A tabela 07 apresenta valores médios mensais dos componentes climáticos registrados em Urussanga (Back, 1997). Os dados de precipitação pluviométrica se referem ao período de 1949 a 1996, e para as demais variáveis foram utilizadas as séries de dados registradas no período de outubro de 1980 a dezembro de 1996.

Nas tabelas 08 a 09 são apresentados os valores médios mensais das variáveis meteorológicas registradas na estação de Araranguá e de Turvo.

O clima do Sul Catarinense, caracteriza-se como mesotérmico úmido (SEPLAN, 1989), com umidade relativa média do ar em torno de 80% e insolação variando de 2.000 a 2.200 horas anuais (AMESC, 1997). A temperatura média anual é de 15 a 19,3°C, permanecendo a temperatura média das mínimas entre 12,0 e 15,1°C e das máximas entre 23,4 a 25,9 °C (EPAGRI, 1999). As maiores temperaturas ocorrem a Leste, próximo ao litoral, diminuindo gradativamente em direção ao Oeste.

O litoral sul do estado apresenta-se com precipitação total anual variando entre 1.220 e 1.660 mm, com 98 a 150 dias de chuva (EPAGRI, 1999). A precipitação está bem distribuída durante o ano devido às características do relevo e à atuação da Massa Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica, que por sua constância fazem com que não ocorra uma estação seca (Santa Catarina, 1986).

Nas tabelas 07 a 09 são apresentados os valores médios mensais de evapotranspiração para Urussanga, Araranguá e Turvo. Observa-se que os valores são máximos no verão e mínimos no inverno, sendo que para a estação de Urussanga, os meses de novembro apresentam-se com valores de

TABELA 07

VALORES MÉDIOS MENSAIS DOS COMPONENTES CLIMÁTICOS REGISTRADOS NA ESTAÇÃO LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE URUSSANGA, ALTITUDE DE 48,2 METROS, NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUSSANGA, DURANTE O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 1949 A 1996 PARA PRECIPITAÇÃO E ENTRE 1980 A 1996 PARA AS DEMAIS VARIÁVEIS (BACK, 1997, ADAPTADO POR BACK, 1999, MODIFICADO)

Variável	Mês do ano												média anual	total anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temperatura media (°C)	24,0	24,0	22,7	20,4	17,0	14,5	14,1	14,4	16,5	18,3	20,9	22,6	19,1	
Precipitação (mm)	200,1	201,8	174,8	99,1	94,2	81,8	95,5	112,8	129,5	130,4	119,2	154,3	132,8	1593,5
Evapotranspiração (mm)	131,9	116	108,9	82,0	62,9	51,0	57,1	70,8	84,6	112,2	126,1	135,4		1138,9
Balanço hídrico	68,2	85,8	65,9	17,1	31,3	30,8	38,4	42,0	44,9	18,2	-6,9	18,9		454,6

TABELA 08

VALORES MÉDIOS MENSAIS DOS COMPONENTES CLIMÁTICOS REGISTRADOS NA ESTAÇÃO METEREOLÓGICA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ, ALTITUDE DE 12,3 METROS, NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ. ANO DE ABERTURA DA ESTAÇÃO: 1928 (SANTA CATARINA, 1997, ADAPTADO POR BACK, 1999, MODIFICADO)

Variável	Mês do ano												média anual	total anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temperatura Média (°C)	23,4	23,4	22,4	19,7	17,1	15,2	14,3	15,3	16,7	18,6	20,5	22,3	19,1	
Precipitação (mm)	125,2	128,3	126,3	88,1	76,4	85,9	75,9	104,0	133,7	107,9	89,9	75,7		1217,3
Evapotranspiração (mm)	136,0	116,0	114,0	71,0	53,0	39,0	35,0	46,0	54,0	73,0	95,0	130,0		962,0
Balanço hídrico (mm)	-10,8	12,3	12,3	17,1	23,4	46,9	40,9	58,0	79,7	34,9	- 5,1	- 54,3		

TABELA 09

VALORES MÉDIOS MENSAIS DOS COMPONENTES CLIMÁTICOS REGISTRADOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE TURVO, ALTITUDE DE 28 METROS, NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ (SANTA CATARINA, 1997, ADAPTADO POR BACK, 1999, MODIFICADO).

Variável	Mês do ano												média anual	total anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Temperatura Média (°C)	24,8	25,4	24,4	21,1	18,9	16,0	15,6	17,0	17,8	20,0	22,5	23,5	20,6	
Precipitação (mm)	225,5	168,2	161,9	122,6	94,0	144,6	145,9	142,1	166,4	164,7	174,1	158,0		1868,0
Evapotranspiração (mm)	146,0	135,0	127,0	77,0	61,0	39,0	38,0	50,0	60,0	79,0	119,0	137,0		1068,0
Balanço hídrico (mm)	79,5	33,2	34,9	45,6	33,0	105,6	107,9	92,1	106,4	85,7	55,1	21,0		

evapotranspiração acima dos valores de precipitação, indicando déficit hídrico. Os dados obtidos na estação de Araranguá, revelam déficit hídrico nos meses compreendidos entre novembro e janeiro. Já aqueles registrados na estação de Turvo, evidenciam valores de precipitação pluviométrica sempre acima dos valores da evapotranspiração, comprovando a maior ocorrência de chuvas nos setores mais próximos das escarpas da Serra Geral (Back, 1999).

A pluviosidade geralmente é menor próximo ao mar (tabela 8), sendo os maiores valores observados próximos à escarpa da Serra, tabela 9. Essa variação se explica em parte pelo efeito da orografia na origem das chuvas.

A evapotranspiração potencial refere-se à quantidade de água necessária para cobrir as perdas por evaporação e transpiração de uma área coberta por vegetação verde, de porte baixo, sem restrições de umidade. Os valores de evapotranspiração estão diretamente relacionados com os dados de temperatura, umidade do ar, insolação e velocidade do vento. Eles evidenciam as relações entre as condições de cobertura vegetal da área, de umidade no solo, de presença de água e de vapor na atmosfera, este necessário para a precipitação de chuvas. Também têm relação com as características de altitude e elevação média das bacias (Back, 1999).

Duarte (1995) diz que a morfologia da bacia do rio Araranguá compreende também os divisores de água com elevações circundando a planície constituindo a oeste as escarpas em altitudes superiores a 1.000 metros. Essas características exigem estações meteorológicas no sopé das escarpas e outras no plano sedimentar mais interno. A mesma autora cita o exemplo aplicado à bacia do rio Mampituba, ao Sul da bacia do rio Araranguá, quando a SUDESUL, com interesse nos solos orgânicos (turfeiras) daquela bacia, instalou durante 8 meses em 1977/78, sete estações com pluviômetros e pluviógrafos, justamente na área do sopé da escarpa da Serra Geral e na área do plano sedimentar “...os dados mostraram que a área do sopé da Serra Geral apresenta os maiores índices pluviométricos, evidenciando o papel da escarpa nas chuvas orográficas” (Duarte, 1995:13).

Pellerin *et al.*, (1997) também alertam para esse fenômeno quando se referem à catástrofe de dezembro de 1995, afirmando que os índices pluviométricos registrados nas sedes municipais de Jacinto Machado e Timbé do Sul não foram suficientemente altos para explicar os fenômenos de deslizamentos e enchentes registrados. Duarte (1995) conclui que no extremo sul catarinense há insuficiência de estações meteorológicas e, em consequência, de dados que permitam compreender as características climáticas locais.

Para Back (1999), o estudo detalhado do clima e sua variação no extremo sul catarinense, torna-se difícil devido a alguns fatores, entre os quais: 1) a baixa densidade de estações meteorológicas na região, sendo que algumas estações apresentam séries de dados muito curtas e com muitas falhas; 2) ausência de registros de alguns elementos climáticos como a pressão atmosférica; 3) a baixa qualidade de alguns dados, como a velocidade e direção do vento, onde não existem aparelhos registradores, sendo coletados somente valores pontuais referentes às leituras da 9:00, 15:00 e 21:00 hs.

Por essa razão, os dados da estação meteorológica de Urussanga, por ser a mais completa do extremo sul do estado, são utilizados como base para projetos realizados na bacia do rio Araranguá, inclusive para a barragem do rio São Bento, e aqui cabe a crítica de que não há preocupação com as características climáticas da bacia, que registra até duas enchentes de maiores proporções a cada 5 anos (Santa Catarina, 1997 a), e com as questões relacionadas à escassez de água que trarão sérias consequências sobre o desenvolvimento local e regional.

Ainda de acordo com Back (1999), o estudo da frequência de ocorrência de ventos, principalmente de ventos fortes, é importante no planejamento das atividades agrícolas. No presente estudo, esses dados serão utilizados para facilitar o entendimento da dinâmica da maré e sua influência no baixo rio Araranguá.

A direção predominante do vento é aquela com maior frequência e que está sujeita muitas vezes à interferência do relevo. A localização da estação meteorológica tem papel importante no tipo de dado registrado, principalmente em

sua relação com os centros de pressão atmosférica, sofrendo também influências dos obstáculos naturais junto ao solo. Nas localidades litorâneas ocorre predominância de direções de ventos aproximadamente perpendiculares ao litoral, em decorrência das brisas locais. (Back, 1999)

Na figura 09 encontram-se representadas as freqüências relativas da direção do vento em cada trimestre do ano, cuja distribuição é semelhante em todos os trimestres. Ocorre o predomínio dos ventos de SE (acima de 25 %), seguido por ventos de NE. A menor freqüência observada é de ventos de W (menos de 2 %) seguido por ventos de NW. Os ventos de SE vem do oceano e apesar de estarem relacionados a massas mais frias e mais condensadas, sugerem menor umidade que os de NE que também vêm do oceano, porém em geral transportam muita umidade.

A cobertura vegetal é outra característica importante a ser integrada com os dados de qualidade das águas e hidrológicos afim de possibilitar a análise integrada. Na bacia do rio Araranguá, o processo de ocupação do Sul do estado, a exemplo de outras áreas, historicamente está associado à ocupação das florestas com a finalidade de permitir o uso do solo para atividades agro-pastoris e assentamentos urbanos. Mais tarde, o desflorestamento teve por objetivo a exploração de recursos naturais para obtenção de matérias-primas industriais, como argilas para as cerâmicas e olarias, por exemplo, e também para extração de outros materiais utilizados como alternativas energéticas, seja pela utilização da própria madeira ou pela exploração do carvão.

A cobertura vegetal nativa do extremo sul catarinense, “*era quase na totalidade, representada por Floresta Ombrófila Densa, sendo que se destacavam como espécies econômicas: peroba vermelha, baguaçu, canela-preta, aguai, bicuíba, cedro, ipê amarelo e o palmitero*” (Santa Catarina, 1997a). Essa vegetação originalmente cobria quase a totalidade da bacia do Rio Araranguá (Santa Catarina, 1986), estendendo-se até às margens dos cursos d’água formando a floresta ou vegetação ciliar.

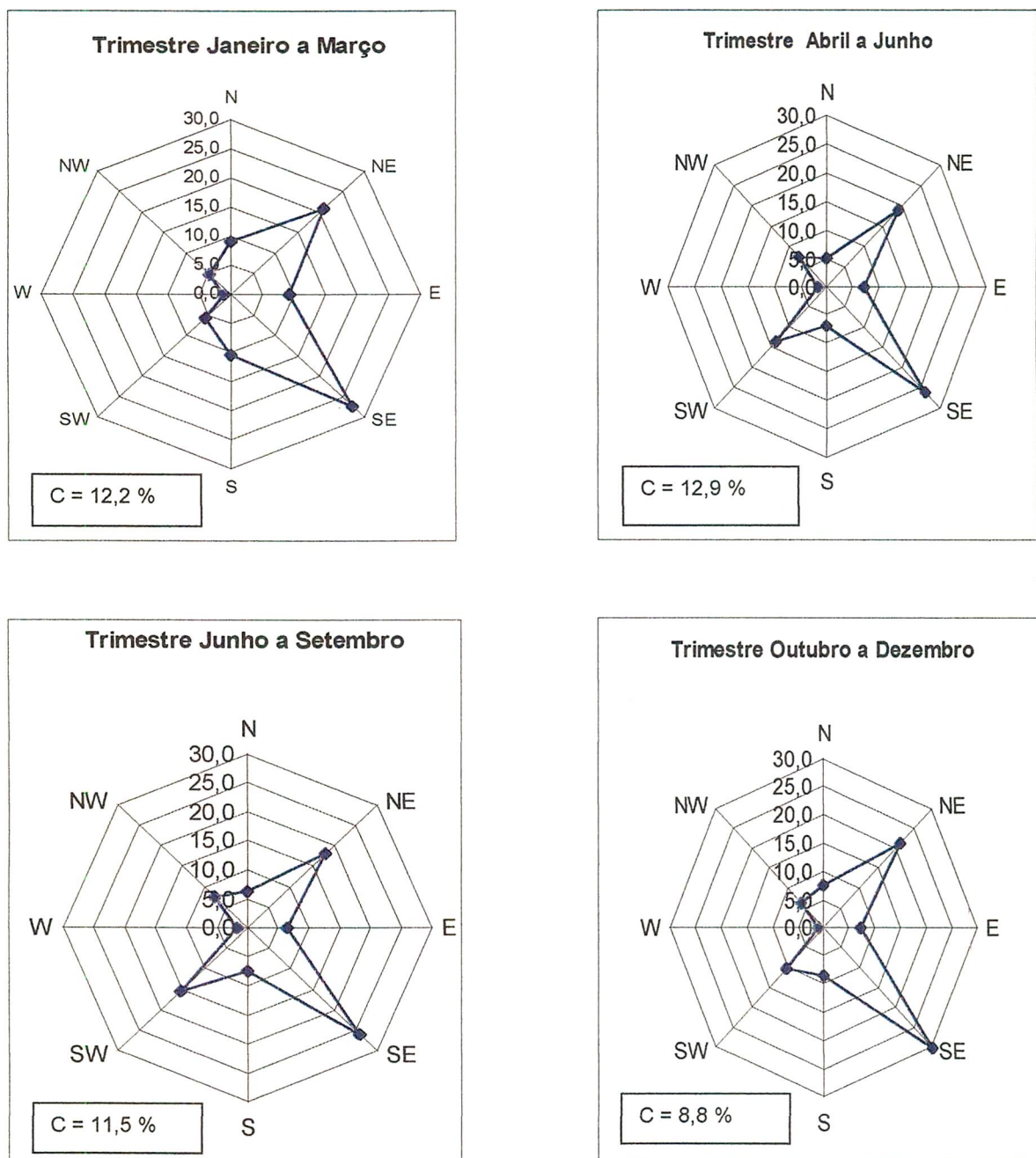


Figura 09: Frequência relativa da direção dos ventos por trimestre, segundo dados observados em Urussanga, SC, no período de 1977 a 1997, onde c refere-se ao período sem vento ou calmo (Back, 1999).

A tabela 10 apresenta os valores de cobertura vegetal no Estado e nas microrregiões compreendidas na bacia do rio Araranguá (FATMA, 1995), onde a vegetação primária e secundária representam o predomínio de vegetação nativa em agrupamentos densos, de característica lenhosa e de portes arbóreo ou

arbustivo. O reflorestamento refere-se às grandes áreas de plantio de eucalipto e pinus. A parcela representada por outros usos refere-se a dunas, campo natural, áreas de cultivo, pastagens, reflorestamento em estágio inicial, área urbanizada e área minerada. A área polarizada por Criciúma representa a área da AMREC, Associação dos Municípios da Região Carbonífera, e a polarizada por Araranguá a da AMESC, Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense (FATMA, 1995).

Tabela 10

Resultados quantitativos, absolutos e percentuais da cobertura vegetal do estado de Santa Catarina, AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera e AMESC – Associação do Município do Extremo Sul Catarinense.

	Floresta primária e secundária		Reflorestamento		Outros	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
Estado	27.774.981	29,14	3.949.019	4,14	63.594.301	66,72
AMREC	555.437	21	595.637	23	1.495.391	56
AMESC	802.367	12	50.175	1	5.642.851	87

Fonte: FATMA (1995)

Vale lembrar que esses dados servem apenas como um referencial para a área da bacia do rio Araranguá, uma vez que as referidas associações incluem municípios que não pertencem à bacia, porém, a falta de definição da política estadual de recursos hídricos aplicada à gestão por bacias hidrográficas faz com que os diversos órgãos públicos realizem seus diagnósticos dividindo o estado segundo distintos critérios, ora por associações de municípios, ora por regiões hidrográficas abrangendo duas ou mais bacias hidrográficas, dificultando os diagnósticos dos recursos existentes em nível de bacia, como é o caso da cobertura vegetal. O diagnóstico adequado da cobertura vegetal da bacia é valioso uma vez que a vegetação representa papel importante no ciclo hidrológico.

Os números relativos à cobertura vegetal da AMREC e AMESC incluem também parques e reservas municipais, estaduais como a Reserva Biológica do Aguai que abrange uma área de 7.762 ha ocupando parte dos municípios de Nova Veneza, Siderópolis e Treviso, e federal como o Parque Nacional da Serra Geral.

Devido ao extrativismo de madeira e à atividade agrícola que tem se caracterizado por ser mantida pela estrutura familiar, o panorama fitoecológico encontra-se bastante alterado, sendo o extremo sul catarinense uma das áreas com menor índice de cobertura florestal do estado, fator esse que associado ao manejo inadequado do solo, traz como consequência a degradação progressiva dos recursos naturais (Santa Catarina, 1986).

Os baixos valores de cobertura florestal nas áreas polarizadas pelos municípios de Criciúma (AMREC - Associação dos Municípios da Região Carbonífera) e Araranguá (AMESC – Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense), podem ser explicados pelo uso intensivo de lenha e carvão vegetal pelas olarias e indústrias ceramistas, bem como pela utilização da madeira como escoras para as galerias das minas subterrâneas de carvão (FATMA, 1995).

Com isso os remanescentes da floresta nativa estão localizados quase exclusivamente, no oeste da Bacia do Rio Araranguá, nas escarpas da Serra Geral, onde encontram-se espécies pertencentes à Floresta Ombrófila Densa Montana e Submontana, e em pequenas manchas ao longo da bacia, distribuídos nas propriedades rurais e protegidos pelo Código Florestal Brasileiro, Lei nº. 4.771 de 15/09/1965, que em seu artigo 16 alínea “a” diz: “...as florestas de domínio privado, não sujeitas ao regime de utilização limitada e ressalvadas as de preservação permanente... são suscetíveis de exploração obedecidas as seguintes restrições: a) *nas regiões Leste Meridional, Sul e Centro-Oeste...as florestas nativas, primitivas ou regeneradas, só serão permitidas (a exploração desde que seja em qualquer caso, respeitado o limite mínimo de 20% da área de cada propriedade com cobertura arbórea localizada, a critério de autoridade competente*”. Cabe aqui ressaltar que a Medida Provisória nº. 1.736 de 11/02/1999, faz uma tentativa de incluir nos 20% protegidos legalmente, as áreas

de preservação permanente existentes na propriedade. Lembrando ainda que o Código Florestal estabelece como área de preservação permanente as florestas e demais formas de vegetação natural situadas às faixas marginais (vegetação ciliar) dos cursos d'água, podendo essa variar de 30 a 500 metros, de acordo com a largura do rio. O mapa nº. 2, representa as faixas de mata ciliar, consideradas áreas de preservação permanente, APP, nos principais rios da bacia.

Vale lembrar que a Lei de Crimes Ambientais, Lei 9.605 de fevereiro de 1998, em seu artigo 48, considera crime contra a flora "impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação e, nesse caso, principalmente naqueles localizados em APP's".

A vegetação ciliar é considerada parte integrante do ciclo hidrológico de uma bacia fluvial, desempenhando importantes funções: 1) da estabilização das margens devido ao emaranhado de suas raízes; 2) da ciclagem de nutrientes servindo como tampão e filtro do escoamento superficial ou na absorção do escoamento sub-superficial; 3) impedindo o carreamento de sedimentos o que favorece a manutenção da qualidade das águas; 4) manutenção da ictiofauna; 5) interceptando a radiação solar, contribuindo para a estabilização térmica de pequenos cursos d'água (Lima, 1989, *apud* Zimmermann, 1994).

Reichardt (1989, *apud* Zimmermann, 1994) comenta a importância das florestas ciliares como controladoras hidrológicas de uma bacia fluvial, regulando o fluxo de água superficial e sub-superficial, reduzindo os picos de cheias.

Para o caso do rio Araranguá, a faixa marginal considerada de preservação permanente no seu baixo curso é de 100 metros. Percorrendo-se esse rio da junção do Itoupava com o Mãe Luzia em direção à sua foz, observam-se as irregularidades no que tange à preservação da mata ciliar, encontrando-se nesse domínio, lavouras variadas, indústrias, residências e comércio, como se observa na figura 10. Essa realidade é comumente observada em todos os subsistemas da área de estudo, conforme figura 11.

Durante a enchente de fevereiro de 2000, o agente fiscal da FATMA forneceu a seguinte informação em entrevista à rádio Eldorado: "*o desmatamento no costão (referindo-se às escarpas da Serra Geral) e a falta de mata ciliar fazem*

com que as águas escoem muito mais rapidamente para os rios, ocasionando essas cheias violentas. As APP's não são respeitadas e isso é muito sério numa bacia hidrográfica tão problemática como a do rio Araranguá". (Jairo Viana de Oliveira Jr - programa "Eldorado Total", no dia 15/02/2000, às 18:00horas, discutindo a inundação que ocorria no município de Forquilha).

Na sub-bacia do rio Mãe Luzia, tem-se a agravante da ocupação da faixa marginal em alguns dos seus afluentes pela deposição de rejeitos e estéreis da mineração de carvão (figura 12).



Figura 10: Ocupação urbana em área de preservação permanente, margens do rio Araranguá. Observa-se a coloração característica das águas desse rio em função dos efeitos dos despejos da mineração de carvão localizada a montante e da água do oceano que avança nesse setor do rio que é um ambiente estuarino. Município de Araranguá. Foto cedida pela ONG "Sócios da Natureza", de autoria de Tadeu dos Santos.

Citadini-Zanette (1995) descreve aspectos da Floresta Ombrófila Densa, Mata Atlântica, na microbacia do rio Novo, no município de Orleans, integrante da bacia do rio Tubarão, com o objetivo de indicar espécies para recomposição da mata ciliar. Lista 119 espécies arbóreas, com diâmetro na altura

do peito, DAP, acima de 5 cm. Propõe modelos de recuperação da floresta ciliar com base na sucessão ecológica natural. Os resultados obtidos pela autora devem ser considerados em projetos e programas de recuperação ou conservação da qualidade ambiental que vierem a ser implementados na bacia, visando a melhoria ou quando for o caso, a manutenção da qualidade das águas, uma vez que a vegetação da bacia do rio Araranguá, pertence a mesma formação daquela que ocorre na microbacia do rio Novo.



Figura 11: Plantio de milho em área de preservação permanente, APP, nas margens do rio Manuel Alves, município de Meleiro. Essa cena é freqüentemente observada na bacia do rio Araranguá, principalmente com cultivo de milho e arroz. Observa-se a instabilidade da margem em função da ausência da vegetação ciliar. Foto cedida pela ONG “Sócios da Natureza”, de autoria de Tadeu dos Santos.

Ao longo do litoral encontram-se formações vegetais de origem primária denominada de restinga (Santa Catarina, 1997a), importante associação na manutenção das areias litorâneas e auxiliares na infiltração das águas da chuva para a recarga de corpos d’água subterrâneos. A resolução CONAMA nº 261/99 define restinga como um conjunto de ecossistemas costeiros com

comunidades florísticas e fisionomicamente distintas, as quais colonizam terrenos arenosos de origens variadas, formando um complexo vegetacional edáfico e ocupando praias, dunas e depressões associadas, cordões arenosos, terraços e planície.

Com relação ao reflorestamento a área polarizada pelo município de Araranguá apresenta um índice de apenas 1% da área da AMESC, enquanto que a área de Criciúma apresenta um dos maiores índices do estado, com 23% da área da AMREC de matas plantadas, índice este atribuído à necessidade de alternativas energéticas das indústrias oleiras, ceramistas que até pouco tempo utilizavam carvão vegetal, e das estufas para secagem do fumo (FATMA, 1995). Acrescentam-se áreas mineradas a céu aberto, reflorestadas através de projetos de reabilitação ou simplesmente porque encontram-se em processo de recuperação espontânea.



Figura 12: Deposição de rejeitos piritosos e bacias de deposição de finos provenientes do beneficiamento de carvão mineral em área de preservação permanente, margens do Rio Sangão, distrito de Rio Maina, município de Criciúma. A mineração de carvão iniciou nesse local no ano de 1945 e a usina de beneficiamento foi instalada em 1975 (informações do escritório DNPM - Criciúma). Foto cedida pela FATMA, de autoria de Norberto Cidade.

Com relação ao uso da terra, das atividades antrópicas que interagem com a água, duas basicamente, são as principais responsáveis pelos conflitos de uso das águas na bacia do rio Araranguá: a mineração de carvão e a agricultura, principalmente a rizicultura. Os esgotos sanitários e resíduos sólidos domésticos gerados a partir da ocupação antrópica, também são motivos para preocupação na área de estudo. A falta de tratamento dos esgotos sanitários, bem como a disposição inadequada dos resíduos sólidos na maior parte dos municípios da bacia, poderão num futuro próximo comprometer áreas ainda não contaminadas ou agravar as que já encontram-se degradadas. Acrescenta-se a diversidade de indústrias localizadas na bacia, e que se concentram principalmente nos municípios de Criciúma, Araranguá e Içara.

O mapa de qualidade das águas e fontes de poluição (anexo 3) espacializa algumas das principais atividades que interagem com a água na bacia do rio Araranguá, com exceção das atividades agrícolas e de suinocultura.

Pode-se distinguir dois aspectos do impacto ambiental causado pelas atividades de mineração e agricultura: densidade e extensão. Segundo Fonseca (1991), *"...a comparação da mineração com a agricultura permite distinguir com clareza o significado desses aspectos, sendo que na mineração o impacto é muito denso e menos extenso; com a agricultura acontece o inverso, o impacto é pouco denso, porém muito extenso."*

Esse fenômeno pode ser observado na bacia estudada. Embora a mineração, nesse caso, tenha prejudicado intensa e diretamente a qualidade das águas nas sub-bacias dos rios Mãe Luzia e dos Porcos e, indiretamente o rio Araranguá após a sua confluência com o Rio Mãe Luzia, é através da agricultura que se observa uma extensão maior dos danos, quando comparamos as áreas diretamente afetadas. Estes se expressam pela erradicação da vegetação natural, inclusive da mata ciliar, que é substituída pelos cultivos, principalmente de arroz, fumo e milho causando modificação na paisagem e na condição ambiental da bacia.

As terras utilizadas no plantio de arroz irrigado, têm sua capacidade de infiltração reduzida através do trabalho realizado pelas máquinas com esse

objetivo, e não fosse o favorecimento da infiltração através dos inúmeros canais de irrigação que drenam boa parte da área destinada à rizicultura, esse seria outro problema ambiental a ser apontado: a diminuição da recarga dos aquíferos. Por outro lado, a abertura desses canais, muitas vezes, faz com que haja transposição de água entre rios de um mesmo subsistema hídrico, ou até mesmo entre esses.

A diminuição da capacidade de infiltração também ocorre nas cidades, destacando-se Criciúma, onde a impermeabilização da superfície através das construções, calçadas e cobertura asfáltica se dá em praticamente toda a área urbana deste município. Enquanto dentro de um enfoque ambiental, o ideal é que as águas fluam o mais lentamente possível para possibilitar a infiltração, nas cidades, espera-se que as águas escoem rapidamente e sejam esgotadas com rapidez. De acordo com Mota (1988) a qualidade do escoamento superficial urbano é pior quanto mais deficiente for a limpeza pública.

Nas áreas mineradas acontece o inverso, pois o processo de mineração de carvão, tanto nas minas a céu aberto como nas subterrâneas, como se observa em grande parte no subsistema hídrico do Mãe Luzia e em parte do rio dos Porcos, aumenta a capacidade de infiltração devido ao uso de explosivos para a fragmentação das rochas, porém, neste caso, o desencadeamento do processo químico resulta na contaminação das águas superficiais e subterrâneas, que se dá principalmente através da oxidação da pirita.

Na oxidação da pirita, o ácido sulfúrico gerado pela oxidação dos sulfetos, solubiliza os metais presentes no minério e nos rejeitos associados, possibilitando a contaminação dos recursos hídricos superficiais e sub-superficiais (CETESB, 1974; IPH, 1978; ECP, 1982a, b, c, d, e, f; Goethe, 1993; Hedin, 1994; Alexandre e Nosse, 1995; Skousen, 1996; JICA, 1998).

A bacia do rio Araranguá possui aproximadamente 36,7 km² ou 3668 ha de áreas degradadas pela mineração de carvão (JICA, 1998), significando pouco mais de 1% do total da área da bacia, porém, o efeito provocado por essa atividade, em função da instabilidade química de seus resíduos, se faz sentir em quase toda a extensão do rio Mãe Luzia até a foz do rio Araranguá, trazendo

sérios prejuízos ao abastecimento público e industrial, turismo e pesca (UNESC, 1996). Esses prejuízos são sentidos também pela agricultura, sendo que nesse caso, o problema não está apenas nas águas que fluem no canal principal e em alguns de seus afluentes, mas também quando essas inundam as planícies, depositando no solo os detritos transportados pelos rios.

6 A BACIA DO RIO ARARANGUÁ: UM SISTEMA INTEGRADO

Adotando-se a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e intervenção devido ao seu papel integrador, físico, econômico e natural, principalmente no que concerne ao fluxo das águas superficiais, não se pode avaliar os seus recursos ambientais de forma isolada, já que o uso de um recurso pode diminuir a oferta de outro e/ou aumentar a demanda sobre o mesmo (Lanna, 1992).

Exemplo típico desse caso aplicado à bacia do rio Araranguá, pode ser ilustrado na cultura do arroz irrigado, em que a grande área cultivada reflete diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos. Por outro lado, a escassez de água, quantitativa ou qualitativamente, inibe a expansão da cultura de arroz irrigado; acrescenta-se também o fato que os agrotóxicos aplicados podem ter sua ação expandida além do cultivo do arroz, contaminando as águas fluviais e subterrâneas.

Ainda de acordo com Lanna (1992), um modelo de gerenciamento de bacia hidrográfica eficiente no atendimento das demandas do desenvolvimento sustentável terá que adotar uma visão sistêmica das intervenções, que permita o seu planejamento estratégico², evidenciando que a busca de soluções para os problemas ambientais da bacia hidrográfica passa por essa abordagem.

² O autor informa que em geral, o gerenciamento é realizado de forma parcial: ou é uma parcialidade temática, gerencia-se exclusivamente o recurso hídrico; ou é espacial, gerencia-se a água e o solo de pequenas microbacias.

Conforme Branco (1989, *apud* Gama, 1998) a dimensão de um sistema é a de uma organização capaz de funcionar autonomamente, sendo impossível conceber um sistema que não seja capaz de funcionar por si só. O sistema é formado por subsistemas, desde que esses tenham autonomia funcional.

Cada um dos subsistemas possui magnitude espacial e localização geográfica que são dinamicamente relacionadas por fluxos de matéria e energia em busca de uma condição de equilíbrio. Dessa forma, a saída (*output*) de matéria ou energia de um subsistema torna-se a entrada (*input*) para o subsistema de localização adjacente (Christofolletti, 1980).

Marcomin (1996:74) avaliando a ecologia das paisagens na bacia hidrográfica do rio Tubarão, considera que os componentes da paisagem empregados na análise integrada demonstram que nada acontece isoladamente no espaço físico, e que portanto, *“não se pode avaliar um recurso hídrico, sem levar em consideração o efeito gerado às paisagens, uma vez que seu estado exprime o comportamento do homem sobre os espaços”*.

Como mencionado, ao considerar a bacia do rio Araranguá como um sistema, observam-se sete compartimentos definidos por suas diferentes características e que nesse estudo são consideradas como subsistemas em função da homogeneidade da paisagem com que se apresentam. O subsistema das escarpas da Serra Geral, ou das encostas, transfere matéria e energia enquanto o do baixo vale do rio Araranguá recebe matéria e energia dos demais subsistemas e exporta para o oceano, ao mesmo tempo que recebe parte de matéria e energia deste.

O sistema de águas subterrâneas é abordado como estoque ou reservatório de água.

A figura 13 apresenta a distribuição dos setores horizontais na área da bacia, ou dos subsistemas dos rios Itoupava, Mãe Luzia, dos Porcos e do baixo vale do Araranguá. A figura 14 é uma tentativa de demonstrar como os sete subsistemas interagem levando em consideração também alguns dos compartimentos verticais da bacia.

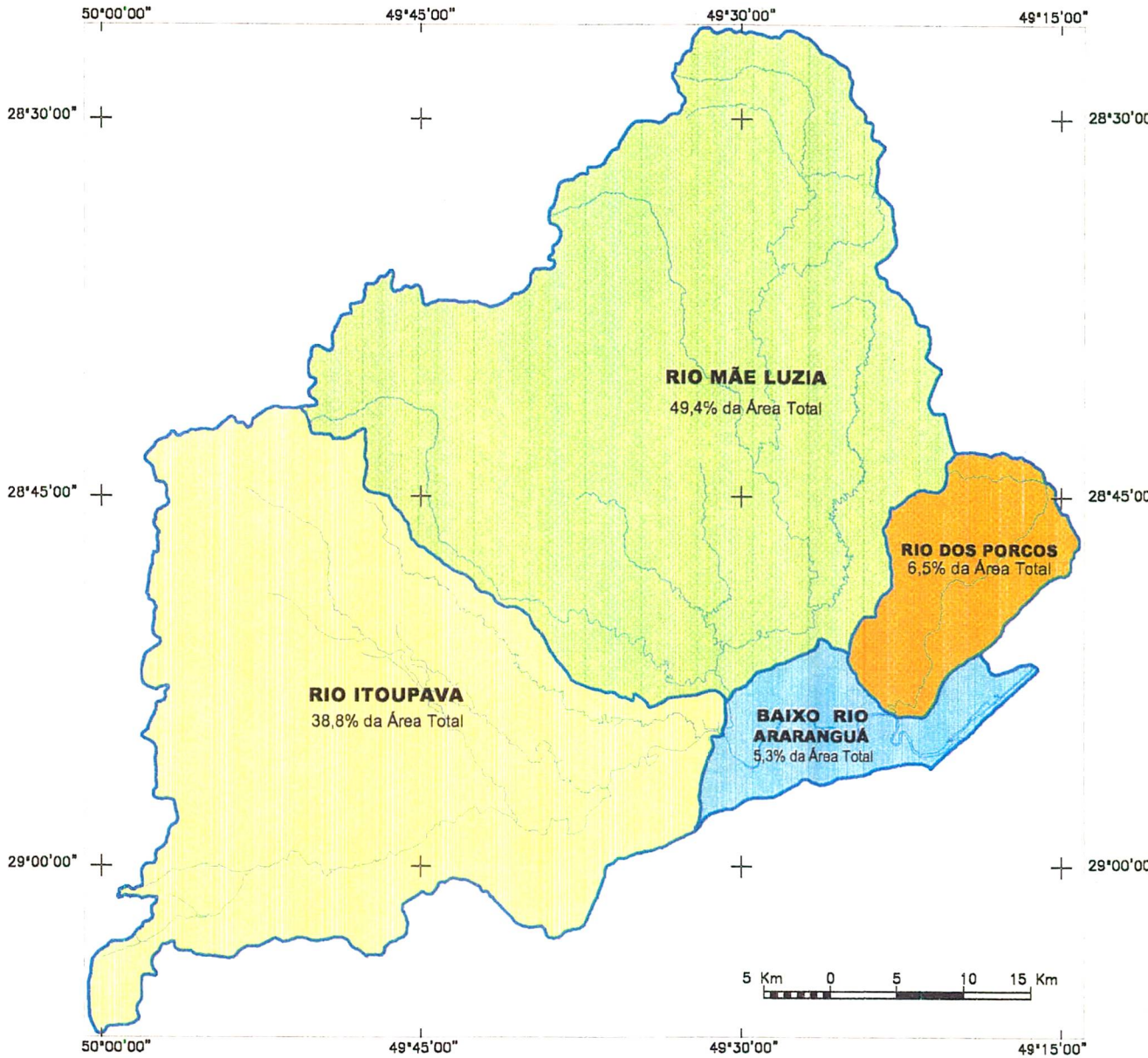


Figura 13: Bacia hidrográfica do rio Araranguá e seus subsistemas, com representação do percentual com que cada um contribui para a formação da área de 3.039 km²

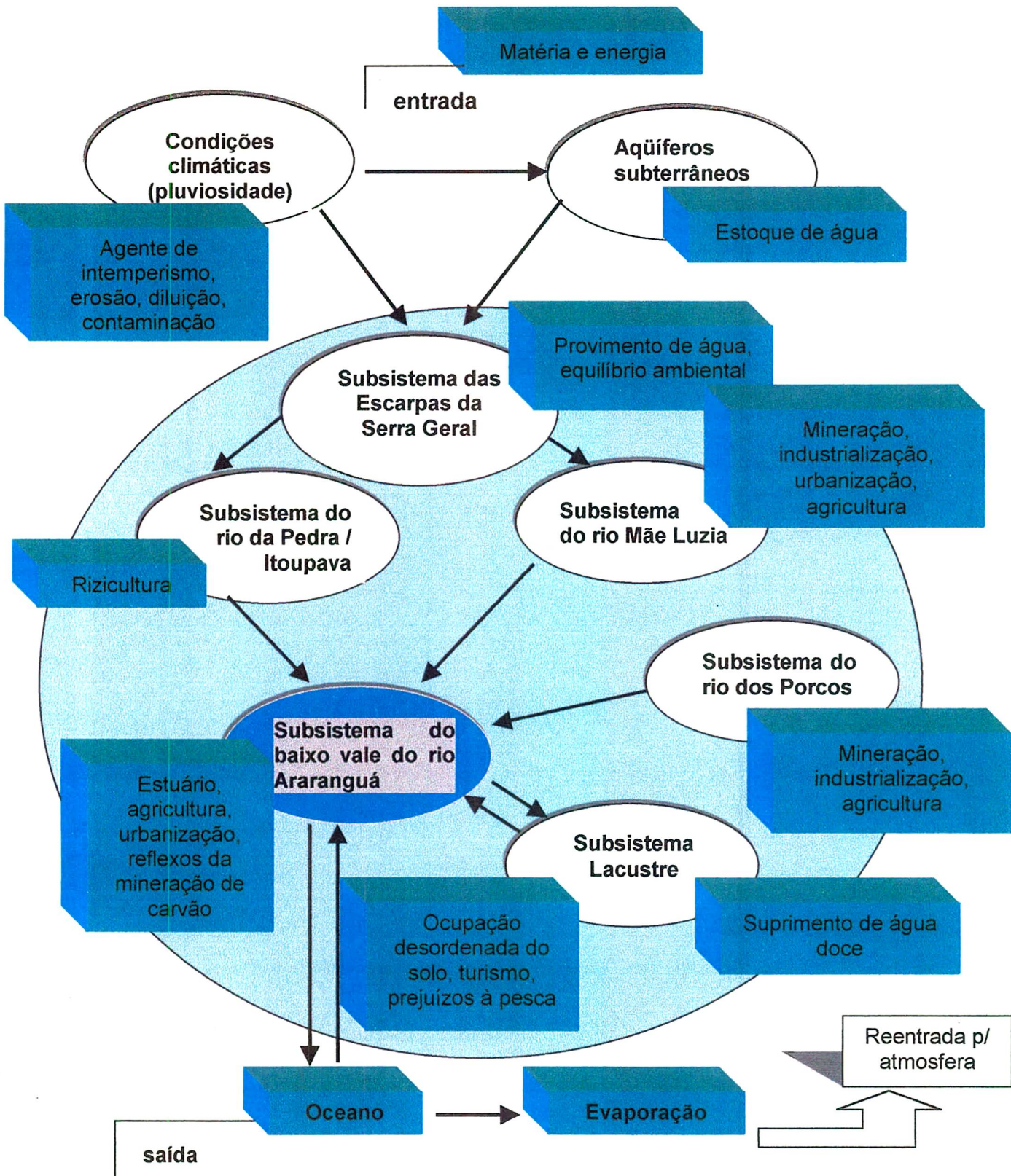


Figura 14: Esquema simplificado demonstrando a compartimentação dos estudos da bacia do Araranguá e suas principais características. Os sentidos das setas indicam a entrada (→) saída de matéria e energia de cada compartimento do sistema.

6.1 A modelização do sistema hídrico do rio Araranguá

Antever em que direção ocorrerá a mudança de um sistema é de interesse não só do ponto de vista acadêmico, quanto do prático. Segundo Sotchava (1977), as prognoses geográficas não são realmente eficientes, embora sempre necessárias, especialmente para elaboração de projetos técnicos e de planejamento (...) eis porque é condição para utilização racional da natureza e obrigatória aos projetos de conservação e otimização do ambiente em torno do homem. Bertrand (1968, *apud* Veado, 1989), considera um desafio para a Geografia a elaboração de modelos para a paisagem. Segundo a interpretação do autor, durante a criação de modelos são exercitados dois campos de excepcional importância: o científico que seria o lado objetivo do modelo, e a paisagem que por ser subjetiva, permanece única.

A figura 15 representa uma primeira tentativa de modelização dos efeitos das principais atividades econômicas no ciclo das águas da bacia que são abordadas neste trabalho, sem a pretensão de ser preditiva. Esta figura pretende facilitar o entendimento do sistema através da comunicação visual, esperando que complemente ou represente mais o sistema, que a própria representação cartográfica, como sugere Monteiro (1996). Para Sotchava (1997), um modelo representa a reflexão sintética regulada do sistema, expressa por meio de símbolos, signos numéricos ou descrições matemáticas, muitas vezes graficamente, o que na aparência exterior assemelha-se a um gráfico.

6.1.1 O subsistema das escarpas da Serra Geral

A categoria encosta é o elemento dominante do relevo, onde se materializam as forças produtivas, ou seja, onde ficam impregnadas as transformações que compõem a paisagem (Cassetti, 1995). Apesar de representados como subsistemas separados, o estudo das nascentes localizadas nas Escarpas da Serra Geral ajudará a entender a dinâmica dos subsistemas subseqüentes (rios), como num sistema de processo – resposta.

Exemplificando essas interdependências, citam-se os resultados preliminares dos estudos de Almeida *et al.*, (1993 *apud* Scheibe, Buss, 1993:401), sobre a pluviosidade, erosividade, vigor do relevo e uso atual do solo no sul catarinense.

“... a regularidade e a perenidade dos rios da Região Sul, dependem diretamente da preservação total da cobertura florestal ainda existente nas áreas com maior vigor do relevo, especificamente a escarpa da Serra Geral e a Serra do Tabuleiro”.

A declividade em aproximadamente 1/3 da área de estudo, como sugerida nas curvas hipsométricas e nos perfis topogeológicos dos canais dos rios da Pedra/Itoupava/Araranguá e do rio Mãe Luzia, conforme figuras 16 e 17, impõe à maioria dos rios da bacia uma alta capacidade erosiva participando da modelagem do relevo. A ocupação antrópica dessas encostas como pode ser observado durante os trabalhos de campo e demonstrado na figura 18, substituindo a vegetação nativa por pastagens ou com plantações de bananeiras, acelera ainda mais o processo erosivo, que já é naturalmente muito atuante nessa bacia.

Scheibe, Buss (1993) alertam que até mais do que a recuperação das áreas degradadas pela mineração do carvão, a prioridade para que se possa aspirar a índices aceitáveis de qualidade ambiental no sul catarinense, é a preservação desses remanescentes florestais.

A capacidade de transporte de materiais: blocos, seixos e matacões, com que se apresentam os rios nas encostas pode ser observada nas figuras 19 e 20. É o intemperismo atuante nesse material, que forma o solo na planície da bacia.

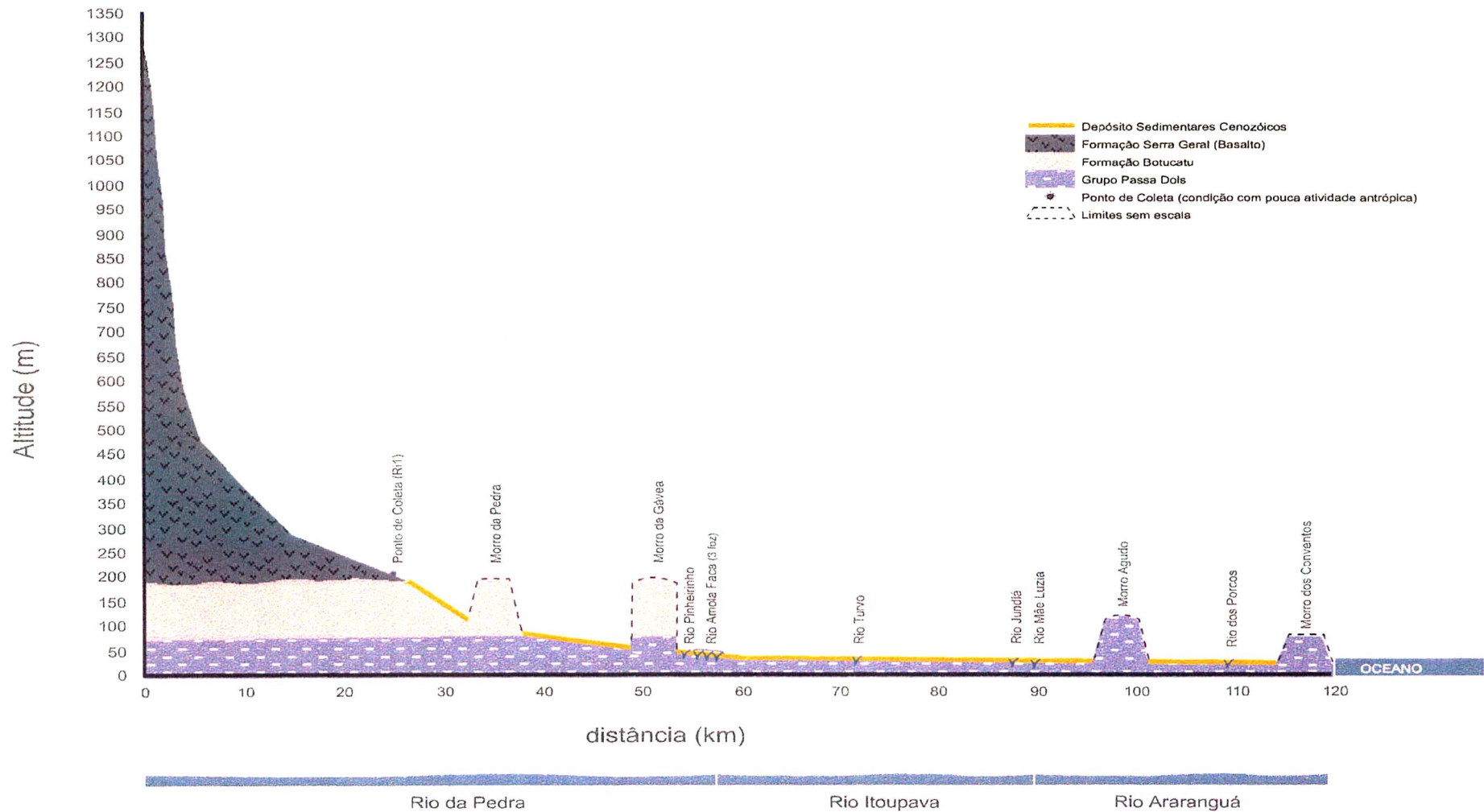


Figura 16: Perfil topogeológico do canal rio da Pedra/Itoupava/Araranguá, realizado a partir dos trabalhos de campo, mapas topográficos do IBGE e mapas geológicos. Dados morfométricos obtido em SANTA CATARINA (1997). Arte gráfica realizada em Corel Draw por MachRatt.

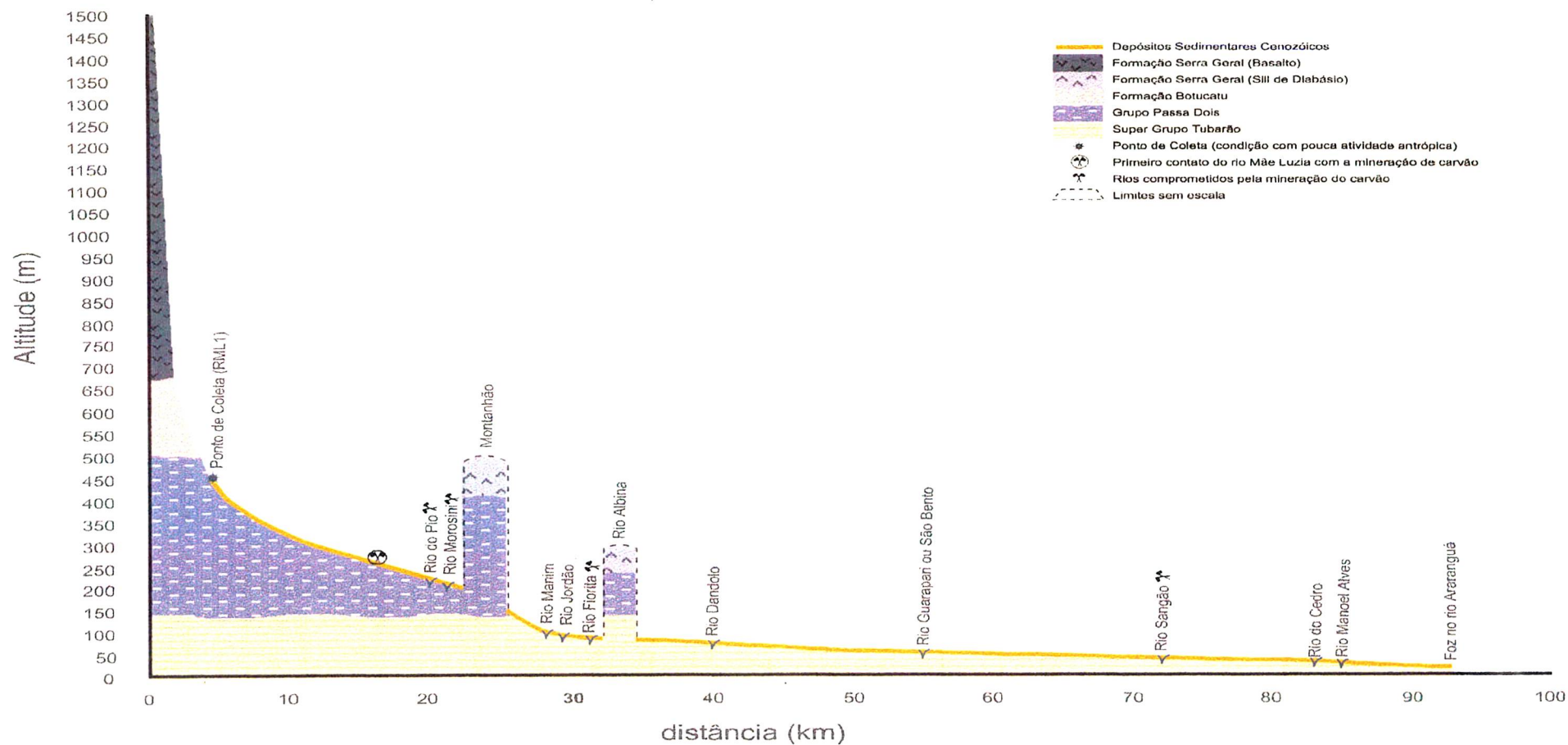


Figura 17: Perfil topogeológico do canal do rio Mãe Luzia, realizado a partir dos trabalhos de campo, mapas topográficos do IBGE e mapas geológicos. Dados morfométricos obtido em SANTA CATARINA (1997). Arte gráfica realizada em Corel Draw por MachRatt.



Figura 18: Plantação de banana em encostas onde estão localizadas algumas das nascentes do rio Pai José, um dos contribuintes do rio da Pedra, município de Jacinto Machado, na lateral direita do vale. Essas não são as nascentes mais distantes, mas também nessas últimas visualiza-se desmatamento e cultivo em vários setores. Foto: Janeiro/2000.

6.1.2 O subsistema do rio da Pedra / Itoupava

Nesse subsistema que abrange também as sub-bacias dos rios Pinheirinho, Amola Faca, Turvo e Jundiá, esses se apresentam em geral com águas em condição de uso segundo a resolução nº. 20 do CONAMA, como classe I e II. Porém, nos períodos que antecedem o plantio do arroz, durante o preparo das *canchas* ou *quadras* de arroz, o volume de sólidos em suspensão transportados pela maior parte dos rios desse subsistema aumenta demasiadamente (Santa Catarina, 1997d). Esse fato aponta dois problemas de ordem ambiental: a perda de solos agricultáveis e o comprometimento desses rios, seja através do assoreamento, do aumento da turbidez e até mesmo pelo arraste de defensivos agrícolas que estavam incorporados ao solo e que possivelmente são carreados.



Figura 19: Local de coleta de amostras de água, com detalhe dos fragmentos de variados tamanhos (blocos, matacões e seixos), transportados pelas cheias. Rio da Pedra, Jacinto Machado. Foto: abril/2000.



Figura 20: Vista parcial da escarpa de Serra Geral, onde se observam as “cicatrices” geradas pelos escorregamentos de materiais e deposição dos mesmos na planície, em função das intensas precipitações pluviométricas de dezembro de 1995, no município de Jacinto Machado. Foto: janeiro de 1996, Foto cedida pela ONG “Sócios da Natureza”, de autoria de Tadeu dos Santos.

O total de área utilizada para o plantio de arroz irrigado nesse subsistema é de aproximadamente 12.706,5 ha (Santa Catarina, 1997e). Back (1998) sugere um consumo de 8.500 a 9.500 m³/ha a cada safra de arroz. Estima-se portanto, para essa área, um consumo de 114,4 milhões de m³ de água por safra.

Convém lembrar que em função do bom preço atingido pela saca de arroz na safra 1998, houve uma expansão da área usada para plantio desse na bacia do rio Araranguá. Em toda a bacia a EPAGRI estima um incremento de 19% na área utilizada para plantio de arroz irrigado no ano de 1999, comparativamente a 1997.

No sub-sistema do rio Itoupava observou-se durante os trabalhos de campo o incremento dessa atividade agrícola com forte pressão sobre áreas de preservação permanente (APP's). A paisagem observada nos meses de novembro e dezembro apresentava-se com pequenas "ilhas de florestas" circundadas pela lavoura de arroz.

Os conflitos de uso da água nesse subsistema, estão relacionados principalmente à pouca disponibilidade de água para o total de área irrigada da lavoura de arroz (Santa Catarina, 1997b). De acordo com a mesma fonte, a disputa e o uso dessas águas pela atividade de rizicultura reflete-se também na qualidade dos recursos hídricos, durante os meses que antecedem a safra, fato esse que limita a sua utilização para fins mais nobres.

Observando-se duas medidas de vazão obtidas no rio Itoupava, próximo à sua confluência com o rio Mãe Luzia, nos dias 25/10/96 e 09/04/97 (Santa Catarina, 1997d), quando obteve-se a vazão de 489.631 L/s na coleta realizada em outubro, em ocasião de cheia e, 14.528 L/s em abril, vê-se que há uma grande variação do volume das águas. Nesse caso, há de se ressaltar que o local situa-se na área de estuário e que além de outros fatores, o regime de maré exerce influência não só nos níveis de água nesse ponto, como também pode interferir na medida de vazão, fornecendo um falso valor em função da variação do fluxo. Por outro lado, não é apenas essa a situação que explicaria tal variação

no volume de água, pois como foi comentado, os rios que possuem seus principais formadores nas escarpas da Serra Geral, apresentam regimes torrenciais.

Isso alerta para a complexidade deste sistema hídrico em que, dependendo das condições, a influência das marés atinge também a foz do rio Jundiá, limitando o uso destas águas para a agricultura. Há de se imaginar que da mesma forma com que a maré impõe seu ritmo nos baixos cursos desse subsistema hídrico, esse também está sob a influência das águas contaminadas pelas atividades de mineração de carvão, através do refluxo das águas dos subsistemas dos rios Mãe Luzia e Araranguá, para dentro do canal do Itoupava e mesmo do rio Jundiá. O mapa nº 3: Qualidade das águas e principais fontes de poluição, em anexo, destaca a área sob influência da maré.

6.1.3 O subsistema do rio Mãe Luzia

Esse subsistema compreende as áreas dos rios Fiorita, São Bento ou Guarapari, Sangão, Manuel Alves, do Cedro e outros.

A sub-bacia do rio Mãe Luzia, onde encontram-se as atividades carboníferas, está comprometida quanto à sua qualidade, praticamente em toda a sua extensão. Nas cabeceiras a água é considerada de ótima qualidade segundo a classificação prevista no IQA – Índice de Qualidade das Águas (Santa Catarina, 1997d), e apresenta condição de uso de acordo com a classe I prevista na Resolução CONAMA 20/86. Porém, a partir das coordenadas geográficas: 28°28'03" LS e 49°27'27" LW, os efeitos negativos da exploração do carvão se sobressaem, tornando as águas do rio Mãe Luzia contaminadas por metais, entre eles manganês, cobre, alumínio, chumbo, arsênio, zinco, entre outros (IPH, 1978; ECP, 1982a; Santa Catarina, 1997b; JICA, 1998; DNPM, 1999). A degradação torna-se ainda mais evidente quando o Rio Mãe Luzia recebe o rio Fiorita que se encontra completamente degradado pela mineração de carvão a céu aberto. A tabela 11 demonstra os dados obtidos no Rio Fiorita a montante e jusante da drenagem de uma lagoa ácida situada na área que devido ao seu aspecto, ficou conhecida como "Paisagem Lunar". Observa-se que a variação do pH ocorre em

0,1 unidade, porém o incremento na concentração dos demais parâmetros deixa clara a influência dessas áreas na qualidade do rio Fiorita.

TABELA 11

DADOS DEMONSTRATIVOS DA INFLUÊNCIA DAS ANTIGAS ÁREAS MINERADAS A CÉU ABERTO³ SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO FIORITA, AFLUENTE DO RIO MÃE LUZIA, BACIA DO RIO ARARANGUÁ. COLETA DAS AMOSTRAS REALIZADAS EM 23/03/99.

Parâmetros	Descrição dos pontos de coleta		
	Rio Fiorita a montante da drenagem das lagoas de águas ácidas formadas pela mineração de carvão a céu aberto.	Rio Fiorita a jusante da drenagem das lagoas de águas ácidas formadas pela mineração de carvão a céu aberto.	Drenagem das lagoas de águas ácidas formadas pela mineração de carvão a céu aberto.
Vazão (m ³ /h)	não determinado	não determinado	640
pH	2,9	2,8	2,7
Acidez total (mg/L)	147	547	1.877
Sulfatos (mg/L)	294	1.074	3.166
Ferro total (mg/L)	12,20	100,00	424,00
Manganês (mg/L)	3,22	8,60	28,00
Alumínio (mg/L)	10,1	39,8	144,0
Zinco (mg/L)	0,22	1,19	5,10

Fonte: UNESCO, 1999 (modificado).

O ambiente degradado pela mineração tem condições de se regenerar. Não se sabe ao certo qual o tempo necessário para isso, porém estima-se que para a recuperação de corpos d'água, 70% do tempo gasto na auto-recuperação

³ Os dados referem-se à lagoa que aparece nas figuras 21 e 22. A figura 23 também destaca a mesma lagoa.

será para elevar o pH da água de 3,2 para 4,2 unidades. Para elevar o pH de 4,2 para 5,2 serão gastos 20% do tempo. Os 10% restantes do tempo total de recuperação servirão para elevar o pH de 5,2 para 6,2 ou mais unidades (ECP,1982e).

As figuras 21 e 22 dão uma noção do tempo necessário para iniciar a regeneração de uma área minerada a céu aberto. A figura 21 representa a paisagem cerca de 25 anos após o término da mineração naquele local, enquanto que a figura 22 representa a situação em 2000, embora a vegetação tenha surgido espontaneamente em meados da década de 90. O raciocínio da ECP (1982e) parece se refletir também na recuperação dos solos. Dessa forma há de se imaginar que o homem pode interferir positivamente nesse processo, auxiliando a natureza a agilizar a primeira etapa da recuperação.



Figura 21: Área minerada a céu aberto pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional, na década de 60, pela dragline Marion. Mina localizada no Campo Vila Funil, cujo aspecto ficou conhecido como “ Paisagem Lunar”, Observa-se total ausência de vegetação. Siderópolis, SC. Foto: 1989, cedida por Adhyles Bortot.



Figura 22: A foto inclui a mesma área da figura 21. Constata-se a presença de vegetação espontânea, cobrindo as pilhas de estéreis da mineração a céu aberto. Foto: agosto de 2000, cedida pela Companhia Carbonífera Rio Deserto.

A figura 23 apresenta a imagem da área onde está inserida a lagoa cujos dados de qualidade da água encontram-se apresentados na tabela 11, com composição colorida dos satélites Landsat (bandas 3, 4 e 5) e banda pancromática do Spot em 27/08/97 e 08/08/98, respectivamente. Naquela imagem destacam-se: 1) em branco, área central do município de Siderópolis; 2) em cinza, os depósitos de rejeitos piritosos da CSN; 3) em azul escuro, a lagoa formada pela mineração a céu aberto; 4) o aspecto serrilhado que contorna a lagoa, é formado pelos cones ou pilhas de estéreis da mineração a céu aberto (figura 19), e que hoje encontram-se revegetados em grande parte (figura 20), demonstrando que a mesma encontra-se em processo de regeneração; 5) circundando a área e recebendo os despejos ácidos que dela provêm, o rio Fiorita, afluente do rio Mãe Luzia.



Figura 23: Imagem de uma das lagoas de águas ácidas formada pela mineração a céu aberto, pela CSN – Companhia Siderúrgica Nacional. A área destacada é conhecida como Campo Vila Funil e/ou Paisagem Lunar com 280 ha minerados a partir do ano de 1962, município de Siderópolis, Santa Catarina. Os números de 1 a 5 e letras a, b e c encontram-se descritas no texto. Fonte: SICAR – Sistema Cartográfico do Sul de Santa Catarina, 1998, modificado.

Atualmente encontram-se em atividade nesta área, três empresas carboníferas: Indústria Carbonífera Rio Deserto, unidade de beneficiamento de carvão e deposição de resíduos sólidos da Mina do Trevo; Carbonífera Belluno e COCALIT – Coque Catarinense Ltda, as duas últimas estão instaladas em área de deposição dos rejeitos de beneficiamento de carvão da CSN (cor cinza da imagem da figura 21) e desenvolvem as atividades de extração e beneficiamento de rejeitos carbonosos.

A partir do ponto cujas coordenadas geográficas são 28°49'40" de LS e 49°26'34" LW, o rio Mãe Luzia recebe o rio Sangão, completamente comprometido pela mineração do carvão, além de receber elevada carga de poluição industrial, deposição de resíduos urbanos e esgotos domésticos, prejudicando, ainda mais, a qualidade daquele rio.

Cabe ressaltar que existem atualmente nesse subsistema seis minas em atividade onde desenvolve-se o método de lavra subterrânea de carvão: 1) Carbonífera Metropolitana, unidade mina Esperança, município de Treviso; 2) Carbonífera Belluno, município de Siderópolis; 3) Indústria Carbonífera Rio Deserto, unidade Mina do Trevo, em Siderópolis, 4) Carbonífera Catarinense, unidade Poço 3, em Criciúma; 5) Carbonífera Criciúma, unidade Verdinho, em Forquilha e 6) COOPERMINAS – Cooperativa dos Trabalhadores de Carvão de Criciúma, em Forquilha. Juntas essas empresas produziram no ano de 1999, 4.484.073 toneladas de carvão bruto ou R.O.M. conforme planilhas de produção do SIECESC – Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina, dos quais 2.553.713 toneladas foram descartadas como rejeitos.

Além dessas, encontram-se neste sistema hídrico, atividades que extraem e rebeneficiam os rejeitos carbonosos provenientes de antigas usinas de beneficiamento, que na época em que operavam, não possuíam bom rendimento. Num total de sete áreas em operação e duas em fase de instalação, essas unidades são apontadas por Alexandre, Boff (1999) como tendo alto potencial de degradação ambiental, com características tão poluentes quanto uma nova atividade mineira e dependendo da localização da área e do seu potencial de

geração de acidez, o licenciamento ambiental dessas atividades deveria ser precedido de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). A figura 24 apresenta a seção de uma área antiga de deposição de rejeitos de beneficiamento, onde atualmente está se procedendo a lavra de rejeitos carbonosos.



Figura 24: Processo de oxidação de rejeito piritoso, onde visualiza-se a tonalidade amarela, possivelmente enxofre elementar. A coloração branca que cobre os rejeitos no plano inferior do depósito referem-se a presença de sais de enxofre, possivelmente, melanterita, forma oxidada do elemento enxofre. Na superfície da bancada do depósito é possível identificar uma camada de aproximadamente 10 cm de espessura, correspondente ao recobrimento do material piritoso. Localidade de São Roque, município de Forquilha. Foto: agosto de 2000 cedida pela FATMA e de autoria de Norberto Cidade.

A tabela 12 apresenta a distribuição das áreas degradadas pela mineração do carvão nos cursos d'água do subsistema do rio Mãe Luzia.

Esse subsistema apresenta também estimados 15.348,4 ha de área de cultivo de arroz irrigado (Santa Catarina, 1997e), o que representa um consumo de água de 138,2 milhões de m³ por safra. Desse total o rio Mãe Luzia, tão comprometido pela poluição do carvão mineral, irriga 1.719,0 ha, o que consome aproximadamente 15,5 milhões de m³ de água nos meses de safra do arroz.

TABELA 12

Áreas degradadas pela mineração de carvão, no subsistema hídrico do rio Mãe Luzia, bacia hidrográfica do rio Araranguá. Dados em ha, distribuídos por curso de água.

Curso de água	Total de Áreas Degradadas	Mineração a Céu Aberto	Depósito de Rejeitos
Morosini/Mãe Luzia (*)	165	165	-
Mãe Luzia	506	319	187
Sangão	1486	46	1440
Pio	50	50	-
Kuntz/Fiorita	52	27	25
Kuntz	222	170	52
Fiorita	627	627	-
Albino	83	83	-
Maina	400	76	324
Maina/Sangão	15	-	15
Total	3606	1563	2043

Fonte: UNESC (1997). (*) área localizada na sub-bacia do rio Morosini, drenando para o rio Mãe Luzia.

No rio São Bento há disputa de uso entre o abastecimento público, a irrigação do arroz e o abastecimento industrial. Com uma vazão insuficiente para a demanda, a barragem do rio São Bento tem sido citada por lideranças locais como a única alternativa viável a médio prazo, capaz de solucionar o problema de falta de água em Criciúma e cidades vizinhas, além de proporcionar uma garantia de abastecimento para a rizicultura. São retirados desse rio 16,9 milhões de m³ de água por safra para irrigar 1875,6 ha de lavouras de arroz.

A demanda de água do rio São Bento encontra-se ilustrada na figura 25. Foram realizadas duas medidas de vazão em três estações de amostragem:

1) localizada no rio São Bento, a montante da captação de água da CASAN para abastecimento de Criciúma, Nova Veneza, Forquilha e Maracajá; 2) no rio São Bento a jusante do ponto descrito em “1”; e 3) no rio Guarapari também a jusante do ponto descrito em “1” (Santa Catarina, 1997e). Os pontos descritos em “2” e “3” na verdade encontram-se localizados no entrelaçamento do rio São Bento, o Rio recebe nesse trecho dois nomes pela divisão dos canais. As medidas de cheia foram obtidas em outubro/96, enquanto as de estiagem em abril/97. Nota-se que o somatório dos pontos localizados a jusante da captação de água da CASAN durante a estiagem, corresponde a pouco mais de 10% do valor de montante, demonstrando a tomada de água nesse rio para os diversos usos citados.

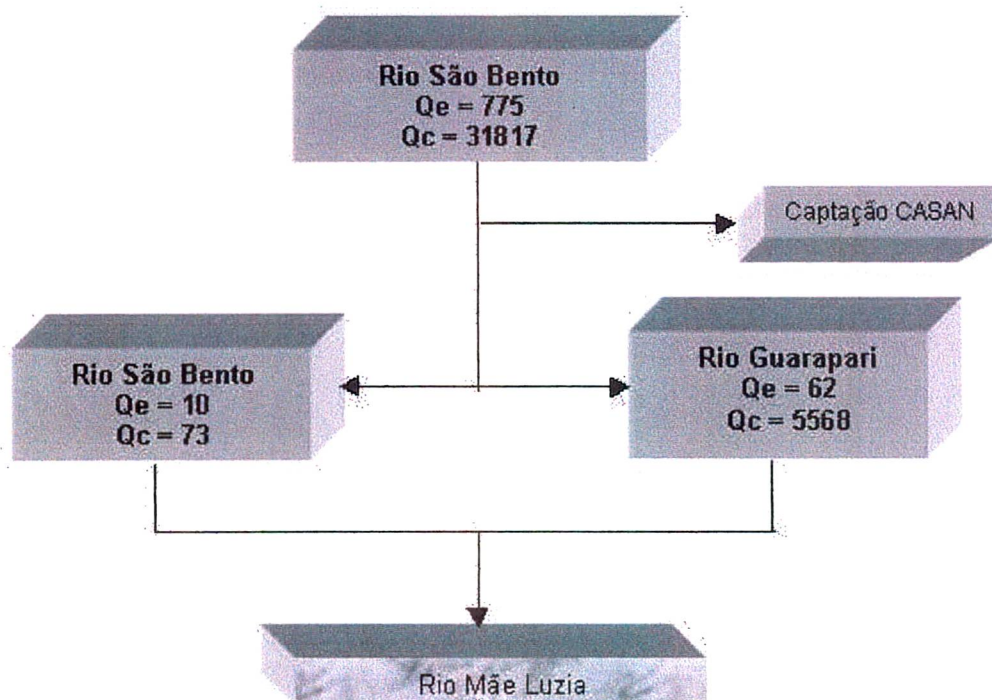


Figura 25: Diagrama demonstrativo de dados de vazão obtidos no rio São Bento/Guarapari, onde Q_e : vazão de estiagem em L/s; e Q_c : vazão de cheia em L/s.

Na verdade o conflito aí instalado tem sua origem na poluição do rio Mãe Luzia pelas atividades ligadas à mineração do carvão. Com maior

disponibilidade de água e com localização favorável, este foi até o ano de 1953 o manancial responsável pelo abastecimento da cidade de Criciúma. A troca para o rio São Bento se deu em razão da poluição do rio Mãe Luzia pelas atividades ligadas à mineração do carvão. Atualmente, são retirados dos rios São Bento/Guarapari de 600 a 700 L/s de água para abastecimento público (Engº Aderlei Porto, técnico da Gerência Regional da CASAN, comunicação pessoal).

Na sub-bacia do rio Manuel Alves localizam-se 6367,4 ha de área cultivada com arroz irrigado distribuídas em 783 propriedades (Santa Catarina, 1997e). Aqui também se observou em trabalhos de campo o aumento da área cultivada na safra de 1999, em função do preço do arroz, a exemplo do subsistema do rio Itoupava.

Nessa sub-bacia se estabelecem sérios conflitos em função do uso da água nos meses que antecedem e durante o plantio de arroz. Estima-se que essa atividade consome 57,3 milhões de m³ de água por safra de arroz.

“O Manuel Alves é o rio mais crítico com relação à disponibilidade de água de todo o vale do rio Araranguá. Em setembro passado só tínhamos água até a barragem⁴. Deste ponto em diante só se via o leito de seixos (...) a EPAGRI está desenvolvendo estudos para transposição de águas para esse rio. O objetivo não é o de aumentar a área irrigada, mas garantir o aumento da produtividade, já que os agricultores contarão com irrigação mais eficiente”. (Técnico Agrícola Nei Zeni, Epagri de Meleiro, comunicação pessoal)

Os estudos de transposição de águas para o rio Manuel Alves que o técnico se refere, diz respeito à construção da barragem do rio Salto, que encontra-se locada no mapa nº 2, em anexo.

O rio do Cedro, outro importante contribuinte desse subsistema possui uma área irrigada para arroz de 1569,8 ha, representando um consumo de água na ordem de 14,1 milhões de m³ de água por safra.

⁴ Refere-se à barragem da COIMEL, Cooperativa de Irrigação de Meleiro, localizada no rio Manuel Alves, em Meleiro.

Em função do atraso no plantio de arroz nessa sub-bacia, observou-se durante os trabalhos de coleta de água realizados no mês de novembro de 1999, a elevada turbidez nas águas do rio do Cedro e seus afluentes.

6.1.4 O subsistema do rio dos Porcos

Com suas principais nascentes localizadas nos municípios de Içara e Criciúma, esse subsistema é formado em áreas sedimentares, apresentando-se com relevo menos acentuado que os demais, como mostra a figura 26. Acrescido da pouca distância da sua principal nascente até a foz do rio dos Porcos no rio Araranguá, faz com que sua área de drenagem seja relativamente pequena e conseqüentemente os poucos rios formadores desse subsistema sejam rios de pequena vazão.

“Esse rio nasce sobre rochas sedimentares, em altitudes abaixo de 100 metros. Pela sua situação geográfica e seu baixo gradiente, ele tem mais da metade de seu perfil longitudinal sobre cotas menores que 20 m, tendo seu baixo curso sobre depósitos lagunares e estuarinos, com nível freático alto, que lhe assegurava forte sinuosidade e fluxo lento, hoje modificados pela retificação do canal.” (Duarte, 1995: 74).

A sub-bacia do Rio dos Porcos drena a zona industrial de Criciúma, através dos córregos Eldorado e Quarta Linha e 62 ha de áreas degradadas pela mineração de carvão, localizadas no município de Içara. Esse subsistema apresenta sérios conflitos de uso de água, uma vez que também concentra a jusante daquela zona industrial, 1340,4 ha de área destinadas ao cultivo de arroz, distribuídas em 19 propriedades, localizadas na planície aluvial do rio dos Porcos. O consumo de água é da ordem de 12,1 milhões de m³ de água por safra, sendo que desse total cerca de 95% são retirados diretamente do canal do rio dos Porcos. Nesse sub-sistema concentram-se algumas das maiores propriedades agrícolas destinadas ao cultivo de arroz irrigado na bacia do rio Araranguá.

Os principais conflitos de uso das águas estão relacionados à qualidade das mesmas, em função da variedade das atividades ali instaladas e que contribuem para a poluição desse rio.

As águas do baixo curso do rio dos Porcos por fazerem parte do complexo estuarino do Araranguá, não são apropriadas para a lavoura em função da quantidade de sais nelas presente. Isso levou os agricultores a construir uma barragem de nível com comporta, próxima à foz desse rio, para evitar o avanço da cunha salina. Cabe salientar que esse problema não era tão relevante quando esse rio apresentava-se com o canal bastante sinuoso, ao contrário de como se apresenta após a retificação do seu canal, conforme já demonstrado na figura 08.

Esse sistema hídrico além de receber contribuição de diferentes tipos de fontes poluidoras, apresenta a sua foz no rio Araranguá, muito próxima à desembocadura desse no oceano, o que sugere que parte da carga de detritos despejada pelo rio dos Porcos, além de se depositar no canal do baixo curso do rio Araranguá, pode ser levada mais facilmente ao oceano sendo ali depositada e distribuída, prejudicando a vida marinha e a atividade turística pelas condições de degradação ambiental que acarreta.

6.1.5 O subsistema do baixo vale do rio Araranguá

O baixo vale do rio Araranguá, que tem seu canal principal funcionando como ambiente estuarino, encontra-se seriamente comprometido pelas atividades localizadas a montante. Para Duarte (1995), o rio Araranguá apresenta regime estuarino, com influência que chega nas proximidades da localidade de Itoupava. O rio Mãe Luzia também é influenciado pelas águas das marés altas que progridem até junto à foz do Manuel Alves.

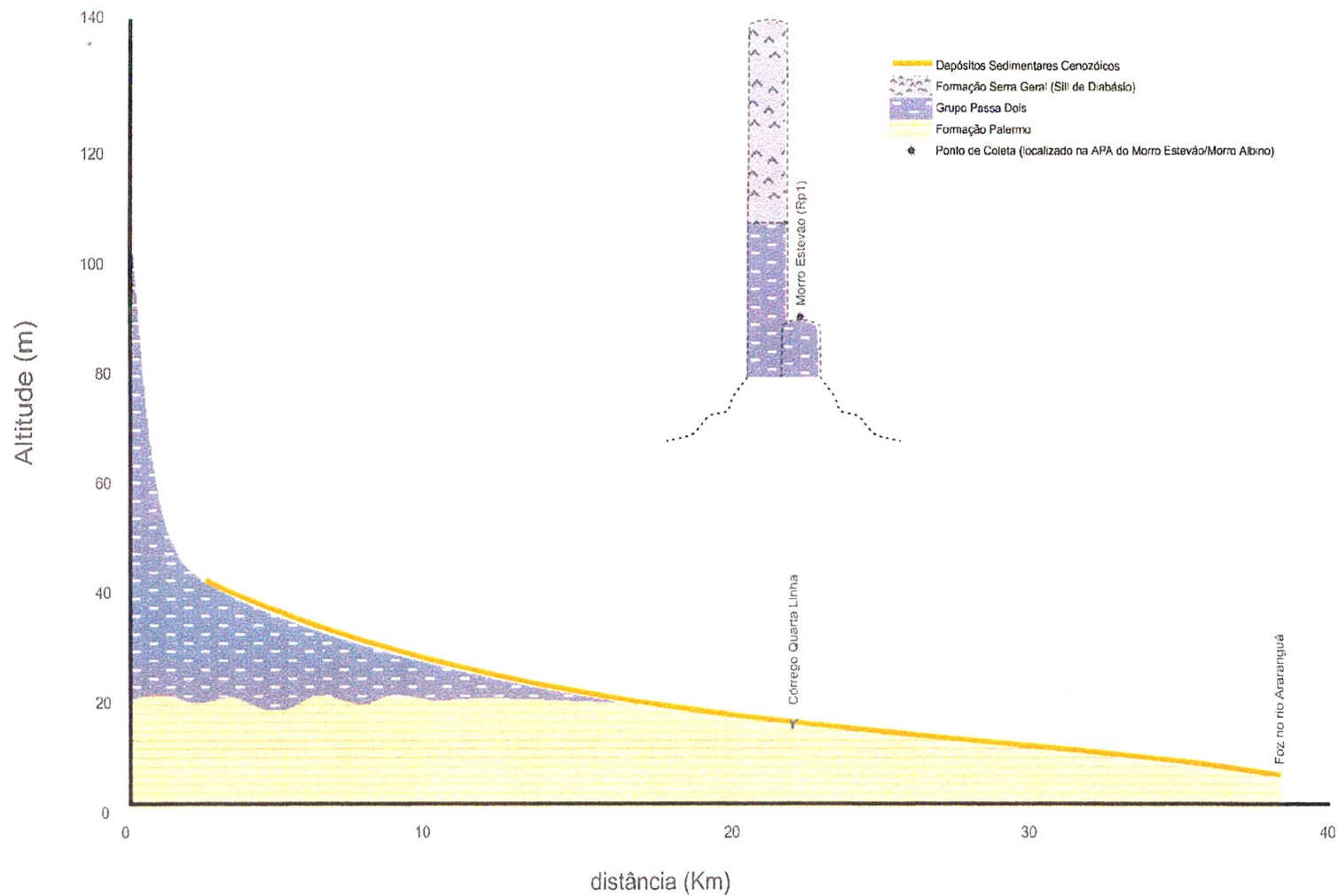


Figura 26: Perfil topogeológico do rio dos Porcos, realizado a partir dos trabalhos de campo, mapas topográficos do IBGE e mapas geológicos. Dados morfométricos obtido em Santa Catarina (1997). Arte gráfica realizada em Corel Draw por MachRatt.

A Lei 5.793 de 15/10/80 que dispõe sobre a proteção e a melhoria da qualidade ambiental no estado de Santa Catarina, em seu artigo 6º, diz: “o Poder Executivo poderá, mediante decreto, criar áreas de proteção especial e zonas de reserva ambiental, visando preservá-las e adequá-las aos objetivos desta lei. (...) as áreas de que trata esse artigo poderão compreender: (...) estuários e lagunas”. O decreto nº 14.250/81 que regulamenta a citada lei define estuário, como: a área da foz de rio onde as ações das marés provocam a mistura das águas salgadas com as doces, normalmente com formações de manguezais.

Para Fairbridge (1980, *apud* Silva, 2000): “um estuário é uma reentrância de mar num vale fluvial, estendendo-se até o limite da maré dinâmica.” De acordo com Carspers (1967, *apud* Silva, 2000) para um sistema costeiro ser considerado estuário deverá ser uma zona terminal de um rio que deságua num oceano ou mar; ter zonas de águas salgadas, que variam de acordo com a vazão fluvial de montante; apresentarem zonas de propagação de maré a montante do limite de intrusão da lâmina salina, ou o que se costuma chamar de maré dinâmica.

O rio Araranguá em seu baixo curso apresenta comportamento característico de estuário e a pesca que deveria ser abundante nesse trecho do rio, em função das características especiais de um estuário, encontra-se seriamente comprometida e restrita à foz. A poluição proveniente da mineração de carvão na sub-bacia do rio Mãe Luzia consiste na principal causa da degradação da qualidade das águas desse subsistema, agravada pelas demais atividades potencialmente causadoras de degradação ambiental, como a agricultura, as atividades industriais, o desmatamento, os esgotos domésticos lançados direta ou indiretamente nos rios e a deposição de resíduos urbanos. Acrescente-se a carga que chega ao baixo curso do Araranguá através da foz do rio dos Porcos, como já mencionado. Se esse subsistema tivesse sido decretado como Área de Proteção Especial pelo Poder Executivo, maior atenção deveria ser dispensada a essa área, que por suas características trata-se de um ecossistema muito sensível às alterações da qualidade das águas.

Em qualquer tipo de estuário, o material fino que é transportado pelo rio, sofre um processo de floculação quando em contato com águas salgadas. De acordo com Carvalho (1994), o aumento de densidade ocasionado pela formação de flocos, possibilita a sedimentação desse material ainda nos domínios do estuário, mas parte é exportada para o oceano formando uma pluma de sedimentos. O autor informa também que o sedimento transportado pode ser de origem fluvial, depositado por floculação, mas também de origem marinha. O ponto nodal é portanto o local de convergência de material sedimentar, caracterizado por uma zona de elevada turbidez e uma alta taxa de assoreamento.

No estuário do rio Araranguá, tem-se a agravante que parte dos sólidos transportados pelo rio constituem-se de elementos de origem inorgânica, metais, provenientes das drenagens das áreas da mineração. Esses encontram-se na forma dissolvida, enquanto o pH do rio se mantém baixo. O contato com águas de origem marinha eleva o pH do meio, fazendo com que o material dissolvido flocule e se deposite da mesma forma descrita por Carvalho (1994). Mesmo assim, esse subsistema hídrico irriga 2752,6 ha de plantações de arroz, sendo que desse total 1872,1 ha usam água do próprio rio Araranguá (Santa Catarina, 1997e). Como se trata de ambiente estuarino, há necessidade de realizar o manejo da água observando-se o regime de maré, para não aumentar o risco de salinização dos solos desse subsistema.

O rio Araranguá em seu baixo curso, por se encontrar em área de planície, com cota abaixo de 15 metros e conseqüentemente pouca declividade, ao receber as águas torrenciais de montante, quando dos períodos de intensa precipitação pluviométrica, ocupa o seu leito maior, estabelecendo-se as inundações.

De acordo com Tucci (1999), a parcela ocupada do leito maior de um rio depende da memória dos habitantes e da freqüência com que as enchentes ocorrem. Um espaço de tempo razoavelmente grande sem inundação, é motivo

para que a sociedade pressione, para que haja ocupação do leito maior do rio⁵.

Conforme descreve Monteiro (1991: 8 e 9),

“enchentes não seriam danosas se o homem evitasse a ocupação das planícies inundáveis. Além do que, a atuação humana pode decisivamente contribuir para alterar as condições de regime de escoamento. (...) mais decisivo do que no meio rural, é o papel da ação humana na edificação do ambiente urbano. (...) o mau uso da natureza aumenta a probabilidade de riscos”, ou “hazards”.

Contemplando-se a paisagem do baixo vale do rio Araranguá, observa-se que a planície aluvial deste rio encontra-se ocupada por várias atividades antrópicas, conforme apresentado na figura 27.



Figura 27: Ocupação antrópica na planície do rio Araranguá na cidade de mesmo nome, inclusive na área de domínio da mata ciliar. Foto cedida pela ONG “Sócios da Natureza”, de autoria de Tadeu dos Santos.

⁵ Caso semelhante está acontecendo na lagoa do Sombrio, bacia do rio Mampituba, a sudeste da área de estudo. O recuo natural dessa lagoa fez com que agricultores transformassem sua área maior, inundável, em plantações de arroz.

Fortes chuvas, normalmente de verão, associadas ao regime de marés, que têm sua amplitude influenciada pelos ventos, aliadas à ocupação desordenada das margens dos rios que compõe essa bacia, têm imposto freqüentemente uma paisagem diferenciada nesse sub-sistema hídrico, como pode ser observado na figura 27.

Apropriando-se novamente dos dados da estação meteorológica de Urussanga, para interpretar os fenômenos na bacia do rio Araranguá, conclui-se que o vento de sudeste é predominante (Back, 1999). Os ventos deste quadrante imprimem ao trem de ondas uma maior energia com o “empilhamento” das águas na linha de costa. Com isso, há maior movimentação dos sedimentos da plataforma marinha, fechando mais facilmente as barras ou desembocaduras dos rios, como acontece com a barra do rio Araranguá. O chamado “swell” de SE tem seu papel reconhecido nas costas sul e sudeste brasileiras.

Durante a enchente ocorrida em fevereiro de 2000, os relatos de alguns moradores da bacia, bem como de repórteres, técnicos e políticos, divulgados pela imprensa local, permitem entender um pouco melhor a dinâmica das enchentes no baixo Araranguá. Alguns trechos desses relatos são aqui transcritos:

“(...) O vento é sudeste, portanto o mar não vai aceitar essas águas, logo a cidade de Araranguá estará debaixo d’água”, ouvinte anônimo expressando-se no programa “Eldorado Debates” da rádio Eldorado de Criciúma, em 15/02/2000 às 13:30 horas. Nesse instante o rio Mãe Luzia encontrava-se no nível da ponte central do município de Forquilha, inundando as áreas mais baixas. *“(...) Aqui a situação está cada vez pior. O vento está jogando a chuva em direção ao costão. Há muita água caindo em Nova Roma”,* depoimento de Marcelo, morador de Morro Grande, às 15:10 horas. *“(...) A situação é preocupante, a água está invadindo o centro da cidade e a informação que temos é que chove muito nas cabeceiras dos rios, principalmente no rio São Bento”,* prefeito de Forquilha, às 16:00 horas. *“(...) É inacreditável a força das águas (...). A ponte chega a tremer. O que mais impressiona e dá medo não é a água, mas o que vem com ela: blocos de concreto, galhos e toras de madeira, muito*

entulho, e muito... muito lixo", Simone Costa, unidade móvel da rádio Eldorado às 16:30 horas, na ponte de concreto sobre o rio Mãe Luzia, no centro de Forquilha. Minutos depois a ponte foi interditada pela polícia militar.

□ ANO XIV □ Nº 5059 □ SC □ QUINTA-FEIRA, 17 DE FEVEREIRO DE 2000

CAOS NO SUL

- ▶ BR-101 está interditada entre Araranguá e Maracajá, e não existe previsão para liberação
- ▶ Meleiro e Morro Grande decretaram estado de calamidade pública por causa das cheias



Figura 28: Paisagem observada no baixo vale do rio Araranguá, após as fortes chuvas ocorridas em fevereiro/2000, quando a BR 101 ficou interditada por vários dias. Foto Diário Catarinense, de autoria de Ulisses Job, 17/02/2000.

As rádios Eldorado e Araranguá anunciavam ainda que a prefeitura de Araranguá havia decidido *“abrir”* a barra do rio Araranguá, procurando dar maior vazão ao mesmo, evitando o alagamento da cidade. *“A abertura da barra traz muitos benefícios (...) não só com relação às cheias, mas também à pesca. Hoje não há condições de saída de barco do rio para o mar pois na foz tem mais areia do que água”*, repórter Jairo Silva, rádio Araranguá, 15/02/2000 às 17:30 horas.

“(...) A cheia do natal de 95, foi cheia de alguns rios, enquanto essa é uma cheia de todos os rios, sangas e córregos. Os nossos rios são muito “caídos”, portanto eles têm muita força, além de encherem muito rápido. Precisamos alertar a comunidade para que não sejam pegos de surpresa durante a madrugada”, prefeito de Timbé do Sul, rádio Eldorado às 18:00 horas do dia 15/02/2000.

“(...) Ventos do quadrante sudeste e leste irão predominar até sábado, atrapalhando o escoamento dos rios em direção ao mar”, Ronaldo Coutinho, meteorologista, rádio Eldorado, 18:30 horas do dia 15/02/2000.

No dia 17/02/2000 já sem chuva, a cidade de Araranguá permanece alagada, segundo relata o repórter da rádio Eldorado: *“as águas parecem estagnadas, não descem...”* O prefeito de Maracajá, mostrando-se preocupado com a interdição da BR 101: *“(...) as águas do rio Mãe Luzia estão baixando, mas as do rio Araranguá continuam subindo, mesmo sem chuvas”*.

Em entrevista ao Jornal da Manhã do dia 17/02/2000 o engenheiro agrônomo Márcio Sonogo da EPAGRI, relata: *“as chuvas desse ano foram mais intensas que no ano de 1995. Foram 192 mm de precipitação em 24 horas registrados na estação de Turvo”*.

A BR 101 continuou interditada no trecho compreendido entre Maracajá e Araranguá, até 19/02/2000, pois as águas do rio Araranguá não baixavam, apesar das chuvas terem paralisado na quinta-feira, dia 17/02/00.

Durante toda a programação das rádios e, notícias divulgadas em jornais locais, desde o dia 15/02 quando iniciaram as cheias, os prefeitos ligavam dando notícias de seus municípios e já informando os prejuízos financeiros, fornecendo com segurança as cifras necessárias para a recuperação dos danos.

A conotação dada pelos prefeitos e pelos próprios repórteres que muitas vezes insistiam nessa questão, apontava para o surgimento de nova indústria no sul, a “*indústria*” das cheias, a exemplo do que já se fala a respeito da “*indústria*” da poluição do carvão.

Tucci (1999) alerta que para alguns municípios, enchentes podem representar benefícios indiretos, já que o prefeito pode declarar condição de calamidade, obter recursos a fundo perdido e ainda dispensar de licitação os gastos envolvidos para solucionar os problemas decorrentes das cheias.

6.1.6 O subsistema lacustre

Cabe ainda ressaltar que na área em estudo, próximas ao litoral, encontram-se as lagoas que mesmo fora da área de drenagem do rio Araranguá, merecem destaque já que algumas servem como manancial de abastecimento. Como é o caso das lagoas do Faxinal, que abastece o município de Içara, lagoa dos Esteves, Mãe Luzia, além das lagoas da Serra e do Bicho que abastecem Araranguá e Arroio do Silva. Essas lagoas litorâneas absorvem as sobrecargas resultantes das chuvas das áreas sedimentares e são muito susceptíveis à poluição sendo conveniente lembrar que a expansão da população e sua atividade econômica vêm ocorrendo em direção ao litoral nos municípios de Içara e Araranguá. O município de Criciúma tem seu distrito industrial localizado no bairro Quarta Linha, próximo à faixa litorânea, o que favorece esse vetor de crescimento. Outro aspecto importante a ser considerado é a possibilidade de desequilíbrio, principalmente em época de estiagem, em função da captação de água dessas lagoas para abastecimento urbano e outros usos, que se não for bem administrado possibilitará a intrusão de água salgada nesses mananciais, comprometendo-os definitivamente quanto à qualidade de suas águas.

O turismo, que vem se desenvolvendo tanto no litoral como também nos municípios localizados nas áreas próximas às escarpas da Serra Geral, se não for planejado, incorporando a necessidade de preservação ambiental dentro da linha de sustentabilidade, poderá comprometer esses ecossistemas que ainda apresentam bons níveis de qualidade ambiental.

6.1.7 O subsistema das águas subterrâneas

As águas subterrâneas afloram através de fontes naturais ou nascentes de encostas, poços rasos escavados nos aquíferos aluvionares; poços rasos escavados nos aquíferos costeiros e poços profundos, em rochas ou em perfis de alteração e fraturas das rochas. Devido à indisponibilidade de águas superficiais, ora devido à qualidade, ora em função da quantidade, observa-se o uso das águas subterrâneas sem qualquer tipo de controle, principalmente por indústrias e atividades comerciais como postos de abastecimento de combustíveis.

A perfuração desses poços é realizada geralmente, sem nenhum controle, como se cada um fosse o proprietário da água encontrada no subsolo do seu terreno. A Lei n. 9433/97 deixa claro que a água é um bem comum, público e não privado. Também há riscos de perdas dos aquíferos pela contaminação das águas através de poços mal construídos ou mal cuidados. Outra prática observada, é que quando um poço deixa de ser útil, seja porque tem vazão insuficiente ou qualidade inadequada, os *proprietários da superfície* costumam “aterrá-lo” para maior aproveitamento do terreno. Esse trabalho também é realizado sem nenhum cuidado ou acompanhamento técnico pondo em risco a qualidade das águas subterrâneas.

A figura 29 mostra que 73,5 % do total de água subterrânea utilizada na bacia do rio Araranguá são destinadas ao uso industrial, sendo que estão acrescentados a esse total, parte do uso comercial, principalmente o que se refere à utilização em postos de lavações de veículos e abastecimento de combustíveis.

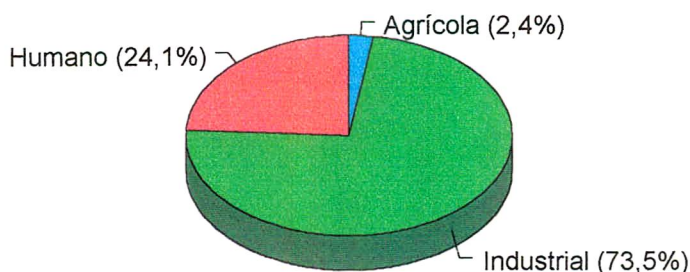


Figura 29: Panorama do abastecimento de águas subterrâneas na bacia do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997e)

Concentrações naturais de ferro acima dos parâmetros normais previstos para consumo humano, foram encontradas em poços tubulares profundos em municípios localizados fora do distrito carbonífero, sendo que em Turvo encontrou-se um valor de 17,6 mg/L (Santa Catarina, 1997e), valor esse muito acima de 0,3 mg/L sugerido como valor máximo tolerável em água de abastecimento conforme prevê a Portaria nº 036 do Ministério da Saúde. Esse fato está relacionado com a geologia da área, conforme descrito anteriormente.

Esse parâmetro tem se refletido no principal fator limitante de uso das águas superficiais e subterrâneas na bacia do rio Araranguá, sendo que análises realizadas em um poço no centro e dois perfurados no bairro Próspera, no município de Criciúma, com intuito de abastecer dois estabelecimentos comerciais da cidade, apresentaram concentrações consideradas muito elevadas para águas subterrâneas inviabilizando o uso dessas águas sem tratamento especial. A tabela 13 apresenta os valores obtidos nesse caso, e demonstram a vulnerabilidade de alguns aquíferos subterrâneos na área influenciada por atividades carboníferas. Nas águas superficiais o acréscimo de ferro proveniente das atividades da mineração de carvão mineral no subsistema do rio Mãe Luzia chega a níveis tão elevado que esse parâmetro torna-se limitante para os usos dessas águas.

Tabela 13

COMPARAÇÃO ENTRE VALORES OBTIDOS PELA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM 03 POÇOS LOCALIZADOS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA, SC, E OS LIMITES PREVISTOS PARA POTABILIDADE DA ÁGUA DE ACORDO COM A PORTARIA N. 036 NOS PARÂMETROS ANALISADOS.

Parâmetros	Estabelecimento A		Estabelecimento B	Portaria GM n. 036/90
	Poço 1	Poço 2		
Data da coleta	07/05/99	03/02/00	14/04/00	
pH	6,7	5,8	6,5	6,5 a 8,5
Dureza total (mg/L)	441	N.A.	101	500
Ferro total (mg/L)	19,80	68,50	19,20	0,3
Manganês (mg/L)	1,04	3,81	0,98	0,1
Sulfatos (mg/L)	488	N.A.	65	400

Estabelecimento A: localizado no bairro Próspera

Estabelecimento B: localizado no centro de Criciúma

N.A não analisado

Portaria GM 036/90 do Ministério da Saúde, estabelece padrões de potabilidade de água, e cita o pH de 6,5 a 8,5 como recomendável, porém não limita o uso de águas com pH fora desse limite.

As análises foram realizadas no laboratório do IPAT/UNESC.

A filtragem natural produzida em aquíferos não consolidados elimina bastante a turbidez, mas há aquíferos que podem produzir águas subterrâneas turvas (Todd, 1959). É o que pode acontecer nas áreas dos leques aluviais. A transmissividade de partículas em suspensão pode ser observada, refletindo-se em turbidez nas águas coletadas em poços escavados. A tabela 14 apresenta os dados e, a figura 30 ilustra fato ocorrido na sub-bacia do rio São Bento, na localidade de São Bento Baixo, município de Nova Veneza, onde o preparo do terreno para lavoura de arroz, prejudicou a qualidade da água do poço escavado com 3 metros de profundidade e localizado a aproximadamente 30 metros da cancha de arroz. Segundo o proprietário do poço, esse problema ocorre anualmente, sendo que na época da benzedura⁶ chega-se a sentir na água o *odor característico do veneno aplicado* na lavoura (Rogério Furlan, comunicação pessoal).

Este caso alerta para as situações do ciclo hidrológico que pode apresentar características diferentes em cada bacia e também para a contribuição

⁶ De acordo com Lopes (1998), *benzedura* é o termo adotado para designar a aplicação de herbicidas na água de irrigação de arroz.

da drenagem de águas dos solos para os rios, com sólidos e componentes químicos indesejáveis.

Demonstra também a interferência dos processos agrícolas no ciclo hidrológico e como essa questão deve ser mais detalhada em nível de escolas técnicas e superiores, para posteriormente atingir-se a conscientização do agricultor.

TABELA 14

QUALIDADE DA ÁGUA EM POÇO ESCAVADO EM ÁREA DOS LEQUES ALUVIAIS, EM SÃO BENTO BAIXO, MUNICÍPIO DE NOVA VENEZA, SUBSISTEMA HÍDRICO DO RIO MÃE LUZIA, BACIA DO RIO ARARANGUÁ. OBSERVA-SE A TRANSMISSIVIDADE DE PARTÍCULAS EM FUNÇÃO DO PREPARO DO SOLO PARA CULTIVO DE ARROZ.

Parâmetro	Valor medido em 17/07/99 ^a	Valor medido em 06/11/99 ^b	Valor medido em 08/11/99 ^c
Coliformes fecais (NMP/100mL)	1,8	130	160
pH	5,7	5,55	5,38
DBO ₅ (mg/L)	0,6	24,1	24,1
Fosfato total (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Turbidez (NTU)	2	97	21
Sólidos totais (mg/L)	53	171	111

a: coleta realizada no poço localizado na propriedade do sr. Furlan, em época onde não há influência do cultivo do arroz; b: coleta realizada na caixa d'água do sr. Furlan, correspondente ao dia em que o vizinho estava preparando a cancha (lameiro); c: coleta realizada diretamente no poço dois dias após o término do lameiro.

Em setembro/99 na localidade de Sanga do Engenho, município de Forquilha, um grupo formado por quatro agricultores vizinhos, com receio de enfrentar a estiagem que vinha sendo anunciada por meteorologistas para o final daquele ano, perfuraram um poço com o objetivo de obter água dos depósitos de leques aluviais para irrigar a lavoura de arroz. Esse fato serve para demonstrar a ansiedade por que passam os rizicultores, nos períodos que antecedem à safra do arroz em razão da disponibilidade de água.

Os aquíferos dos depósitos Cenozóicos, são também utilizados nos municípios de Araranguá e Meleiro por indústrias de beneficiamento de arroz que se abastecem de água através da perfuração de uma série de ponteiros e poços

que são explorados conjuntamente para viabilizar a vazão necessária (Santa Catarina, 1997e).

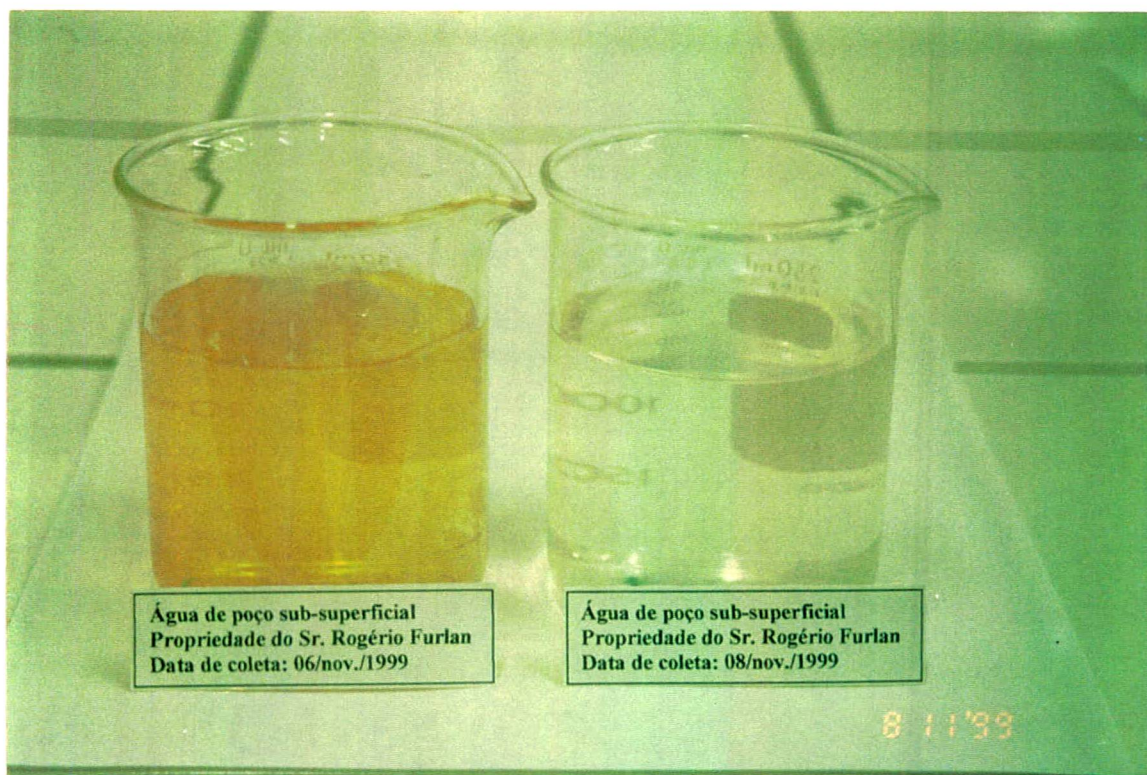


Figura 30: Comparação visual da turbidez em água de poço escavado em área dos leques aluviais. O primeiro copo de Becker contém a água do poço enquanto a área da propriedade vizinha estava sendo preparada para o plantio de arroz; no segundo copo a água do mesmo poço dois dias após o término dessa operação.

O problema de Araranguá quanto à escassez de água é bem maior, pois o município não tem nascentes de rios que possam ofertar águas para suprir as suas necessidades. Trata-se de município predominantemente sobre depósitos praias pleistocênicos e também holocênios de alta permeabilidade.

O fato é preocupante, pois a falta de controle pode fazer com que esses aquíferos venham a ser superexplorados, além do que, existe o favorecimento do contato dos aquíferos aluvionares com os subterrâneos mais profundos, contribuindo para a contaminação desses últimos, já que os aluvionares por serem mais superficiais, são mais vulneráveis à poluição.

Não se pode esquecer da importante reserva do Aqüífero Guarani, no corpo de rochas da Formação Botucatu. As águas desse aquífero são de excelente qualidade já que se encontram armazenadas em rochas do tipo arenito, protegidas por espessa cobertura de basalto.

Na bacia do rio Araranguá, essa formação apresenta-se em menor profundidade, na porção média a superior de elevações isoladas existentes no oeste da área, ocorrendo ainda, no sudoeste, nas proximidades das cidades de Jacinto Machado e Timbé do Sul. Também está presente no topo de alguns morros isolados, que ocorrem na área compreendida entre São Bento Alto e Jacinto Machado (Santa Catarina, 1997e). Ocorre ainda, na escarpa da Serra Geral, em altitudes que crescem para o norte da bacia.

Esse aquífero vem sendo apontado como a solução para abastecimento de todo o planalto sul brasileiro a partir do Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul, incluindo-se parte dos países vizinhos: Uruguai, Argentina e Paraguai.

7 O MONITORAMENTO COMO INSTRUMENTO DA ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DA ÁGUAS

Avaliando-se um conjunto de dados de um programa de monitoramento, o qual deve refletir a qualidade da água de um rio e, utilizando-se dos elementos que compõe a paisagem para interpretar os dados obtidos, é possível realizar a análise integrada. Como sugere Lanna (1992), os recursos de uma bacia hidrográfica não devem ser analisados separadamente, sob o risco de se tratar dos problemas setorialmente. Dessa forma, os dados sobre qualidade da água só fazem sentido, se servirem para encontrar na paisagem, a causa dos problemas ambientais apontados no monitoramento e a partir daí, buscar as soluções.

O monitoramento da qualidade das águas nas suas várias fases que vão desde o dimensionamento da rede, amostragem, análise laboratorial e interpretação dos dados com vistas à obtenção da informação desejada, representam segundo Ward (1990, *apud* Bessa, 1999) a única conexão entre a água no meio ambiente e os responsáveis pela tomada de decisão. Informações sobre a qualidade da água normalmente são fragmentadas e acabam esquecidas num "*amontoado de relatórios*" (Bessa, 1999), dificultando a análise das tendências temporais e espaciais. Dessa maneira, o desafio é transformar a informação obtida no monitoramento ambiental ou no "survey" sobre a qualidade da água em um instrumento para a gestão dos recursos hídricos.

Entende-se por monitoramento ambiental o conjunto de normas e procedimentos utilizados sistematicamente para coletar dados referentes ao

“status” do meio ambiente com o intuito de utilizá-los como ferramenta para o controle do impacto gerado por atividades humanas (Christman, 1973, apud Leal Fº, 1994). São programas de longa duração ou que pretendem medir continuamente os indicadores ambientais. Para Leal Fº (1994) e Bessa (1999), “survey” é um monitoramento associado à medição de alguma propriedade, atributo ou indicadores relacionados a alguma condição ambiental. É limitado no tempo, no espaço e na natureza imediata de seus objetivos.

O planejamento dos programas de monitoramento de acordo com Parr (1996), é geralmente baseado em fatores fisiográficos e no uso da terra. O autor recomenda utilizar-se de dados anteriores ou obtidos em monitoramento de áreas menores, porém com características semelhantes, para auxiliar na execução do plano. O conhecimento prévio das fontes poluentes pontuais, bem como das fontes difusas é necessário para o dimensionamento da rede de monitoramento. De acordo com Eiger *et al.* (1999), fontes pontuais são aquelas em que é possível determinar e localizar o foco poluidor, como uma indústria, por exemplo. Para esses autores, as fontes difusas distribuem-se ao longo da superfície do solo e a poluição delas decorrente aflui ao corpo receptor por ocasião de eventos de chuva. A existência de inúmeros agentes poluidores, cuja localização é de difícil determinação e eliminação, e a enorme variabilidade de situações concretas que podem ocorrer, exigem que essa contribuição tenha tratamento análogo às fontes difusas.

Pode-se determinar a contribuição de fontes difusas através do monitoramento das águas em estações localizadas a montante e jusante de determinado trecho com atividades agrícolas, exemplo de fonte difusa na área de estudo.

Ainda de acordo com Eiger *et al.* (1999), a maior concentração de poluentes provenientes de fontes difusas, ocorre durante a fase inicial do evento de chuva em razão do efeito de limpeza da área do escoamento.

Se existe uma diferença acentuada entre a expectativa dos resultados e as medidas de laboratório, de acordo com Parr (1996), a frequência dos

trabalhos deverá ser aumentada até que se tenha uma explicação lógica para isso.

Parr (1996) sugere ainda que se inicie um programa de monitoramento de uma bacia hidrográfica definindo seus objetivos, entre os quais: 1) constituir um retrato da qualidade das águas da bacia; 2) avaliar a efetividade de ações de preservação ou recuperação da qualidade das águas; e 3) detectar as tendências do sistema. Acrescenta-se a esses objetivos, o que Tundisi (1999) considera como desafio aos profissionais em Limnologia, mas que na verdade pode ser aqui apropriado: *capacidade preditiva*. A concepção de um programa de monitoramento deve levar em conta que as informações nele obtidas servirão para compor com outros dados, o prognóstico para a área estudada a fim de orientar e reorientar o gerenciamento ambiental (Tundisi, 1999).

Segundo Romanelli *et al.*, (1999) o programa de monitoramento da qualidade das águas superficiais do Estado de Minas Gerais, possui a configuração de uma rede de tendência, que fornece informações do desenvolvimento da situação de qualidade ao longo do tempo.

O monitoramento também é um instrumento para avaliar programas de recuperação ambiental, e deve ser projetado para operar por vários anos ou até décadas (Parr, 1996). Os resultados devem ser interpretados através da comparação com os padrões de qualidade ambiental. Esse autor considera também de fundamental importância num programa de monitoramento, o controle de qualidade e a validação de dados de campanhas anteriores quando se pretende traçar a evolução da qualidade em um rio ou trecho dele.

Uma forma simplificada de se transmitir dados gerados no monitoramento de uma área para a comunidade é a adoção de índices de qualidade ambiental. Esses índices têm o objetivo de traduzir uma linguagem técnica e inacessível para leigos em informações claras e simples, que geralmente são reproduzidas em uma única palavra: ótimo, bom, satisfatório, regular ou crítico (Derísio, 1992; Leite, Fonseca, 1994; Alexandre, Krebs, 1995; CETESB, 1996; Carvalho, 1999).

Sendo assim, um índice de qualidade de água exprime a qualidade de um trecho de rio monitorado, levando em consideração os diferentes usos a que se destina a água: balneabilidade, suprimento, manutenção das comunidades aquáticas, irrigação entre outros (Leite, Fonseca, 1994; CETESB, 1996)

De qualquer forma, o índice de qualidade de água, IQA, com base nos parâmetros: oxigênio dissolvido, DBO₅, nitrogênio total, fosfato, coliformes fecais, turbidez, sólidos totais, temperatura e pH, mostra-se insuficiente para representar a qualidade das águas comprometidas pelas atividades de mineração e beneficiamento de carvão. De acordo com Alexandre, Krebs (1995) alguns parâmetros previstos nesses índices de qualidade são influenciados inversamente por outros relacionados com a atividade carbonífera, podendo gerar uma interpretação incompatível com a qualidade dos recursos hídricos monitorados. Os autores seguem exemplificando:

“os baixos valores de pH encontrados nos rios de Criciúma, SC, não permitem a sobrevivência dos organismos do tipo coliformes e este parâmetro contribui com cerca de 17% do peso no cálculo do IQA; fosfato, nitrogênio e matéria orgânica tendem a formar complexos em presença de metais, principalmente ferro, precipitando junto com os mesmos, o que provavelmente é a causa dos baixos valores encontrados para esses parâmetros nos rios Criciúma, Maina e Sangão que recebem os esgotos cloacais de forma direta ou indireta de praticamente 70% da população da cidade. Nitrogênio e fósforo contribuem com aproximadamente 22% na composição do IQA , Índice de Qualidade da Águas”.

Segundo Klein (1972), *os organismos do grupo coliformes não sobrevivem às condições ácidas dos rios (...) apenas bactérias que utilizam enxofre e ferro para o seu metabolismo conseguem sobreviver a tais condições* (ECP, 1982; Alexandre, 1996; Martinello, 1998; JICA, 1998).

A adoção de métodos passivos de monitoramento, com índices de qualidade baseados na diversidade das espécies biológicas presentes nos cursos d'água (Schafer, 1978; Schafer, 1985) foi também adotado na área de estudo.

Testes ecotoxicológicos são adequados para a determinação do efeito de substâncias nocivas sobre o organismo teste, sob condições específicas. A aparente toxicidade mensurável através do teste biológico é o resultado da interação de uma ou mais substância e o sistema biológico (FATMA/GTZ, 1998; Verneaux, 1978).

O desenvolvimento e implementação de biocritérios de acordo com Marques, Bollmann (2000), permitem às instituições responsáveis pelo monitoramento dos recursos hídricos, a execução de um diagnóstico ambiental integrado e a determinação de tendências temporais, além de demonstrar a eficácia das atividades de proteção dos ecossistemas aquáticos. Esses autores consideram a Resolução n. 20 do CONAMA, omissa nesse assunto, já que *“apresenta-se fundamentada exclusivamente em aspectos físico-químicos, desconsiderando a contribuição da investigação dos aspectos biológicos”*. Porém, a resolução abre um espaço para discussão sobre a aplicação de métodos ecotoxicológicos em seu artigo 12, onde diz que os padrões fixados constituem limites individuais de cada substância, e que *ações sinérgicas entre as mesmas não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida*. O fato da resolução não explicitar a necessidade da adoção de métodos ecotoxicológicos, parece ter a intenção de deixar a decisão de adotá-los sob a responsabilidade dos integrantes do SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente, do qual fazem parte os órgãos estaduais de controle ambiental, como a FATMA.

Os resultados obtidos por Schäfer (1978) no monitoramento passivo do rio Mãe Luzia e seus afluentes, Fiorita e Sangão, revelaram que testes de exposição como método de avaliação da qualidade das águas apresentam bons resultados. O autor obteve para a estação de monitoramento localizada no alto curso do rio Mãe Luzia, a sobrevivência dos animais: peixes e crustáceos, durante os 07 dias do teste. Na estação localizada em Nova Veneza, sob a ponte de concreto, foi observada a sobrevivência dos animais expostos por um período de 24 horas. Nas estações localizadas no rio Fiorita, a jusante da “paisagem lunar”; rio Sangão a jusante da cidade de Criciúma e rio Mãe Luzia, sob a ponte da

cidade de Maracajá, o tempo de sobrevivência foi inferior a um dia, sendo que no rio Fiorita e Sangão um esquema especial de observação mediu como tempo de sobrevivência dos animais expostos apenas 15 minutos.

Schäfer (1978) conclui que não adiantaria expor espécies mais resistentes nesses locais pois a *“poluição é tão intensa, que qualquer tipo de vida animal ou vegetal fica completamente excluída”*.

O monitoramento passivo poderá ser adotado também nos rios onde há maior influência agrícola. Análises realizadas nessas águas normalmente não detectam a contaminação por agrotóxicos (Santa Catarina, 1997d), muito embora se saiba da utilização desses produtos em lavouras de arroz, fumo, banana, feijão, batatinha, maracujá e outros, na área estudada. Essa falta de confirmação da presença de agroquímicos nas águas pode ser atribuída à transformação desses produtos em seus metabólitos, muitas vezes com efeito tal qual ou pior do que o produto de origem, dificultando a análise através de métodos químicos (Ruegg et al., 1991; Hadlich, 1997; Lopes, 1998).

Após a proibição dos organoclorados no Brasil, através da Portaria nº 329 do Ministério da Agricultura de 03/09/85, os carbamatos e os organofosforados são as classes de agroquímicos mais utilizados (Parreira et al., 1999). O Furadan, inseticida utilizado para eliminar a bicheira do arroz, cujo princípio ativo é o Carbofuran, é um N-metilcarbamato (NMC), e como tal trata-se de um produto bastante solúvel em água e com degradação relativamente rápida (Parreira, et al., 1999). Mesmo assim, são tóxicos ao homem, à flora e à fauna apresentando DL₅₀ oral de 6 a 14 mg/Kg; e segundo o mesmo autor, os produtos de sua degradação são tão tóxicos quanto os próprios agrotóxicos, sendo que o 3-Hidroxicarbofuran apresenta-se com DL₅₀ de 18 mg/Kg. De acordo com Batalha (1986), DL₅₀ ou dose letal em 50% da população, é a concentração de ingrediente ativo que se ingerido é capaz de provocar a morte de 50% da amostra de animais ensaiados. É expressa normalmente em mg do produto a qual se atribui a toxicidade por peso corpóreo, em kg, do indivíduo que ingeriu o produto.

A rede mais ampla de monitoramento, com melhor distribuição de pontos de amostragem já realizada na bacia do rio Araranguá, contou com 59

estações de monitoramento (Santa Catarina, 1997), tendo sido realizadas duas campanhas: no período de estiagem e de cheia.

Como há deficiência de dados com relação à contaminação por agrotóxicos nos rios dessa bacia hidrográfica, a população costuma atribuir aos elevados níveis de turbidez dos rios, principalmente na época do preparo das canchas de arroz, a contaminação por agrotóxicos utilizados na lavoura de arroz (Santa Catarina, 1997c).

O preparo da terra para o plantio do arroz se realiza com uma lâmina de água, operação essa conhecida como “lameiro”, que consiste no “alisamento” do solo (Althoff, Kleveston, 1996).

De acordo com esses autores, a quantidade de sólidos em suspensão nos despejos provenientes dessa operação, decresce com o aumento de tempo em que a água permanece na cancha, o que possibilita que as partículas de solo finamente divididas sedimentem.

“(…) A preocupação do agricultor quanto ao intervalo de tempo para a drenagem do excesso da água utilizada durante o lameiro é referente ao tempo que ele dispõe para o plantio e não às perdas de solo ou aos danos ambientais (….) os sólidos carregados nessa água poderão assorear canais, inutilizar águas para consumo humano e animal, levar nutrientes, além da possibilidade de conduzir agrotóxicos para outras áreas” (Althoff, Kleveston, 1996:44).

Passados 20 dias da semeadura há aplicação de herbicidas, sendo os mais utilizados: Sirius, Facet, Gramit e Satanil (Renê Kleveston, engenheiro agrônomo da EPAGRI, comunicação pessoal). Segundo alguns agrônomos e agricultores, o mais grave é que junto com essa etapa, que é considerada de controle das ervas daninhas, alguns agricultores têm utilizado preventivamente, inseticidas capazes de inibir a “bicheira do arroz”. A recomendação técnica diz que inseticidas só devem ser aplicados caso for constatada a necessidade, e nunca preventivamente. Entre os inseticidas mais utilizados na lavoura de arroz destaca-se o Furadan. Nesse período já não há tanto aporte de sedimentos aos

rios, uma vez que o manejo recomendado prevê essa aplicação sem a troca de água, o que possibilita a permanência por um período de tempo maior dos produtos utilizados na cancha de arroz.

Todavia, segundo Hadlich (1997), parte dos agrotóxicos aplicados durante a safra, são adsorvidos pelas argilas contidas no solo, ou quando ali depositados permanecem expostos às inúmeras reações químicas, físicas e biológicas. Quanto mais pobre for o solo com relação à presença de matéria orgânica, mais o fenômeno da adsorção se sobressai sobre os demais. Dessa forma, supõe-se que os agrotóxicos provenientes da safra anterior, adsorvidos na camada de solo ou os subprodutos da sua decomposição estão sendo removidos e despejados nos corpos de água superficiais e subterrâneos quando da operação do lameiro. De qualquer forma, não há registros ou laudos que comprovem essa hipótese. Porém, a aplicação destes produtos é perceptível pelo odor característico que se constata em cidades como Turvo, Meleiro e Jacinto Machado, como pode ser sentido em dezembro de 1999, durante os trabalhos de campo.

Pesquisa realizada pela UNESCO, alerta para a ocorrência de neoplasias malignas em Jacinto Machado e Turvo, que para o ano de 1997 foi de 22,1 e 23,4%, enquanto os índices médios para Santa Catarina e Brasil foi no mesmo ano de 11,9 e 14,6% respectivamente. Há indícios que os elevados índices de câncer encontrados nas duas cidades estejam relacionados ao uso de agrotóxicos (UNESCO, 2000).

Quanto à aplicação aérea de produtos agroquímicos nos municípios da bacia, não se encontrou registros oficiais recentes, a não ser na memória do Técnico Agrícola Nei Zeni, da EPAGRI de Meleiro, que relata:

(...) a última aplicação aérea no vale do rio Araranguá foi em 1998. Muitos agricultores se descuidaram no controle da praga (bicheira do arroz) e quando se deram conta, perceberam que não iriam dar conta de combatê-la. (...) em janeiro ou fevereiro, não lembro ao certo, foi feita a aplicação com avião (...) por cima das casas, rios, pomares, açudes, cidade... Nós da EPAGRI, chamamos os agricultores e

alertamos sobre o perigo dessa prática (...) e também sobre a fiscalização da FATMA e da Polícia Ambiental. De lá para cá, não soubemos de mais nenhuma aplicação por aqui”.

Com relação aos metais pesados associados aos agrotóxicos e fertilizantes utilizados nas lavouras de arroz (Malavolta, 1994; Lopes, 1998), não se obteve um resultado expressivo para os rios da bacia. De acordo com Malavolta (1994) os metais aparecem como impurezas em fertilizantes, normalmente os de origem fosfática, ou entram na composição dos agroquímicos, principalmente dos fungicidas. Lopes (1998) encontrou concentrações alarmantes de cobre, zinco, níquel, chumbo e cádmio na bacia do rio Duna, localizada ao norte da lagoa Mirim e da cidade de Laguna, portanto, ao norte da área de estudo, que atribuiu aos “venenos” utilizados na agricultura. Abril é o mês em que normalmente ocorre a retirada da água das canchas para propiciar a colheita. De acordo com LOPES (1998), esse período é o mais provável para se encontrar os metais pesados associados aos agroquímicos aplicados na rizicultura.

7.1 O ciclo hidrológico e a transferência de solutos para as águas superficiais

O conceito de ciclo hidrológico traz consigo o movimento e transferência de massa de água de um compartimento ou de um estado físico a outro (Custodio, Llamas, 1983; Mccaull, Crossland, 1974; Catalan Lafuente, Catalan Alonso, 1987). Não pode ser esquecido que a esse movimento de massa estão associados componentes provenientes do intemperismo e lixiviação das rochas e solos, bem como aqueles provenientes da ação humana.

A água desempenha um papel importante em todos os mecanismos de intemperismo físico e químico, portanto o conhecimento da composição das rochas é indispensável para o entendimento da composição química das águas naturais (Foster, 1942; Chow, 1974; Fenzl, 1988; Mijailov, 1989; Webb, Walling, 1995; Lisboa, 1997). De acordo com Lisboa (1997), *as rochas sedimentares e os*

solos provenientes da sua alteração são importantes como fonte imediata de matéria solúvel para as águas subterrâneas. Em áreas de cabeceira de drenagem as rochas ígneas estão expostas e podem contribuir com solutos para a água, mas isto ocorre principalmente pela lixiviação da rocha decomposta ou solo de cobertura. Estes diferentes constituintes, se distribuem no sistema hídrico conforme seu tamanho de partícula, podendo ser encontrados na forma solúvel, coloidal ou em suspensão (Castro, 1977; Fenzl, 1988; Bache, 1990 Leal Fº, 1994). Lembrando-se que partículas em suspensão tendem a sedimentar-se, formando os depósitos dos leitos dos rios, ou dependendo das condições, permanecem em suspensão. O termo soluto é empregado segundo Webb, Walling (1995) para espécies químicas dissolvidas, incluindo-se os nutrientes, e podem entrar no sistema hídrico não só através do intemperismo das rochas ou lixiviação dos componentes do solo, mas também através do "input" atmosférico e de ações antrópicas na bacia de drenagem.

Walling (1980, *apud* Webb, Walling, 1995) relaciona o acréscimo de solutos à água ao processo de intemperismo que é *governado por reações termodinâmicas e cinéticas, bem como pelo tempo de contato entre a água e o solo ou rocha (...)*. Conhecendo-se os dados sobre a mineralização de solos e rochas, volume de precipitação pluviométrica, vazão de rios próximos às suas cabeceiras, e química da água, é possível *"quantificar a contribuição proveniente da intemperização através da transferência de soluto"*.

Além da litologia, outros aspectos ambientais também interferem na qualidade das águas. Características climáticas, distância do ambiente marinho, produtividade primária terrestre, processos biológicos e soerguimento tectônico, segundo Webb, Walling (1995) são os mais importantes controles da química de um rio localizado em área com pouca atividade antrópica. Estes autores afirmam ainda que a variação na vazão de um rio pode interferir diretamente nas concentrações de soluto, *em baixas vazões há uma concentração de solutos devido a perdas de água por evapotranspiração e porque o escoamento superficial é suprido pela camada inferior do perfil do solo e do reservatório subterrâneo, onde a água tem um longo tempo de residência favorecendo a*

dissolução dos solutos. Em períodos chuvosos, normalmente tem-se no canal, água suficiente para diluir a concentração de soluto dissolvido (Hem, 1970 apud Webb, Walling 1995). Desta forma, a qualidade de água de um rio em um trecho pouco poluído, refletirá a sua litologia. Na bacia estudada, em função da ocupação antrópica, o reflexo da litologia nas águas é verificado nas áreas de nascentes, onde a ocupação é menor. À medida que nos afastamos dessas áreas, a qualidade das águas reflete o tipo de uso da terra.

“Na maioria das águas naturais, o cálcio é o principal cátion”. Muitos minerais das rochas ígneas, segundo Lisboa (1997), principalmente os plagioclásios, piroxênios, e anfibólios são fontes de cálcio. Ainda de acordo com esse autor, as águas alcalinas tendem a precipitar o cálcio, sendo talvez essa a razão porque as águas alcalinas do sistema Botucatu tenham baixa concentração desse elemento. As rochas ígneas constituem-se também em fonte de sódio para as águas naturais, sendo menos concentrado nas rochas sedimentares (Lisboa, 1997), a não ser que sejam rochas sedimentares salinas. O aumento da alcalinidade de uma água tende a diminuir os níveis de cálcio e magnésio e aumentar a concentração de sódio.

“O potássio é liberado com grande dificuldade dos silicatos das rochas”, apresentando forte tendência a ser reincorporado às argilas (Lisboa, 1997) em conseqüência, em águas naturais sua concentração normalmente é menor do que as concentrações de cálcio, sódio e mesmo de magnésio (Foster, 1942; Lisboa, 1997). Este último, apesar de ser um elemento menos abundante que o cálcio, apresenta a propriedade química de ser mais solúvel que aquele. Desta forma, “certas condições naturais podem favorecer a precipitação de cálcio”, aparentando um enriquecimento de magnésio (Lisboa, 1997). Além disso, minerais como piroxênios e olivinas influenciam de maneira decisiva na presença do cátion magnésio em águas provenientes dos basaltos (Celligoi, Duarte, 1998).

Nas rochas ígneas, os minerais ferromagnesianos, olivina, piroxênios, anfibólios e biotita constituem-se em fonte de enriquecimento de ferro em águas naturais (Lisboa, 1997). Nas rochas sedimentares, a maior fonte de ferro é a pirita. O ferro presente nesse mineral, por ser insolúvel em sua forma oxidada é

pouco abundante em águas subterrâneas. Em geral esse elemento só atingirá os aquíferos em condições redutoras, condicionadas pelo Eh, pH e concentração de CO₂ ou em presença de matéria orgânica (Fenzl, 1988). Águas subterrâneas ricas em ferro na sua forma solúvel (Fe II) apresentam-se límpidas e transparentes, porém tornam-se ferruginosas e amarelas ao entrarem em contato com o ar.

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, ocorrendo em minerais, rochas e argilas. Essa distribuição favorece a presença de alumínio em águas naturais, seja como sais solúveis, colóides ou compostos insolúveis (Raiswell, 1983; Clesceri, Greenberg, Trussell, 1989; O'Neill, 1995;). O alumínio ocorre naturalmente em combinação com sílica na forma de feldspatos, micas e argilo-minerais (Clesceri, Greenberg, Eaton, 1998). Por ser um elemento altamente insolúvel é raro encontrar-se concentrações razoáveis de alumínio nas águas subterrâneas (Lisboa, 1997; Hem, 1970 Apud Celligoi, Duarte, 1998).

“O silício presente nas águas subterrâneas se origina dos processos químicos de intemperismo de hidrólise e carbonatação dos silicatos”. Um valor razoável de sílica em águas naturais situa-se na faixa de 1 a 30 mg/L, contudo em determinadas condições pode atingir 100 mg/L (Lisboa, 1997). Teores relativamente elevados de sílica foram encontrados em águas da Formação Serra Geral, em Londrina, estado do Paraná, onde Celligoi, Duarte (1998) obtiveram uma média uma média de 37 mg/L em poços tubulares profundos cadastrados naquele município. Os autores atribuem esse valor relativamente alto à proveniência típica de águas de basalto.

7.2 Parâmetros indicadores da qualidade das águas

Cada uso da água exige limitações quanto às impurezas que ela pode conter que poderão ser transferidas naturalmente quando da passagem da água pelos diversos compartimentos do ciclo hidrológico, ou através da intervenção humana. Quando estabelecidos por organismos oficiais, esses limites são chamados de padrões de qualidade (Mota, 1988). As exigências para as águas

destinadas ao consumo humano são diferentes daquelas aplicadas na agricultura ou nos processos industriais.

Por outro lado, após o uso as águas podem se apresentar com suas características alteradas, tornando-se prejudiciais às formas de vida existente no corpo receptor, e dificultando ou impedindo os usos definidos para elas (Mota, 1988). Sendo assim, diz-se que o corpo d'água está poluído.

Quando a poluição de um determinado recurso hídrico resulta em prejuízos à saúde do homem, diz-se que há "contaminação" (Branco, 1986; Mota, 1988; Von Sperling, 1995).

Dessa forma, os parâmetros de qualidade das águas têm sua importância na avaliação da condição de uso com que as águas se apresentam.

O pH, potencial hidrogeniônico, não é propriamente um poluente, mas é considerado um parâmetro indicador de qualidade das águas. As causas naturais de modificação de pH de um rio, segundo Von Sperling (1995) podem ter origem na dissolução das rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Segundo o mesmo autor, as causas antropogênicas estão associadas aos despejos domésticos devidas à oxidação da matéria orgânica, despejos industriais diversos, e principalmente relacionadas à oxidação do rejeito piritoso gerado durante mineração e beneficiamento do carvão (Klein, 1972; CETESB, 1977; IPH, 1978; Mota, 1988; Alexandre, Krebs, 1995; Arana, 1997; Batalha, Parlato, 1997; Santa Catarina, 1997d; JICA, 1998; DNPM, 1999).

Na área de estudo alguns rios apresentam-se muito ácidos, devido às influências das atividades ligadas à mineração e ao beneficiamento de carvão. O pH é restritivo à vida aquática, sendo os baixos valores desse parâmetro apontados por Alexandre, Boff (1999) como a principal causa da mortandade de peixes ocorrida no estuário do rio Araranguá em março daquele ano. Os autores descrevem: *"os valores de pH encontrados nas águas compreendidas entre a cidade de Araranguá e o Balneário Morro dos Conventos encontravam-se abaixo dos índices médios de pH até então obtidos para aquele trecho do rio, situando-se entre 3,82 a 4,14 analisados de montante para jusante"*. Cabe ressaltar que por

tratar-se de escala logarítmica, a alteração de apenas uma unidade de pH representa uma variação de dez vezes a concentração de íons H^+ . As baixas temperaturas da água do mar em relação às das águas do rio Araranguá, registradas na época, acentuaram ainda mais o efeito do pH sobre aquele ecossistema que respondeu à agressão de forma desastrosa.

Conforme apresentado em ECP (1982e), a diminuição nos níveis de pH de 7 para 6 unidades, reduz a reprodução de crustáceos e freqüência na desova, bem como no número de ovos de algumas espécies de peixes. Caso o pH atinja 5 unidades, as taxas de crescimento e desova de várias espécies de peixes e moluscos são bastante reduzidas. Nessa faixa de pH, ocorre severo *stress* fisiológico nos organismos aquáticos, diminuindo sua resistência a doenças. Ainda de acordo com a mesma fonte, com pH variando entre 4 e 5 unidades, poucas espécies de peixes sobrevivem e há uma sensível redução da flora aquática. Entre 3 e 4 unidades de pH, apenas sobrevivem algumas larvas de mosquitos e poucas espécies de algas. Peixes e outros invertebrados não sobrevivem. Há a presença de bactérias acidófilas que encontram aí a faixa de pH ideal para o crescimento.

De acordo com Castro (1997), esse parâmetro é de fundamental importância nas águas de abastecimento. O pH representa a concentração de íons de hidrogênio dando uma indicação sobre as condições de acidez ou alcalinidade da água, ou seja, uma água com baixos valores de pH normalmente apresenta-se com alta concentração de acidez, que é de acordo com Boyd (1990, *apud* Arana, 1997) a concentração de ácidos tituláveis de uma amostra, expressos em mg/L de $CaCO_3$. O autor afirma que uma causa natural da acidez da água é a absorção do CO_2 atmosférico, porém a única maneira de se obter pH abaixo de 4,5 unidades é através da presença de ácidos fortes, como ácido sulfúrico, clorídrico ou nítrico. A medida de acidez da água propicia o cálculo da quantidade de álcalis necessária para a sua neutralização. Ao contrário, a alcalinidade de uma água mede a capacidade de neutralização de ácidos presentes em uma amostra (IPH, 1978; Branco, 1986; Batalha, Parlato, 1997).

A ocorrência natural de alcalinidade de uma água é o produto do intemperismo e lixiviação das rochas e do solo. Está associada à presença de metais alcalinos terrosos, principalmente cálcio e magnésio (Foster, 1942; Chow, 1974; Fenzl, 1988; Bache, 1990; Lisboa, 1997), sendo esta uma alcalinidade proveniente de bases fracas.

O produto da oxidação da pirita, é medido através da concentração de sulfatos. Esse ânion encontra-se também, distribuído na natureza, podendo estar presente nas águas em diferentes concentrações. Em áreas rurais, o sulfato encontrado em águas pode ter origem na lixiviação de locais onde foi aplicado fertilizante que contenha enxofre na sua formulação.

O sulfato também tem origem no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica. De acordo com estudos realizados pela JICA (1998) na Região Carbonífera de Santa Catarina e DNPM (1999) na bacia do rio Araranguá (1999), o sulfato apresenta bom coeficiente de correlação com o pH das águas da bacia, indicando uma relação direta entre esses dois parâmetros. Esses estudos obtiveram boas correlações também para ferro total e alumínio.

Na reação de oxidação da pirita, teoricamente teríamos 2 equivalente-gramas de acidez para cada equivalente-grama de sulfatos gerados no processo de oxidação da pirita.



Estudos realizados por Singer (1970, *apud* ECP, 1982e) sobre o mecanismo da oxidação da pirita, sugerem uma redução de acidez associada à interação dos argilo-minerais com as águas ácidas. Essa é a razão pelo qual não se observa na prática a estequiometria da reação acima. Dessa forma, enquanto a pirita é oxidada, os argilo-minerais passam por reações de dissolução liberando seus elementos constituintes. Os elevados valores nas concentrações de cálcio e magnésio nos cursos d'água impactados pela mineração de carvão, podem ser associados a essa neutralização parcial do ácido pela argila.

Mesmo assim, da reação de oxidação da pirita resultam águas extremamente ácidas em grande extensão dos canais dos rios Mãe Luzia e seus

afluentes, Pio, Fiorita e Sangão; e águas ácidas no rio dos Porcos e no baixo curso do rio Araranguá refletindo-se diretamente na qualidade ambiental do estuário. A condição natural de um ambiente estuarino seriam águas levemente básicas ou neutras em função dos sais alcalinos provenientes do oceano.

De acordo com o estudo realizado pelo DNPM (1999), plotando-se as medições do potencial de oxi-redução, POR, no diagrama de Eh-pH idealizado por Krauskopf (1972, *apud* DNPM, 1999), verifica-se que os rios Sangão, Mãe Luzia e Araranguá, no trecho a jusante da confluência com o Mãe Luzia, ocupam posição no campo predominantemente oxidante e ácido do diagrama. O rio Sangão apresenta-se com o ambiente mais oxidante da bacia, em decorrência do maior aporte de cargas favoráveis a estas reações. O estudo conclui que nessas condições, pode-se avaliar a capacidade desse meio de oxidar os materiais ali despejados, como enxofre e ferro, o que conseqüentemente diminui ainda mais o pH do meio.

A química do ferro com suas formas reduzidas (divalente) ou oxidada (trivalente), bem como as suas diferentes reações químicas, ora em forma de óxidos, ora em forma de hidróxidos controladas por condições de oxigenação, pH e microbiológicas refletem-se em diferentes matizes nas águas superficiais variando entre os tons de verde, amarelo e vermelho, encontrados em rios e lagoas com influência das atividades de mineração de carvão.

O comportamento do manganês é semelhante ao do ferro (IPH, 1978; ECP, 1982a; JICA, 1998) sendo a forma reduzida normalmente encontrada em águas subterrâneas ou pobres em oxigênio, e a forma oxidada, nas águas superficiais (Branco, 1986). Apesar de encontrar-se em concentrações inferiores a do ferro, o principal inconveniente do manganês é sua remoção através de coagulação e precipitação que se dá em pH próximo a 10 unidades, dificultando a remoção desse metal durante o processo de tratamento convencional de água para abastecimento (Batalha, Parlato, 1977). Junto às camadas de carvão são freqüentes os nódulos de óxidos de ferro e manganês, o que, conseqüentemente, faz com que estes elementos se apresentem nas águas impactadas pela extração e beneficiamento de carvão mineral.

O alumínio junto com sulfatos e ferro é um elemento que apresenta bom coeficiente de correlação com o pH na área estudada (JICA, 1998), e portanto, pode ser associado diretamente à poluição por atividades do setor carbonífero. Naturalmente, constata-se a ocorrência de alumínio nas águas da bacia do rio Araranguá, porém a sua concentração pode ser aumentada em até centenas de vezes em função das atividades carboníferas e por essa razão, torna-se tóxico à biota (JICA, 1998).

O processo de oxidação da pirita com conseqüente redução do pH do meio, aumenta o intemperismo e a solubilização dos constituintes das argilas do solo, acarretando na lixiviação de alumínio, ferro, manganês, cálcio, magnésio, entre outros (ECP, 1982e). O alumínio liberado durante o intemperismo, por sua vez, tem a capacidade de agir como um “tampão de pH”, impedindo ou dificultando a recuperação dessas águas. Essa capacidade de tamponamento, foi demonstrado através de comparação entre os valores obtidos em ensaio de titulação de uma amostra de drenagem de mina de carvão e uma amostra sintética com o mesmo pH (3,0), ajustado através de adição de ácido sulfúrico concentrado (ECP, 1982e). Os resultados servem para demonstrar a “resistência” que as águas provenientes da mineração de carvão apresentam em elevar os seus níveis de pH, sendo necessário portanto, muito mais agente alcalinizante do que a solução sintética.

As estações de tratamento de água, utilizam sais de alumínio, geralmente em forma de sulfatos para coagular e sedimentar as impurezas contidas na água. O lodo formado nessa operação, quando não disposto de forma adequada constituem-se em fonte potencial de incremento de alumínio nos cursos d'água.

De acordo com Raiswell (1983); Clesceri, Greenberg, Trussell (1989); O'Neill (1995) a dissolução do alumínio em água é controlada pelo pH. O cátion Al^{+3} é solúvel em pH menor que 4. A forma predominantemente dissolvida com que o alumínio se encontra em pH neutro é $Al(OH)^{-4}$. O alumínio é não essencial para plantas e animais. Concentrações acima de 1,5 mg/L constituem-se numa toxicidade de risco em ambientes marinhos, e concentrações menores que 0,2

mg/L representam risco mínimo nesses ambientes (Clesceri, Greengerg, Eaton, 1998). Isso demonstra como ambientes marinhos e conseqüentemente, os estuarinos são sensíveis à presença desse elemento, o que acaba por contribuir ainda mais com os baixos níveis de produtividade de pescadao no estuário do rio Araranguá. Além disso, o íon alumínio solubilizado em função dos baixos níveis de pH dessas águas, torna-se mais disponível à biota, aumentando ainda mais a vulnerabilidade desse ecossistema.

De acordo com Clesceri, Greengerg, Eaton (1998), a United Nations Food and Agriculture Organization recomenda para águas de irrigação uma concentração máxima de alumínio de 5 mg/L. A mesma fonte informa também sobre a ligação entre a concentração de alumínio em tecidos do cérebro e o mal de Alzheimer. Clesceri, Greenberg, Trussel (1989) afirmam que dispositivos de filtração rápida de água, com leitos de areia associado ao controle de pH, permitem obter água com concentração menor que 50 $\mu\text{g/L}$ desse elemento.

Outra medida que reflete a alteração das condições naturais da água em razão de contaminantes de origem inorgânica é a condutividade elétrica, que mede a habilidade de uma amostra conduzir corrente elétrica (Bandeira de Mello, 1999). Segundo esse autor, a origem de sais em altas quantidades normalmente é antropogênica, o que pode ser observado nos pontos amostrados na bacia quando comparados os locais com pouca intervenção antrópica com aqueles localizados principalmente nas áreas de mineração de carvão. Os altos valores de condutividade registrados nos efluentes procedentes da mineração (DNPM, 1999) demonstram a relação desse parâmetro com o processo de oxidação da pirita, sugerindo que a solução ácida resultante, rica em sais de sulfato metálico, é boa condutora de eletricidade.

Há de se ressaltar que os pontos com influência de maré, nos estuários, apresentam também elevadas medidas de condutividade, justificadas porém pela presença de sais de origem marinha. Altos valores de condutividade ocorrem em função da presença de íons, indicando uma grande quantidade de sais dissolvidos.

Esses sais podem ser medidos também através da análise de sólidos totais da amostra, que representam o somatório de todo o material que não se volatiliza a uma temperatura de 105°C, ou seja, argila, areia, matéria orgânica, sais minerais e metais, porém o que se tem nesse caso é um valor aproximado da condutividade da amostra já que a ela estará associada uma porção de material que não conduz corrente elétrica.

A medida de sólidos em suspensão é importante para se acompanhar a implantação de técnicas de conservação de solo. A eficácia dessas técnicas poderá ser avaliada com a redução deste parâmetro no corpo receptor (Santa Catarina, 1997d). Os altos valores de sólidos encontrados em rios com influência de rizicultura, como Itoupava, Manuel Alves, Pedra, Jundiá e outros na época do preparo das canchas de arroz, não são medidos em termos de condutividade elétrica, o que sugere que esses sólidos sejam compostos por argilas, siltes, areias e matéria orgânica, indicando que nesse caso o agricultor está perdendo parte do solo de sua propriedade.

Althoff, Kleveston (1996) alertam que solos do tipo Gley Pouco Húmico drenando após 24 a 72 horas do preparo do terreno, fornecem um efluente contendo de 1.000 a 1.200 mg/L de sólidos suspensos. Dessa forma, uma lâmina de 10 cm de água numa área de 1 ha representa uma carga sólida de 1.000 a 1.200 kg de partículas finas de solo, que podem ser perdidas por safra. Além do solo, os autores alertam para a perda de nutrientes como fósforo, cálcio, potássio e magnésio.

Já as concentrações de sólidos encontrados nos rios com influência de carvão apresentam uma correlação com os altos valores de condutividade elétrica, em função da presença de sais dissolvidos, principalmente sulfatos, como descrito anteriormente.

A turbidez é atribuída, usualmente, aos sólidos em suspensão. Pode ser causada por metais, areia, matéria orgânica ou ainda, pela biota que reduz a transmissão da luz (Batalha, Parlatore, 1977). Segundo esses autores, do ponto de vista operacional, em um sistema de tratamento de água para fins potáveis, um alto grau de turbidez pode comprometer os efeitos da desinfecção, pro-

porcionando um ambiente favorável ao desenvolvimento de microorganismos, além de trazer prejuízos às instalações como os sedimentadores e filtros, a exemplo do que ocorreu no ano de 1999, na cidade de Cocal do Sul, pertencente à vizinha bacia do rio Urussanga. Quando do lançamento das águas do preparo das canchas de arroz no rio Cocal, a montante da captação de água realizada pela SAMAE – Serviço Municipal de Água e Esgoto, o abastecimento daquela cidade foi interrompido por três dias, em função dos altos valores de turbidez da água daquele rio, o que impossibilitou o tratamento da água através do método convencional (Jornal da Manhã, 4 e 5/12/99, Criciúma).

Portanto, quando se fala em água potável, a turbidez, além de ser um requisito estético, é também um requisito sanitário. A Resolução nº 20 do CONAMA estabelece para rios de classe II, um máximo de 100 NTU, unidade nefelométrica de turbidez.

Com exceção da época do preparo das canchas de arroz, onde o *lameiro* carrega para os rios e sangas uma carga considerável de sólidos em suspensão com conseqüente aumento de turbidez, os rios da bacia do rio Araranguá em épocas de estiagem não se apresentam com valores acima do permitido para esse parâmetro, mesmo aqueles localizados em área de mineração (DNPM, 1999). Isto se justifica em função dos baixos valores de pH observados, que fazem com que os metais presentes na água encontrem-se preferencialmente na forma dissolvida. Nesses rios, os valores de sólidos dissolvidos aproximam-se dos valores de sólidos totais.

Montenegro *et al.* (1999), lembram que sólidos dissolvidos representam a quantidade de sais em uma amostra de água, ou o equivalente em concentração de íons, sem especificação dos seus constituintes em separado, formando o soluto, capaz de ser transportado em meio poroso.

Segundo Todd (1959), “*sabor e odor são sensações subjetivas que só podem ser definidas em termos de experiência do ser humano. Determinações quantitativas de odor são definidas a partir do grau máximo de diluição, que pode ser distinguido da substância pura, água ou ar*”. O Decreto 14.250/81 que regulamenta a lei 5.793 de 15/10/80 (Santa Catarina, 1998) sobre proteção

ambiental no estado de Santa Catarina define o Limite de Percepção de Odor (LPO) para várias substâncias relacionadas aos padrões de qualidade do ar. Para água, tanto esse decreto como a Resolução CONAMA n. 20 definem apenas o termo não objetável. O artigo 14 dessa resolução considera não objetáveis teores desprezíveis de poluentes, cabendo aos órgãos de controle ambiental, quando necessário, quantificá-los.

De uma boa concentração de oxigênio dissolvido depende a vida aquática aeróbia, isto é, aquela que faz uso de oxigênio, na forma dissolvida, em seu metabolismo (Schäfer,1985; Branco,1986). A matéria orgânica, por exemplo, o esterco suíno e bovino, o esgoto doméstico e os efluentes provenientes de indústrias alimentícias e de curtumes, quando lançados em corpos d'água, proporcionam o desenvolvimento rápido de microorganismos, que passam a consumir esta matéria orgânica e a competir com os peixes pelo oxigênio disponível na água. Como a multiplicação dos microorganismos é rápida, estes consomem o oxigênio dissolvido em curto espaço de tempo. Conseqüentemente, os peixes morrem por asfixia. Em casos extremos, com níveis de concentração de O_2 baixo, o curso d'água entra em anaerobiose, trazendo conseqüências desastrosas ao meio ambiente.

De acordo com Chien (1992, *apud* Arana, 1997), Branco (1986), uma das maiores fontes de oxigênio nos corpos d'água é a sua incorporação através da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton. Segundo ele, outra forma é a difusão do oxigênio atmosférico na massa líquida através da turbulência.

A causa da desoxigenação de um corpo d'água não é apenas o despejo de origem orgânica, mas também as reações de oxidação de metais e outros elementos introduzidos na forma reduzida, como: ferro e manganês divalente, sulfetos, nitritos, e outros (Catalan Lafuente, Catalan Alonso, 1987).

A demanda de oxigênio medida em função da respiração de microorganismos (Branco,1986; Schäfer,1985) expressa em miligramas de oxigênio por litro de amostra, indica a demanda bioquímica de oxigênio, DBO_5 , e reflete a depleção de oxigênio medido num período de 5 (cinco) dias em temperatura controlada de 20°C. Através deste parâmetro é possível estimar-se o

nível de poluição proveniente da decomposição da matéria orgânica, a que está sujeito um corpo receptor. O consumo de oxigênio proveniente das reações químicas é determinado pela demanda química de oxigênio ou DQO.

Os compostos de nitrogênio, quando presentes na água, geralmente são provenientes da decomposição das proteínas (matéria orgânica) ou da adubação química de áreas agrícolas. Este elemento é um importante nutriente para diversos cultivos. No entanto, quando em corpos d'água, provocam inconvenientes como, por exemplo, o rápido desenvolvimento de algas, provocando coloração intensa e transmitindo à água um sabor e odor desagradáveis (Klein, 1972; Schäfer, 1985).

A amônia ou nitrogênio de origem amoniacal pode ser um constituinte natural das águas superficiais ou subterrâneas, resultante da decomposição da matéria orgânica que existe naturalmente nos corpos d'água. No entanto, conforme mencionado, altas concentrações deste parâmetro trazem conseqüências desastrosas e, geralmente, são causadas por descargas de efluentes industriais, granjas ou ainda esgoto de origem doméstica. A amônia é tóxica. Determinou-se que uma concentração de nitrogênio amoniacal de 2,5 mg/L N-HN₃ em pH de 7,4 a 8,5, é nociva para algumas espécies de peixes de água doce (Branco, 1986).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para a flora e fauna aquática e juntos são os principais causadores da eutrofização, que é o desenvolvimento de algas acima do desejado em corpos d'água. Pode ter origem na descarga de efluentes industriais ou domésticos. A agricultura também contribui com o aumento da concentração de fosfatos nas águas superficiais em função da lixiviação do solo fertilizado que chega aos rios através do escoamento superficial em épocas chuvosas. Os níveis de fosfato total fixado pela resolução CONAMA n. 20/86 para águas de classe 2 é de 0,02 mg/L, limite esse muito baixo e freqüentemente é ultrapassado nas águas dos rios brasileiros. Von Sperling (1998) sugere uma revisão deste parâmetro, justificando a maior capacidade assimiladora de rios tropicais quando comparada aos rios de climas temperados, fazendo uma alusão à cópia dos padrões fixados pelas legislações ambientais norte-americanas e européias pelo Brasil.

Importante também em programas de monitoramento da qualidade da água é o exame bacteriológico, e nesse caso os microorganismos que mais representam a poluição por origem fecal são as bactérias do grupo coliformes (Batalha , Parlatore, 1977; Pessoa, Jordão, 1982). Os coliformes por si só não representam riscos à saúde humana. No entanto, como estão presentes em grande quantidade nos excrementos de homens e outros animais de sangue quente, são utilizados como indicadores do lançamento de esgotos cloacais e, conseqüentemente, indicam possibilidade de se encontrar também microorganismos patogênicos, isto é, microorganismos transmissores de doenças tais como febre tifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, doenças de pele entre outras. A Resolução n. 20 do CONAMA estabelece que para recreação de contato primário deverá ser obedecido o Artigo 26, enquanto para os demais usos estabelece o seguinte: 1) para as águas de classe especial, os coliformes totais deverão estar ausentes em qualquer amostra; 2) para as águas de classe I, o número de coliformes fecais não poderá ultrapassar o limite de 200 em 100mL de amostra em 80 % de 5 exames consecutivos; 3) para as águas de classe II, o número de coliformes fecais não poderá ultrapassar o limite de 1000 em 100mL de amostra em 80 % de 5 exames consecutivos; e 4) para as águas de classe III, o número de coliformes fecais não poderá ultrapassar o limite de 4000 em 100mL de amostra em 80 % de 5 exames consecutivos.

De acordo com Arana (1997), *um tipo de poluente bastante devastador é aquele composto por metais pesados*. Não existe um consenso a cerca da definição de metais pesados, sendo que Alloway (1990) define *como sendo os elementos da tabela periódica com densidade maior que 6 g/cm³*, Punz , Sieghart (1993) e Barceló, Poschenrieder (1992, *apud* Malavolta, 1994) consideram pesados os *metais com densidade maior que 5 g/cm³ e número atômico maior que 20*. *Ambas as expressões na verdade englobam metais, semi-metais e até não metais, como o selênio.*

Malavolta (1994) classifica ainda os metais em *essenciais*: cobre, ferro, manganês, molibidênio e zinco; *benéficos*: cobalto, níquel e vanádio e *sem função*

biológica ou não essenciais: alumínio, cádmio, cromo, mercúrio, chumbo entre outros...

Dessa forma, como é um termo utilizado para designar a poluição de origem inorgânica e conservativa, *é conveniente aplicar o termo metal pesado ao elemento que além de ser pesado no sentido físico, seja não essencial ou apresentar-se em concentração capaz de trazer prejuízos a saúde ou a biota, isto é, apresente toxicidade* (Alloway, 1990; Mérian, 1991).

Assim sendo, ferro, manganês e alumínio não são metais pesados no sentido físico e químico, porém, altas concentrações tornam esses elementos nocivos e inibidores da manutenção da vida aquática e nesse caso o conceito de pesado estende-se a eles.

O cromo total não existe nas águas naturais; aparece em águas poluídas com despejos de cromagem, no tratamento de água de refrigeração e de curtumes (Braille, Cavalcanti, 1979). Embora os sais de cromo trivalente sejam considerados inofensivos, os do cromo hexavalente são tóxicos. Desta forma, devido à transformação do trivalente em hexavalente nas águas de superfície, o cromo não deve ser despejado nos cursos d'água, pois é considerado extremamente tóxico. O limite máximo admissível para potabilidade é de 0,005 mg/L. O plâncton é sensível a doses de 0,05 mg/L, enquanto os peixes suportam até 1mg/L. É causador de lesões hepáticas e nos rins (Von Sperling, 1995).

A contaminação da água pelo chumbo, em áreas urbanas, tem sido estudada por inúmeros pesquisadores. A contaminação do solo pode advir de forma natural ou geológica, ou pode decorrer de atividades exercidas pelo homem, como mineração, indústria e transporte. Em folhelhos negros, ricos em matéria orgânica e em sulfetos, o conteúdo de chumbo tende a ser maior por sua afinidade geoquímica com enxofre (Silva, Hypolito, Terra, 1999). Na água, o chumbo destrói a hemoglobina dos peixes e retarda o crescimento de diversos organismos. Com relação ao homem, o chumbo acumula-se no cérebro, provocando encefalites graves, anemias, problemas renais e hormonais, paralisia, melancolia, glaucoma entre outros... (Batalha, Parlato, 1997).

O cobre é mais tóxico em águas ácidas do que em águas neutras ou alcalinas. A partir de 2 mg/L, o cobre confere mau gosto à água, tornando difícil, de certa forma, a sua ingestão voluntária. Por ser extremamente tóxico aos microorganismos, os efluentes contendo cobre não deveriam ser lançados nos rios ou mesmo em estações de tratamento de esgotos através de depuração biológica. Cobre em excesso causa cãimbra, convulsões, náuseas, cólicas, tosse, vômitos, entre outros (Batalha, Parlatore, 1997). Concentrações acima do normal eram esperadas em águas superficiais na área de influência da mineração do carvão em razão da possível presença de calcopirita (ECP, 1982b), o que não se comprova através dos monitoramentos realizados.

O zinco é largamente utilizado em galvanoplastia e indústrias do ramo metal-mecânico. Os peixes são sensíveis à toxidez do zinco a partir de uma concentração de 4,0 mg/L, as *daphnias* a partir de 1,8 mg/L, e certos microorganismos plantônicos desde 1,0 mg/L. Um homem normal ingere de 10 a 15 mg/dia de zinco, que é um elemento essencial para uma boa nutrição. Só as concentrações muito elevadas, que dariam à água sabor desagradável, são perigosas. O limite superior admissível de zinco na água potável é de 5 mg/L, segundo Von Sperling (1995), ultrapassando este valor, o zinco pode provocar infecções urinárias, bronquite asmática, coceiras nos olhos, entre outros. Com relação aos efluentes a resolução CONAMA 20, em seu artigo 21 estabelece um limite de 5,0 mg/L para zinco, enquanto que o Decreto n. 14.250/81 estabelece 1,0 mg/L.

A toxicidade de íons metálicos é influenciada por vários fatores, entre eles, o pH. As concentrações naturalmente encontradas em águas dos elementos: sódio, cálcio, potássio, e magnésio, *antagonizam* a toxicidade de outros metais como por exemplo, chumbo, zinco ou cobre. Por outro lado há o efeito de sinergismo entre vários metais, como exemplo cita-se: níquel e zinco, cobre e zinco, cobre e cádmio, entre outros (Alloway, *et. al* 1990; Merian, *et. al* 1991).

Charbonneau *et al.* (1979) lembram os efeitos do sinergismo entre metais sobre a vida aquática e a sensibilidade dos ecossistemas estuarinos com relação a essa questão. Citam ainda que o efeito sinérgico do zinco e o cobre, faz

com que baixas concentrações desses metais sejam letais a larvas de camarões e várias espécies de peixes.

Apesar de não constituir um parâmetro de análise laboratorial a importância da medida de vazão durante um programa de monitoramento, é dada pelo fato de se poder com isso determinar a carga poluente, realizando um balanço de massa no sistema hídrico. Além disso, obtém-se uma idéia sobre o incremento da descarga da precipitação pluvial. Estes dados são fundamentais para a elaboração de futuros projetos de recuperação dos recursos hídricos e imprescindíveis para a implantação do sistema de outorga de água.

7.3 O dimensionamento da rede e a análise espaço-temporal da qualidade das águas

A rede de monitoramento adotada neste estudo é composta por 39 estações de amostragem, sendo que destas 09 encontram-se no subsistema do rio Itoupava, 24 no rio Mãe Luzia; 02 no rio dos Porcos e 03 no baixo curso do rio Araranguá e 01 ponto foi amostrado no oceano, junto à foz do rio Araranguá no Morro dos Conventos.

A figura 02 traz um diagrama esquemático com a localização dessas estações. Esses pontos estão distribuídos na área da bacia, e pretendem retratar as condições em que se encontram essas águas.

Em relação aos dados abordados há tanto a inclusão dos dados de programas de monitoramento de qualidade da água, operada simultaneamente com a medição de vazão, com coleta sistemática de dados para análise e controle de qualidade laboratorial, como campanhas especiais de coleta, com objetivos específicos e de acordo com a necessidade do momento.

Os primeiros dados de qualidade das águas na bacia do rio Araranguá foram registrados pela CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental em julho de 1974. Para concluir o diagnóstico intitulado: "Poluição industrial na bacia do rio Araranguá, SC", foi realizada uma campanha em quatro

estações de amostragem localizadas em Forquilha Grande, município de Araranguá. O estudo foi realizado por solicitação da CASAN e pretendia determinar as condições de disposição final dos esgotos urbanos das cidades de Criciúma e Araranguá. As análises foram realizadas no laboratório da CASAN e a coleta se deu num período de no mínimo 5 dias sem chuvas. O estudo considerou que com exceção do pH, os rios avaliados apresentavam-se em condições sanitárias satisfatórias. Os resultados estão apresentados na tabela 15 e mostram o comprometimento do baixo rio Araranguá em função da mineração de carvão no subsistema do rio Mãe Luzia.

Em dezembro 1976, a FATMA repete o ensaio realizado pela CETESB para reavaliar as condições daqueles rios. As coletas foram realizadas em período chuvoso e os dados obtidos encontram-se na tabela 16.

Esse trabalho traz o registro de algumas espécies da ictiofauna encontradas nos rios. Embora as informações tenham sido fruto do relato dos moradores de Forquilha Grande e não da constatação dos técnicos da equipe. É relatada a presença de cardumes de tainhas, bagres, acarás, piavas e até mesmo de lagostim na área de estudo. Os moradores descrevem que o comportamento desses animais era dependente das condições de maré, nível dos rios e intensidade das chuvas: *“Eles podem ser vistos subindo o rio, ou rio abaixo, fugindo da água do carvão”* (FATMA, 1976).

Com a finalidade de avaliar os efeitos provocados pela mineração do carvão sobre os recursos hídricos, a FATMA solicitou ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, IPH um estudo da qualidade das águas superficiais do alto rio Mãe Luzia.

As análises foram realizadas em 13 estações de amostragem, incluindo nesses, alguns pontos de monitoramento de efluentes de mineração e rios que não estão sendo detalhados no presente estudo.

As coletas foram realizadas no período compreendido entre julho de 1980 e junho de 1982. Os parâmetros foram selecionados exclusivamente com o objetivo de avaliar a poluição causada pelas atividades do setor carbonífero. Os dados de análise e os registros de vazão encontram-se na tabela 17.

O quarto estudo abordado foi realizado pela ECP – Engenheiros Consultores e Projetistas, empresa de consultoria contratada pelo Governo do Estado, para lançamento do “Programa de Conservação e Recuperação Ambiental da Região Sul de Santa Catarina”.

Essa empresa apresentou 12 projetos identificáveis pelas letras “A” a “O”, entre os quais o projeto A – “Monitoramento Ambiental”, tinha como objetivo avaliar a qualidade das águas, do solo e do ar, especialmente no “eixo industrial/mineral Araranguá, Criciúma, Tubarão e Imbituba” (ECP, 1982a). Esse projeto teve como enfoque principal, a poluição causada pela mineração do carvão, motivo pelo qual na bacia do rio Araranguá, a rede de monitoramento centrou-se no rio Mãe Luzia e no baixo rio Araranguá. As coletas foram realizadas entre novembro de 1981 a março de 1982 e traz a descrição da metodologia de coleta e de análise realizadas. Os parâmetros analisados medem a poluição inorgânica: pH, condutividade, acidez, sulfatos, sólidos totais e metais. Registra também, dados de vazão (na tabela 18).

Em 1990, já com laboratório regional próprio, a FATMA realiza o seu primeiro programa de monitoramento na bacia do rio Araranguá. Com 16 pontos de coleta, o objetivo principal continua sendo a avaliação pela poluição do carvão, embora sejam incluídos alguns rios fora da área de influência direta dessa atividade como os rios São Bento, do Cedro, Manuel Alves e Itoupava. Registra ainda dados referente aos rios Morosini e dos Porcos, que embora estejam sob a influência da mineração de carvão, o rio Morosini teve sua área de drenagem minerada a céu aberto após o ano de 1982, quando foram adotadas técnicas visando a recuperação da área concomitante à operação de lavra. O rio dos Porcos apresenta áreas degradadas pela mineração do carvão mas, não tinha, até aquele momento, registros que identificassem a qualidade das águas daquele rio.

Foram analisados pH, acidez total, sólidos totais, sulfatos e ferro total durante período de abril a setembro de 1990. Os dados não haviam sido publicados e encontram-se na tabela 19.

Em 1991 o DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral em convênio com a Agência Internacional de Cooperação Japonesa, JICA realizam uma única campanha de amostragem na bacia com o objetivo de identificar trechos críticos de poluição e apontar alternativas de controle a serem adotadas pelas mineradoras. A tabela 20 apresenta esses dados.

TABELA 15

RESULTADOS OBTIDOS NA CAMPANHA REALIZADA PELA CETESB EM 1974, QUANDO DO DIAGNÓSTICO INTITULADO: POLUIÇÃO INDUSTRIAL NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, LOCALIDADE DE FORQUILHA GRANDE, MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Hora da coleta	Cor	pH	Coliformes totais NMP/100	Coliformes fecais NMP/100	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Cloretos (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)
Itoupava	RI3	03/07/74	0,0	10	15	8:30	21	7,30	2300	490	0,2	38,0	0,1	10,4	4,8	0,2	16,0	5,0	5,0
Mãe Luzia	RML5	03/07/74	0,0	13	14	9:35	10	3,39	5	2	113	3,5	0,1	10,8	2,7	0,4	2,0	25,0	20,0
	RML6	03/07/74	0,0	13	15	9:10	5	3,70	33	13	64	3,5	0,1	10,2	2,4	0,6	18,0	18,0	15,0

Fonte: CETESB (1974)

TABELA 16

RESULTADOS OBTIDOS NA CAMPANHA REALIZADA PELA FATMA EM 1976, NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO BAIXO VALE DO RIO ARARANGUÁ, LOCALIDADE DE FORQUILHA GRANDE, MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Cor	pH	Condutividade (uS/cm)	Cloretos (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)
Itoupava	RI3	7/12/76	42,4	26	26	60	6,90	60	24,0	59	5,0	10	2,7	0,8	8,0	1,728
Mãe Luzia	RML9	7/12/76	42,4	25	25	10	3,60	270	25,5	190	82,0	2	0,9	1,8	26,8	3,537

Fonte: FATMA (1976)

TABELA 17

RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO EXECUTADO PELO IPH EM 1981, QUANDO DA REALIZAÇÃO DOS ESTUDOS NO ALTO RIO MÃE LUZIA, BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Hora da coleta	Vazão (m ³ /s)	pH	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Magnésio (mg/L)		
Mãe Luzia	RML2	12/2/80		13:10		6,35	50	4,0	9,0		0,4		0,25	0,20					
		9/9/80		11:00		6,50	30	2,0	9,9	45	4,0		0,24	0,24					
		14/10/80	2,4	9:00		6,20	32	2,0	9,3		2,0		0,36	0,36					
		18/11/80	2,6	8:45		6,65	50	3,0	9,3	45	4,0		0,10						
		27/11/80	1,7	9:15		7,15	50	5,0	8,6		5,0		0,10						
		5/12/80	20,2	11:10		7,00	40	2,0	7,7	540	3,0		0,10						
		19/5/81	1,7	10:15		6,60	40	2,5	9,6	75	2,0		0,30	0,20					
		26/5/81	0,0	14:31		6,40	49	4,0	7,6	45	3,0		0,20	0,10					
		10/6/81	29,5	18:15		7,20	35	4,0	9,5	40	3,0		0,30	0,10					
	24/6/81	0,2	17:45		6,30	50	1,0	11,5		4,0		0,20	0,10						
	11/7/80	1,7	16:40		3,85	268	93,0	8,8		70,0		4,23	3,76						
	23/7/80	2,0	15:20		3,90	310		10,8											
	21/8/80	20,9	18:00	9,84	4,75	120	27,0	9,0						3,60	2,30				
	9/9/80		18:00	1,90	4,35	250	74,0	8,1		118,0		5,45	3,52						
	14/10/80	2,4	11:05	5,15	5,10	87	15,0	8,6	120	38,0		3,93	2,40						
	18/11/80	2,6	11:50	2,00	3,55	250	58,0	7,9	235	116,0		5,00							
	27/11/80	1,7	11:00	1,55	3,70	250	63,0	8,0	270	109,0		5,00							
	5/12/80	20,2	12:20	15,39	4,60	108	21,0	7,4	100	138,0	<0,02	4,00		0,06	1,8	1,8			
	12/2/81		12:15	4,58	4,10	170	20,0	8,9		46,0		2,05	1,65						
	20/5/81	1,8	13:45	1,96	3,60	230	58,0	8,8	240	93,0		3,50	3,50						
	26/5/81	0,0	13:20	2,13	4,10	200	65,0	8,2	210	96,0		4,40	2,00						
	29/5/81	25,6	10:50	6,60	4,20	108	32,0	9,5	105	49,0		4,20	1,50						
	11/6/81	30,6	10:30	6,62	4,70	125	31,0	9,4	130	62,0		6,00	2,30						
	25/6/81	1,9	15:05	1,86	4,50	260	62,0	8,8	190	119,0		7,20	6,00						
	11/7/80	1,7	17:45		3,05	1680	623,0	8,2											
	23/7/80	2,0	12:45		3,05	1970	637,0	10,8											
	22/8/80	2,0	10:50	6,04	3,35	1450	470,0	8,9	2395					42,70	42,70				
	10/9/80		11:45	0,68	3,30	2050	639,0	8,8	1890	1500,0		140,00	45,60						
	14/10/80	2,2	15:40	1,00	3,50	1720	562,0	7,2	2410	1060,0		112,00	47,00						
	18/11/80	2,6	4:25	0,73	2,90	2360	697,0	8,0	3235	1540,0		85,00							
	27/11/80	1,7	15:00	0,43	2,75	2950	477,0	5,4	1940	2030,0		100,00							
	2/12/80	1,3	23:30		2,70	1400	606,0	7,8	1455	880,0		100,00							
	4/12/80	19,2	18:00	29,06	3,20	1200	436,0	7,5	1550	580,0	0,07	80,00		0,95					
	5/12/80	20,2	18:30	9,81	2,75	1600	590,0		2320	770,0	0,07	100,00		1,37	8,8	12,5			
	20/5/81	1,8	14:15	0,95	2,60	2050	611,0	8,0	1618	1160,0		130,00	80,00			8,8	14		
	27/5/81	16,8	2:15	11,64	2,20	1350	569,0	8,6	1735	740,0		120,00	10,00						
27/5/81	16,8	8:45	7,50	2,60	1400	642,0	8,2	1310	840,0		140,00	70,00							
27/5/81	16,8	16:00	8,36	2,70	1200	509,0	7,6	970	710,0		120,00	60,00							
28/5/81	25,6	10:40	4,44	2,70	1000	358,0	8,6	980	515,0		80,00	40,00							
28/5/81	25,6	17:05	5,23	3,60	1080	381,0	8,6	1290	482,0		90,00	40,00							
29/5/81	25,6	11:50	3,16	3,30	1320	473,0	9,1	2005	806,0		100,00	50,00							
10/6/81	29,5	12:20	5,07	3,60	1500	542,0	8,6	1950	1065,0		130,00	50,00							
11/6/81	30,6	13:00	2,87	3,70	1500	514,0	8,4	2380	1065,0		130,00	50,00							
26/6/81	1,9	12:15	1,22	3,80	2000	591,0	7,0		1629,0		120,00	30,00							

Cont.

Subsistema hídrico		Mãe Luzia															
Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Hora da coleta	Vazão (m3/s)	pH	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO3)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	
AML3.2	22/1/180	0,8	14:30		6,60	50	4,0	8,6		5,0		0,20					
	27/1/180	1,7	13:00		7,05	55	2,0	7,3		4,0		0,10					
	5/12/180	20,2	16:20		6,10	40	5,0	7,7		20,0		2,00					
	24/6/81	1,1	15:15		5,60	400	1,0	10,8	25	5,0		0,10	0,10				
RML4	10/7/180	1,7	10:40		3,25	610	123,0	8,9		145,0		1,63	1,16				
	23/7/80	2,0	11:03		2,45	750		10,9									
	11/9/80		12:00		3,69	3,55	750	148,0	8,5	330	346,0	3,40	3,40				
	15/10/80	2,4	15:00		9,15	4,20	300	48,0	8,2	810	130,0	7,80	7,00				
	18/1/180	2,6	18:45		3,80	3,20	890	160,0	6,8	655	340,0	10,00					
	27/1/180	1,7	18:30		2,63	2,95	950	143,0	7,2	645	372,0	6,80					
	12/2/81		12:00		8,43	3,20	600	89,0	7,2		197,0	6,60	1,80				
	21/5/81	1,1	9:00		2,97	3,00	750	157,0	8,1	645	355,0	7,00	4,80				
	11/6/81	30,6	15:30		14,07	3,90	500	153,0	9,0	470	265,0	30,50	12,00				
	10/7/80	1,7	9:20		3,30	600	118,0	9,2	480	115,0		0,93	0,51				
RMLS	23/7/80	2,0	10:10		3,40	780	129,0	10,3	225								
	11/9/80		17:30		4,26	3,70	580	119,0	7,4	590	280,0	8,67	2,70				
	13/10/80	2,2	18:00		9,52	3,90	248	40,0	8,8	585	96,0	3,50	3,50				
	19/1/180	2,6	16:45		3,83	2,95	800	143,0	7,7	310	300,0	2,00					
	27/1/180	1,7	17:25		3,08	2,75	850	137,0	6,5	280	344,0	4,00					
	3/12/80	18,3	11:15		112,87	3,65	285	68,0	8,0		122,0	0,03	25,80	0,22	4,2	6,5	
	3/12/80	18,3	16:20		62,16	3,55	320	71,0	7,9		122,0	20,00					
	3/12/80	18,3	18:15		61,11	3,45	390	71,0	7,9		120,0	20,00					
	4/12/80	19,2	4:30		66,93	3,45	325	74,0	8,4		140,0	26,00					
	4/12/80	19,2	8:30		49,41	3,60	372	88,0	8,1	300	134,0	0,02	19,00	0,23	3,6	1,1	
	4/12/80	19,2	21:30		146,78	3,90	300	72,0	7,9		144,0	0,05	50,00	0,25	6,0	7,1	
	5/12/80	20,2	8:40		71,12	3,90	335	72,0	8,2		116,0	15,00					
	5/12/80	20,2			186,67	3,80	340	41,0	8,7		84,0	0,02	15,00	0,15	3,0	9,6	
	13/2/81		10:00		9,43	3,25	500	75,0	7,2		161,0	1,10	1,10				
	21/5/81	1,1	11:00		4,60	3,70	700	136,0	8,9	555	316,0	5,80	4,50				
	29/5/81	25,6	20:00		13,99	3,40	377	91,0	8,8	255	129,0	14,50	5,80				
10/6/81	29,5	16:10		25,72	3,90	500	132,0	8,9	430	230,0	29,00	11,00					
11/6/81	30,6	18:30		16,44	4,00	470	128,0	9,0	415	223,0	23,00	7,00					
26/6/81	0,0	9:30		4,11	3,40	700	178,0	8,1	610	423,0	13,50	1,50					

TABELA 18

RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO REALIZADO PELA ECP EM 1982 QUANDO DA REALIZAÇÃO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO AMBIENTAL DA BACIA CARBONÍFERA DE SANTA CATARINA. DADOS REFERENTES À BACIA DO RIO ARARANGUÁ.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)		Hora da coleta	pH	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	
Mãe Luzia	RML3	16/11/81	18,4	23	21	14:50	3,10		61,0		166,9	97,5							
		30/11/81	3,8	28	23	13:40	4,90		16,0		114,5	102,4							
		14/12/81	7,8	33	24	11:45	4,40		31,0		133	87,2	<0,02	0,02				0,8	0,1
		29/12/81	0,0	26	23	13:30	6,00		4,0		150	31,4							
		11/1/82	4,2	28	25	15:15	4,90		7,0		94	29,6							
		26/1/82	8,1	26	19	10:40	3,20		5,8		125	48,4							
		9/2/82	7,0	29	25	11:30	4,50	155	19,0	8,2	129	54,3				2,2	0,0		
		2/3/82	8,7	22	21	11:15	4,30	200	8,0	8,4	325	80,3				4,0	0,4		
	18/3/82	2,2	24	21	10:30	5,00	135	8,0	7,4	149	44,9	<0,02	0,01	3,3	0,4	0,5	0,0		
	1/4/82	0,0	22	20	9:10	5,00	95	5,0	8,1	134	29,6				1,4	0,7			
	6/11/81	1,8	22	21	10:00	3,50		111,0		484	269,4								
	23/11/81	0,0	30	26	15:20	2,80		301,0		925	484,2								
	25/11/81	11,2	28	23	10:15	3,10		148,5		412	219,9								
	27/11/81	11,3	24	22	8:35	2,80		251,0		735,5	337,1								
	30/11/81	3,8	26	22	8:45	3,00		226,5		506	303								
	2/12/81	4,3	20	21	7:40	2,90		160,0		475	327,7								
	4/12/81	0,8	24	21	7:45	3,00		157,0		507	1122,4								
	7/12/81	1,8	22	24	7:50	2,90		187,0		610	407								
	11/12/81	6,7	21	22	7:50	2,80		164,0		517	329,9								
	14/12/81	8,5	23	24	8:25	2,80		179,0		631	390,8				279,2		3,6	0,4	
	18/12/81	2,5	19	23	7:05	3,40		198,0		629	403,6								
	21/12/81	1,4	26	27	8:00	2,70		318,0		1158	672,9								
	4/1/82	1,9	30	27	14:30	3,50		156,0		625	286,4								
	5/1/82	1,5	27	23	11:30	2,90		107,0		419	237,8								
	6/1/82	1,5	23	22	8:30	2,80		150,0		458	259,5								
	8/1/82	0,9	20	23	7:50	2,90		156,0		584	331,8								
	15/1/82	0,1	25	29	10:45	2,80		176,0		697	399,9								
	18/1/82	0,0	30	28	10:00	3,40		179,0		831	406								
20/1/82	0,0	27	25	10:00	2,70		207,0		1049	454									
22/1/82	0,8	31	29	10:15	2,20		140,3		674	321,8									
25/1/82	8,1	22	23	7:45	3,10		106,3		378	1884,5									
27/1/82	7,3	29	28	17:50			153,0		755	361,9									
1/2/82	0,0	30	26	11:00	3,00	1250	191,0	7,4	891	501,7				29,0	1,5				
3/2/82	0,0	22	24	17:45	2,70	1250	195,0	7	916	483,9				31,0	2,0				
5/2/82	12,5	18	19	11:00	2,80	450	167,0	7,6	326	116,4				28,0	2,8				
8/2/82	14,3	28	26	18:20	2,30	700	123,0	6,4	486	227,6				29,0	3,4				
10/2/82	1,8	26	26	17:19	2,10	450	177,0	7	357	169,5				30,0	5,5				
12/2/82	0,0	31	26	11:00	3,40	850	97,0	8	604	253,5				30,0	6,0				
16/2/82	5,4	21	23	10:00	3,20	400	105,0	7,8	407	145,6				31,0	7,2				
17/2/82	5,5	21	22	15:40	2,70	550	142,0	7,8	397	211,5				26,8	9,1				
19/2/82	15,6	24	21	17:00	2,00	600	174,0	7,8	335	184,3				24,7	19,0				

Cont.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Hora da coleta	pH	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)			
Mãe Luzia	RML4	22/2/82	14,6	25	22	10:50	2,20	800	120,0	8	499	242,2			27,0	9,5					
		24/2/82	3,3	22	20	15:15	2,40	700	132,0	8	542	287,5			25,0	9,0					
		26/2/82	3,9	24	23	16:30	2,70	750	107,0	8,2	464	294,9			15,0	7,0					
		1/3/82	0,8	28	27	17:25	2,50	850	141,0	5,4	601	309,2			13,7	2,2					
		3/3/82	15,1	25	21	9:20	4,40	275	20,0	7,8	274	23,7			32,0	6,2					
		5/3/82	15,1	22	20	10:40	3,00	500	71,0	8	398	16,6			27,0	4,3					
		8/3/82	0,0	27	25	11:40	2,20	900	160,0	8,6	745	357,8			30,0	5,5					
		10/3/82	9,0	30	24	14:10	2,30	550	102,0	7,6	428	180,4			28,0	3,0					
		12/3/82	9,0	28	23	17:20	4,00	650	120,0	8,4	408	217,4			25,0	2,0					
		15/3/82	0,0	24	23	9:45	4,10	650	94,0	8,4	342	217,8			18,0	0,0					
	17/3/82	2,2	26	25	16:30	4,00	900	147,0	7,2	609	309,8			20,0	7,0						
	19/3/82	2,2	25	24	18:00	4,70	375	48,0	7,6	265	105,3			13,0	2,0						
	22/3/82	0,4	26	24	10:50	3,90	750	117,0	7,6	452	244,1			17,0	0,0						
	24/3/82	14,8	28	25	15:30	4,80	400	62,0	7,4	294	131,7	0,00	0,02	13,6	1,0	2,5	0,2				
	26/3/82	16,0	28	26	16:30	4,00	650	90,0	7,4	418	188			15,0	0,2						
	20/1/81	4,3	29	27	15:15	2,60		495,5		1001,5	593,5										
	30/1/81	3,8	26	29	17:05	2,80		324,0		801,5	684										
	14/1/81	8,5	34	24	14:30	3,10		536,0		1189	728										
	30/1/81	0,0	31	26	10:20	2,90		277,2		930	422,4										
	11/1/82	4,2	29	30	13:30	2,40		1050,0		4103	1456,5										
25/1/82	7,3	30	26	13:25	2,00		245,0		709	383,7											
8/2/82	14,3	29	28	16:55	2,80		850	162,0	7	588	267,5			26,5	2,8						
1/3/82	0,8	30	28	14:15	2,50		1550	300,0	7,6	1296	680,1			31,4	3,3						
15/3/82	0,0	24	24	12:00	2,90		850	198,0	7	527	282			46,0	4,0						
29/3/82	7,8	22	21	11:05	3,00		650	133,0	6,8	812	234,7	<0,002	0,05	32,0	0,0	1,9	0,0				
18/1/81	4,3	30	29	13:00	3,50		70,0		1734	233,7				1,9			5,4	3,0			
30/1/81	3,8	27	23	16:30	3,70		51,0		185,5	406,2											
30/1/81	0,0	26	26	10:00	3,50		64,8		939	160,3											
11/1/82	4,2	30	28	12:00	3,50		104,5		1933	310,1											
25/1/82	8,1	27	26	11:30	2,60		34,5		613	82,2											
8/2/82	14,3	28	26	16:00	2,80		2500	23,0	7,2	1349	141,7			1,6	0,9						
17/1/81	4,4	24	22		4,50		20,5		2052	182,5											
30/1/81	3,8	28	23		4,20		40,5		1834	1081,5	<0,02	<0,005	1,6		0,5	0,2					
18/1/81	0,7	28	27		3,90		40,0		4777	401,8											
30/1/81	0,0	27	25		3,80		52,8		1975	645,2											
11/1/82	4,2	28	25		3,20		103,4		5349	550											
25/1/82	8,1	26	25		2,30		48,3		2279	827											
8/2/82	14,3	28	26		5,00		30,0		1631	150											
8/2/82	14,3	28	26		6,00		11,0		1712	411,9											
1/3/82	0,8	31	30	12:15	3,00		92,0		7	2083	1353,6			1,2	0,5						
1/3/82	0,8	30	28		3,00		77,0		7	3813	1433,2			0,8	0,0						
1/3/82	0,8	30	28		5,60		58000	14,0	6,6	2766,3	124,1			0,9	0,3						
15/3/82	0,0	23	28		3,70		1275	48,0	6,8	720	133,8			1,2	0,7						
15/3/82	0,0	23	24		3,70		12300	44,0	6,2	864	711,4			1,0	0,6						
15/3/82	0,0	23	24		3,70		13000	15,0	6,2	1008,7	549,1			1,3	0,7						
29/3/82	9,3	24	23	15:00	4,00		1600	58,0	6,2	946	152,5	<0,02	0,01	2,1	0,6	0,8	0,2				
29/3/82	9,3	28	24		5,00		50000	22,0	6,8	7299	1625			1,0	0,6						
Baixo vale do rio Araranguá	RAS																				

Fonte: ECP (1982)

TABELA 19

RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO REALIZADO PELA FATMA DURANTE O PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE ABRIL E SETEMBRO/ 1990 NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	pH	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Ferro Total (mg/L)
Itoupava	RI3	12/04/90	6,1	6,54	2,6	9	1,6	2,00
		10/05/90	0,0	6,86	5,2	15	8,8	0,70
		07/06/90	2,9	6,54	3,4	16	6,8	0,80
		12/07/90	0,0	6,67	4,7	12	6,7	1,10
		10/08/90	0,0	6,86	3,5	12	6,5	0,90
		13/09/90	7,1	6,75	4,0	14	6,0	1,00
Mãe Luzia	RML2	11/04/90	7,0	7,30	2,6	7	2,4	0,02
		09/05/90	0,0	7,02	3,6	7	1,6	0,02
		06/06/90	2,9	7,03	3,2	11	2,6	0,02
		11/07/90	0,3	7,01	2,7	9	2,8	0,02
		08/08/90	0,0	7,02	3,7	9	1,9	0,02
		12/09/90	9,6	7,02	3,1	9	2,4	0,02
	AML1	11/04/90	7,0	3,21	105,8	83	86,4	4,60
		09/05/90	0,0	3,18	80,4	19	92,8	7,40
		06/06/90	2,9	3,09	102,5	95	95,2	6,20
		11/07/90	0,3	3,09	101,8	85	98,2	5,80
		08/08/90	0,0	3,05	115,8	97	93,6	5,60
		12/09/90	9,6	3,18	100,9	74	90,8	5,80
	RML3	11/04/90	7,0	4,12	69,7	65	112,0	4,60
		09/05/90	0,0	3,98	52,2	36	97,6	3,10
		06/06/90	2,9	4,11	44,4	71	132,5	2,80
		11/07/90	0,3	4,71	53,7	47	142,8	3,20
		08/08/90	0,0	3,42	63,4	54	158,9	3,80
		12/09/90	9,6	3,99	57,0	53	125,0	3,60
	AML2	11/04/90	7,0	6,38	1,7	10	18,4	0,40
		09/05/90	0,0	6,51	1,7	16	8,8	0,20
		06/06/90	2,9	6,10	5,1	15	3,2	0,20
		11/07/90	0,3	6,59	2,8	17	5,7	0,30
		08/08/90	0,0	6,08	2,1	16	6,8	0,30
		12/09/90	9,6	6,30	2,5	16	10,8	0,30
AML3	11/04/90	7,0	2,56	243,4	807	479,2	13,00	
	09/05/90	0,0	2,68	226,2	713	208,0	12,00	
	06/06/90	2,9	2,72	210,0	629	472,8	16,20	
	11/07/90	0,3	2,78	278,9	759	498,6	15,80	
	08/08/90	0,0	2,72	324,5	804	526,9	16,10	
	12/09/90	9,6	2,65	250,9	730	426,9	12,80	
RML4	11/04/90	7,0	2,73	97,0	114	187,2	16,00	
	09/05/90	0,0	2,91	130,5	153	180,0	11,60	
	06/06/90	2,9	2,83	131,5	194	185,6	18,60	
	11/07/90	0,3	2,95	141,0	169	187,6	12,60	
	08/08/90	0,0	2,83	152,9	176	182,2	10,80	

Cont.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	pH	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Ferro Total (mg/L)
Mãe Luzia	AML4.1	12/09/90	9,6	2,82	125,0	159	185,8	13,80
		11/04/90	7,0	6,59	2,5	67	2,4	0,10
		09/05/90	0,0	6,68	1,7	10	0,8	0,10
		06/06/90	2,9	6,76	5,1	19	1,8	0,30
		11/07/90	0,3	7,15	2,6	12	2,5	0,20
		08/08/90	0,0	6,76	2,6	13	2,8	0,20
		12/09/90	9,6	6,80	2,7	24	2,8	0,30
		11/04/90	7,0	3,56	93,5	183	99,2	10,40
		09/05/90	0,0	3,28	78,3	372	140,8	10,20
	RML6	06/06/90	2,9	3,56	46,1	258	159,8	11,00
		11/07/90	0,3	3,76	66,9	263	148,9	10,90
		08/08/90	0,0	3,78	73,9	279	153,7	11,20
		12/09/90	9,6	3,60	70,5	270	135,8	10,70
		11/04/90	7,0	2,38	1005,6	767	488,0	14,00
		09/05/90	0,0	2,48	883,8	812	688,0	26,20
		06/06/90	2,9	2,53	840,5	984	476,0	13,00
		11/07/90	0,3	2,78	898,7	898	595,0	16,80
		08/08/90	0,0	2,53	888,6	857	599,7	15,90
	AML5	12/09/90	9,6	2,49	905,0	860	558,9	18,30
		11/04/90	7,0	2,54	365,5	430	252,0	24,00
		09/05/90	0,0	2,75	234,9	483	372,0	10,90
		06/06/90	2,9	2,69	251,0	560	368,0	22,30
		11/07/90	0,3	3,71	279,8	599	388,0	18,90
		08/08/90	0,0	2,69	323,8	458	376,9	17,80
		12/09/90	9,6	2,91	390,0	504	360,0	18,50
		12/04/90	6,2	6,28	1,7	509	3,2	0,70
		10/05/90	0,0	6,26	5,2	597	5,6	1,20
AML6	07/06/90	2,9	6,30	5,1	433	4,8	1,30	
	12/07/90	0,0	7,25	5,3	381	4,5	2,30	
	10/08/90	0,0	6,30	6,8	378	4,7	1,50	
	13/09/90	7,1	6,45	4,8	462	4,8	0,80	
	12/04/90	6,2	6,86	2,6	11	1,6	1,00	
	10/05/90	0,0	6,67	5,2	42	1,6	0,80	
	07/06/90	2,9	6,54	3,4	39	4,8	0,70	
	12/07/90	0,0	6,86	2,7	29	2,9	0,90	
	10/08/90	0,0	6,54	1,7	17	3,2	0,70	
AML7	13/09/90	7,1	6,65	2,9	26	2,5	1,00	

Cont.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	pH	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Ferro Total (mg/L)
Baixo vale do rio Araranguá	RA2	12/04/90	6,2	3,38	85,0	410	108,8	2,00
		10/05/90	0,0	3,57	59,6	412	96,0	2,50
		07/06/90	2,9	3,38	46,1	588	86,9	2,90
		12/07/90	0,0	3,28	58,9	576	99,8	2,90
		10/08/90	0,0	3,69	69,7	555	97,8	3,50
		13/09/90	7,1	3,39	64,0	506	95,9	3,10
	12/04/90	6,1	3,70	68,9	482	1100,0	6,00	
	10/05/90	0,0	4,23	43,5	476	163,2	2,60	
	07/06/90	2,9	3,70	42,7	520	300,0	4,60	
	12/07/90	0,0	3,98	59,6	531	389,8	3,90	
	10/08/90	0,0	4,16	48,9	522	428,9	5,30	
	13/09/90	7,1	3,91	53,8	501	480,9	4,80	
	12/04/90	6,2	4,01	24,7	505	51,2	5,40	
10/05/90	0,0	5,01	19,1	600	48,0	3,80		
07/06/90	2,9	4,01	23,9	456	104,0	3,20		
12/07/90	0,0	4,98	25,6	479	62,8	3,90		
10/08/90	0,0	5,26	22,7	498	69,6	4,60		
13/09/90	7,1	4,65	25,0	507	65,8	5,10		
Porcos	RP1							

TABELA 20

RESULTADOS OBTIDOS PELO DNPM EM CAMPANHA REALIZADA EM DEZEMBRO DE 1991, NO SUBSISTEMA DO RIO MÃE LUZIA, BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura da água (°C)	Hora da coleta	Vazão (m ³ /s)	pH	Condutividade (uS/cm)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)
Itoupava	RI3	15/12/91	12,6	23	13:05	500	6,74	450		
Mãe Luzia	RML2	15/12/91	12,6	19,2		40	7,53	53	0,2	0,40
	RML3	15/12/91	12,6	20,7		60	3,89	630	0,5	10,00
	AML2	15/12/91	12,6	19,8		12	6,80	166	0,2	0,70
	AML3	15/12/91	12,6	22,8		3	2,95	972	0,5	20,00
	AML4	15/12/91	12,6	26,5		300	7,45	80	0,2	0,50
	RML6	15/12/91	12,6	23,8		1.200	3,35	591	0,2	3,00
	AML5	15/12/91	12,6	25		200	2,64	2510	20	40,00
	RML7	15/12/91	12,6	23,5	11:30	800	3,34	679		
	AML7	15/12/91	12,6	22,5	12:25	300	6,26	150		
Baixo Vale do Rio Araranguá	RA2	15/12/91	12,6	22,7	14:10	2.000	4,42	950		
	RA3	15/12/91	12,6	24,9	14:45	2.200	3,83	8440		

Fonte: DNPM (1991).

De 1993 a 1996 a FATMA volta a realizar estudos sobre a qualidade das águas na bacia do rio Araranguá. Em três anos foram realizadas 7 campanhas que não seguiam uma frequência pré-determinada. Com 13 pontos de amostragem e os parâmetros de análise mais variados. Além dos parâmetros tradicionalmente utilizados para avaliar a poluição pelo carvão, são incluídos: quantificação de coliformes totais e fecais, oxigênio dissolvido, DBO₅, cobre, cromo, manganês e zinco. As análises foram realizadas no laboratório da FATMA

em convênio com a FUCRI (atualmente UNESCO). Nas coletas realizadas em 1995 e 1996, uma parceria com a CPRM, Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais, propiciou a medição de vazão em algumas das estações monitoradas. Chamam atenção os registros dos dados de vazão nos rios da bacia no mês de janeiro de 1996. Constatou-se que os níveis desses rios após as chuvas de dezembro de 1995 permaneceram elevados, conforme pode ser verificado na tabela 21.

De 1994 a 1997 o DNPM em cooperação com a JICA operou uma estação fixa no rio Mãe Luzia, município de Forquilha. Essa estação registrou continuamente os níveis de água no rio, quantidade de chuva, pH, entre outros parâmetros. Os dados dessa estação não são apresentados no presente trabalho, pois reúnem um número muito grande de informações, porém a análise desses resultados possibilita algumas conclusões.

Com o objetivo de elaborar o "Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá", o governo do estado, através da SDM, em parceria com a UNESCO e a EPAGRI realizou entre outubro de 1996 e abril de 1997, duas campanhas de amostragem em 59 pontos distribuídos na bacia.

Esse estudo foi baseado no cálculo do IQA – Índice de Qualidade das Águas, segundo a metodologia adotada por CETESB (1996) e do IT – Índice de Toxicidade. Além dos nove parâmetros previstos no IQA: pH, coliformes fecais, fosfatos, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos totais, turbidez, DBO₅ e temperatura, foram analisados na área de influência da mineração do carvão metais como: cobre, cromo, zinco, chumbo, ferro total e manganês que serviram para cálculo do IT, cujos dados encontram-se na tabela 22. Onde a lavoura de arroz é a atividade econômica predominante, foram realizadas análises de organoclorados, sendo que nenhuma das amostras detectou a presença desses produtos na água.

TABELA 21

RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO REALIZADO PELA FATMA
NO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE JUNHO DE 1993 E JANEIRO DE
1996, NA BACIA DO RIO ARARANGUA, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Vazão (m ³ /s)	pH	Coliformes totais NMP/100	Coliformes fecais NMP/100	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO ₃)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	
Itoupava	R3	12/8/93	0,0	18	16		6,97				6,3			38,4			0,8	0,3	<0,005	
		22/9/94	13,5	25	25,7		6,41				9,0			102,1			3,0	0,2	<0,005	
		24/1/96	25,9	26	24		7,45	4	57	3,0	7,3	92		10,6	1,0	<0,01	1,0	0,1	<0,005	
		20/5/96	0,0	22	20,5		7,14	140	40	2890	7,0	6,1	2246	165	1,6	0,4	1,0	0,3	<0,005	
		14/6/93	0,1	14	16		7,40				4,0			2,0			0,12	<0,01	<0,005	
		12/8/93	0,0	15	12		6,88				9,0			11,6			0,30	<0,01	<0,005	
		22/9/94	13,5	32	19,2		7,39		17	7,5				5,1			0,05	<0,01	<0,005	
		23/8/95	0,9				7,55	81	18	43	1,0	10,0	70	2,3	0,8	<0,01	0,20	<0,01	<0,005	
		16/10/95	3,1				7,28	78	78	52	1,0	8,6	81	1,2	1,2	<0,01	0,11	<0,01	<0,005	
		24/1/96	25,9				7,98	120	120	38	0,0	6,4	160	3,4	0,8					
		20/5/96	0,0				7,09	18	18	60	4,0	8,3	59	4,2	0,8					
	Mãe Luzia	AML2	14/6/93	0,1	18	14		3,99				137,0		206,0				17,50	0,13	
12/8/93			0,0	17	15,5		3,08				203,4			364,4			32,06	2,13	0,18	
22/9/94			13,5	34	23,9		2,77		1056	336,0				561,5			43,00	15,09	0,30	
		23/8/95	0,9				7,03	4,49	36	ans	225	66,0	4,5	197,5			43,00	15,09	0,30	
		16/10/95	3,1				4,23	3,30	170	ans	380	93,1	3,8	333	172,4	2,4	0,78	84,30	14,74	0,32
		24/1/96	25,9				102,40	3,12	18	ans	594	190,0	5,0	329	568,0		0,44	48,60	8,71	0,39
		20/5/96	0,0				3,77	18	18	365	285,0	8,4	505	263,0	0,8	0,92	23,47	1,55	0,54	
		12/8/93	0,0	15,5	11		6,46				4,5			45,0			1,00	0,70		
		22/9/94	13,5	31	21,9		7,02			96	0,4			23,5			1,27	<0,01		
		12/8/93	0,0	10	9		2,97			308,7				633,3			18,70	1,30		
		22/9/94	13,5	28	22,4		2,61			1353	310,0			736,5			36,08	9,35	0,67	
		23/8/95	0,9	27	19,5		9,15	3,59	74	18	849	188,0	1,5	758	344,7	5,6	0,54	28,90	5,18	0,51
	16/10/95	3,1	24	19		2,55	2,97	20	20	1211	240,3	3,8	871	363,7	5,0	0,78	36,90	16,39	0,46	
	24/1/96	25,9	28	23		108,38	3,34	20	ans	752	180,0	2,5	886	250,5	3,1	0,39	33,55	2,03	0,20	
	20/5/96	0,0	26	20		3,12	38	18	709	190,0	2,2	768	419,0	6,1	0,60	33,12	7,55	0,43		
	14/6/93	0,1	22	16		3,05				325,0			493,0			13,94	5,01	0,42		
	12/8/93	0,0	15	11		3,01				180,0			499,5			16,00	<0,01			
	22/9/94	13,5	25	23,4		2,55			1170	284,5			627,0			36,38	8,82	2,55		
	23/8/95	0,9	27	19,5		3,53	120	ans	925	209,0	5,7	755	476,8	8,2	0,40	22,50	5,09	0,59		
	16/10/95	3,1	25	20		2,95	37	37	1235	229,0	7,6	841	665,9	6,2	0,80	42,00	13,98	0,65		
	24/1/96	25,9	28	23		3,65	68	68	848	200,0	6,3	248	530,9	5,3	0,31	29,80	3,84	0,69		

Cont.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Vazão (m3/s)	pH	Coliformes totais NMP/100	Coliformes fecais NMP/100	Condutividade (uS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO3)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	DBO5 (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)		
Mãe Luzia	AML41	12/8/93	0,0	18	14		7,16				27			0,1			<0,02	<0,01	<0,005		
		22/9/94	13,5	36	23,2		7,03		18	7,5				4,2			0,13	<0,01	<0,005		
	AML5	RML5	23/8/95	0,9	27	19		7,03	74	46	2,0	10,0	53		1,4	0,8	<0,01	0,00	<0,01	<0,005	
			16/10/95	3,1	26	19		7,62	40	40	5,4	1,3	10,9	68		1,4	1,2	<0,01	0,03	<0,01	<0,005
			24/1/96	26,9	24	23		5,98	280	120	76	4,0	8,1	56		10,6	0,6	0,24	0,34	0,18	0,05
			20/5/96	0,0	21	20		7,49	61	61	79	3,0	8,0	37		3,5	0,9	0,19	0,38	0,04	<0,005
	AML5	RML5	12/8/93	0,0	20,5	13		2,75			783,0				2115,0			16,70	<0,01		
			14/6/93	0,1	23	17		3,08			301,0				489,3			8,97	5,36	0,43	
			12/8/93	0,0				3,13			80,1				327,4			9,40	<0,01		
			22/9/94	13,5	36	26,4		2,80		1080	198,0				539,5			21,56	3,27	0,67	
	AML5	RML7	23/8/95	0,9	27,5	20		3,91	120	69	595		8,0	770		486,2	2,3	0,35	28,70	2,75	0,26
			16/10/95	3,1	26	21		3,16	140	140	941		8,1	670		671,0	2,9	0,82	39,80	10,30	0,56
			24/1/96	26,9	26	24		2,95	40	45	1923		0,3	1248		1800,0	2,0	0,95	149,50	3,19	1,69
			20/5/96	0,0	20	21		2,64	40	40	2220		0,5	2132		2331,0	2,2	0,92	164,80	6,88	2,16
			14/6/93	0,1	23	17		2,96			666,0					627,3			51,94	5,36	1,33
			12/8/93	0,0	18,5	13		2,84			237,6					618,5			18,30	0,27	
			22/9/94	13,5	32	26,5		2,46			532	543,0				780,2			31,14	6,74	1,54
			23/8/95	0,9	28	21		3,48	45	45	1786		5,7	1230		488,9	0,6	0,32	26,50	3,79	0,56
	AML7	RML7	16/10/95	3,1	26	22		2,85	82	101,6		7,0	1413		1281,0	0,8	0,87	40,50	6,34	1,33	
			24/1/96	26,9	26	24		3,11	20	45	1604		4,0	863		536,0	1,2	0,05	31,70	2,27	0,74
20/5/96			0,0	20	21		2,75	51	45	1370		6,0	1319		1345,0	1,7	0,6	61,00	5,88	1,20	
12/8/93			0,0	18	18		7,12			4,5				3,9			0,70	0,40			
Baixo Vale do rio Aaranguá	RA2	22/9/94	13,5	26,4	26		7,26		11	4,5				12,9			1,71	<0,01	0,08		
		24/1/96	26,9	26	24		7,85	18	4	49		7,4	80		4,5	3,4	0,03	0,26	0,01		
		20/5/96	0,0	21	20		7,67	18	18	73		8,7	78		4,5	5,2	0,04	0,52	0,05	<0,005	
		14/6/93	0,1	21	17		3,53			86,0					221,6			2,19	1,84	0,45	
		12/8/93	0,0	17,5	15		3,18			128,7					364,9			6,80	0,30		
Porcos	RP1	22/9/94	13,5	26	23,4		3,42		1403	62,0				331,9			5,51	<0,01	0,72		
		23/8/95	0,9	27	26		3,70	40	2	327		5,2	217		108,5		0,04	0,85	1,00	0,28	
		20/5/96	26,9	23	20,5		3,65	120	45	794,0		9,5	5128		186,6	4,0	0,05	2,86	1,40	0,35	
Porcos	RP1	24/1/96	0,0	28	24		3,11	120	20	1487		6,6	991		601,0			44,40	9,01	0,78	

Fonte: FATMA (1996), inédito.

Em dezembro de 1996 é iniciado o monitoramento previsto pelo convênio entre a FATMA e JICA. Com 12 campanhas mensais, o objetivo principal era o de simular cenários após a implantação de medidas corretivas a serem apontadas no “The Feasibility Study on Recuperation of Mined-Out Areas in South Region of Santa Catarina State, the Federative Republic of Brazil”. Em razão disso, e também para evitar erros nas simulações em função da variação da qualidade das águas em ambientes estuarinos, as coletas concentraram-se na sub-bacia do rio Mãe Luzia. Os dados de análise, bem como os registros de vazão encontram-se na tabela 23.

O DNPM, através do CECOPOMIN – Centro Nacional de Controle da Poluição na Mineração, voltou a realizar estudos visando a qualidade das águas da bacia, no ano de 1999. Integrante do “Programa da Poluição Hídrica Decorrente da Atividade da Mineração”, o “Diagnóstico da Qualidade das Águas na Bacia do Rio Araranguá” realizou uma única campanha de amostragem em 61 pontos, entre os quais encontram-se efluentes de minas e usinas de beneficiamento de carvão. Dos pontos avaliados, apenas 14 são abordados nesse estudo, cujos dados encontram-se na tabela 24.

Em abril de 1999, com apoio da FATMA e do IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas da UNESCO, realizou-se o monitoramento nos 38 pontos selecionados para avaliação da qualidade das águas na bacia do rio Araranguá. Além de avaliar a qualidade das águas nas estações de monitoramento, consideradas representativas da interação antrópica por localizarem-se na planície, cujos os dados são apresentados na tabela 25, avaliou-se também a qualidade das águas nas áreas próximas às nascentes, conforme pode ser observado na tabela 26.

TABELA 22

RESULTADOS OBTIDOS NA AVALIAÇÃO REALIZADA POR SANTA CATARINA (1997), NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC. FORAM REALIZADAS DUAS CAMPANHAS DE AMOSTRAGENS: PERÍODO DE ESTIAGEM E DE CHEIA.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Vazão (m3/s)	pH	Coliformes fecais NMP/100mL	Fosfato (mg/L)	Nitrogênio Total (mg/L)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	Chumbo (mg/L)		
Itoupava	RI2	25/10/96	6,3	133,03	7,20	110	<0,01	<0,1	8,9	15		4,0	2,0								
		10/12/96	11,9	0,96	7,07	40	<0,01	0,1	6,0	27		18,0	13,0								
	AI1	25/10/96	6,3	135,93	6,12	140	<0,01	<0,1	11,2	44		24,0	0,6								
		10/12/96	11,9	0,97	7,20	78	<0,01	0,3	7,0	12		18,0	1,1								
	AI2	25/10/96	6,3	7,96	6,73	120	<0,01	<0,1	8,7	37		13,0	0,4								
		10/12/96	11,9	0,49	6,90	40	<0,01	<0,1	7,2	179		137,0	1,0								
	AI3	11/11/96	1,8	5,24	6,63	140	<0,01	<0,1	9,7	70		76,0	0,4								
		4/12/96	0,0	1,33	6,60	45	<0,01	0,3	7,0	119		112,0	1,4								
	RI3	25/10/96	6,3	489,63	6,68	170	<0,01	0,2	7,2	163		6,0	0,9								
		9/4/97	0,0	14,53	7,01	170	<0,01	1,7	10,8	186		93,0	0,1								
	Mãe Luzia	RML2	18/2/97	11,7	1,34	6,79	20	<0,01	<0,1	10,1	95	3,0	3,0	1,0	<0,01	<0,02	0,10	0,00	0,02	<0,005	
			9/4/97	0,0	0,12	6,80	20	<0,01	<0,1	10,0	32	5,0	3,0	1,6	<0,01	<0,02	0,20	0,01	0,03	<0,005	
AML1		16/10/96	8,0	0,95	3,80	aus	<0,01	<0,1	10,0	125	130,0			<0,01	<0,02	6,25	0,60	0,17	<0,005		
		9/4/97	0,0	0,23	2,28	aus	<0,01	<0,1	10,0	113	250,0			0,02	<0,02	11,42	1,34	1,20	<0,005		
RML3		16/10/96	8,0	6,85	3,55				8,0		730,0			0,07	<0,02	22,00	3,74	0,54	<0,005		
		9/4/97	0,0	0,66	2,43				7,6		987,0			0,25	<0,02	39,80	5,23	2,54	<0,005		
AML2		16/10/96	8,0	0,31	6,65	20	0,03	12	9,0	320	26,7	40,0	3,0	<0,01	<0,02	0,27	0,02	0,09	<0,005		
		9/4/97	0,0	0,05	6,75	20	0,03	12	9,0	146	25,2	24,0	1,0	<0,01	<0,02	0,37	0,09	0,11	<0,005		
AML3		16/10/96	8,0	0,88	2,81	aus			7,6		990,0			0,04	0,41	13,40	4,65	0,42			
		9/4/97	0,0	0,15	2,54	aus			7,2		1178,0			0,2	0,32	12,53	5,43	3,54			
RML4		18/10/96	8,0	5,04	3,00				7,8		373,0			0,06	<0,02	22,00	3,80	0,54			
		9/4/97	0,0	2,03	2,43				7,6		456,0			0,21	<0,02	39,60	4,02	1,03			
Mãe Luzia	AML4	22/10/96	11,4	16,13	7,30	20	<<0,0	0,2	10,3	78		4,0	0,7								
		4/12/96	0,0	0,72	8,57	20	<0,01	0,2	8,2	53		16,0	2,8								
	AML4.1	22/10/96	11,4	31,82	7,45	140	<0,01	0,3	9,7	89		2,0	2,8								
		9/4/97	0,0	0,78	7,09	92	<0,01	2,2	11,7	121		27,0	0,9								
	RML6	9/4/96	0,0	2,90	2,55	110	0,01	2,5	8,0	220	429,0	80,0	4,9	0,05	0,02	23,00	7,98	0,98			
		17/10/96	8,0	10,97	3,73	110	0,01	2,8	8,4	250	360,0	120,0	2,0	0,02	0,03	9,52	6,32	0,51			
	AML5	18/2/97	11,7	10,90	2,81	aus	0,02	2,2	8,5	1420	1290,0	250,0	1,0	0,85	0,45	137,50	4,15	2,12			
		9/4/97	0,0	2,25	2,16	aus	0,02	2,8	8,5	1600	1387,0	290,0	0,6	1,13	0,9	197,90	5,69	3,22			
	RML7	17/10/96	8,0	15,27	3,22				7,4		650,0			0,03	0,02	52,21	3,50	1,62	<0,005		
		9/4/97	0,0	6,36	2,34				7,0		890,0			0,08	0,03	89,71	5,32	3,20	<0,005		
	AML6	24/10/96	4,7	9,37	7,09	145	<0,01	1,3	7,3	119		64,0	3,6								
		5/12/96	2,4	2,18	6,86	92	<0,01	1,4	10,0	177		136,0	1,0								
AML6.1	24/10/96	2,4	1,39	6,87	210	<0,01	1,2	8,4	82		36,0	0,7									
	5/12/96	2,4	0,01	6,74	120	0,05	2,8	6,5	177		252,0	5,4									
AML7	11/11/96	1,8	15,83	7,00	280	<0,01	0,2	9,3	41		48,0	1,6									
	9/4/97	0,0	0,25	7,30	40	<0,01	<0,1	10,4	79		42,0	0,3									
AML7.1	24/10/96	2,4	33,26	7,13	92	<0,01	0,2	10,8	18		10,0	0,8									
	9/12/96	14,4	0,40	6,73	20	<0,01	1,7	6,9	50		13,0	0,2									
Baixo Vale Rio Araranguá	RA2	24/10/96	4,7	192,22	4,50				8,0		1072,0			<0,01	<0,02	6,90	0,97	0,23	<0,005		
		9/4/97	0,0	51,80	3,70				8,3		1570,0			<0,01	<0,02	13,54	2,98	0,60	<0,005		
Porcos	RP1	17/10/96	8,0	2,10	4,66				9,0		780,0			<0,01	<0,02	5,58	0,45	0,45	<0,005		
		9/4/97	0,0	0,24	5,20				8,8		900,0			<0,01	<0,02	6,46	0,65	0,79	<0,005		

Fonte: SANTA CATARINA (1997)

TABELA 23

RESULTADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO REALIZADO PELA JICA (1998) QUANDO DO PROGRAMA INTITULADO: "THE FEASIBILITY STUDY ON REGENERATION OF MINED-OUT AREAS IN SOUTH REGION OF SANTA CATARINA STATE, THE FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL".

Pontos de Coleta		AML1		RML2		RML3																							
Data	Precipitação pluviométrica (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Vazão (m3/s)	ORP (mv)	pH	Condutividade (mS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO3)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Arsênio (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Sódio (mg/L)
3/12/96	0,0	25,0	22,0	298	6,50	48	2,8	8,8	23	<0,1	<0,1	5,0	1,0	4,0	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,39	0,23	<0,01	0,027	<0,1	3,940	1,3026	0,593	2,717
18/1/97	0,1	28,0	21,8	4,80	1,70	6,80	35	4,7	6,7	17	<0,1	5,7	5,0	0,4	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,12	0,07	0,02	0,008	0,3	3,266	0,8478	0,708	2,650
17/2/97	10,5	30,0	23,7	1,34	25,7	6,10	41	3,2	8,7	16	<0,1	8,0	0,0	4,5	1,5	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,28	0,19	<0,01	0,022	<0,1	3,590	1,4983	0,463	2,612
8/3/97	5,0	29,0	23,4	1,11	28,4	7,20	40	4,5	7,2	38,7	36,0	0,5	3,0	2,0	2,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,020	<0,02	0,75	0,01	0,04	<0,005	0,1	3,393	0,9241	0,617	2,873
10/3/97	0,6	25,0	23,1	0,57	11,8	6,40	50	4,5	5,4	18,1	26,0	3,8	0,4	0,4	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,43	0,30	0,86	<0,005	<0,1	4,570	1,0914	0,659	3,184
8/4/97	0,1	25,0	18,9	0,23	19,8	7,60	51	3,6	6,1	28,2	23,0	2,2	0,4	0,4	0,4	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,10	0,05	<0,01	<0,005	<0,1	4,570	1,0914	0,659	3,184
19/5/97	0,0	23,0	18,7	0,10	17,5	6,90	54	8,9	4,9	29	25,0	12,6	1,0	0,4	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,03	<0,02	0,17	0,15	0,01	0,087	0,5	4,346	1,1199	1,246	3,439
18/6/97	6,5	22,0	15,8	0,10	27,7	6,50	51	7,0	11,5	61	21,0	2,0	1,0	2,0	2,6	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,04	<0,02	0,02	<0,005	<0,1	4,811	1,5001	0,515	3,129
18/7/97	6,6	20,0	15,0	0,57	21,7	7,00	52	4,8	10,4	15,2	25,0	36,5	5,0	0,2	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,05	<0,02	0,01	0,030	0,4	4,463	1,3366	0,592	3,192
11/8/97	10,6	28,0	18,7	0,39	26,2	7,60	41	4,8	10,7	12,9	20,0	2,7	2,0	2,1	10,4	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,22	0,21	<0,01	0,015	<0,1	3,804	1,2450	0,688	2,796
8/8/97	0,4	26,0	21,4	0,21	22,5	7,50	49	6,6	7,3	23	4,0	2,5	1,0	0,4	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,11	<0,02	<0,01	0,057	<0,1	4,638	1,3680	0,965	3,022
8/10/97	4,4	25,0	16,8	0,57	20,7	7,00	41	4,7	6,7	31,4	19,0	1,6	4,0	0,5	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	0,05	<0,02	<0,01	0,022	1,1	2,991	0,9291	0,563	2,670
3/12/96	0,0	27,0	28,0	4,68	3,40	43,2	218,5	7,7	19,9	<0,1	213,6	42,0	2,0	2,0	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	<0,02	10,20	2,68	0,18	0,090	2,5	7,006	2,2134	0,528	3,456
18/1/97	3,1	30,0	25,5	0,94	35,0	4,70	9,2	19,0	3,5	43	<1,0	36,7	18,0	2,0	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	2,34	4,51	0,85	0,241	13,1	18,211	2,1989	1,231	4,184
17/2/97	10,5	32,0	24,8	1,62	38,5	4,00	16,2	44,1	4,54	47,0	56,0	7,0	1,8	1,8	5,6	0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,16	65,29	39,70	1,62	0,604	14,7	30,200	8,1220	1,300	5,632
8/3/97	5,0	29,0	22,6	0,22	33,8	4,50	15,4	8,9	22,5	7,1	43,4	42,0	4,0	2,0	3,6	<0,001	<0,002	<0,002	0,010	<0,02	2,71	1,17	0,24	0,045	0,8	5,895	1,9358	0,883	3,697
8/4/97	0,1	25,0	21,5	1,57	4,20	5,42	183,6	6,6	28,1	104,0	279,3	0,6	0,6	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,04	19,60	5,89	1,30	0,402	22,1	20,170	5,990	1,385	4,509
19/5/97	0,0	20,0	19,2	0,05	53,2	3,10	83,0	48,0	5,7	46,3	163,0	2,1	5,5	2,0	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,07	48,59	31,64	2,76	0,747	46,7	32,274	10,0870	2,387	8,042
11/6/97	0,0	30,0	20,5	1,00	44,4	3,40	23,8	7,0	10,1	11,2	109,0	123,3	7,0	0,4	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	11,46	4,73	0,45	0,146	7,7	10,460	3,4975	1,081	3,683
18/7/97	6,5	20,0	15,4	0,27	40,1	3,50	15,9	28,5	10,9	7,5	67,0	47,0	18,0	0,1	3,3	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	5,48	1,57	0,33	0,120	3,0	9,957	3,6031	1,489	4,475
19/8/97	0,0	22,0	15,8	0,10	46,3	3,40	55,0	7,0	10,5	28,4	47,0	283,0	15,0	0,8	2,4	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	0,03	18,17	9,21	1,29	0,385	19,4	21,230	6,6044	1,386	4,431
8/9/97	0,4	25,0	23,4	0,24	39,0	3,90	24,2	68,6	7,6	11,4	44,0	113,1	8,0	0,3	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	4,96	1,98	0,71	0,119	7,7	15,130	4,7110	1,231	3,812
8/10/97	4,4	25,0	16,5	0,65	33,7	4,70	9,8	24,4	6,4	7,2	46,0	1,8	14,0	0,1	<1	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	2,50	0,79	0,22	0,058	2,3	5,292	1,8492	0,948	3,548
3/12/96	0,0	31,0	27,0	4,74	3,20	9,41	171,0	7,7	4,55	10,0	625,0	10,0	4,4	0,8	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,06	16,09	10,69	3,83	0,061	14,2	53,231	16,1820	2,480	28,391
12/3/97	0,0	31,0	25,0	3,76	40,6	3,50	283,4	128,7	8,1	30,6	214,0	283,4	13,0	0,8	5,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,030	0,07	24,80	19,30	2,68	0,475	9,5	37,550	10,3530	1,694	17,580
17/3/97	1,5	30,0	22,7	3,65	27,6	4,20	61,6	129,6	5,7	34,7	284,0	301,9	9,0	0,7	2,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,08	25,80	2,81	2,67	0,486	10,9	32,860	9,9410	1,566	14,250
8/4/97	0,1	27,0	20,9	0,67	20,7	3,90	104,0	41,4	6,1	40,2	93,0	36,0	2,4	1,6	<0,001	<0,002	<0,002	<0,002	0,01	0,06	27,30	18,80	5,06	0,719	15,2	71,410	22,7200	2,653	33,250
19/5/97	0,0	22,0	20,2	0,54	49,7	3,10	102,2	319,5	5,5	49,0	126,0	93,0	29,0	1,6	3,6	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,03	19,28	26,80	5,06	0,644	14,7	72,810	22,0850	3,510	41,510
18/6/97	1,4	20,0	15,3	0,78	46,6	3,10	142,4	240,0	11,9	63,2	95,0	783,6	11,0	0,4	2,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,04	31,07	26,43	6,80	1,027	18,6	115,300	26,7980	3,788	41,500
18/7/97	6,6	20,0	15,6	2,24	32,9	3,30	36,2	84,6	9,2	17,3	110,0	233,0	11,0	0,9	2,9	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	9,40	7,67	1,39	0,250	6,9	32,519	8,1549	1,901	9,240
12/8/97	6,6	24,0	14,3	2,54	41,1	3,30	36,3	84,6	11,8	17,2	34,0	194,1	14,0	0,2	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,01	0,02	14,17	8,38	1,46	0,212	6,2	23,560	7,1899	1,534	9,240
8/9/97	0,4	24,0	22,5	1,36	45,6	3,00	65,2	127,8	8,0	31,3	29,0	377,0	10,0	0,4	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,04	0,02	14,16	8,50	3,06	0,477	9,1	52,090	12,6500	2,223	18,760

Pontos de Coleta		RML4																											
Data	Precipitação pluviométrica (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Vazão (m3/s)	ORP (mv)	pH	Condutividade (mS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO3)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Arsênio (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Sódio (mg/L)
31/12/86	0,0	28,0	26,0		453	2,80	1202	233,7	7,6	582	<0,1	587,5	13,0	0,4	<5,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,03	13,81	13,04	6,96	0,359	19,0	59,583	23,4910	4,211	9,225
19/1/97	2,8	27,0	25,0	3,40	478	3,20	729	213,7	8,1	361	93,0	371,9	310,0	2,6	33,6	0,003	<0,002	<0,002	0,05	0,79	15,28	20,13	2,33	0,478	16,0	22,733	8,0274	1,987	3,984
3/2/97	15,9	28,0	26,3	1,13	455	3,50	504	90,9	7,4	136	85,0	202,3	29,0	5,6	11,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,030	0,05	9,96	0,54	2,39	7,8	25,120	9,1730	1,982	6,320	
17/2/97	10,5	31,0	25,3	1,59	463	2,90	747	170,1	5,7	368	285,0	367,8	51,0	4,0	4,4	0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,07	23,80	14,20	2,85	0,404	13,8	41,640	11,8700	2,488	6,940
10/3/97	0,6	29,0	26,6	0,53	495	3,20	904	148,7	6,3	435	281,0	322,8	13,0	3,1	11,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,03	<0,02	12,40	7,83	5,42	0,293	12,3	44,610	17,1050	2,785	8,061
9/4/97	0,1	27,0	22,6	0,27	177		1122	238,5	5,5	546	374,0	330,0		0,9	3,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	0,03	17,50	17,00	8,56	0,402	21,5	79,140	37,7450	4,155	10,730
19/5/97	0,1	11,0	19,6	0,33	432	3,00	1185	295,2	4,1	566	102,0	810,5	16,0	2,7	3,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,06	42,80	35,40	8,63	0,516	29,5	74,950	28,7810	4,971	10,470
18/7/97	8,5	30,0	20,7	0,11	488	2,40	118	284,1	7,4	570	182,0	812,0	1,0	0,8	8,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,03	21,20	19,98	9,67	0,410	18,8	5,575	34,5600	5,644	14,480
12/8/97	6,6	30,0	16,8	0,51	464	2,70	768	218,5	10,6	368	72,0	443,5	7,0	0,5	4,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,03	0,06	25,54	20,20	4,54	0,263	15,7	41,710	15,1470	3,045	7,126
9/9/97	0,4	23,0	19,4	0,35	518	2,70	871	230,3	4,5	421	6,0	454,4	8,0	0,9	14,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,06	0,05	18,75	16,00	3,85	0,570	16,3	24,760	19,2200	3,830	8,572
8/10/97	4,4	25,0	19,0	0,80	473	3,10	590	150,4	8,5	710	<0,1	876,0	80,0	3,2	<5,0	<0,001	0,814	<0,002	0,07	0,34	186,05	98,99	3,83	1,391	34,2	55,880	15,7250	1,842	8,574
19/1/97	2,4	27,0	22,6	0,76	443	3,50	396	174,4	8,9	388	15,0	165,2	62,0	3,6	11,6	0,003	<0,002	<0,002	0,02	0,18	35,08	17,40	0,71	0,323	8,8	10,157	3,4274	1,422	3,518
18/2/97	11,7	31,0	22,7	0,59	448	2,90	782	257,4	8,7	379	324,0	412,0	65,0	0,4	6,8	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	3,35	2,13	1,17	0,113	3,3	9,240	3,2822	1,529	3,885
3/3/97	4,1	28,0	24,7	0,03	141	6,10	74	11,7	8,0	35	27,0	29,5	62,0	12,8	20,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	4,61	1,84	0,17	0,041	0,2	4,117	1,7652	1,122	4,173
10/3/97	0,6	30,0	24,1	0,15	78	6,80	88	9,9	7,2	47,6	42,0	21,1	2,0	9,2	9,6	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	2,85	1,41	0,20	0,017	<0,1	4,590	1,7846	0,960	4,808
8/4/97	0,1	28,0	22,5	0,04	112	7,10	85	8,1	5,2	205	40,0	23,3		0,5	2,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	1,50	0,16	0,18	0,1	5,795	2,3190	0,982	5,174	
19/5/97	0,0	23,0	18,8	0,02	291	6,40	95	8,1	5,2	45	36,0	29,2	52,0	0,9	2,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,13	<0,02	6,04	4,43	0,16	0,131	<0,1	6,642	2,4518	3,072	6,050
19/8/97	1,4	20,0	14,9	0,15	321	5,80	105	176,0	15,8	79	50,0	37,2	16,0	0,8	5,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	1,39	0,06	0,19	0,100	<0,1	6,155	2,4269	1,856	5,244
18/7/97	6,5	20,0	15,4	0,07	133	6,20	81	12,4	10,7	70	43,0	29,6	11,0	0,4	4,1	<0,001	0	<0,002	<0,01	<0,02	8,84	7,00	0,25	0,052	1,0	5,077	2,3217	1,025	3,882
11/8/97	10,581	32,0	17,1	0,16	246	4,50	109	27,9	11,2	196	32,0	460,0	8,0	0,4	3,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	1,39	0,06	0,19	0,100	<0,1	6,155	2,4269	1,856	5,244
9/9/97	0,4	23,0	17,7	0,10	142	6,30	90	204,9	4,7	42	1,0	94,2	4,0	0,5	14,4	<0,001	<0,002	<0,002	0,06	<0,02	6,04	4,43	0,16	0,131	<0,1	6,642	2,4518	3,072	6,050
8/10/97	4,4	24,0	16,3	0,38	178	5,80	782	15,0	5,6	34	24,0	23,5	12,0	0,3	<1	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	3,15	2,21	0,15	0,078	<0,1	7,746	2,6462	4,710	5,987
4/12/96	0,0	34,0	27,4		401	3,70	315	74,1	8,5	169	5,0	104,0	9,0	0,8	1,2	<0,001	0,010	<0,002	0,10	0,02	20,99	19,14	6,49	0,821	26,4	49,967	27,9310	2,970	15,494
28/1/97	29,9	31,0	24,8		401	3,70	315	74,1	8,5	169	5,0	104,0	9,0	0,8	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	17,73	6,55	1,07	0,248	7,7	7,746	2,6462	4,710	5,987
24/2/97	6,6	32,0	24,2		375	3,40	340	162,0	7,6	166	72,0	209,6	20,0	0,4	2,0	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	0,03	13,60	10,70	5,80	0,274	5,7	21,800	6,0166	1,482	5,687
3/3/97	4,1	28,0	25,5		195	3,50	471	135,0	4,5	226	153,0	255,6	22,0	2,4	4,8	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	0,05	17,00	10,70	5,79	1,73	6,9	22,760	8,0611	1,399	6,169
15/4/97	0,6	32,0	26,3		495	3,20	763	153,0	5,1	367	223,0	323,3	167,8	4,8	8,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,01	0,02	14,80	7,15	3,23	0,465	12,7	45,920	30,6220	2,620	17,780
10/4/97	6,2	29,0	26,1	1,38	528	3,10	1385	171,0	5,6	685	254,0	2418,0	124,6	2,0	2,4	<0,001	<0,002	<0,002	0,07	0,31	37,59	35,73	7,12	1,001	29,3	97,960	30,6900	3,542	17,720
19/5/97	0,0	23,0	21,8	1,01	550	2,90	1450	450,0	5,2	717	75,0	1040,0	11,0	1,2	4,0	<0,001	<0,002	<0,002	0,03	0,03	48,30	31,45	8,74	0,998	32,8	118,630	39,4090	3,595	24,410
18/6/97	1,4	25,0	18,3	1,57	550	2,90	1639	445,0	9,7	802	55,0	1054,0	9,0	0,8	1,2	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	0,07	48,10	47,01	9,62	1,074	35,5	61,290	37,9920	3,662	16,430
18/7/97	6,6	18,0	16,2	2,91	470	2,90	604	115,9	9,4	359	202,0	329,5	107,0	0,2	2,8	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	<0,02	9,70	7,81	2,26	0,370	8,1	35,960	17,0320	2,988	10,930
12/8/97	6,6	28,0	18,9		468	2,70	670	154,9	11,1	319	139,0	370,5	97,3	0,3	3,6	<0,001	<0,002	<0,002	0,02	0,02	17,49	13,00	2,91	0,390	10,7	43,960	13,0320	2,108	8,080
9/9/97	0,4	25,0	20,2	0,15	532	2,80	985	288,8	4,4	480	5,0	556,0	17,0	0,5	11,2	<0,001	<0,002	<0,002	0,1	0,04	28,91	22,12	4,91	0,665	20,4	78,100	20,9500	2,852	12,800
8/10/97	4,2	25,0	20,3		450	3,20	484	117,5	5,5	224	39,0	45,9	28,0	0,1	<1	<0,001	<0,002	<0,002	<0,01	<0,02	16,80	9,21	2,05	0,261	7,8	18,790	8,8417	1,243	6,170

Pontos de Coleta	Data	Precipitação pluviométrica (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Vazão (m3/s)	ORP (mv)	pH	Condutividade (mS/cm)	Acidez Total (mg/L CaCO3)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sólidos Totais (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Arsênio (mg/L)	Cádmio (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Ferro Filtrável (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Cálcio (mg/L)	Magnésio (mg/L)	Potássio (mg/L)	Sódio (mg/L)
30/10/97	11.8	35.0	24.4	24.4	2.83	309	6.00	40	4.7	8.4	19	<1.0	7.0	12.0	2.8	4.4	<0.001	<0.021	<0.002	0.02	<0.02	0.57	0.20	0.03	0.026	0.2	3.201	1.0851	0.771	2.640
12/3/97	0.0	31.0	30.4	30.4	2.83	179	7.70	590	4.5	7.4	12	27.0	4.0	4.0	4.2	9.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.010	<0.02	0.48	0.06	0.09	<0.026	<0.1	4.119	1.5351	0.914	3.748
13/3/97	1.1	23.0	22.5	22.5	2.69	302	7.10	584	2.1	6.0	26	17.0	<1.0	4.0	4.2	2.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.03	<0.02	0.69	0.07	0.03	<0.026	0.2	5.421	1.9800	1.316	4.453
19/3/97	0.0	23.0	19.8	19.8	0.54	137	7.10	74	4.8	4.8	119	17.0	62.6	1.0	0.4	6.2	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	0.17	0.08	<0.01	0.045	0.1	6.665	2.1910	0.922	3.628
19/6/97	1.4	25.0	18.7	18.7	0.43	320	6.90	62	5.0	10.9	57	3.0	1.2	1.0	0.4	0.4	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	1.17	1.16	0.06	0.045	0.6	6.443	1.6529	0.896	3.930
18/7/97	6.5	18.0	16.6	16.6	3.00	261	7.60	59	5.7	10.3	28	3.0	5.8	5.0	2.2	6.9	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	0.29	0.13	0.04	<0.005	<0.1	5.992	2.3155	0.871	3.672
12/8/97	6.6	31.0	20.3	20.3	2.03	300	7.60	50	2.9	9.0	111	24.0	2.5	2.0	0.2	2.4	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	0.16	0.08	0.01	0.013	<0.1	4.521	1.6259	0.923	2.791
9/9/97	0.4	22.0	18.7	18.7	0.54	247	7.70	54	5.6	5.8	52	21.0	19.7	4.0	0.8	0.8	<0.001	<0.002	<0.002	0.02	<0.02	0.34	0.25	0.01	0.010	<0.1	5.806	1.8340	0.556	2.911
8/10/97	2.0	24.0	20.7	20.7	3.79	210	6.90	44	18.8	5.5	21	13.0	21.3	2.0	0.1	<1	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.002	0.04	<0.02	<0.01	<0.005	<0.1	3.483	1.1529	0.505	2.529
4/12/96	0.0	30.0	27.5	27.5	5.08	2.70	2430	1092.5	1.0	12.20	20.0	1812.0	31.0	31.0	4.8	13.0	<0.001	0.013	<0.002	0.09	0.33	174.78	151.80	5.79	2.639	46.1	44.979	25.3870	7.480	45.061
23/2/97	5.2	26.0	25.9	25.9	5.81	2.70	1495	945.0	1.8	9.78	141.0	1082.0	30.0	1.4	1.4	3.2	0.002	<0.002	<0.002	0.07	0.29	124.60	119.20	4.27	1.884	72.8	91.810	16.4010	4.722	24.660
33/4/97	4.1	29.0	25.2	25.2	7.21	2.80	1499	495.0	2.1	7.21	276.0	562.0	91.0	5.2	1.2	1.6	0.001	<0.002	<0.002	0.080	0.17	56.70	43.20	2.45	1.502	36.7	47.820	10.8710	4.231	18.320
13/3/97	1.1	25.0	25.2	25.2	4.85	3.50	2280	587.0	1.9	7.88	186.0	648.0	198.0	1.2	0.8	2.5	0.001	<0.002	<0.002	0.09	0.23	72.78	62.19	3.15	1.586	36.6	69.070	13.9500	4.303	18.500
10/4/97	0.0	23.0	22.9	22.9	5.74	3.50	2280	587.0	2.2	11.20	119.0	194.0	114.0	2.2	0.8	6.4	<0.001	<0.002	<0.002	0.09	0.28	147.17	135.19	6.97	2.247	83.4	133.200	24.4400	4.303	18.500
29/6/97	0.0	22.0	22.3	22.3	1.25	3.50	2140	112.5	2.6	10.80	68.0	117.5	22.0	2.8	1.6	16.0	<0.001	<0.002	<0.002	0.07	0.2	156.65	146.70	6.94	2.288	81.0	150.550	28.3780	5.183	14.900
29/6/97	0.3	21.0	19.2	19.2	6.20	3.50	2140	112.5	6.3	18.89	548.0	1140.0	290.0	20.4	7.6	16.0	<0.001	<0.002	<0.002	0.07	0.2	287.00	192.63	2.51	1.911	39.1	56.620	10.9470	5.183	14.900
12/8/97	19.1	18.0	19.0	19.0	7.14	4.59	2.20	1514	89.4	3.3	7.99	214.0	935.5	33.0	1.5	35.5	<0.001	<0.002	<0.002	0.16	0.13	199.50	115.10	3.39	1.800	40.8	49.600	12.9870	4.906	16.440
24/7/97	6.6	30.0	19.0	19.0	4.59	2.20	1514	89.4	3.3	7.99	214.0	935.5	33.0	1.2	20.8	0.006	<0.002	<0.002	0.13	0.33	148.00	137.50	3.39	2.318	55.2	77.900	15.9870	5.141	28.440	
9/9/97	0.4	23.0	20.6	20.6	0.67	4.88	2.40	1623	930.6	10.9	7.96	19.0	134.0	23.0	0.8	17.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.11	0.2	113.00	94.30	3.64	2.575	65.7	92.690	18.6100	4.927	23.940
9/10/97	9.4	20.0	19.9	19.9	4.85	2.60	1389	705.0	2.7	6.66	87.0	768.0	45.0	0.3	12.2	<0.001	<0.002	<0.002	0.11	0.2	113.00	94.30	3.64	2.575	65.7	92.690	18.6100	4.927	23.940	
4/12/96	0.0	34.0	28.3	28.3	5.02	2.90	1176	244.1	5.9	5.67	1.0	632.2	3.0	10.0	6.0	6.0	<0.001	0.011	<0.002	0.03	0.03	8.31	8.00	5.26	0.742	21.9	48.973	24.5840	3.552	14.599
16/1/97	0.1	30.0	28.4	28.4	4.94	3.50	382	88.0	8.5	18.2	6.0	147.0	51.0	2.8	2.8	3.2	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	10.55	0.87	1.35	0.284	7.9	19.244	6.6779	1.660	5.883
24/2/97	6.6	26.0	26.2	26.2	4.73	3.50	472	101.7	7.2	22.3	58.0	191.6	12.0	1.2	3.2	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	6.80	2.67	2.18	0.356	9.9	33.300	10.0020	2.446	8.344	
33/4/97	4.1	29.0	24.1	24.1	1.67	4.00	218	36.9	6.5	1.98	105.0	66.0	30.0	2.8	3.6	<0.001	<0.002	<0.002	<0.01	<0.02	4.22	0.40	0.89	0.176	6.5	11.220	4.2118	1.032	7.196	
10/4/97	1.1	24.0	24.5	24.5	3.21	3.70	438	76.5	4.6	5.28	342.0	455.0	4.0	0.4	8.8	<0.001	<0.002	<0.002	0.04	<0.02	10.60	18.00	5.41	0.674	6.8	65.270	24.6700	3.256	16.410	
19/5/97	0.0	24.0	22.7	22.7	1.22	2.25	3.00	1266	287.1	3.1	6.65	73.0	761.0	10.0	4.0	4.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.04	<0.02	13.59	12.65	7.40	0.881	27.9	105.200	36.6130	6.486	24.920
25/6/97	0.3	21.0	20.0	20.0	12.50	4.60	0.30	1266	287.1	3.1	6.65	73.0	761.0	10.0	4.0	4.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.04	<0.02	13.59	12.65	7.40	0.881	27.9	105.200	36.6130	6.486	24.920
24/7/97	19.1	18.0	17.1	17.1	23.30	4.29	3.50	255	39.9	9.3	1.21	14.0	72.0	29.0	26.2	40.6	<0.001	<0.002	<0.002	0.03	0.02	14.53	11.91	6.89	0.884	26.6	92.650	28.4850	6.129	21.330
12/8/97	6.6	30.0	19.6	19.6	4.21	3.70	377	74.1	9.2	1.83	112.0	168.6	38.0	2.3	8.0	<0.001	<0.002	<0.002	<0.02	<0.02	4.33	1.02	0.90	0.170	3.3	17.451	5.8857	2.341	5.333	
8/9/97	0.4	20.0	20.7	20.7	0.19	5.31	2.70	841	187.1	4.2	4.07	5.0	4.684.4	14.0	5.6	19.2	<0.001	<0.002	<0.002	0.04	0.03	5.34	4.53	1.64	0.252	5.7	26.690	8.7195	2.105	6.931
9/10/97	9.4	20.0	18.6	18.6	4.85	3.40	381	72.4	4.1	17.4	23.0	432.0	24.0	2.1	6.2	<0.001	<0.002	<0.002	0.03	<0.002	6.64	1.10	1.50	0.249	4.0	55.230	13.0850	1.371	11.480	
4/12/96	0.0	30.0	22.4	22.4	4.95	3.30	415	112.1	7.1	22.8	9.0	169.8	16.4	1.6	1.6	0.8	<0.001	<0.002	<0.002	0.02	0.07	17.84	4.19	1.07	0.393	10.5	88.216	23.6270	6.161	36.576
23/1/97	15.6	26.0	24.9	24.9	5.81	3.00	910	243.0	5.8	4.36	3.00	38.2	37.0	0.4	0.4	0.8	<0.001	<0.002	<0.002	0.03	0.05	21.50	18.10	2.41	0.693	20.4	46.000	10.5282	2.514	6.033
21/2/97	5.2	26.0	23.8	23.8	2.19	3.70	23.8	23.8	6.1	3.30	16.0	20.8	7.0	6.2	2.4	4.0	<0.001	<0.002	<0.002	0.020	0.06	17.80	18.10	2.41	0.693	20.4	46.000	10.5282	2.514	6.033
13/3/97	4.1	27.0	23.8	23.8	3.45	3.20	887	190.8	6.3	3.99	16.0	30.9	9.0	2.4	4.0	<0.001	<0.002	<0.002	0.020	0.06	17.80	18.10	2.41	0.693	20.4	46.000	10.5282	2.514	6.033	
33/4/97	1.1	26.0	25.0	25.0	3.45	3.20	887	190.8	6.3	3.99	16.0	30.9	9.0	2.4	4.0	<0.001	<0.002	<0.002	0.020	0.06	17.80	18.10	2.41	0.693</						

TABELA 24

RESULTADOS OBTIDOS PELO DNPM/CECOPOMIN (1999) EM CAMPANHA ÚNICA REALIZADA NA NOS RIO COMPROMETIDOS PELAS ATIVIDADES CARBONÍFERAS NE BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico	Pontos de Coleta	Data	Precipitação (mm)	Temperatura do ar (°C)	Temperatura da água (°C)	Hora da coleta	Vazão (m ³ /s)	ORP (mv)	pH	Condutividade (uS/cm)	Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Sulfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	Cádmio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Ferro Total (mg/L)	Manganês (mg/L)	Zinco (mg/L)	Alumínio (mg/L)	Chumbo (mg/L)
Itoupava	RI3	13/04/99	3,9	22,3	21,0	12:40		215	6,67	73	7,0	0,3	20,0	<0,005	<0,01	0,8	<0,1	<0,05	6,0	<0,02
Mãe Luzia	RML2	14/10/99	3,0	18,0	17,3	10:20	1,13	459	6,82	40	10,8	9,0	2,0	<0,005	<0,01	<0,3	<0,1	<0,05	<2,0	<0,02
	RML3	15/10/99	3,0	23,5	19,1	10:40	2,53	512	4,32	217	8,8	107,0	8,0	<0,005	<0,01	13,8	0,9	0,130	4,5	<0,02
	AML2	15/10/99	3,0	27,3	20,3	12:10	0,16	310	6,29	131	9,2	56,0	2,0	<0,005	<0,01	0,6	0,3	<0,05	<2,0	<0,02
	AML3	16/10/99	4,7	21,7	20,6	9:45	0,27	689	3,15	750	7,5	350,0	10,0	<0,005	<0,01	11,9	4,3	0,150	12,4	0,04
	RML4	05/05/99	0,0	22,1	21,3	17:15	3,34	495	2,86	1113	7,3	479,0	24,0	<0,005	0,01	23,0	4,5	0,530	14,5	0,03
	AML4.1	06/05/99	0,4	26,5	22,3	11:17	0,54	276	8,00	78	9,9	7,0	19,0	<0,005	<0,01	0,5	<0,1	<0,05	<2,0	<0,02
	RML6	06/05/99	0,4	23,6	21,3	13:40		207	3,00	883	7,2	395,0	18,0	<0,005	<0,01	10,0	3,7	0,450	8,8	<0,02
	AML5	22/10/99		40,0	26,1	15:30	4,92	682	2,38	1939	3,8	1033,0	34,0	0,005	0,06	110,7	3,1	1,950	54,1	<0,02
	RML7	06/05/99	0,4	24,0	21,9	15:00		218	2,80	1474	4,4	744,0	41,0	<0,005	0,02	68,4	4,1	1,100	20,0	<0,02
	AML7	13/04/99	3,9	27,0	20,8	14:40		224	6,52	57	7,0	0,1	18,0	<0,005	<0,01	0,6	<0,1	0,100	<2,0	<0,02
RML9	10/05/99	2,8	23,3	20,3	10:45		408	2,95	2940	6,0	436,0	31,0	<0,005	0,01	14,5	2,1	0,530	14,5	<0,02	
Baixo Vale do Araranguá	RA2	13/04/99	3,9	26,2	20,2	11:55		351	4,02	179	7,0	226,0	22,0	<0,005	0,02	3,3	0,9	0,250	7,6	<0,02
	RA3	13/04/99	3,9	25,4	20,5	11:30		347	4,20	324	6,8	365,0	18,0	<0,005	0,01	1,3	0,8	0,190	7,7	<0,02

Fonte: DNPM/CECOPOMIN (1999).

TABELA 25

RESULTADOS OBTIDOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS, REALIZADA NO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE ABRIL DE 1999 A ABRIL 2000, NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC.

Subsistema hídrico		Itoupava										Mãe Luzia																		
Pontos de Coleta		R13										R18																		
Data		R12										R11																		
Precipitação (mm)		R12										R11																		
Temperatura do ar (°C)		R12										R11																		
Temperatura da água (°C)		R12										R11																		
Hora da coleta		R12										R11																		
pH		R12										R11																		
Coliformes fecais (NMP/100 mL)		R12										R11																		
Condutividade (uS/cm)		R12										R11																		
Acidez Total (mg/L CaCO ₃)		R12										R11																		
Alcalinidade (mg/L CaCO ₃)		R12										R11																		
Cloretos (mg/L)		R12										R11																		
Fosfato (mg/L)		R12										R11																		
Nitrogênio Total (mg/L)		R12										R11																		
Oxigênio Dissolvido (mg/L)		R12										R11																		
Sólidos Totais (mg/L)		R12										R11																		
Sólidos Suspensos (mg/L)		R12										R11																		
Sulfatos (mg/L)		R12										R11																		
Turbidez (NTU)		R12										R11																		
DBO ₅ (mg/L)		R12										R11																		
Cobre (mg/L)		R12										R11																		
Cromo total (mg/L)		R12										R11																		
Ferro Total (mg/L)		R12										R11																		
Ferro Filtrável (mg/L)		R12										R11																		
Manganês (mg/L)		R12										R11																		
Zinco (mg/L)		R12										R11																		
Alumínio (mg/L)		R12										R11																		
Cálcio (mg/L)		R12										R11																		
Magnésio (mg/L)		R12										R11																		
Potássio (mg/L)		R12										R11																		
Sódio (mg/L)		R12										R11																		
5/10/99	12,2	25	23	10,45	7,20	110	30	3,8	23,5	3,0	0,00	0,10	8,9	180	98,0	3,5	80,0	3,9	<0,01	<0,02	1,25	0,40	0,02	<0,005	1,1	4,690	2,900	2,00	2,50	
9/11/99	12,2	20	18	11,40	7,15	230	50	4,0	21,0	2,7	0,00	0,17	10,9	120	35,0	3,7	26,0	1,5	<0,01	<0,02	1,23	0,40	0,02	<0,005	1,1	3,350	1,310	1,47	3,31	
3/4/00	1,2	27	24	10,00	7,20	40	40	3,7	22,5	2,8	0,01	0,65	8,5	35	2,5	3,0	8,0	2,8	<0,01	<0,02	1,30	0,30	0,03	0,010	0,9	3,500	1,400	1,60	3,98	
9/11/99	12,2	20	18	10,30	7,37	43	43	4,0	18,0	0,3	0,00	0,56	12,3	93	38,9	2,6	12,0	1,0	<0,01	<0,02	0,89	0,18	<0,01	<0,005	0,7	3,990	1,310	0,97	2,76	
3/4/00	1,2	26	22	10,30	7,23	180	32	2,6	19,3	0,5	0,00	0,60	10,2	28	4,0	1,6	10,0	1,0	<0,01	<0,02	0,56	0,24	<0,01	<0,005	0,5	4,230	1,620	1,32	3,22	
9/11/99	12,2	20	19	10,30	6,81	110	39	4,0	15,0	1,7	0,00	0,11	12,2	56	20,0	2,2	36,0	0,1	<0,01	<0,02	0,33	0,06	<0,01	<0,005	0,6	3,050	1,080	0,48	2,35	
3/4/00	1,2	28	24	09,00	6,71	78	62	6,2	17,0	4,8	0,02	1,50	8,9	45	12,6	1,2	6,0	1,9	0,01	<0,02	2,43	1,10	0,06	0,010	2,0	3,630	1,800	5,30	4,97	
16/6/99	0,0	22	17	16,30	6,90	110	1230	2,9	NA	NA	NA	NA	8,0	710	35,0	0,6	7,0	0,8	<0,01	<0,02	0,54	0,15	0,05	<0,005	NA	NA	NA	NA	NA	
23/6/99	8,7	NA	NA	NA	6,61	170	170	12,9	NA	NA	NA	NA	8,6	131	27,8	5,0	7,0	0,4	<0,01	<0,02	0,63	0,14	0,02	<0,005	NA	NA	NA	NA	NA	
29/9/99	2,7	NA	NA	16,00	6,70	3590	61	9,0	NA	NA	0,03	0,70	7,9	2269	57,0	283,0	26,0	0,4	<0,01	<0,02	2,20	0,04	0,42	0,020	1,8	40,500	167,000	28,91	604,50	
5/10/99	12,2	26	23	13,00	6,98	170	61	9,0	20,0	7,6	0,00	0,60	8,6	198	78,0	5,9	80,0	0,3	<0,01	<0,02	1,45	0,19	0,03	<0,005	0,9	2,760	1,350	1,89	5,57	
9/11/99	12,2	20	19	13,40	6,94	120	65	10,0	19,0	9,3	0,00	0,81	9,7	94	57,2	5,1	25,0	0,1	<0,01	<0,02	1,42	<0,02	0,05	<0,005	1,1	3,500	1,570	2,01	6,13	
3/4/00	1,2	28	28	13,30	7,01	170	59	8,0	22,0	10,5	0,02	1,30	10	95	27,0	8,0	12,0	0,3	<0,01	<0,02	1,50	0,20	0,05	<0,005	0,0	5,050	1,950	3,05	7,08	
29/9/99	0,0	19	17	09,50	6,68	40	51	3,0	NA	NA	0,01	0,30	8,7	443	68,0	331,0	81,0	0,3	<0,01	<0,02	29,50	10,50	1,41	0,410	18,7	18,200	14,000	1,63	4,91	
AM.1	28/9/99	0,0	22	19	10,30	3,05	40	628	191,0	NA	NA	NA	10,0	842	19,0	477,0	12,0	0,3	<0,01	<0,02	23,60	19,40	4,92	0,640	NA	NA	NA	NA	NA	
17/6/99	0,0	20	17	11,00	2,81	20	1050	842,0	NA	NA	NA	NA	10,0	842	19,0	477,0	12,0	0,3	<0,01	<0,02	23,60	19,40	4,92	0,640	NA	NA	NA	NA	NA	
28/9/99	0,0	22	19	10,45	7,00	aus	980	5,0	NA	NA	0,06	0,10	11,2	35	10,8	19,0	4,0	0,1	<0,01	<0,02	0,57	0,23	0,21	<0,005	0,3	6,690	2,530	0,98	5,02	
RML.3	28/9/99	0,0	22	19	10,10	3,00	947	235,0	NA	NA	0,02	0,10	9,3	732	69,0	399,0	34,0	0,3	<0,01	<0,02	46,90	40,50	5,05	0,580	12,9	46,000	34,800	2,15	19,60	
AM.2	17/6/99	0,0	20	17	11,10	2,82	aus	980	184,0	NA	NA	NA	9,1	797	60,0	438,0	26,0	0,3	<0,01	<0,02	20,50	14,40	6,90	0,310	17,4	NA	NA	NA	NA	NA
17/6/99	0,0	25	19	11,10	2,85	aus	980	184,0	NA	NA	0,05	7,30	6,9	1289	808,3	939,0	651,0	0,1	<0,01	<0,02	134,00	10,90	5,05	0,380	36,7	72,400	49,800	5,60	11,92	
28/9/99	0,0	24	22	14,35	2,76	40	1471	372,0	NA	NA	0,04	1,60	8,2	1171	55,6	1100,0	12,0	1,8	0,02	<0,02	28,60	26,40	24,30	1,000	23,0	97,000	51,000	4,40	17,96	
RML.4	17/6/99	0,0	18	16	10,25	2,83	aus	884	204,0	NA	NA	0,02	0,70	9,2	732	62,0	524,0	24,0	1,3	<0,01	<0,02	19,55	12,30	3,12	1,000	18,0	86,600	43,660	4,85	10,60
17/6/99	0,0	25	22	15,00	2,85	aus	921	321,0	NA	NA	0,00	0,62	9,1	795	75,0	648,0	30,0	1,5	<0,01	<0,02	24,20	16,40	2,98	0,657	19,5	74,900	40,245	3,14	14,55	
6/10/99	12,3	26	23	14,45	7,23	aus	25	3,2	NA	NA	0,00	0,50	9,6	85	34,8	1,8	40,0	0,5	<0,01	<0,02	0,04	<0,02	<0,01	<0,005	0,1	3,230	2,490	1,36	1,02	
4/4/00	12,2	27	23	14,45	7,41	aus	32	2,5	NA	NA	1,8	0,00	0,60	9,4	42	12,0	2,3	10,0	0,5	<0,01	<0,02	0,05	<0,02	<0,01	<0,005	0,2	4,210	2,450	1,45	1,25
RML.6	17/6/99	0,0	18	16	10,25	2,85	aus	890	167,1	NA	NA	0,09	4,60	5,3	663	43,0	387,0	10,0	0,01	<0,02	11,50	7,61	6,12	0,580	19,1	79,800	44,200	4,98	18,94	
28/9/99	0,0	24	22	15,25	2,88	aus	1234	235,0	NA	NA	0,09	4,60	5,3	898	50,3	368,0	8,0	6,4	0,02	<0,02	8,26	7,61	6,12	0,580	19,1	79,800	44,200	4,98	18,94	
17/6/99	0,0	18	16	09,20	2,51	aus	2200	1006,4	NA	NA	NA	NA	0,7	2531	133,0	1403,0	30,0	0,5	0,09	<0,02	204,00	200,00	6,40	2,870	NA	NA	NA	NA	NA	
28/9/99	2,7	24	22	15,25	2,55	aus	2400	1015,0	NA	NA	0,02	6,10	2,8	2415	277,0	1780,0	91,0	0,8	0,05	<0,02	160,20	145,60	6,60	2,630	81,1	186,000	40,300	7,87	53,23	
AM.5	11/11/99	0,1	20	18	09,15	2,59	120	1913	939,3	0,0	166,91	0,00	3,461	0,51	1997	182,0	1528,7	97,0	0,01	0,11	0,27	169,40	140,60	4,80	2,450	70,0	75,000	21,120	5,76	30,60

7.3.1 Discussão dos resultados de qualidade das águas: integrando os dados

Os dados observados na tabela 26 demonstram que as litologias da bacia hidrográfica do rio Araranguá formada por rochas ígneas básicas, principalmente extrusivas, e sedimentares não podem ser consideradas muito resistentes ao intemperismo. Segundo Todd (1959), *“as rochas ígneas são mais resistentes que as sedimentares, e as ígneas intrusivas mais resistentes que as extrusivas”*. O reflexo disso pode ser avaliado nos pontos localizados em áreas com menor ocupação antrópica possível, e que reflete a condição “quase” natural das águas em ambientes geológicos diferenciados dentro da bacia hidrográfica.

Nas análises realizadas nas áreas próximas às nascentes dos rios da Pedra, Pai José, Molha Coco, Mãe Luzia, Fiorita, Serrinha, Sangão e dos Porcos, apesar de terem sido realizadas apenas duas campanhas de amostragem, uma em período chuvoso e a outra em estiagem, observou-se que nos períodos secos há maior concentração de solutos nas águas e de certa forma a qualidade destas águas refletem a mineralogia local. Em época de chuva, há não só a diluição dos constituintes provenientes do solo e rocha, mas também um ligeiro aumento nas concentrações de nitrogênio e fósforo e principalmente nos níveis de coliformes fecais e totais, comprovando a contribuição das atividades antrópicas nos pontos amostrados. A tabela 26 demonstra esses dados.

Duas dessas estações localizam-se em área de basalto, sendo que a do rio da Pedra (RI1) situa-se no médio vale desse rio, na localidade de Tigre Preto, a uma altitude de 230 metros, conforme já demonstrado na figura 19. Afloram blocos de basalto nas laterais do vale e, no canal há deposição de blocos de variados tamanhos, chegando a 2 metros de eixo maior em fragmentos que podem chegar a 3 milímetros. Blocos, seixos em fragmentos menores são de basalto de variadas cores: cinza, preto, marrom, rosado, avermelhado. Encontram-se outros fragmentos de basalto vítreo, basalto com geodos e amígdalas de calcedônia, quartzo, calcita, zeólita de basalto com linhas de fluxo, e possivelmente diabásio com cristais de plagioclásios chegando a 5 milímetros de comprimento. A coleta foi realizada na calha do rio com mata ciliar preservada,

sendo a área de afloramento de basaltos, não havendo qualquer evidência de rochas sedimentares. A expectativa é de água com ferro, magnésio, cálcio e sílica em maior proporção.

A estação no rio Pai José (RI1.1) encontra-se localizada em área do médio para o alto vale, numa altitude de 240 metros. Essa altitude corresponde a uma elevação e não à área correspondente aos leques aluviais. A coleta foi realizada na mangueira que serve à casa da família Ronsani. A água é proveniente de fonte no topo de uma ombreira do interflúvio, localizando-se em uma pastagem utilizada para criação extensiva de bovinos, com algumas árvores próximas.

Afloram muitos blocos de basalto na frente da ombreira, com solo argiloso mostrando pequenos sulcos onde esse fica exposto. A área deste interflúvio, do local da fonte para baixo é toda ocupada por pasto, em meio ao qual situa-se a casa onde foi realizada a coleta de água. Em torno da casa há alguns pés de pinus. A morfologia desse terreno é uma sucessão de formas côncavas e convexas gerando a encosta. O trecho mais íngreme é aquele acima da casa até a fonte. Algumas formas côncavas entre a casa e o sopé da elevação mostram-se como pequenas depressões originadas por migrações internas dos componentes químicos ou mesmo argilas, sob a ação das águas infiltradas e não propriamente por processos erosivos. Nesse trecho o rio Pai José flui abaixo do ponto de coleta entre os seixos e matacões. Há extensas plantações de bananeiras, nas encostas de elevações mais altas que o local de coleta. A composição química é semelhante a do ponto RI1.

Os demais pontos localizados em áreas de nascentes e que encontram-se em áreas com influência também de rochas sedimentares, podem ter suas condições de coleta, localizações e situações geográfico-geológicas assim resumidas:

A estação localizada no rio Molha Coco (AI1.2), teve a coleta realizada em mangueira na propriedade localizada na margem esquerda do vale a uma altitude de 361 metros. Existe ocupação evidenciada pela presença de reflorestamento de pinus. Entre o local de captação que é na nascente de um

riacho, e a casa do proprietário, há pasto com árvores esparsas. O local da nascente está coberto por vegetação arbórea, remanescente da floresta Atlântica. A mangueira cruza o pasto onde no dia da primeira amostragem realizada em janeiro, tinha cabras e bois. A extremidade da mangueira fica sobre o chão derramando água no pátio da casa onde há excrementos dos animais domésticos. Na segunda amostragem, realizada em maio, não havia animais domésticos soltos. Nas duas amostragens aguardou-se aproximadamente 5 minutos com a mangueira acima do chão para efetuar-se a coleta. A área apresenta exposição de blocos de basalto e solo argiloso proveniente deste. Nas laterais do vale em altitude acima daquela da casa, a aproximadamente 350 metros, há exposição de arenitos da Formação Botucatu.

A área com que se está pretendendo representar as condições quase naturais do rio Mãe Luzia (RML1), localiza-se no alto vale desse rio, próxima à capela de Santo Isidoro, a 322 metros de altitude. Coleta realizada a montante de cachoeira com desnível de cerca de 4 metros, sobre um sill de diabásio (conforme figura 31). A montante desse ponto há depósito fluvial com matacões de basalto e de rochas sedimentares. A jusante da cachoeira também são observados blocos e seixos de basalto e rochas sedimentares. A vegetação ciliar nesse ponto é exuberante. Nas elevações laterais vêem-se muitos picos mantidos pelos arenitos da Formação Botucatu, abaixo há rochas do Grupo Passa Dois, inclusive constituindo elevações mais baixas. A área é de assoalho de vale com cerca de 100 metros de largura e rio com 15 metros de largura. A composição química esperada é similar a da estação A11.

A estação do rio Fiorita (AML3.1) situa-se a montante da área minerada, na estrada lateral localizada no início do Projeto M (ECP, 1982f). O monitoramento nesse ponto visou avaliar a qualidade desse rio sem a contribuição da mineração do carvão. As atividades antrópicas a montante desse ponto estão relacionadas à agricultura. A composição de suas águas deve refletir as rochas sedimentares, predominantemente.

O rio Serrinha (AML4.2), um dos principais formadores do rio São Bento, tem sua estação localizada em local com ocorrência expressiva de blocos

métricos e seixos, provenientes de rochas sedimentares do Grupo Passa Dois. Predomínio de seixos e matacões de basalto e também do Arenito Botucatu. O leito desse rio foi bastante alterado em função das cheias de fevereiro de 2000. Nas encostas, afloram basalto no topo e arenito da Formação Botucatu na meia encosta. Na base ocorre rocha do Grupo Passa Dois, que embora não fosse visualizada, sua presença se evidencia nos depósitos de matacões e seixos de origem fluvial. Com altitude de 310 metros, a estação situa-se no vale que tem uma largura de aproximadamente 400 metros de depósitos sedimentares fluviais. São vistos alguns animais soltos, principalmente eqüinos, na área que tem um caminho de tropa que une o vale ao planalto, na Serra da Veneza, utilizado para transporte de boiadas. A margem esquerda do vale é marcada pelo divisor de águas chamado Serra do Tubarão e direita pelo interflúvio formado pela Serra da Veneza. As águas desse local devem representar principalmente as rochas sedimentares de vários tipos e os basaltos, além da vegetação.



Figura 31: Estação de coleta RML1, alto vale do rio Mãe Luzia onde pode ser visualizado um desnível de aproximadamente 4 metros sobre um sill de diabásio.

Para registrar as condições mais próximas à condição natural quanto possível das águas do rio Sangão (AML5.1) selecionou-se uma estação em uma das nascentes desse rio, na localidade de Ex-Patrimônio, município de Siderópolis, acima do túnel por onde passa a estrada de ferro. Esse rio nasce em elevações com até 330 metros de altitude, em rochas sedimentares do Super Grupo Tubarão. O ponto de coleta encontra-se ladeado por extensas plantações de bananeiras. A composição de suas águas pode ser distinta das demais pois as rochas sedimentares pertencem a um único Grupo. Entretanto também tem a contribuição das ígneas intrusivas básicas.

No rio Manuel Alves (AML7.2) a coleta foi realizada na base do vale em forma de V, onde começa a haver deposição de matacões e seixos de basalto e raramente de rochas sedimentares. O rio corre nesse trecho junto ao sopé da encosta rochosa de uma elevação constituída na base por rochas do Grupo Passa Dois e no topo pelo Arenito Botucatu. Nesse ponto, a 275 metros de altitude, o rio Manuel Alves forma uma pequena cachoeira de desnível aproximado de 40 cm sobre uma camada de arenito do Grupo Passa Dois, conforme observa-se na figura 32. Lateralmente, na margem direita vê-se algumas fontes, com forte escoamento, produto da exfluxão das águas das rochas formadoras do vale (figura 33).

A montante deste ponto o vale apresenta no topo de suas laterais vários corpos de basalto sobre o Arenito Botucatu. A área tem boa cobertura florestal, havendo ocupação humana no plano do vale, evidenciada por plantações de pinus e bananeiras. O rio tem nesse trecho um padrão entrelaçado de alta competência, transportando matacões que atingem até um metro de eixo maior. Há troncos e galhos depositados sobre a margem em acúmulos de até 2 metros, formados pela enchente ocorrida em fevereiro de 2000, que alterou muito a paisagem local observada durante a coleta realizada em janeiro de 2000.

A estação de amostragem localizada na área de nascente do rio dos Porcos (RP1.1), situou-se na A.P.A, Área de Proteção Ambiental, do Morro Estevão/Morro Albino. Trata-se de uma das nascentes do Córrego Eldorado,

afluente do rio dos Porcos, que se encontra numa elevação em meio a remanescente de Mata Atlântica, onde foi construída uma caixa com britas e tampa para sua proteção. No entorno da área de Mata Atlântica vê-se plantações variadas onde predominam a banana e o feijão, conforme visualiza-se na figura 34. As rochas que ali ocorrem são sedimentares além de sill de diabásio nas proximidades.



Figura 32: Vista geral da estação de coleta AML7.2, localizada no rio Manuel Alves, onde há um pequeno desnível de cerca de 40 cm de altura sobre rochas do Grupo Passa Dois. Coleta realizada a montante do desnível. Abril/2000.



Figura 33: Fonte com forte exfluxão das águas subterrâneas em rochas sedimentares do Grupo Passa Dois, alimentando o rio Manuel Alves, na margem direita da estação de coleta AML7.2. Abril/2000.



Figura 34: Vista parcial da A .P. A. do Morro Estevão. Visualizam-se plantações de feijão e bananas, freqüentes naquele local, além de remanescentes de Mata Atlântica onde há presença de várias nascentes. A estação de coleta RP1.1 localiza-se em um desses nichos preservados de Mata Atlântica. Março/2000.

Segundo Kobayama, Genz, Mendiando (1998), a pesquisa da condição natural do ambiente que se quer recuperar é indispensável. Dessa forma, esse estudo procura avaliar a qualidade das águas da bacia nas áreas com menor ocupação antrópica, tentando com isso representá-las em suas “condições quase naturais”, com o objetivo de fundamentar os projetos de recuperação daqueles rios que apresentam conflitos entre o uso da água e sua condição de qualidade, conforme prevê o artigo 20, alínea “a” da Resolução CONAMA nº. 20/86.

De acordo com Mendiando, Clarke, Tucci (1994) a avaliação dos processos hidrológicos e ambientais tem exigido mais investigação sobre a identificação de áreas representativas que melhor retratem os mecanismos naturais numa bacia hidrográfica. Esses autores seguem afirmando que a influência do homem é crucial nessa abordagem; a urbanização, agricultura, desmatamento, entre outros influem de forma negativa sobre o equilíbrio natural dessas áreas.

Dessa forma, os dados localizados em áreas com maior influência antrópica encontram-se representados naquelas estações localizadas nos subsistemas hídricos dos rios Itoupava, Porcos, Mãe Luzia e baixo vale do Araranguá, em locais onde há maior ocupação da terra. Entre essas estações, aquelas localizadas nos subsistemas dos rios Mãe Luzia e baixo vale do rio Araranguá, são as que mais apresentam registros de dados de qualidades das águas.

A estação de monitoramento codificada como RML2, localizada no rio Mãe Luzia a poucos metros a montante dos primeiros focos de degradação ambiental pela mineração do carvão, apresenta composição de suas águas similar àquelas do RML1.

Como pode ser observado na tabela 19, essa estação registra dados a partir de 1990. Localiza-se fora da área de influência da mineração do carvão e por isso a variação obtida nos valores de pH de 6,10 a 7,98 é relativamente alta. De qualquer forma o pH médio é de 6,94, valor esse considerado normal para os rios sem influência de carvão localizados na área de estudo. Os valores encontrados para ferro total, sulfatos e condutividade também são normais para

os rios sem interferência de mineração. Os valores de cálcio e magnésio referem-se aos valores normais e refletem a alcalinidade natural que provém das rochas.

A estação de coleta localizada no rio Mãe Luzia, no município de Treviso, sob a ponte, na praça central foi codificado como RML3, conforme mapa nº. 3, em anexo. A cor da água nesse ponto varia entre amarela e amarela-esverdeada, em função da elevada carga de ferro, sulfatos e acidez, com contribuição da Mina Esperança da Carbonífera Metropolitana e Mina Forquilha da Comim & Cia., além de passivo ambiental da Carbonífera Treviso e Catarinense. Observa-se a presença de barra lateral de cascalho na margem direita, com presença de seixos e matacões de basalto. A margem esquerda côncava, apresenta afloramento de arenito nesta margem, a montante da estação de coleta, há depósito de seixos. Essa estação situa-se a aproximadamente 140 metros de altitude.

Treviso estabeleceu-se no sopé oeste da elevação conhecida como Montanhão, o topo dessa é marcado por um sill de diabásio cujo ponto mais alto tem 600 metros de altitude. A elevação, além do diabásio, tem suas encostas e base constituídas por rochas sedimentares das Formações Irati (Grupo Passa Dois) e Palermo (Grupo Guatá). A primeira mais alta e mais nova que a segunda. As rochas são principalmente siltitos e argilitos. Como Treviso está sobre o assoalho do vale do rio Mãe Luzia, está também sobre depósitos fluviais do complexo de leques aluviais que cobrem grande área da bacia do rio Araranguá.

Dos dados sobre qualidade de água registrados na estação RML3, os maiores valores de pH foram registrados no monitoramento realizado pela ECP (1982a). Nessa época, em períodos de estiagem, o rio apresentava-se com uma variação nos valores de pH entre 5 e 6 unidades, conforme tabela 18. Porém, nesse mesmo programa, em 16/11/81 foi registrado pH de 3,1 unidades, sendo que a média da precipitação pluviométrica nos cinco dias anteriores a essa amostragem foi de 18,4 mm. Isso demonstra que o rio Mãe Luzia nesse trecho, no início da década de 80, tinha a qualidade de suas águas fortemente influenciada pela precipitação pluviométrica, o que sugere que nessa época, o comprometimento do rio Mãe Luzia naquele trecho era em função da lixiviação

dos materiais piritosos depositados em suas margens, sendo esse o principal agente modificador da qualidade dessas águas.

Nos monitoramentos realizados a partir do ano de 1990 (tabela 19), essa estação de amostragem começa a apresentar um comportamento diferente, ou seja, apresenta pior qualidade de água em período de estiagem. As explicações para tal fato, podem ser assim resumidas: a) as áreas degradadas antigas e não recuperadas encontram-se “mais estabilizadas” do que na década de 80, ou seja, sofreram lixiviação ao longo do tempo e dessa forma o escoamento superficial não é tão acidificado quanto antes; b) as áreas atuais de deposição de rejeitos são recobertas com argila, reduzindo a influência do escoamento superficial nos “rejeitos novos”. Porém, os efluentes das usinas de beneficiamento e as águas de drenagem de minas de subsolo (atuais e antigas), continuam sendo despejados no rio com qualidade inadequada. No passado, isso também acontecia, mas em menor quantidade, pois além de menor área degradada a montante do ponto RML3, a vazão da drenagem das minas de subsolo, que aumenta com o avanço das galerias, era menor.

Desta forma, em época de estiagem, a vazão do rio é menor, e conseqüentemente a qualidade de suas águas piora, já que o lançamento dos efluentes permanece quase inalterado. Em época de chuva, o comprometimento em função do escoamento superficial não é tão significativo quanto há 20 anos, e a maior quantidade de água nos canais serve para diluir os despejos das minas de subsolo e usinas de beneficiamento de carvão.

A estação localizada no rio do Pio, AML1, situa-se próxima à confluência desse rio com o rio Mãe Luzia, após área de mineração a céu aberto, pertencente à Carbonífera Treviso, e em subsolo, da Carbonífera Metropolitana. Afluente da margem direita do rio Mãe Luzia, as águas do rio Pio apresentam-se constantemente amareladas e os seixos recobertos com óxidos de ferro. Esse rio em seu trecho intermediário, sofreu um processo de subsidência em função da mineração de subsolo, sendo que em épocas de estiagem é possível observar que tem a montante mais água que a jusante do abatimento, mesmo sem tomada de água nesse trecho (Eng^o Adão Zanette, técnico em controle ambiental da

FATMA, informação pessoal). Essa situação sugere uma perda de água por infiltração no local do abatimento. As águas refletem as características gerais da contaminação devido à mineração de carvão, ou seja, baixos valores de pH, elevadas concentrações de sulfatos, condutividade, ferro, manganês, cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio. As tabelas 19, 21, 22, 23 e 25, demonstram esses dados.

A estação localizada no rio Morosini próximo à foz desse no rio Mãe Luzia, está codificada como AML2. Em altitude pouco maior que 120 metros, foram realizadas coletas de água nesse rio que nasce no Montanhão, em Siderópolis. Essa elevação constitui o divisor de águas entre as bacias dos rios Urussanga e Araranguá. As altitudes das nascentes desse rio situam-se abaixo de 440 metros. Em meados da década de 80 a CSN, Cia. Siderúrgica Nacional, minerou a céu aberto com auxílio da *Drag Line Marion*, 165 ha nessa sub-bacia, que ficou denominado de Campo Morosini. Foi o único campo de mineração a céu aberto da CSN, onde foram tomadas medidas de maneira a não soterrar o solo com os estéreis provenientes do decapeamento do carvão. As camadas do solo foram estocadas convenientemente de modo a garantir a recomposição seqüencial da área após a lavra. O rio Morosini teve seu leito original desviado para fora da área de lavra, de modo a propiciar a mineração do carvão contido no seu leito original. Os trabalhos foram realizados de tal forma que a qualidade das águas desse rio apresentam características bem melhores quando comparada com rios como o Fiorita, por exemplo, que também teve sua sub-bacia minerada com a Marion. As tabelas 19, 21, 22, 23, 24 e 25 demonstram essas informações. É importante lembrar que essa foi a única mina a céu aberto da CSN, que entrou em operação após a edição da legislação ambiental no Estado de Santa Catarina.

O mesmo não aconteceu com a sub-bacia do rio Fiorita, que apresenta 901 ha de área degradadas. Desse total 824 ha foram minerados a céu aberto pela CSN no período compreendido entre 1940 e 1980, sendo a partir de 1962 com a utilização da Marion. A estação de amostragem do rio Fiorita encontra-se situada a jusante da área que ficou conhecida como "Paisagem Lunar" (figuras 19 e 20), codificada como AML3, conforme pode ser observado no anexo,

identificado como mapa nº. 3. O passivo ambiental da CSN nessa sub-bacia foi quase que totalmente repassado para iniciativa privada quando do leilão das áreas daquela companhia.

Essa estação de monitoramento (AML3) recebe contribuição de minas em atividade, tanto de sub-solo como a céu aberto, e atividades de extração de rejeitos carbonosos em antigas áreas de deposição de rejeitos da CSN. Situa-se a cerca de 90 m de altitude, em área de leques aluviais dominada pelo rio Mãe Luzia. Ocorrem na área muitos “lagos artificiais” formados pelo revolvimento das rochas para extração de carvão o que causou o afloramento do nível freático. O rio Fiorita nasce no Montanhão, percorrendo vários quilômetros sobre essa elevação, no seu setor leste. Flui para o sul e no sopé daquela elevação adquire sentido oeste e depois da Vila Fiorita flui para sudoeste. Nasce a mais de 450 metros de altitude sobre o diabásio, fluindo depois sobre rochas sedimentares da Bacia do Paraná e depósitos fluviais.

Foi monitorada pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH/UFRGS, no período compreendido entre 11/07/80 e 26/06/81. Nessa época, o pH variou entre 2,20 e 3,80; o ferro total entre 42,70 e 140,00 mg/L; sulfatos entre 482,0 e 2030,0 mg/L. A exemplo do rio Mãe Luzia, na estação RML3, esse rio apresentava no início da década de 80, qualidade de água pior em períodos chuvosos, indicando maior aporte de materiais poluentes ao rio em função da área de lavra da mineração a céu aberto e deposição de rejeitos da CSN.

Já nos programas realizados na década de 90, o valor de pH variou entre 2,40 e 3,59. Em relação aos dados do IPH (1982), o valor mínimo observado na década de 90 foi pouco maior e o máximo foi menor, resultando numa amplitude menor de variação entre os valores.

Não há relação entre a intensidade da precipitação pluviométrica e a qualidade de água nessa estação de monitoramento, talvez pela complexidade dos problemas ambientais que ainda persistem nessa sub-bacia. De qualquer forma, a figura 35 aponta para uma tendência no aumento na concentração de

ferro nessa estação, que registra também instabilidade nos valores de pH. A figura 36 apresenta a estação de amostragem com as réguas instaladas

pela CPRM e UNESCO quando do monitoramento desse ponto para SANTA CATARINA (1996).

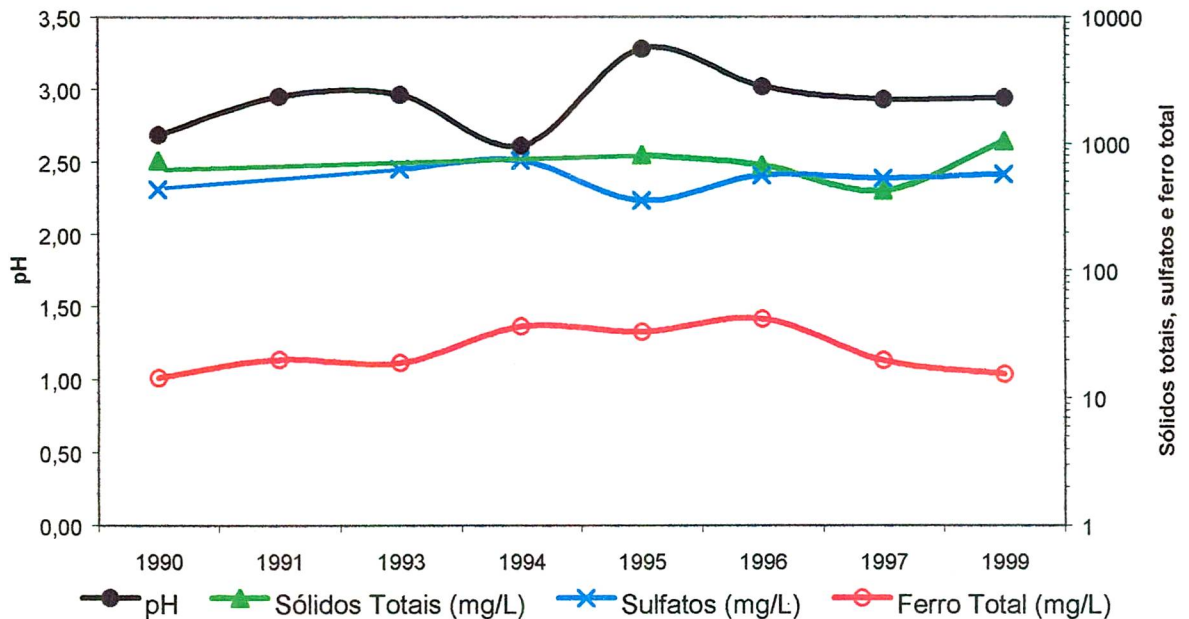


Figura 35: Variação temporal das principais características da qualidade das águas na estação AML3, localizada no rio Fiorita, no período compreendido entre 11/04/90 e 11/09/00. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total.

As estações RML4, rio Mãe Luzia junto à sede do município de Nova Veneza, em altitude de 80 metros, na área de coalescência dos leques aluviais, isto é, em planície de depósitos sedimentares cenozóicos; e RML5, rio Mãe Luzia na localidade homônima, na antiga captação de água da CASAN, para abastecimento de Criciúma, em altitude de 40 metros também em área de coalescência dos leques aluviais, cujos sedimentos têm contribuição importante de rochas sedimentares sob a forma de areias, siltes e argilas, refletem na qualidade de suas águas a composição das rochas ígneas e sedimentares alteradas pelo revolvimento dessas pela mineração de carvão e pelos despejos oriundos dessa atividade em desacordo com os padrões da legislação ambiental, como pode ser observado na figura 37.

De maneira geral essas duas estações apresentam-se com as mesmas variações do RML3, sendo que a maior variação nos valores de pH foram os registrados no início dos anos 80, como pode ser observado nas tabelas 17 e 18.

Atualmente essas estações apresentam melhor condição de qualidade de água em época de maior precipitação, quando há mais água no canal proporcionando maior diluição dos poluentes.

A estação localizada no rio Mãe Luzia, RML6, cujas coletas são realizadas no canal sob a ponte no município de Forquilha, a uma altitude de 87 metros apresenta-se com características semelhantes à estação RML5, em Nova Veneza, significando que o rio São Bento contribui muito pouco para a diluição dos poluentes do Mãe Luzia. Há de ser ressaltado o efeito tampão das águas oriundas da mineração de carvão. A figura 38 apresenta a variação temporal dessa estação no período compreendido entre 1974 e 1999 para os parâmetros pH, condutividade.

Nesse trecho do rio afloram rochas sedimentares do Grupo Passa Dois na margem esquerda do rio que apresenta cobertura de mata ciliar, embora esta não ocupe toda a área de preservação permanente prevista no código florestal. O talude dessa margem apresenta também seixos de origem fluvial. A margem direita, sem mata ciliar, apresenta-se mais baixa que a esquerda e com seixos intercalados em material mais fino, areno-argiloso, de coloração variando entre marrom e preto. A montante da ponte, distante aproximadamente 150 metros, a rocha aflora no leito gerando corredeiras permitindo a oxigenação das águas. O ponto de coleta localiza-se a jusante de um frigorífico. Além do impacto causado pela mineração de carvão, essas águas refletem a contribuição antrópica, bem como as rochas ígneas e sedimentares da Bacia do Paraná.



Figura 36: Estação de monitoramento localizada no rio Fiorita, AML3. A coloração das águas reflete as elevadas concentrações de ferro, além de outros contaminantes característicos das atividades ligadas a exploração do carvão. As réguas foram instaladas para medição do nível da água no instante da coleta o que possibilita o cálculo da vazão. Foto cedida pelo IPAT/UNESC, de autoria de Eduardo Nosse. Siderópolis, 16/10/96.

Em épocas de cheia, com maior vazão no canal, a qualidade da água nessa estação melhora. Porém, chuva intensa e rápida após um período de estiagem é fator que influencia negativamente na qualidade dessas águas, como pode ser observado nas tabelas e mais detalhadamente interpretando-se os dados da estação fixa da JICA que monitorou essa estação entre o período compreendido entre 1994 a 1997.

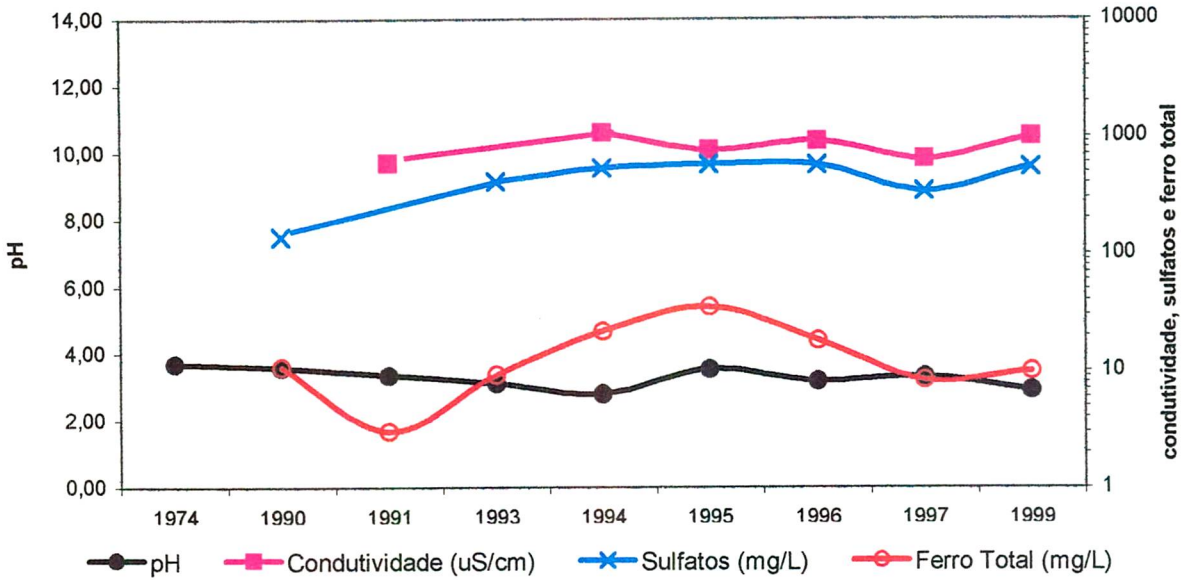


Figura 37: Variação temporal das principais características da qualidade das águas na estação RML4, localizada no rio Mãe Luzia no período compreendido entre 10/07/80 e 28/09/99. Escala logarítmica para condutividade, sulfatos e ferro total.

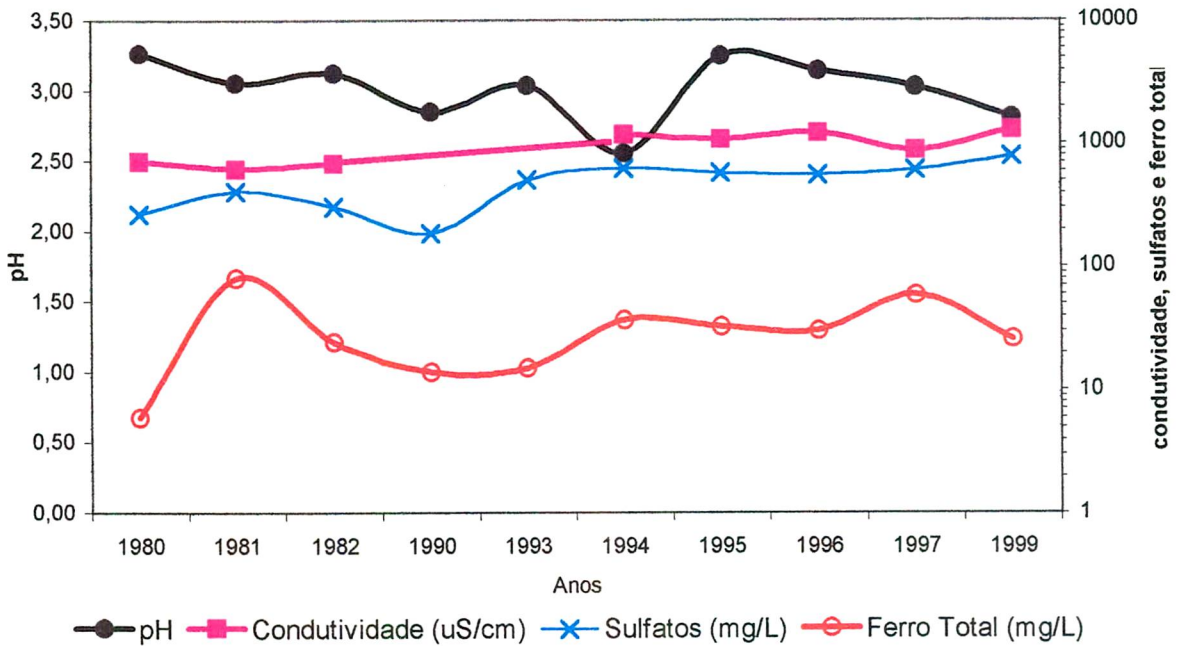


Figura 38: Evolução das principais características da qualidade das águas na estação RML6, localizada no rio Mãe Luzia, em Forquilha, no período compreendido entre 03/07/74 e 28/09/99. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total.

A estação AML5, rio Sangão nas proximidades da sua foz no rio Mãe Luzia, na localidade de São Jorge, sob a ponte de concreto da SC-446 que liga Maracajá a Forquilha, apresenta-se constantemente com as suas águas com coloração vermelha, conforme mostra a figura 39, indicando a intensidade do comprometimento desse rio pelas atividades ligadas à mineração de carvão.



Figura 39: Estação de monitoramento no rio Sangão, AML5. A coloração vermelha das águas reflete a elevada concentração de ferro associada aos baixos valores de pH e concentração de oxigênio dissolvido, o que faz com que o metal na forma predominantemente reduzida permaneça dissolvido na água. Presença também de outros contaminantes característicos das atividades ligadas a exploração do carvão e outras atividades industriais já que nesse ponto o rio reúne os afluentes que atravessam o município de Criciúma.

A área é de coalescência dos leques aluviais, com altitude em torno de 35 metros, apresentando elevações de rochas sedimentares e diabásio a leste, afastadas do rio. Mais de 90% de seu curso situa-se abaixo da cota de 60 metros de altitude, determinando sua sinuosidade, como pode ser observado no mapa nº 1, em anexo. A baixa declividade lhe confere um fluxo sem muita turbulência que somado à sinuosidade pode favorecer a existência de locais de águas “paradas”, possibilitando a deposição de sólidos em suspensão. Essa característica propiciou que o rio Sangão funcionasse como uma extensa bacia de sedimentação dos sólidos lançados diretamente nele, durante a época em que as companhias carboníferas ainda não haviam instalado suas bacias de decantação, fazendo com que esse rio mudasse várias vezes o seu curso em função do assoreamento, como pode ser observado na figura 40.



Figura 40: Rio Sangão com seu leito assoreado pela deposição de finos carbonosos e piritosos provenientes do rebeneficiamento de carvão que eram lançados diretamente em seu canal até meados da década 80. Distrito de Rio Maina, município de Criciúma, em agosto/2000. Foto cedida pela FATMA de autoria de Norberto Cidade.

O material ali depositado é recolocado em suspensão em épocas de cheias, sendo então depositado na planície aluvial, causando danos à agricultura.

Essa estação a partir de 1990 demonstra uma estabilidade nos valores de pH em torno de 2,5 unidades. Com relação ao ferro total, aponta uma tendência a aumentar a concentração desse parâmetro, como pode ser observado na figura 41.

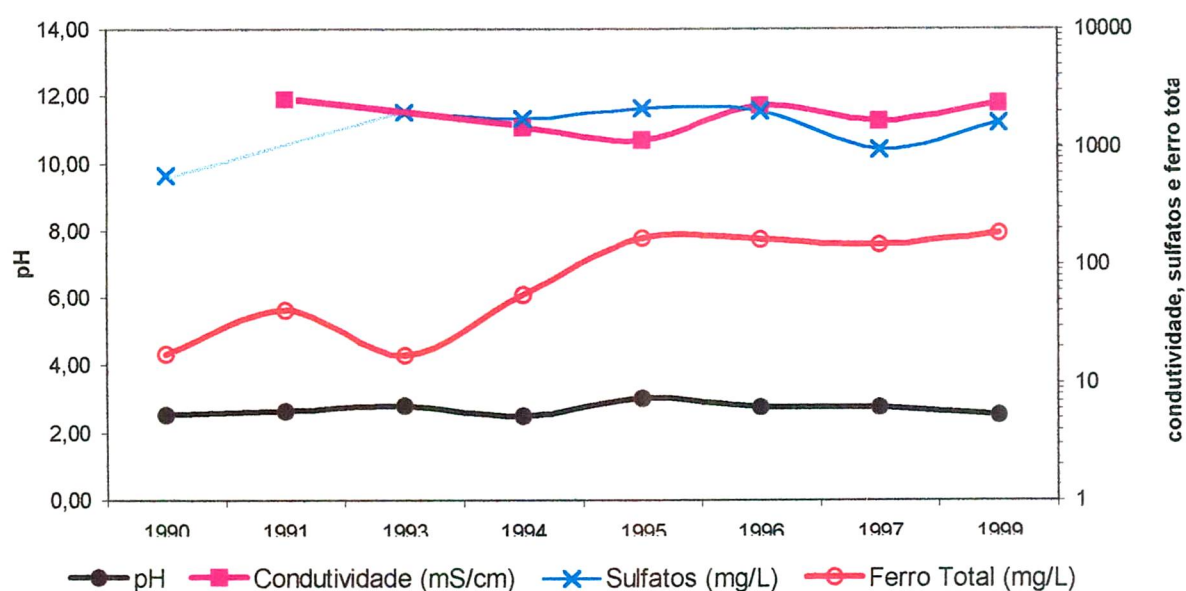


Figura 41: Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação AML5, localizada no rio Sangão, em Maracajá, no período compreendido entre 11/04/90 e 11/11/99. Escala logarítmica para sólidos totais, sulfatos e ferro total.

A variação nas medidas de pH nessa estação foi entre 2,10 e 3,50 unidades. Os menores valores obtidos estão relacionados ainda hoje com épocas de maior precipitação, indicando que os rejeitos expostos nessa sub-bacia ainda estão com bastante reatividade química, o que se justifica através da existência de: a) usinas de beneficiamento de carvão em atividade; b) minas recentemente desativadas e que ainda não recuperaram suas áreas degradadas, contribuindo com drenagem ácida de subsolo ou através da lixiviação de rejeitos; c) atividades de extração e beneficiamento de rejeitos carbonosos, atividades essas que se caracterizam em revolver o material depositado há anos, e que superficialmente

apresentam-se com mais estabilidade química, expondo o material soterrado e com maior reatividade, como pode ser observado na figura 24.

A estação RML7, rio Mãe Luzia no município de Maracajá, encontra-se localizada sob a ponte na divisa desse município com Forquilha, essa estação vem sendo monitorada desde o início da década de 80 (ECP, 1981a). O local com aproximadamente 20 metros de altitude situa-se sobre rocha ígnea básica, isto é, um sill de diabásio intrudido em rochas sedimentares do Grupo Passa Dois, formando duas elevações nas duas margens, sendo a da margem esquerda mais afastada do canal. No entorno há depósitos rudáceos dos leques aluviais, principalmente na margem direita, e depósitos praias pleistocênicas, de areias quartzosas, na margem esquerda, um pouco afastados do canal atual devido a processos erosivos fluviais. As margens são altas e as águas são em geral amarelo-alaranjadas, com muito material em suspensão, resultante das atividades de mineração de carvão.

Os valores de pH nesse ponto são menores que os valores obtidos na estação RML6. Os valores de pH parecem limitar-se entre 2 e 3 unidades nos últimos 20 anos. Os demais parâmetros seguem a mesma tendência do rio Sangão, com tendência de aumento na concentração de ferro, conforme figura 42.

Era de se esperar que as estações de monitoramento: AML4; AML6, AML7 e RI3, respectivamente rios: São Bento, do Cedro, Manuel Alves e Itoupava, tivessem um efeito diluidor na poluição gerada pela mineração de carvão observada no rio Mãe Luzia. O efeito é mínimo, ou insuficiente para provocar uma melhoria nas condições ambientais das águas do Mãe Luzia a jusante desses rios. A localização e situação geográfico-geológica dessas estações podem ser rapidamente descritas: AML4, rio Guarapari ou São Bento, estação localizada próxima à confluência desse rio com o Mãe Luzia, do qual é afluente da margem direita. A confluência ocorre à cerca de 50 metros de altitude em área de coalescência dos leques aluviais que constituem em ampla planície muito utilizada para o plantio de arroz irrigado.

O rio Guarapari forma com o rio São Bento um complexo entrelaçado na faixa onde ocorre a coalescência dos leques. A montante desse entrelaçamento, a Folha 1:50.000 do IBGE, folha São Bento, registra a toponímia São Bento para esse rio, conforme mapa nº 1, no anexo. A composição das águas reflete a composição dos basaltos e rochas sedimentares além da contribuição agrícola, principalmente pelo aumento na concentração de sólidos em suspensão proveniente da rizicultura.

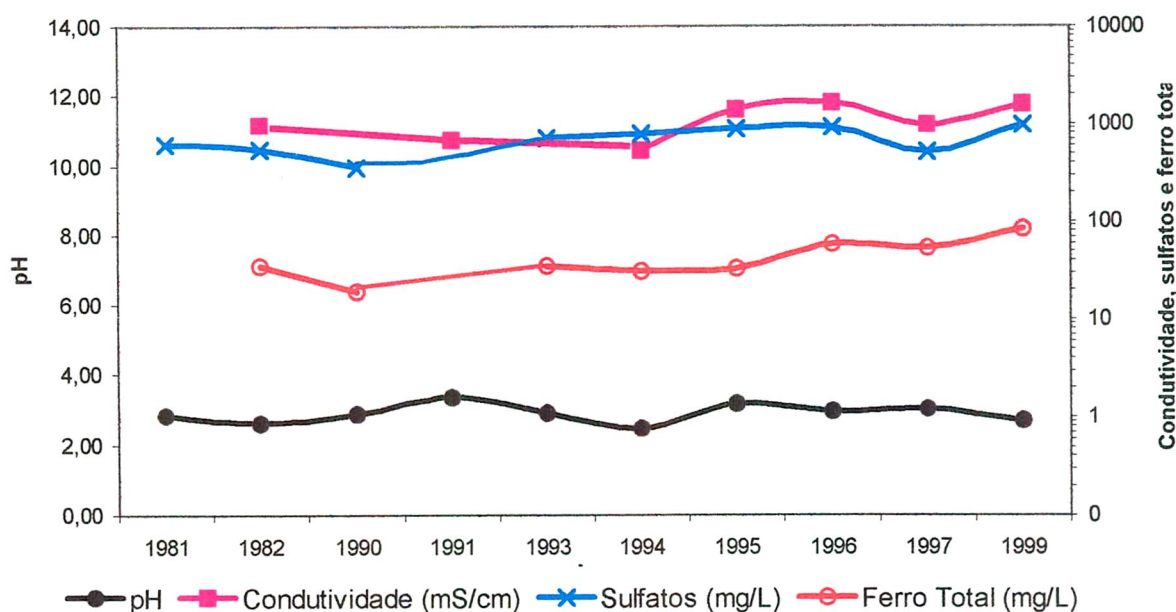


Figura 42: Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RML7, localizada no rio Mãe Luzia, após a confluência com o rio Sangão, em Maracajá, no período compreendido entre 20/11/81 e 11/11/99. Escala logarítmica para condutividade, sulfatos e ferro total.

Dentro do contexto dessa sub-bacia, a estação AML4.1, localizada no rio Guarapari ou São Bento, em São Bento Baixo, município de Nova Veneza, avalia a qualidade da água captada pela CASAN para abastecimento de água do município de Criciúma, Nova Veneza, Maracajá e Forquilha. Na realidade essa estação coleta água dos dois rios, já que a CASAN por bombeamento, transpõe água do São Bento para o Guarapari, de onde segue para a E.T.A localizada em São Defende, município de Criciúma, como pode ser observado no mapa nº 02. A tabela 23 que representa os dados obtidos por JICA (1998) aponta para uma preocupação com relação à matéria orgânica, medida em DBO_5 , o que

conseqüentemente afeta em determinadas condições os níveis de oxigenação do rio. Alerta-se que a tomada de água nesse ponto, seja para abastecimento público ou para irrigação do arroz, afetam em situações de estiagem a capacidade de auto-depuração desse rio, refletindo na sua qualidade de água. A figura 23 demonstra as condições de déficit hídrico nesse trecho de rio.

Constata-se que o rio São Bento tem pouco reflexo na qualidade das águas do rio Mãe Luzia, principalmente com relação aos níveis de pH, porém para outros parâmetros verifica-se maior probabilidade de diluição dos poluentes, como pode ser observado comparando-se os dados das estações RML5 e RML6 na tabela 25.

Outro afluente da margem direita do rio Mãe Luzia que tem um efeito de diluição dos problemas ambientais provenientes da mineração de carvão é o rio do Cedro. Nessa sub-bacia a estação codificada como AML6.1, localizada na Sanga do Coqueiro, teve suas coletas realizadas próximo à foz desse no rio do Cedro. A Sanga do Coqueiro nasce em rochas sedimentares em área com aproximadamente 50 metros de altitude fluindo sobre depósitos de leques aluviais. Não é um rio expressivo em termos de volume de água, porém drena uma área de rizicultura considerável. Além disso, sua proximidade com o rio Mãe Luzia, conforme pode ser observado no mapa de hidrografia (mapa n. 01), faz com que a Sanga do Coqueiro receba através de canais de irrigação, as águas provenientes das lavouras de arroz, irrigadas com as águas do rio Mãe Luzia. As tabelas 22 e 25 que apresentam os dados obtidos em duas oportunidades não refletem a interferência dessa transposição de águas do Mãe Luzia nas águas da Sanga do Coqueiro com exceção da concentração de ferro que encontra-se acima do recomendado pela resolução nº. 20 do CONAMA, e que pode estar associada a esse fato. Porém há registros na gerência regional da FATMA, em Criciúma, de problemas ocorridos resultando inclusive em mortandade de peixes na Sanga do Coqueiro. A figura 2 e o mapa nº. 3, que encontra-se em anexo, apresentam a localização dessas estações.

De uma maneira geral, os problemas constatados na Sanga do Coqueiro são sentidos também no rio do Cedro, na estação AML6, localizada

próxima à foz desse no rio Mãe Luzia em área dos leques aluviais em uma altitude de 30 metros. As nascentes desse rio encontram-se a uma altitude de 1000 metros, nas Escarpas da Serra Geral, o que faz com que esse rio assuma características torrenciais, transportando materiais para a planície, conforme figura 43. A sub-bacia do rio Cedro drena extensa área de cultivo de arroz. A exemplo da estação AML6.1 os parâmetros indicadores de qualidade das águas que mais preocupam nessa sub-bacia são DBO_5 , alumínio, turbidez, fosfato e ferro total e dissolvido.



Figura 43: Rio Cedro Alto, em estação de monitoramento avaliada por Santa Catarina (1997d), realizadas duas medidas de vazão: a primeira em período de cheia quando registrou-se 12.236 L/s em 22/10/96 (data da foto) e a segunda em período de estiagem com 433 L/s em 04/12/96. Observa-se a quantidade de detritos transportados pelas águas. Foto cedida pelo IPAT/UNESC, de autoria de Eduardo Nosse.

O rio Manuel Alves, AML7, próximo à sua foz no rio Mãe Luzia, na localidade de Sapiranga, município de Meleiro, a uma altitude de 20 metros. Nesse ponto o rio tem o seu canal mantido por paredes de 3 a 4 metros de altura, argilosas de cor marrom. Esta cor não raras vezes, reflete-se na própria coloração

do rio, que se apresenta nos meses que antecedem o plantio do arroz, com águas densas de aspecto turvo, sugerindo maior concentração de sólidos em suspensão. Suas laterais apresentam extensas áreas ocupadas pela rizicultura, inclusive em APP's. Há mineração de seixos no canal, à montante do ponto de coleta.

Na cidade de Meleiro, a estação AML7.1, avalia o rio Manuel Alves a montante da barragem da COIMEL - Cooperativa de Irrigação de Meleiro. Durante a época de tomada de água para irrigação do arroz, o nível do rio diminui muito, principalmente a jusante daquela barragem. A montante da barragem há extensas áreas de plantação de arroz, inclusive nas APP's. Situação semelhante pode ser observada a jusante da cidade. Os resultados obtidos nesse ponto apresentam uma variação nos níveis de turbidez de 28, 65 e 10 NTU registrados respectivamente em outubro/1999, novembro/1999 e abril/2000, demonstrando a influência da rizicultura na turbidez nas águas desse rio, tabela 25.

As estações localizadas no rio Mãe Luzia, a montante e jusante do rio Manuel Alves, apresentam uma melhoria mais acentuada. A estação localizada no Mãe Luzia a jusante do Manuel Alves, codificada como RML9, localiza-se sob a ponte de concreto na Sanga do Marcos, a montante da sua confluência com o rio Itoupava. Esse ponto apresenta-se sob a influência da maré. Quando é maré alta a água torna-se amarelo-esverdeada e é possível observar a floculação do material (metais), transportado até então na forma dissolvida, em função da elevação do pH que ocorre devido a aproximação com o estuário. Em épocas de cheia a água é amarelada com muito sólidos em suspensão, evidenciando a contribuição das atividades de mineração.

Avaliando-se o rio Mãe Luzia entre os trechos compreendidos entre as estações RML7, RML8 e RML9 tomando-se como referência apenas a coleta realizada no dia 11/11/99, tabela 25, dia em que foram realizadas coletas nas 03 estações, conclui-se que as águas do rio do Cedro, representam pouca variação dos níveis de pH no Mãe Luzia, que passa de 2,72 para 2,73. Porém se o aumento do pH parece ser desprezível, a concentração de sulfatos diminui de 843,7 para 545,5 mg/L; o ferro total passa de 54,40 para 25,0 mg/L e manganês

de 2,80 para 1,82 mg/L. Se compararmos os valores obtidos para as estações RML8 e RML9, ainda conforme tabela 25, observa-se após a confluência com o rio Manuel Alves, que o Mãe Luzia apresenta, a mesma tendência, porém com melhorias mais acentuadas na qualidade das suas águas: o pH passa para 2,85; sulfatos para 383,7 mg/L; ferro total para 7,45 mg/L e manganês para 1,37mg/L.

Apesar do efeito tampão das águas com influência da mineração, que faz com que o pH permaneça baixo, a melhoria obtida nos outros parâmetros indicadores da poluição do carvão representa a importância desses afluentes que possibilitam a utilização das águas do Mãe Luzia para irrigação do arroz, como ocorre nos municípios de Forquilha e Maracajá.

Com relação ao subsistema hídrico do rio Itoupava, o ponto mais avaliado nos últimos 20 anos é o correspondente à estação codificada como RI3, rio Itoupava a montante da confluência com o rio Mãe Luzia. O maior número de registros de dados de qualidade nesse ponto justifica-se pela influência do mesmo na diluição do rio Mãe Luzia na área do estuário do rio Arararanguá.

Um teste simples realizado no laboratório da FATMA/IPAT, com águas do rio Mãe Luzia com pH em 2,8 unidades e, águas do Itoupava em 7,2 demonstraram que para obter-se uma água resultante com pH em torno de 3,8 unidades seria necessário que o rio Itoupava se apresentasse com uma vazão 6 vezes superior a vazão atual. Nesse caso é bom lembrar que pelos poucos dados de vazão observados, principalmente os registrados em Santa Catarina (1997d), o rio Itoupava apresenta-se em geral com uma vazão em torno de 1,5 vezes a do Mãe Luzia; e, ainda que no estudo realizado de laboratório, que nada mais foi do que um simples ensaio de neutralização utilizando-se das duas águas, não havia influência das águas estuarinas.

A situação da qualidade das águas e a descrição dos locais de coletas nesse subsistema podem ser assim descritas:

A estação de monitoramento localizada no rio da Pedra, RI2, situa-se no município de Jacinto Machado, a montante da confluência deste com o rio Amola Faca, em área de coalescência de leques aluviais, estendendo-se como planície abaixo de 30 metros de altitude. O leito desse canal é formado por seixos

e matacões, bem como suas margens que apresentam um recobrimento variável de materiais mais finos: areno-silto-argilosos que constituem o solo da área. A qualidade dessas águas reflete as características mineralógicas das estações de montante com acréscimo na concentração de alumínio e ferro solúvel, uma vez que a estação encontra-se sob influência das rochas sedimentares. Com relação aos indicadores da contribuição antrópica, observa-se que o número de coliformes fecais é mais elevado que aqueles obtidos na estação RI1. A média dos valores obtidos para DBO_5 nessa estação como podem ser observadas nas tabelas 22 e 25 encontra-se muito próxima do limite recomendado para rios de classe II, ultrapassando o valor fixado que é de 3,0 mg/L em algumas ocasiões. A princípio esse fato não causa preocupação, já que os níveis de oxigenação dessas águas encontram-se próximo à saturação, porém há de se ressaltar que a ausência de estações de tratamento de esgotos domésticos, associada à tendência que naturalmente se tem verificado nesse subsistema hídrico de aumento de atividades de pequeno e médio porte relacionadas com a industrialização de alimentos, como: cerealíferas, frigoríficos, derivados de leite e doces a base de frutas, especialmente banana, contribuem com o aumento da carga orgânica afluyente a esses rios, podendo comprometer a capacidade de autodepuração dos mesmos.

As estações localizadas nos rios Amola Faca (AI1) e rio Rocinha (AI1.1) apresentam-se com características semelhantes e com condições de uso que correspondem aos rios de classe I, de acordo com o que padroniza a resolução nº. 20/86 do CONAMA, com exceção do alumínio que tem se constituído como parâmetro característico dos rios da bacia, principalmente aqueles com influência das rochas sedimentares. As localizações dessas estações podem ser descritas como: 1) AI1, rio Amola Faca, situada a SW da sede do município de Turvo. Nesse trecho o rio apresenta seu canal com cerca de 50 metros de largura, cujas laterais tem cerca de 1 m na margem esquerda e 0,8 m na margem direita, separando-o da planície ocupada por arrozeiras, principalmente entre a cidade de Turvo e o rio. Nas coletas realizadas não se observou alteração nos níveis de turbidez nas águas do rio nesse ponto, conforme tabelas 22 e 25. A área em torno é de planície de coalescência de

leques aluviais, com altitude abaixo de 30 metros. Nesse trecho o rio Amola Faca apresenta-se com seixos, blocos e matacões ao longo do canal. Esse material rudáceo, proveniente de basaltos, constitui a planície e encontra-se em variados estados de alterações. 2) AI1.1, rio Rocinha, estação localizada na ponte da estrada que liga Timbé do Sul à Turvo. Nesse ponto o rio drena águas de rochas diversas como os basaltos e sedimentares, como a Formação Botucatu e outras do Grupo Passa Dois.

A estação localizada no rio Turvo, AI2, junto à cidade homônima, sob a ponte da SC-448, encontra-se em altitude em torno de 30 metros. Esse rio nasce em rochas sedimentares em área com 200 metros de altitude, porém migra sobre depósitos de leques aluviais constituídos em grande parte, por depósitos provenientes da seqüência de corpos de basaltos das escarpas do Planalto Sul Brasileiro. O rio Turvo é um afluente do canal principal da bacia do rio Araranguá no trecho que esse é reconhecido com a toponímia de rio Itoupava. Seria natural esperar-se uma composição para essas águas similar à da estação AI1.1, porém observa-se que em geral os parâmetros têm suas concentrações aumentadas, muito provavelmente em função da contribuição antrópica de parte da cidade de Turvo. As concentrações de cálcio, magnésio, potássio, sódio e alumínio encontram-se acima dos valores obtidos em AI1 e AI1.1. Essa estação recebe contribuição de indústrias de alimentos, cerealífera, e dos despejos de esgotos domésticos, além de outras pequenas atividades industriais que não se encontram locadas no mapa nº 03, resultando em águas com níveis de coliformes fecais e DBO₅ acima dos encontrados nas demais estações. Além disso, essa estação localiza-se em área de extensa atividade de rizicultura o que reflete nas condições de turbidez da água que variou de 13 a 137 NTU, conforme pode ser observado na tabela 25.

A estação próxima à confluência com o rio Itoupava, na localidade de Barra do Jundiá, codificada como AI3, refere-se ao rio Jundiá, cujo leito encontra-se nesse trecho sobre depósitos areno-silto-argilosos do setor distal dos leques. A altitude da área está em torno de 10 metros, porém o leito está com cerca de 2 a 3 metros de profundidade, abaixo da planície, de tal maneira que se encontra sob

o efeito das marés que avançam no canal do rio Itoupava. Frequentemente, suas águas encontram-se represadas pelas situações de fluxo do Itoupava, seja em função das marés altas, seja em função de cheias e inundações. Na tabela 25 observa-se um ligeiro aumento na condutividade dessas águas comparativamente com outros rios com mesmas características de formação como aqueles das estações AI1 e AI2. O rio Jundiá nasce em altitudes abaixo de 500 metros e os parâmetros que mais representam as condições ambientais de suas águas são alumínio e turbidez. Também na tabela 25 observa-se a influência da atividade de rizicultura com relação a turbidez das águas desse rio, que variou de 120 NTU na coleta realizada em outubro, quando eram intensas as atividades de preparo das canchas de arroz (lameiro), passando para 40 NTU no mês de novembro, quando essa atividade encontrava-se bem reduzida e, finalmente atingindo o índice de 6 NTU em abril, quando era realizada a colheita do arroz.

O rio Itoupava a montante da sua confluência do rio Itoupava com o rio Mãe Luzia, estação codificada como RI3, sob a ponte da SC-449, que liga Araranguá à Jacinto Machado, encontra-se sob a influência da variação das marés, isto é, dentro do corpo estuarino em que está constituído o canal principal da bacia do rio Araranguá. Nesse trecho, o rio Itoupava está ladeado tanto por depósitos fluviais de leques aluviais como também por depósitos de diques marginais, bem como por antigos depósitos flúvio-lagunares. As altimetrias variam de 2 a 10 metros. Esse ponto situa-se próximo e a jusante da foz do rio Jundiá. A composição dessas águas reflete as rochas, a ocupação antrópica de montante, bem como a contribuição marinha. Um estudo mais detalhado poderia avaliar a influência, mesmo que diluída, das águas do rio Mãe Luzia nessa estação.

A variação de condutividade, cálcio e magnésio na estação RI3 também indicam a influência da maré nesse ponto, como pode ser observado na tabela 25.

Os resultados provenientes da qualidade das águas das estações RA1, RA2, RP1 e RA3 acrescidos das estações RI3 e RML9, apontam para a conformação do estuário do rio Araranguá.

O subsistema do rio dos Porcos, é representado pela estação localizada nas áreas das nascentes, RP1.1, comentada anteriormente e, pela estação RP1, localizada no rio dos Porcos a jusante da barragem dos agricultores, próximo à foz desse rio no Araranguá. O rio dos Porcos recebe influência da zona industrial de Criciúma, do município de Içara e de antigas áreas de deposição de rejeitos piritosos da CSN, onde se encontram depositados atualmente os resíduos urbanos de Içara. Uma empresa explora e beneficia os rejeitos carbonosos contidos nos antigos depósitos da CSN, na área dessa sub-bacia. Os dados referentes a essa estação podem ser avaliados nas tabelas 19, 21, 22, 25 e demonstrados na figura 44.

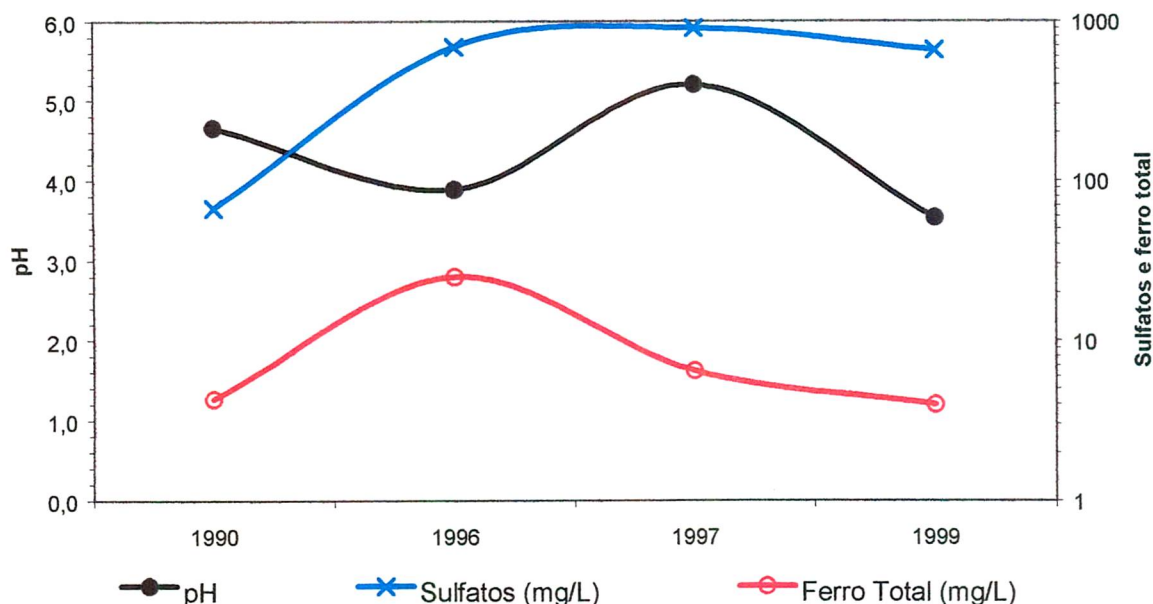


Figura 44: Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RP1, localizada no rio dos Porcos, antes da sua confluência com o rio Araranguá, no período compreendido entre 12/04/90 e 09/11/99. Escala logarítmica para sulfatos e ferro total.

As características das estações que compõe o subsistema do baixo vale do rio Araranguá, podem ser resumidas: estação RA1, rio Araranguá na localidade de Forquilha Grande, a montante da sede da cidade de Araranguá, logo após a confluência do Itoupava com o rio Mãe Luzia. O rio Araranguá nesse trecho, apresenta-se com total ausência de mata ciliar e na margem esquerda há extensas áreas de plantação de arroz irrigado. Esse ponto está sob influência do regime de maré, sendo esse o provável motivo pelo qual o rio apresenta-se em

épocas de estiagem e maré alta com uma coloração verde-esmeralda, conforme demonstrado na figura 10.

A estação codificada como RA2, refere-se ao rio Araranguá a jusante do centro urbano da cidade de Araranguá, sob a ponte de arame, na localidade de Barranca. Há completa ausência de mata ciliar. Pode-se observar a presença de pescadores nas proximidades desse ponto durante os trabalhos de campo realizados em junho/1999, quando as condições climáticas de estiagem e maré alta propiciavam o avanço da maré. Nessa área que é estuarina, peixes de água salgada entram rio acima com a maré alta, fato esse possível em função do baixo nível do rio Mãe Luzia durante a estiagem, o que propicia melhores condições de qualidade da água; a figura 45 apresenta a avaliação temporal nos últimos 20 anos para alguns parâmetros nessa estação.

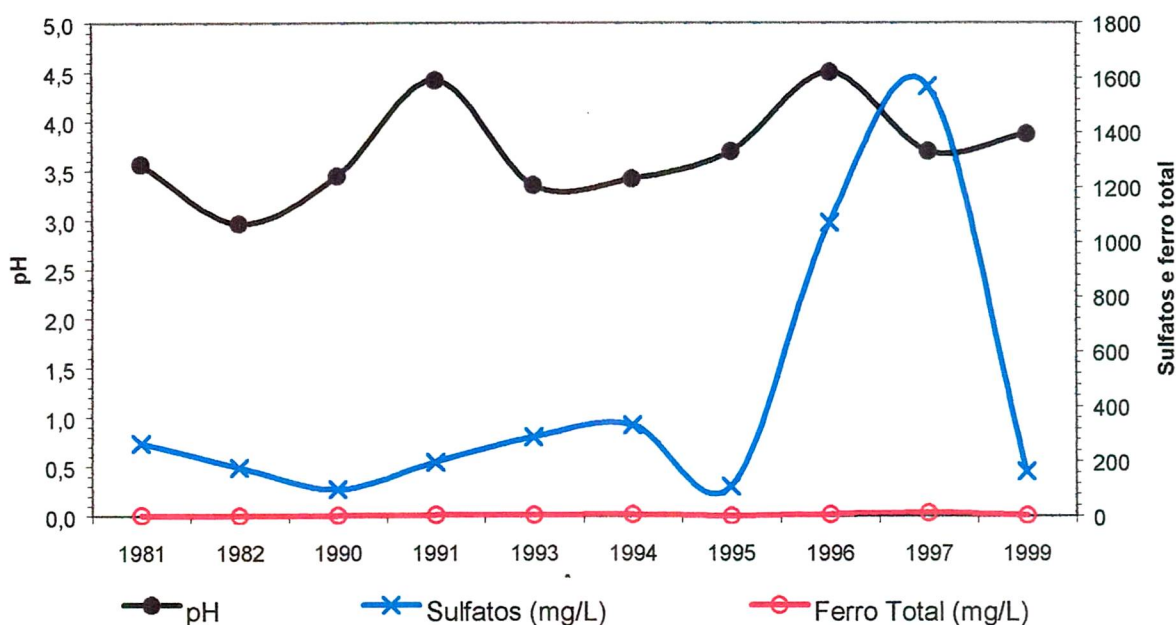


Figura 45: Evolução temporal das principais características da qualidade das águas na estação RA2, localizada no rio Araranguá, na cidade de mesmo nome, no período compreendido entre 18/11/81 e 09/11/99.

Na estação RA3, rio Araranguá na passagem da balsa (coleta realizada no meio do rio), a margem direita do rio Araranguá é mais preservada, com existência de banhados naturais e vegetação ciliar. Na margem esquerda observa-se ao longo do trecho entre RA2 e esse ponto, presença freqüente de

casas e agricultura de subsistência, ao lado de cultivo de arroz irrigado, maracujá e mandioca em área onde dever-se-ia encontrar a vegetação ciliar (APP's).

De maneira geral, observa-se nas estações RA1, RA2 e RA3 a instabilidade nas concentrações dos parâmetros, como era de se esperar em águas estuarinas. Os valores de pH variaram entre 3,5 e 4,5 como demonstra a figura 45, referente à estação RA2.

Esses valores encontram-se bem abaixo daqueles que se espera em um estuário, já que as águas do oceano apresentam-se com pH próximo a 8,0 unidades, como registrado na estação RA4, estabelecida no Oceano junto à foz desse rio, em Morro dos Conventos. A elevação constituída de rochas sedimentares do Grupo Passa Dois e um corpo de diabásio, situa-se à margem direita próximo à foz do rio Araranguá. A área em torno é constituída de sedimentos marinhos, praias, eólicos e lagunares.

Os resultados obtidos nesse ponto para qualidade das águas, observada na tabela 25, refletem às condições das águas marinhas, servindo de referencial para o estudo das águas estuarinas.

Dos dados apresentados, observa-se o incremento na concentração de sulfatos, ferro total e alumínio, principalmente quando se compara o "background" das águas da bacia e as concentrações obtida próxima à foz de cada rio como pode ser observado na tabela 27.

Águas naturalmente ricas em ferro e alumínio são comuns na área de estudo em função da sua formação geológica, como pode ser observado na tabela 27. Mesmo assim esses valores são bem menores do que aqueles encontrados devido às atividades antrópicas nos rios Fiorita, Sangão, Mãe Luzia, Porcos e Araranguá nos seus baixos cursos, principalmente com relação à mineração do carvão.

Relacionando-se a qualidade atual das águas com os limites definidos pelo CONAMA n. 20/86 tem-se a condição de uso das mesmas. Condição de uso, segundo essa resolução, é a qualificação apresentada por um segmento de corpo d'água, num determinado momento, em termos dos usos possíveis da água com segurança adequada.

TABELA 27

INCREMENTO NA CONCENTRAÇÃO DE SULFATOS, FERRO TOTAL E ALUMÍNIO, EM MG/L, EM ÁGUAS SUPERFICIAIS E A VARIÇÃO NOS VALORES DE PH, EM FUNÇÃO DAS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO DO CARVÃO, EM ALGUNS RIOS DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC. OS VALORES FORAM OBTIDOS NO MONITORAMENTO 1999-2000, PARA O PRESENTE TRABALHO.

Recurso hídrico	Estação de coleta	Varição nos valores de pH	Concentração de sulfatos	Varição na concentração de ferro total	Varição na concentração de alumínio
Rio Fiorita	AML3.1	6,53 a 7,01	7,3 a 15,6	0,20 a 0,83	0,2 a 0,3
	AML3	2,82 a 2,85	438,0 a 939,0	20,50 a 134,00	17,4 a 36,7
Rio Sangão	AML5.1	6,88 a 7,10	8,9 a 18,4	0,12 a 1,85	0,2 a 0,3
	AML5	2,51 a 2,59	1403,9 a 1780,0	160,20 a 204,00	70,0 a 81,0
Rio Mãe Luzia	RML1	6,79 a 6,89	5,9 a 6,7	1,04 a 1,37	0,8 a 0,9
	RML9	2,77 a 2,85	94,0 a 1294,0	7,11 a 40,70	8,7 a 19,7
Rio dos Porcos	AP1	5,90 a 6,09	8,9 a 10,3	0,02 a 0,04	< 0,1
	RP1	3,02 a 4,04	157,9 a 1156,0	0,86 a 7,09	2,1 a 5,5
Rio Araranguá	RI1	7,21 a 7,32	1,8 a 2,1	0,12 a 0,73	0,1
	RA3	3,25 a 5,56	31,4 a 1265,0	1,72 a 15,70	2,3 a 8,7

7.3.2 Condição atual e os principais conflitos de uso das águas da bacia hidrográfica do Araranguá.

O quadro nº 3 apresenta a condição de uso nos trechos de rios estudados de acordo com o que determina a resolução n. 20/86 do CONAMA.

Para se estabelecer a condição de uso, avaliou-se os parâmetros analisados durante esse estudo de acordo com o apresentado nas tabelas 25 e 26, complementados com os resultados obtidos em SDM (1997) que por ter monitorado 59 pontos de amostragem, registrou dados de rios cujos únicos valores de qualidade das águas encontram-se somente naquele trabalho. Nesse caso, foram utilizados os dados correspondentes aos rios: Manin, Costão Jordão,

Manique, Sanga do Café, Sanga do Engenho, Cedro Alto, Serrinha, do Meio, Salto, Morto, Pinheirinho, Ermo, Criciúma e Maina. O mapa nº. 3 apresenta a condição de uso dos rios monitorados, conforme CONAMA 20/86.

O alumínio apresenta-se em 87% das águas monitoradas com concentração que determinariam a condição de uso como classe IV, já que encontra-se acima de 0,1 mg/L. Nos rios monitorados por SDM (1997), esse parâmetro não foi analisado, permanecendo a dúvida sobre tal contaminação naqueles rios.

O fosfato também ultrapassa em alguns pontos, o limite fixado na resolução, porém, como esse limite é relativamente baixo (Von Sperling, 1998), os resultados obtidos para esse parâmetro, só serviram para indicar uma condição de uso menos exigente, quando o valor ultrapassado foi muitas vezes superior ao fixado no CONAMA nº 20, ou quando os demais parâmetros que indiquem a possibilidade de eutrofização, como nitrogênio total, DBO₅ e oxigênio dissolvido, indicarem uma tendência nesse sentido.

A turbidez também pode deixar as águas em alguns trechos do subsistema do rio Itoupava e nas sub-bacias dos rios Manuel Alves e do Cedro, nos meses que antecedem à safra de arroz, sem condição de uso. Esse problema normalmente tem duração entre 30 e 45 dias, sendo que após esse período, as condições dos rios voltam a se reestabelecer. Dessa forma, quando o único parâmetro em desacordo com o fixado na Resolução n. 20/86 do CONAMA é a turbidez em época que antecede o plantio do arroz, esse parâmetro não é considerado na caracterização da condição de uso daquele trecho de rio. Não pode ser esquecido, que o limite para turbidez em águas de classe II, é relativamente alto, 100 NTU, e são poucos os rios que ultrapassam esse valor, mesmo durante os meses que antecedem o plantio do arroz, como pode ser observado nas tabelas 22 e 25.

Para avaliar a condição de uso com relação à contaminação por coliformes fecais, foi considerado a letra "f" do artigo 4º da Resolução nº20/86 do CONAMA, (...) *para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 200*

coliformes fecais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês (...).

Dessa forma, como não se têm 5 amostragens consecutivas, a avaliação da condição de uso para esse parâmetro procedeu-se da seguinte forma: 1) quando realizada apenas uma amostragem, esse parâmetro não entra na avaliação da condição de uso, porém se o valor obtido encontra-se acima de 200 NMP/100mL, é alertado no mapa n.3, como *principais problemas de qualidade das águas*. 2) se um mesmo ponto tem mais de uma amostragem acima do limite fixado para águas de classe I, 200 NMP/100mL, as águas terão condição de uso como classe II, se ultrapassado mais de uma vez o limite de 1000 NMP/100 mL, esse ponto terá condição de uso como classe III, e assim por diante. 3) se um determinado ponto tem três ou quatro amostragens e apenas uma ultrapassa o valor de determinada classe, assume-se que esse ponto não ultrapassou os 80% previstos na resolução do CONAMA n. 20/86. Dessa forma, o rio permanece na mesma classe.

Para os demais parâmetros, quando ultrapassado o limite previsto para determinada classe, o ponto passa a ser considerado com condição inadequada para aquele uso previsto.

As informações sobre a condição de uso das águas, conforme previsto na Resolução nº. 20/86 do CONAMA, e os seus principais indicadores de qualidade encontram-se representadas no mapa 03. O uso dessas águas e a sua condição de uso, possibilitam o reconhecimento dos principais conflitos na área de estudo. Esses conflitos encontram-se também representados no mapa n. 3: Qualidade das águas e fontes de poluição, onde: a) a poluição do rio Mãe Luzia, faz com que haja maior disputa pelas águas de boa qualidade dos rios dessa sub-bacia com menor disponibilidade hídrica, como os rios São Bento, Guarapari, Manim e Jordão. Em Forquilha e Maracajá agricultores da margem esquerda utilizam águas contaminadas pela poluição do carvão para irrigar a lavoura de arroz (ponto de amostragem, RML8, conforme demonstrado na tabela 25). Estabelece-se então, o conflito: águas sem condição de uso, são utilizadas como águas de classe III, com o objetivo de irrigar lavouras de arroz. b) A vazão do rio é

Quadro 03: Condição atual de uso das águas da bacia do rio Araranguá de acordo com o previsto na Resolução n. 20/86 do CONAMA, para os parâmetros analisados.

Classe	Condição de uso	Pontos monitorados que se enquadram nessas condições
Especial	Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.	Nenhum dos pontos monitorados apresentou-se com essa condição.
I	Abastecimento doméstico após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvem rentes ao solo; aqüicultura.	RI1; RI1.1; RI2; AI1; AI1.1; AI3; RML1; RML2; AML3.1; AML4; AML4.1; AML4.2; AML7.1; AML7.2; RP1
II	Abastecimento doméstico após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, aqüicultura.	AI2; AI1.2; AML7
III	Abastecimento doméstico após tratamento convencional; irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; dessedentação de animais.	AML2; AML5.1; AML6.1
IV	Navegação; harmonia paisagística; usos menos exigentes.	AML6
Sem condição de uso	Sem uso previsto na resolução	AML1; RML3; AML3; RML4; RML5; RML6; AML5; RML7; RML8.
Águas estuarinas		RI3; RML9; RA1; RA2; RA3; RP1

insuficiente para a demanda: abastecimento público, agricultura, indústria, dessedentação de animais. c) Aumento de turbidez e no déficit de água na época do preparo do solo para plantio do arroz. A Sanga do Coqueiro recebe através dos canais de irrigação, as águas aduzidas do rio Mãe Luzia. d) O rio Manuel Alves apresenta sérios problemas com relação ao déficit hídrico, além disso a captação de água da CASAN para abastecimento do município de Meleiro, encontra-se a jusante de extensas áreas destinadas ao cultivo de arroz irrigado. Segundo técnicos da CASAN, a estação de captação e tratamento de água daquele município foi instalada em 1979, e na época não havia plantio de arroz irrigado à montante. Hoje o município sofre a falta de água, seja em função da utilização dessas para rizicultura, ou pelas paralisações que a companhia de abastecimento necessita realizar para manutenção dos filtros que recebem as águas com valores de turbidez muito acima do valor de projeto. e) Aumento de turbidez nas águas na época do preparo do solo para plantio do arroz; há déficit de água na época do preparo do solo e cultivo de arroz. No baixo curso do rio Itoupava há influência da maré. f) São identificados vários conflitos de uso: rizicultores x mineração; rizicultores x indústrias; fumicultores x mineração; pequenas atividades de pecuária x mineração ou indústria. g) Recebe toda a carga poluente de montante; águas com alta concentração de sais dissolvidos uma vez que trata-se do estuário do rio Araranguá; área sujeita a enchentes.

Como pode ser observado ainda no mapa nº. 03, em anexo, os principais problemas relativos à qualidade das águas na bacia do rio Araranguá, decorrem das atividades de mineração e das áreas degradadas por essa atividade, principalmente àquelas localizadas no subsistema do rio Mãe Luzia. Por isso, e também porque o rio Mãe Luzia é o que reúne maior número de informações a respeito da qualidade das águas, foram construídas as figuras 46 a 51 que apontam a evolução da qualidade da água ao longo do canal formado por aquele rio e o baixo rio Araranguá. Essas figuras representam a média dos parâmetros analisados nos vários programas de monitoramento, bem como o melhor e o pior resultado encontrado para cada parâmetro, indicando a respectiva data da amostragem. A linha contínua traçada nos gráficos representa a média de todos os dados de qualidade existentes naquele ponto e representam portanto o

comportamento daquele parâmetro no canal Mãe Luzia/baixo Araranguá, ficando fora desse traçado, os valores obtidos para os afluentes. Com exceção do pH, foi necessário utilizar escala logarítmica em função da variação na concentração dos elementos analisados.

Os dados observados na tabela 25 e figuras 46, 47 e 48 demonstram a influência que o rio Sangão tem na estação RML7, quando se comparam com os valores obtidos para a estação RML6, ambas localizadas no rio Mãe Luzia.

De qualquer forma, os menores valores de pH registrados nas estações RA2 e RA3 são datados de 25/11/83 (figura 46), o que demonstra o quanto esse ecossistema vem sofrendo as agressões ambientais ao longo do tempo. Uma justificativa para a estação RA3 apresentar pH menor que a RA2 em 25/11/83 pode ter relação com a influência do rio dos Porcos, que na época não foi monitorado.

A resolução do CONAMA nº. 20/86, não define padrões para águas estuarinas, porém define os limites para águas doces, salobras e salgadas. Há de se ressaltar que as águas estuarinas apresentam características particulares, e dependendo do regime de fluxo, comportam-se ora como água doce, ora como salgada, ou até mesmo se o estuário for de mistura completa, como águas salobras. Os valores obtidos para condutividade, sólidos totais, cálcio e magnésio como pode ser observado analisando-se os dados da tabela 25 e nas figuras 48, 49 e 50, respectivamente, que demonstram uma variação grande em um período de tempo consideravelmente curto. O monitoramento realizado em ECP (1982) registra uma variação ainda maior num mesmo dia, como pode ser observado na estação de amostragem RA2 na tabela 18. Essas informações poderão subsidiar estudos futuros sobre o tipo de estuário que ocorre no rio Araranguá, para tanto é necessário lembrar que as coletas foram realizadas a 30 cm da superfície da água, tanto no estudo realizado pela ECP quanto no monitoramento realizado em 1999-2000.

A qualidade das águas dos rios da Pedra, Pai José, Molha Coco, Manuel Alves, Serrinha, Mãe Luzia, Fiorita, Sangão e dos Porcos, em áreas localizadas próximas às suas nascentes, demonstrou ser difícil a caracterização do *background* das águas da bacia do rio Araranguá, uma vez que constatou-se nesses pontos a influência da ocupação antrópica.

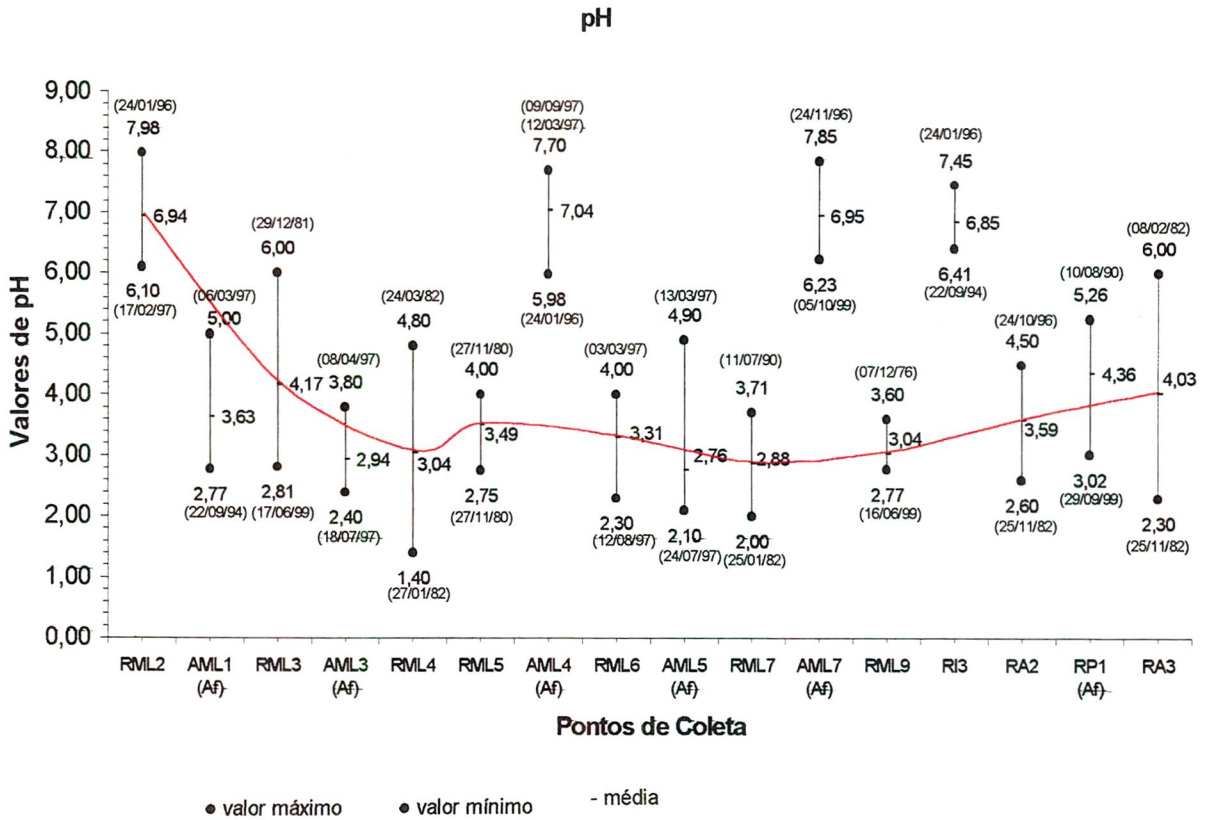


Figura 46: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para os níveis de pH medido no período compreendido entre 1981 e 2000. Média dos valores obtidos nesse período.

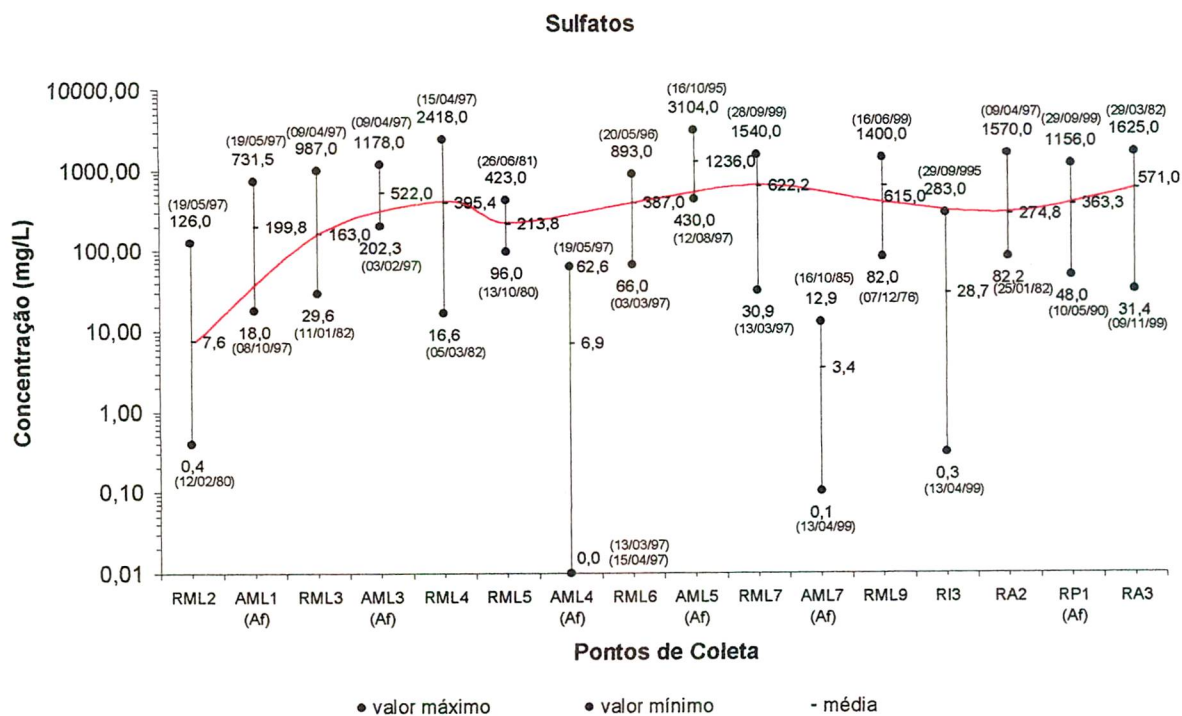


Figura 47: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração de sulfatos medidos no período compreendido entre 1981 e 2000. Média dos valores obtidos nesse período.

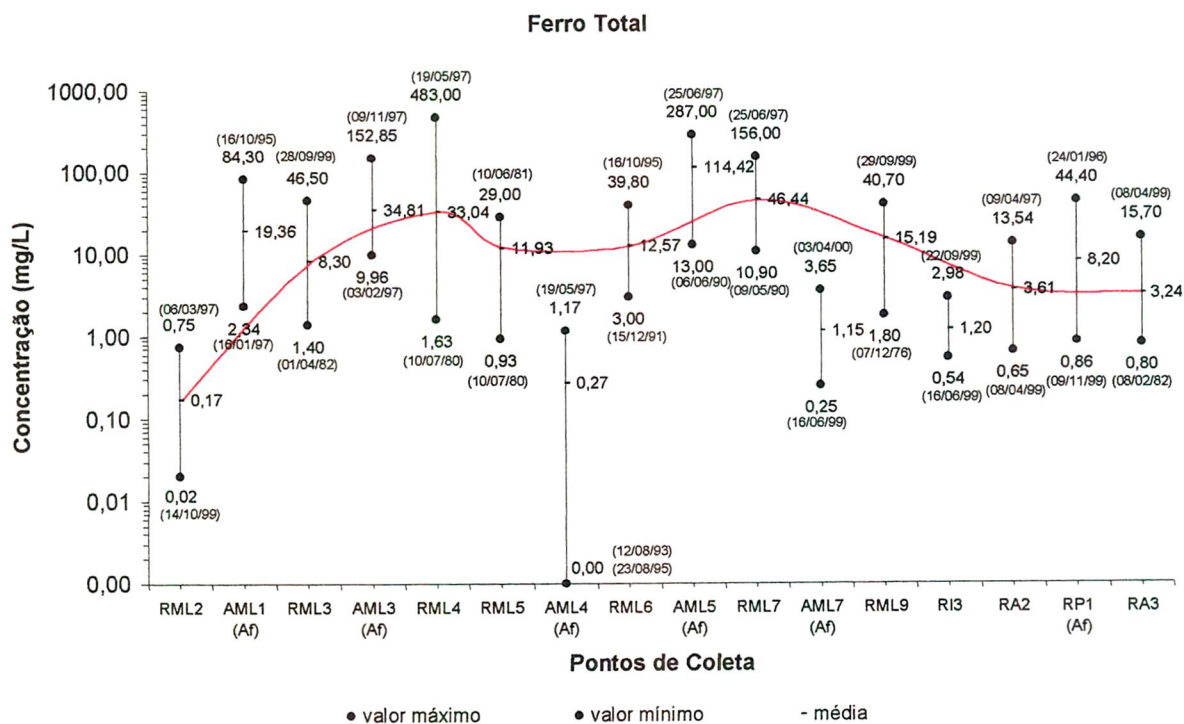


Figura 48: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração de ferro total medidos no período compreendido entre 1981 e 2000. Média dos valores obtidos nesse período.

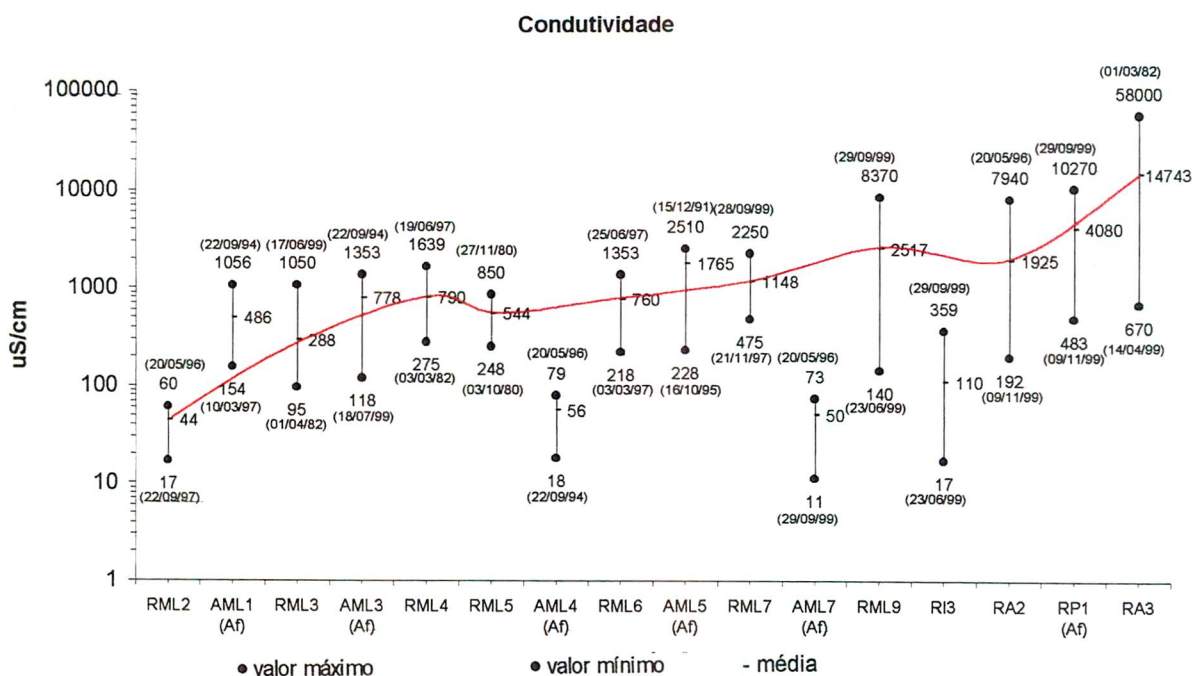


Figura 49: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para os níveis de condutividade medida no período compreendida entre 1981 e 2000. Média dos valores obtidos nesse período.

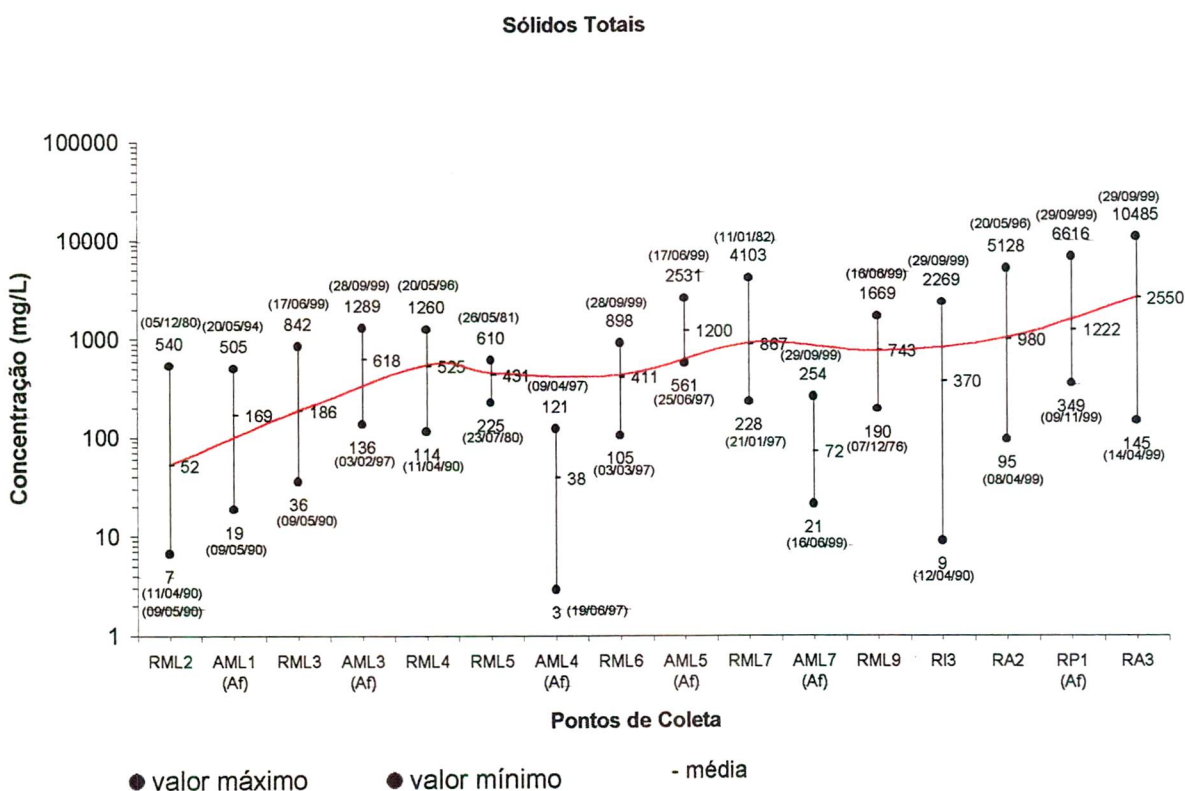


Figura 50: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para a concentração níveis de sólidos totais no período compreendida entre 1981 e 2000. Média dos valores obtidos nesse período.

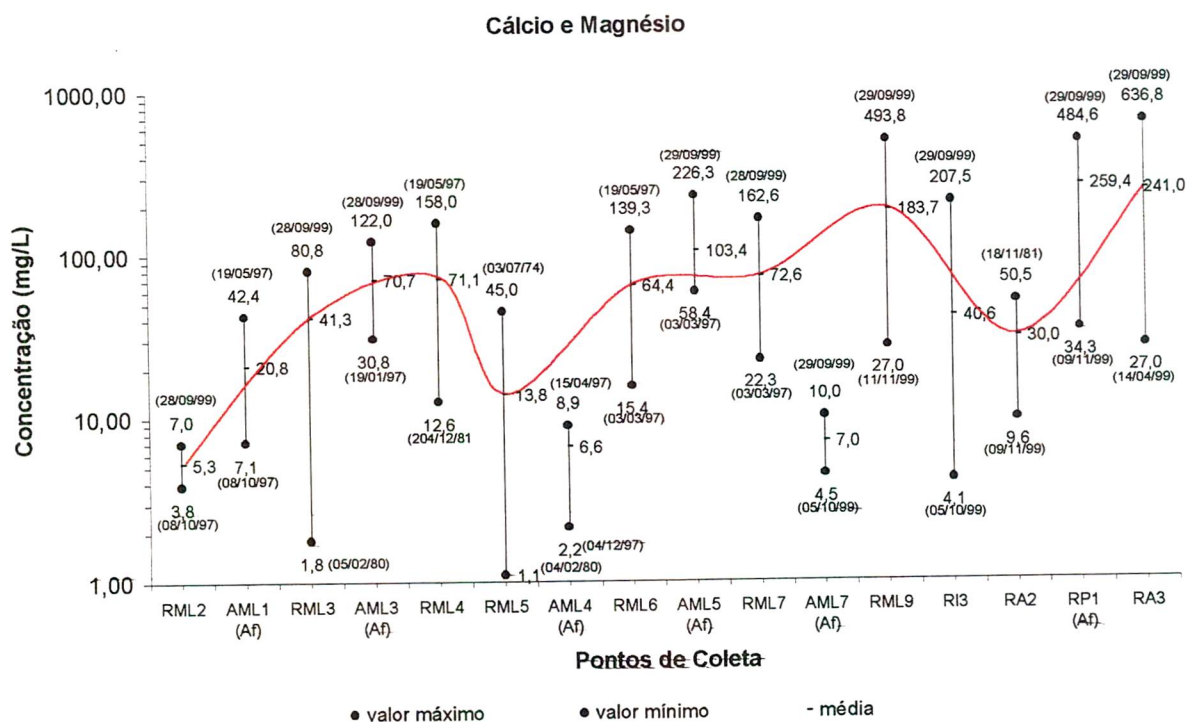


Figura 51: Evolução espaço-temporal no canal rio Mãe Luzia/baixo rio Araranguá para somatório das concentrações de cálcio e magnésio no período compreendido entre 1981 e 2000 Média dos valores obtidos nesse período.

A qualidade das águas dos rios da Pedra, Pai José, Molha Coco, Manuel Alves, Serrinha, Mãe Luzia, Fiorita, Sangão e dos Porcos, em áreas localizadas próximas às suas nascentes, demonstrou ser difícil a caracterização do *background* das águas da bacia do rio Araranguá, uma vez que constatou-se nesses pontos a influência da ocupação antrópica.

De maneira geral, as águas monitoradas nessas áreas apresentaram-se com concentrações maiores de cálcio, magnésio, sódio e potássio na amostragem realizada durante o período de estiagem, demonstrando a transferência de solutos para a água, produto da alteração das rochas.

Nos pontos localizados onde predominam os basaltos, a concentração dos elementos seguiu a ordem sugerida por Lisboa (1997) para aquíferos provenientes dessas rochas: $Ca > Na > K > Mg$.

Durante as amostragens as concentrações maiores desses elementos foram de 4,795 mg/L para o cálcio, 3,375 mg/L para o sódio, 2,436 mg/L para o potássio e 2,0330 para o magnésio, todos obtidos na amostragem realizada em período de estiagem no ponto RI1, localizado em ambiente predominantemente de rochas basálticas. No período de chuva, as concentrações foram menores em função da diluição, demonstrando que nessas áreas a contribuição desses elementos para as águas superficiais provém das rochas. Os valores obtidos foram: 2,140 mg/L para o cálcio; 2,134 mg/L para o sódio; 0,580 mg/L para o potássio e 0,520 mg/L para o magnésio, também para o ponto RI1 (conforme tabela 26).

Quanto às águas provenientes das rochas sedimentares nas áreas das nascentes, nas amostragens durante o período de estiagem, também apresentaram-se com concentrações maiores de soluto do que aquelas realizadas nos períodos chuvosos.

As médias dos valores obtidos para os pontos de monitoramento nessa área, apontam para águas onde a predominância dos cátions segue a ordem: $Ca > Na > Mg > K$. É conveniente lembrar que a média da concentração de magnésio é *ligeiramente* maior que a do potássio.

Os máximos valores obtidos foram 12,680 mg/L para o cálcio; 8,200 mg/L para o sódio; 6,4640 mg/L para magnésio e 2,987 mg/L para o potássio em período de estiagem, enquanto que nos períodos chuvosos foram, respectivamente: 1,276 mg/L; 1,036 mg/L; 0,670 mg/L e 0,580 mg/L, como pode ser observado na tabela 26.

Vale alertar que no caso particular do sódio, o maior valor encontrado de 8,200 mg/L se deu na área de nascente do rio dos Porcos em período de chuva. A coleta realizada durante o período de estiagem nessa estação de monitoramento, apresentou para esse parâmetro um valor de 5,374 mg/L. Essa é a área de nascente mais próxima do oceano avaliada, podendo encontrar-se aí a explicação para tal fato. Danelon, Nordemann (1987) encontraram valores mais altos de sódio e cloretos em períodos de precipitação pluviométrica no rio Quilombo, Cubatão, que apresenta uma situação geomorfológica e geológica bem

distinta da área de estudo. Os autores concluíram que uma importante entrada desses elementos nos rios daquela área seria através da chuva. Duas amostragens são insuficientes para essa conclusão, uma vez que precisa também ser eliminada a possibilidade de interferência de contaminação das atividades antrópicas na área que apesar de estar inserida na A.P.A do Morro Estevão/Morro Albino, é utilizada para fins de agricultura. Porém, o indício que realmente há influência da proximidade com o oceano está na concentração de cloretos obtida também nesse ponto, que é de 6,5 mg/L em período de estiagem e 9,9 mg/L com chuva. Essa área de nascente monitorada registrou os maiores valores de cloretos e sódio nas duas amostragens realizadas.

Os valores obtidos para sílica variaram entre 15,4 e 25,3 mg/L em períodos de estiagem e 12,2 e 19,5 nos períodos chuvosos. Os maiores valores foram obtidos nas estações de amostragem localizadas nos basaltos (RI1 e RI1.1) e os menores valores na área das nascentes do rio dos Porcos. Lisboa (1997) lembra que é normal uma variação de sílica entre 1 e 30 mg/L em águas subterrâneas. Era de se esperar maior concentração de sílica em águas com influência das rochas sedimentares, porém nas duas amostragens isso não foi observado, como demonstra a tabela 26.

Entre os elementos menores analisados o flúor aparece com concentração de 0,1 mg/L em algumas áreas do subsistema do rio Mãe Luzia, como os pontos AML3.2, AML 4.2, AML 5.1 e AML7.2.

Entre os pontos localizados nas áreas das nascentes, o alumínio se encontra acima do limite de 0,1 mg/L fixado pelo CONAMA 20 para as águas de classe II, com exceção dos pontos localizados no rio da Pedra (RI1) e Rio Pai José (RI1.1) que apresentaram-se dentro dos valores máximos fixados na referida resolução.

É necessário lembrar que o alumínio é um dos constituintes das argilas e os valores mais elevados registrados para esse parâmetro foram registrados em períodos de chuva, quando a turbidez também foi mais elevada. A digestão da amostra para análise de metais é realizada na amostra bruta, sem prévia filtração que é realizada somente para obtenção do ferro solúvel, cálcio, magnésio,

potássio e sódio, como descrito na metodologia. Dessa forma, os resultados correspondentes ao alumínio, bem como dos demais metais refere-se ao metal total, ou seja, os elementos constituintes dos sólidos em suspensão presentes nas amostras entram também na composição do resultado.

Outro parâmetro que preocupa nos pontos localizados nas áreas próximas às nascentes é o número de coliformes fecais. Chama atenção o valor obtido nas proximidades das cabeceiras do rio Mãe Luzia (RML1) que chegou a 920 NPM/100 ml em janeiro/00 e em uma das nascentes do rio Sangão, que chegou a registrar o mesmo valor para coliformes também em janeiro do mesmo ano. Neste caso, convém lembrar que a nascente do rio Sangão localiza-se em meio a uma área de plantio de bananeiras, que além de comprovar a presença humana, já que se trata de atividade econômica, atrai a presença da fauna que também contribui para esse tipo de contaminação. Quanto ao ponto localizado no rio Mãe Luzia, RML1, existem vários sítios e residências localizados a montante do local de coleta. A estação localizada em uma das nascentes do rio dos Porcos (RP1.1) foi a única estação que não apresenta contaminação por coliformes fecais nas duas campanhas realizadas, conforme demonstrado na tabela 26.

É importante ressaltar que nessas áreas a população não tem acesso à água tratada e portanto, utilizam dessas águas para suprirem suas necessidades.

Dessa forma, a contaminação por coliformes fecais assim como a contaminação por alumínio pode se tornar um problema de saúde pública para populações que vivem nas áreas próximas às nascentes dos rios, lembrando que a portaria nº 036 do Ministério da Saúde, que fixa padrões para águas de abastecimento público, determina que os coliformes fecais deverão estar ausentes em qualquer amostragem e que a concentração de alumínio não deve ultrapassar 0,2 mg/L.

Além disso, esses dados servem para demonstrar que a ocupação humana nestes pontos da bacia, apesar de incipiente, está ocorrendo de forma desordenada e sem os devidos cuidados ambientais. Essas áreas têm sido alvo de um forte atrativo para o turismo ecológico e rural, motivo pelo qual devem ser alvo de atenção especial. Deve ser lembrado, que alguns rios monitorados, como

rio da Pedra, por exemplo, têm algumas de suas nascentes, localizadas no Planalto, onde possivelmente há pastagens ou outros usos da terra que podem contribuir com contaminação bacteriológica.

Entre os rios monitorados nas áreas próximas às nascentes, os que mais demonstraram problemas com relação à qualidade das águas foram os rios Molha Coco e Sangão. Os valores obtidos nesse último, podem ser justificados devido a existência nas encostas de plantações de bananeiras, o que contribui com o aporte de matéria orgânica para a água resultando nos valores de DBO₅ e fosfato obtidos. Além disso, as concentrações de ferro, alumínio e manganês refletem a geologia da área, onde afloram rochas sedimentares do Super Grupo Tubarão que transferem esses elementos para água durante os processos de infiltração e alteração das rochas.

Dos metais analisados cobre, cromo e chumbo não foram identificados como contaminantes, o mesmo não pode ser dito do zinco, manganês e ferro. O ferro é proveniente de rochas ígneas e sedimentares sendo os valores mais altos encontrados nas áreas das nascentes dos rios Molha Coco e Sangão, o mesmo ocorrendo com o manganês e o zinco.

Quanto ao rio Molha Coco, no ponto codificado como AI1.2 registraram-se valores relativamente elevados para: turbidez, alumínio, fosfatos, coliformes e zinco durante o período chuvoso, sugerindo que a ocupação da área a montante do ponto de coleta pode estar acarretando aporte desses poluentes para a água.

Por outro lado, observa-se que alcalinidade proveniente da basicidade das rochas, naturalmente presente nas águas da bacia, é consumida pela presença de ácidos fortes, como o sulfúrico, oriundos da oxidação da pirita, resultando em rios com baixos valores de pH nos subsistemas do rio Mãe Luzia e do baixo vale do rio Araranguá.

Os dados apresentados demonstram que os problemas de contaminação das águas nos subsistemas do rio Mãe Luiza e do baixo vale do rio Araranguá, são sentidos desde os primeiros trabalhos realizados nesses rios com objetivo de se avaliar a contaminação das águas, conforme demonstrado nas

figuras 45 a 50. Os parâmetros que mais retratam o quadro da degradação ambiental devido à exploração do carvão são: pH, sulfatos, ferro total, e alumínio demonstrando a influência da mineração do carvão, como pode ser observado nas figuras 45, 46 e 47.

A forma como se desenvolveu o processo de mineração de carvão na bacia do rio Araranguá, faz com que essa atividade assuma características de fonte de poluição difusa, já que a deposição desordenada de rejeitos sólidos na área drenada pelos rios na sub-bacia do rio Mãe Luzia e dos Porcos atingem os cursos d'água em vários pontos, dificultando a localização pontual onde se dá o processo de degradação da qualidade das águas nesses rios. Além disso, os rejeitos provenientes do processo de beneficiamento do carvão, bem como os estéreis provenientes da mineração a céu aberto foram utilizados para pavimentação de estradas e aterramentos de áreas alagadas, disseminando ainda mais a contaminação (ECP, 1982e; JICA, 1998). Até meados da década de 80, os despejos provenientes do beneficiamento da mineração de carvão, com elevadas concentrações de sólidos em suspensão, *águas negras*, foram lançados diretamente nos cursos d'água, assoreando-os com poluentes de características conservativas, como os metais (Alexandre, 1999).

Em razão disso, os rios nessas áreas têm a sua qualidade influenciada pelo regime de precipitação pluviométrica, a exemplo do que acontece em áreas com poluição difusa. A poluição causada por essas fontes varia com a intensidade e distribuição das chuvas.

Avaliando-se os dados da estação fixa de monitoramento da JICA/DNPM, no rio Mãe Luzia, município de Forquilha, obtidos nos anos de 1994 a 1997, observa-se que após um período de estiagem, as águas dos rios que drenam áreas mineradas pioram de qualidade nos primeiros instantes da chuva, levando a concluir que nesse primeiro instante, os rios são alimentados principalmente pelo escoamento superficial (*runoff*). Os sais solúveis acumulados nos solos durante o período seco, são lixiviados pelas águas de escoamento durante os primeiros instantes da chuva, aumentando a concentração de poluentes nesse período. Com a continuidade do evento chuvoso, o nível do rio

aumenta e ocorre a diluição dos poluentes, comprovada através da diminuição da concentração dos elementos. Esse fenômeno explica a mortandade de peixes no rio Araranguá após fortes chuvas que ocorrem nos municípios do distrito carbonífero. Geralmente, é difícil comprovar o problema com as análises de água, pois quando os peixes aparecem mortos no rio Araranguá (resposta do sistema à poluição), os níveis dos rios já estão mais altos “mascarando” os dados obtidos, ou melhor, diluindo a concentração de poluentes.

É importante salientar que os peixes eurihalinos sobem o rio Araranguá, justamente porque os níveis dos afluentes estão baixos, em função da estiagem, o que faz com que as águas no canal tenham a predominância das águas salinas, principalmente em época de maré alta.

Nos dados apresentados observa-se o aumento da condutividade elétrica nas águas do baixo curso do rio Araranguá, em função da aproximação com o oceano. Dessa forma, qualquer trabalho de correlação desse parâmetro com pH, sulfatos ou outros elementos característicos da poluição pelo carvão mineral, deve descartar os valores obtidos em pontos localizados na área estuarina.

A concentração de sólidos totais também aumenta com a proximidade do estuário, conforme pode ser observado nos pontos RML9, RI3, RA2, RP1 e RA3 representados na figura 50.

O mesmo pode ser observado com as concentrações de cálcio e magnésio, que também refletem a condição de estuário, apesar desses elementos apresentarem-se em concentrações elevadas também nas águas impactadas pela mineração do carvão (figura 51).

Para que não haja dúvidas quanto à procedência das águas em função dos dados de condutividade, se são provenientes do estuário ou de áreas mineradas para carvão, é importante observar os valores obtidos para concentração de sulfatos. Nas áreas mineradas os altos valores de condutividade estão associados principalmente aos altos valores de sulfatos, enquanto nos estuários estão relacionados à presença de cloretos, principalmente.

Através das análises realizadas desde o ano de 1974 até os dias atuais, é possível delimitar a influência da intrusão salina no rio Araranguá. A zona de influência de água salgada parece estar compreendida entre os pontos localizados entre as estações RI3, no rio Itoupava e RML9 no rio Mãe Luzia até a foz do rio Araranguá, conforme demonstrado na carta de qualidade das águas, mapa nº 03, em anexo. Porém observa-se que o efeito mecânico da maré faz-se sentir a montante desses pontos, atingindo no rio Itoupava a foz do rio Jundiá. É importante ressaltar que em função do canal do rio Itoupava encontrar-se em cota mais baixa que a do rio Mãe Luzia, o efeito da maré se prolonga mais naquele rio.

8 ÁGUA, CAPITAL NATURAL AMEAÇADO

Os cursos d'água têm sido desde a mais remota antiguidade, os destinatários naturais dos diversos resíduos produzidos pelo homem como resultado de seu "metabolismo social", da mesma maneira como os mananciais têm suprido necessidades de sustentação da humanidade na Terra (Catalan Lafuente, Catalan Alonso, 1987). De acordo com esses autores, o desenvolvimento tecnológico e industrial, tantas vezes invocado, hoje têm influência direta no ciclo da água e o "*homem com sua clássica impremeditação e irresponsabilidade ante a natureza, tem abusado das águas superficiais, doces e salgadas, contaminado-as a tal ponto, que começa a despertar o interesse para a reversão desse processo*". Para esses autores, o homem age na transformação da paisagem de uma bacia hidrográfica, modelando-a conforme suas necessidades, transformando as características dos rios através de obras de engenharia ou poluindo-os com seus dejetos ou com aqueles provenientes da industrialização, sem conhecimento das conseqüências e pensando somente num bem imediato.

Essa forma de dominação da natureza, é alertada por Santos (1992), quando diz que o homem se torna fator geológico, geomorfológico e climático, ou ainda que os cataclismas naturais são um momento, enquanto que a ação antrópica tem efeitos continuados e cumulativos, graças ao modelo de vida adotado pela humanidade. Gonçalves, (1993) considera que esse processo de apropriação da natureza precisa ser entendido não só como sendo exclusivamente material, mas também cunhado com uma série de símbolos, uma

vez que o homem só se apropria daquilo que tem ou que faz sentido. Para esse autor, uma tentativa de se recuperar uma situação que se mostra insustentável é adicionar o qualitativo de sustentável à palavra desenvolvimento, como consagrado no relatório “Nosso Futuro Comum” (Brundland, 1991) (*apud* Gonçalves, 1993) e reconhecido pela Organização das Nações Unidas - ONU, que demonstra as reflexões sobre os limites para o crescimento econômico. É claro que para entender melhor o surgimento desse conceito é preciso reconstituir de acordo com Carvalho (1991, *apud* Ribeiro, 1992) a relação de forças que o produziram. A preocupação dos organismos internacionais, segundo a autora, é que se entendesse a preservação ambiental dentro de um projeto desenvolvimentista (...) *numa “perspectiva”, onde a “natureza dominada e reduzida ao estatuto de recurso”* (Gonçalves, 1993), fosse preservada para propiciar a acumulação de riquezas, criando-se uma espécie de estoque natural de matéria-prima para o futuro, onde o patrimônio natural passa a ser um bem escasso (Carvalho, 1991, *apud* Ribeiro, 1992).

Enquanto que para Scheibe (2000) o que caracteriza um problema ambiental, não é a *“agressão ao ambiente natural, mas, basicamente, as suas conseqüências na qualidade de vida dos homens. Apesar de olharmos muitas vezes para a natureza de forma romântica e sonhadora”*, dependemos diretamente de aproveitar e transformar adequadamente o ambiente natural para nele viver e passar a *“considerá-lo como meio ambiente do homem”*.

Sendo assim, o que se espera é que o desenvolvimento econômico tenha uma base ambientalmente sustentada, fundamentada em tecnologias corretas, que procurem atingir eficiência econômica, promovendo a equidade social (Sachs, 1986). Esse autor considera que boa parte dos problemas ecológicos com que nos defrontamos é *“(...) resultado da má distribuição dos recursos. A desigualdade social engendra o desperdício nos ricos ao mesmo tempo que promove a superexploração da terra por parte dos pobres”*.

De acordo com Lanna (1993), a bacia hidrográfica é a unidade ideal de planejamento e intervenção onde se deve aplicar os conceitos do desenvolvimento sustentado. Segundo esse autor, as necessidades criadas por

esse paradigma servem para criticar os modelos vigentes e propostos de gerenciamento de bacias hidrográficas, estabelecendo orientações para a busca de alternativas mais eficientes de gestão. O modelo de desenvolvimento econômico até então adotado pela humanidade, de acordo com Tavares, Ribeiro, Lanna (1999), é alicerçado na apropriação dos recursos naturais sendo que o modelo de desenvolvimento com essa base não pode se sustentar. O crescimento da demanda da água também é considerado um fator de degradação ambiental, já que diminuindo a vazão dos cursos d'água, diminui-se também a capacidade de diluição e depuração dos mesmos. Um processo de gerenciamento de recursos hídricos integrado à gestão ambiental é necessário para que não se incorra no erro de gerenciamento das partes sem no entanto gerenciar o problema como um todo.

Nesse contexto, os conflitos entre interesses econômicos e os interesses ecológicos posicionaram a economia e o ambiente como extremos opostos (Tavares, Ribeiro, Lanna, 1999). Dessa forma o uso da água pelo homem rivaliza com o uso nos processos do ambiente natural, tornando-se de acordo com Viegas F^o, Lanna, Machado (1999), um processo complexo onde necessitam ser ponderados aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais, tecnológicos, entre outros.

Goodland (1993, *apud* Sánchez *et al.* 1994) aponta a necessidade de se considerar o ambiente como capital natural da sociedade, sendo fonte de provimento de recursos e serviços. A água é um recurso utilizado pela agricultura, indústria e população, e produz serviços de diluição de poluição, preservação de espécies aquáticas, navegação, recreação e amenidades estéticas. Esse capital natural segundo os autores têm se transformado em capital do homem, que historicamente se apropria dele para desenvolver suas necessidades, causando uma depleção no seu estoque natural. O conceito de desenvolvimento sustentado tem sido definido em termos de se manter esses estoques ativos, enquanto se consomem os produtos e serviços que dele derivam, evitando a sua depleção.

Esse conceito aplicado à água, significa que devemos usá-la com economicidade, destinando a ela o melhor uso possível, porém sem reduzir o seu

estoque, ou melhor, sem alterar a sua qualidade, já que o estoque de água no planeta mantém-se constante. Para Seroa da Motta, Mendes (1995), os custos ambientais relativos aos recursos hídricos serão estimados na sua dimensão intratemporal referentes aos efeitos da sua degradação. Por ser um recurso renovável, os autores consideram que os conflitos associados à poluição hídrica deverão ser solucionados contemporaneamente.

Costa, Santos (1999) concordam com Lanna (1992) quando afirmam que a diminuição da disponibilidade de água, em função do seu quadro atual de degradação é fator determinante para a promoção do gerenciamento integrado e harmônico dos recursos hídricos, base essencial do desenvolvimento sustentado. Lanna (1992) discute esse assunto com base nos conceitos de economia ambiental adotada por Pearce, Turner (1990, *apud* Lanna, 1992) apontando os principais problemas dos modelos econômicos atuais frente ao uso dos recursos naturais. Um problema apontado pelo autor é a chamada *deseconomia externa*, ou seja, os efeitos colaterais negativos do uso dos recursos ambientais que atingem a terceiros, e nesses incluem-se as gerações futuras; a isso a microeconomia chama de *externalidade*, que para Pigou (1948, *apud* Cánepa, 1990), deveria ser de responsabilidade do Estado.

O comprometimento das próprias atividades antrópicas, resultando em estacionamento ou perdas de produtividade em função da restrição do uso dos seus recursos naturais, é o outro problema apontado por Lanna (1992). Esse considera que os Estudos de Impactos Ambientais – EIAs, são instrumentos capazes de quantificar os custos ambientais, se possível em termos econômicos, indicando os custos e alternativas para a correção das *deseconomias externas* que devem ser internalizadas⁷. Com essa fundamentação Tavares, Ribeiro, Lanna (1999), concluem que o ambiente não é uma entidade separada da economia e que é necessário ajustar o tradicional pensamento “custo-benefício” ao contexto dos problemas ambientais.

⁷ A internalização das externalidades é sugerida no Princípio 16 da Declaração do Rio (capítulo 8c 18.15) da Agenda 21 (Lanna, 1992).

Cánepa (1991) considera que o princípio poluidor-pagador estimula a inovação tecnológica na questão de controle da poluição, já que a empresa procurará reduzir seus custos de controle, diminuindo o desembolso tributário. Este autor considera que a adoção da solução estática, através da fixação de padrões de emissão de efluentes, se dá em função da dificuldade das autoridades ambientais calcularem a relação custo x benefício, incluindo as externalidades de cada atividade.

Porter, Linder (1999), não acreditam no desaquecimento econômico em função da restrição de uso dos recursos naturais, quando consideram que as normas e regulamentações ambientais elaboradas de forma adequada são capazes de desencadear inovações que reduzam os custos totais de um produto ou aumentem seu valor agregado. Segundo os autores, essas inovações permitem que as empresas utilizem seus insumos de maneira mais produtiva, abrangendo matérias-primas, energia e mão de obra, compensando assim os custos da minimização do impacto ambiental e resolvendo o impasse. Em última instância, o aumento da produtividade dos recursos ou o seu uso mais adequado, na visão desses autores, deverá favorecer a competitividade entre as empresas.

8.1 Análise da sustentabilidade ambiental

O homem na sua busca pela sobrevivência, modifica a paisagem quando se apropria dos recursos naturais, alterando a qualidade do ambiente. Essas intervenções antrópicas *“podem assumir caráter positivo quando planejadas de acordo com as características dos meios físico e biótico estabelecendo limiares de resistência ou tolerância às mudanças (graus de estabilidade) e de capacidade de regeneração”* (Ecoplan, 1996) (apud Gama, 1998).

Por outro lado, as alterações na paisagem produzidas pelo homem, podem ultrapassar o limite da sustentabilidade, tornando-se irreversíveis. Bertrand (1968, apud Veado, 1989) observa que a paisagem modificada não é a simples

adição de elementos geográficos dispersos, e sim o resultado de uma combinação de fatores dinâmicos e instáveis dos elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem entre si e tornam a paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução.

Conforme descreve Christofolletti (1980:8):

“...quando ocorre um distúrbio no equilíbrio de um dos componentes do sistema, entra em ação um conjunto de relações retroalimentadoras, resultando que o sistema entre em equilíbrio após passar por uma série de estados transitórios. Se a modificação for reversível, o equilíbrio restaurado será semelhante ao estado precedente. No caso de modificações não reversíveis, o novo equilíbrio será atingido em outro estado, diferente do precedente”.

É esse limite de reversibilidade do processo que dá a noção de sustentabilidade do sistema estudado, cabendo ressaltar que a sustentabilidade ambiental não está necessariamente ligada a noção de equilíbrio, já que as questões ambientais não são estáticas. A partir de uma dada situação inicial, um sistema evolui para uma condição degradada, da qual através de um processo induzido de recuperação, pode voltar a melhorar. Se nada for feito e dependendo das condições o sistema pode evoluir para uma situação ambientalmente melhor, recuperando-se espontaneamente (regeneração) ou continuar degradado. As condições iniciais do sistema não precisam ser as condições naturais, mas trata-se de uma área modificada por inúmeras intervenções antrópicas: uma área agrícola que irá sofrer um processo de mineração é um exemplo para esse caso. Neste estudo adotou-se os conceitos usados por Sánchez (2000), onde o termo *recuperação* significa o processo genérico de melhoria das condições ambientais de uma área, seja espontâneo ou induzido pelo homem. O termo *reabilitação* será utilizado para representar um processo planejado de tornar uma área apta para outro uso, enquanto que *restauração* será adotada sempre que o objetivo for reconstituir as condições topográficas e de fisionomia vegetal originais. O termo *regeneração* será entendido como processo natural de adaptação a uma

perturbação externa que conduz a um novo equilíbrio com o entorno. O autor considera que em determinados estágios de degradação, não fazer nada pode ser a melhor estratégia de recuperação, lembrando que Citadini-Zanette, Boff (1992), identificaram 92 espécies vegetais que cresceram sobre estéreis da mineração a céu aberto, registrando o caminho que a natureza aponta para viabilizar sua recuperação. Citadini-Zanette (1999) sugere ainda que a seleção das espécies a serem utilizadas na recuperação deve levar em conta as condições edáficas onde naturalmente ocorrem (...) a autora conclui que “o homem como transformador de paisagens na tentativa de recuperar áreas degradadas, acelerará o processo de regeneração natural iniciando o que a natureza se encarregará de finalizar, numa escala de tempo que certamente ainda não dominamos”.

Tem-se presenciado nos últimos anos algumas tentativas de melhoria na qualidade ambiental dessas áreas. Algumas com resultados mais satisfatórios que outras. O que torna-se mais evidente evidencia geralmente é uma melhoria nas condições dessas áreas com relação ao remodelamento topográfico e revegetação, porém esses trabalhos não têm se refletido na melhoria da qualidade dos rios afetados. Em razão disso, as ONG's em especial a Sócios da Natureza⁸, refere-se a esses trabalhos como “maquiagem ambiental”, já que o esperado são ações que propiciem uma estabilidade maior das áreas afetadas, com reflexo na melhoria da qualidade das águas e principalmente, que estas áreas após recuperadas sejam destinadas a usos sustentados.

Um conceito moderno de recuperação ambiental deve incorporar as reflexões sobre desenvolvimento sustentado. A UICN/PNUMA/WWF, (1991) (*apud* Bittar, 1999; Sánchez, 2000), considera sistemas degradados como insustentáveis, sendo que somente sua recuperação ou reabilitação permitiria levá-los a uma condição de sustentabilidade, sejam esses sistemas construídos, cultivados ou modificados, conforme apresentado na figura 52. A principal questão é com relação ao tipo de uso que se quer dar à área reabilitada e qual a

⁸ Criada em 05 de junho de 1981, a “Sócios da Natureza” adota como uma de suas principais lutas a despoluição do rio Araranguá. Consideram a mineração de carvão a principal causa da poluição nessa bacia.

sua condição de sustentabilidade. De qualquer forma, Bitar (1999) acredita que o objetivo principal da recuperação de uma área contaminada deva ser a sua estabilidade em relação ao meio circunvizinho. Para isso deverá estar em conformidade com as condições ambientais e culturais do meio, e ainda ser produtiva, gerenciável e potencialmente sustentada.

As áreas antigas de mineração a céu aberto, onde a lavra ocorreu nas décadas de 40 a 70, apresentam um processo de regeneração que pode ser observado não só através do retorno da vegetação à área afetada, mas também pelo retorno da fauna. Em algumas dessas áreas a presença de capivaras é evidenciada pela existência de pegadas e excrementos desses animais⁹.

Além disso, a melhoria na qualidade das águas acumuladas em algumas cavas antigas de mineração a céu aberto, também pode ser constatada. Em alguns casos há presença de peixes provenientes da tentativa otimista de alguns moradores locais em repovoar essas lagoas, além daquelas espécies que naturalmente chegam ao local através de cheias ou influência de córregos de boa qualidade. As figuras 21 e 22 são exemplos de locais onde se deu a lavra a céu aberto através da *drag line* Marion. Essa operação de lavra deixou na bacia, 1563 ha degradados através da inversão dos horizontes do solo, onde os estéreis do decapeamento do carvão soterraram as camadas férteis do solo. Após a retirada da camada de carvão, formaram-se lagoas com água acidificada. Algumas delas chegam a atingir de 30 a 40 metros de profundidade (ECP, 1982; JICA, 1998; Bortot, 2000).

⁹ Um bando com mais de 15 capivaras é visto freqüentemente na área apresentada na figura 22.

Essas águas têm origem no afloramento do lençol freático e tornam-se ácidas em função do contato das mesmas com os estéreis e resíduos provenientes do decapeamento da camada de carvão. Algumas lagoas, hoje se apresentam com uma condição de água propícia a sobrevivência de peixes, como é o caso daquela observada na figura 53. As condições da água dessa lagoa foram analisadas pelo laboratório FATMA/UNESC, instalado no IPAT em 14/07/00, quando foi registrado: 6,5 unidades de pH; 0,2 mg/L de alumínio; 0,1 mg/L de ferro total; 3,67 mg/L de manganês; 0,08 mg/L de zinco; 77,50 mg/L de cálcio; e 484 mg/L de sulfatos. A cor dessa lagoa que varia entre o azul e o verde esmeralda, encanta os moradores do local que a utilizam para recreação de várias formas: banho, esportes aquáticos e até pesca. Acrescenta-se que a única intervenção do homem nessa lagoa após a mineração, foi a utilização da mesma como local de deposição de resíduos provenientes da criação de aves (camas de aviário), em meados da década de 80 (Engº Luiz Rodeval Alexandre, Técnico em Controle Ambiental da FATMA entre os anos 1982 a 1989, comunicação pessoal).

Sánchez (2000), lembra que não pode haver um conceito absoluto de áreas degradadas, uma vez que estas somente podem ser entendidas em um determinado contexto social. Uma área agrícola pode ser vista como uma bela e harmoniosa paisagem ou então ser percebida como um local onde a fauna e a flora foram completamente substituídas por um ambiente artificial. Ao contrário, cita-se como exemplo a visão da maioria dos agricultores com relação às áreas de preservação permanente. Estas são vistas como um entrave ao aumento de sua produção. Os 20% de reserva legal têm sido motivo de manifestações com objetivo de mudar a lei 4771/65 . Nas palavras dos próprios agricultores: *Só tem mato, não me serve para nada.*

Sachs (1986) discute o conceito de recurso renovável e o condiciona ao conhecimento da sociedade sobre as maneiras de usar elementos do meio ambiente, ou seja de saber se determinado uso é o apropriado; considera que a capacidade de renovação do capital natural depende de uma gestão ecologicamente equilibrada do solo, da água e da biomassa. Cita ainda que *“uma*

floresta abatida e não replantada é uma mina de madeira” . Sugere também, que a reciclagem pode permitir o uso prolongado de recursos não renováveis.



Figura 53: Vista aérea do campo de lavra a céu aberto da CSN, onde ocorreu a inversão dos horizontes do solo. O lago formou-se no “último caminho da Marion”. O lago atualmente é utilizado para recreação e até pesca dos moradores locais. Ao fundo, observa-se a Vila Fiorita, Siderópolis, SC, 1996. Foto cedida pelo IPAT/UNESC, de autoria de Ziocélito Bardini.

8.1.1 Sustentabilidade ambiental da mineração do carvão frente às questões da água.

Há de se considerar que caso as atividades do setor carbonífero tivessem adotado a relação custo-benefício, incorporando as questões ambientais, talvez o quadro de degradação na bacia do rio Araranguá fosse

diferente. Esse setor subsistiu durante quase 15 anos de crise econômica, às custas de conter um suposto conflito social, causado pelo desemprego dos mineiros, porém contribuindo para agravar ainda mais os problemas ambientais. Quase nada foi realizado no período que se estendeu de 1985 até praticamente os dias atuais, no sentido de minimizar os problemas ambientais. Das 15.000 vagas no setor na década de 80, hoje registra-se menos que 3.000 vagas. A figura 54 apresenta a produção de carvão bruto, ROM, extraído em Santa Catarina no período de 1980 a 1999, onde se destaca a queda de produção a partir do ano de 1985 e uma pequena progressão com tendência à manutenção da produção a partir de 1996.

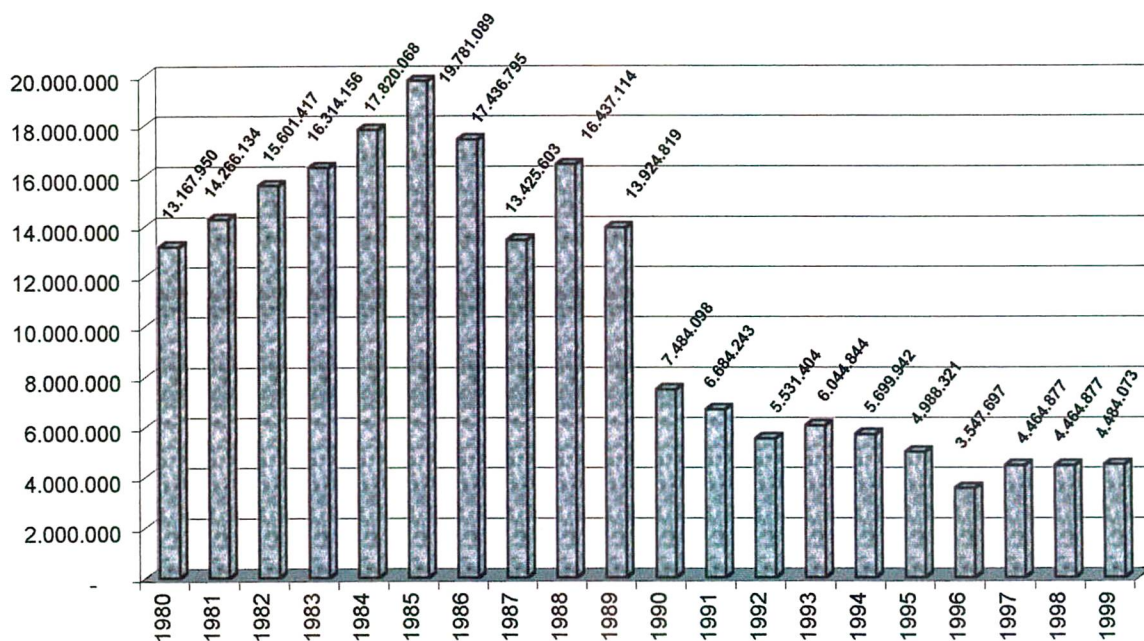


Figura 54: Comparativo da produção de carvão bruto na Região Sul de Santa Catarina em toneladas (SIECESC, 1999, planilha de produção).

Sánchez *et al.* (1994) comentam que minas não recuperadas e áreas de disposição de rejeitos provenientes dessas atividades continuam gerando drenagem ácida e provavelmente continuarão por décadas ou mais. Informam ainda que o monitoramento realizado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (1991) na Região Carbonífera de Santa Catarina, mostra que a situação não é melhor do que na década de setenta. Essa continuidade é relatada

por Sánchez *et al.* (1994), não só em função da fraca performance na aplicação das leis ambientais sobre as áreas antigas de mineração, mas também porque as minas em atividade continuaram causando degradação, o que vem ao encontro do que diz o relatório "*The Feasibility Study on Recuperation of Mined-Out Áreas in South Region of Santa Catarina State, the Federative Republic of Brazil*" (JICA, 1998).

Os dados do quadro 4 apresentam a condição da qualidade dos efluentes de algumas empresas de mineração de carvão em operação na bacia do rio Araranguá e compara com os valores regulamentados para lançamento de efluentes, no decreto nº. 14.250 e resolução CONAMA nº. 20. Além das irregularidades constatadas de lançamento de efluentes em desacordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, pode ser observada também a variação da qualidade dos efluentes provenientes das minas de subsolo, cujo pH variou entre 2,5 e 6,4. Isso pode estar relacionado com as condições geológicas de cada jazida, com maiores concentrações de cálcio e magnésio ou menores concentrações de enxofre. Outro aspecto que pode interferir na qualidade desse efluente, é o manejo de águas no subsolo. A redução do tempo de contato entre a água e o material piritoso no subsolo, permite obter condições de drenagem de mina com valores próximos aos fixados pela legislação ambiental (Bezerra de Menezes, 2000).

Sánchez *et al.* (1994); Sánchez (2000) atribuem a continuidade dessa atividade econômica, como vem se desenvolvendo até a atualidade, a externalização dos custos, principalmente os sociais e ambientais. As empresas utilizam um serviço ambiental quando despejam seus poluentes nos cursos d'água afim de que sejam diluídos e levados adiante, sem no entanto pagarem por isso. A figura 55 apresenta os principais impactos causados pelas atividades ligadas à mineração do carvão. Nos moldes atuais, quem paga essa conta é a população que não pode usufruir dessas águas para suprir suas necessidades a não ser utilizando-as também para desfazerem-se de seus próprios dejetos. Além disso, deve-se considerar o caráter puramente extrativista do setor, que durante décadas preocupou-se apenas com a garantia da venda do carvão, sem investir na melhoria de seus métodos de lavra e de beneficiamento, de modo a obter um melhor aproveitamento de seu produto, o carvão, gerando menor quantidade de resíduos. Não se pode considerar sustentável uma atividade que aproveita apenas 25 a 30 % do total de material retirado do subsolo, sendo o restante

considerado material com alto potencial de poluição ambiental e cujo método de disposição se fosse o ideal, dificilmente a atividade se tornaria rentável.

Este setor da economia local tão pouco investiu em ciência e tecnologia de modo a agregar maior valor econômico ao produto extraído do subsolo, possível através da carboquímica. Os profissionais que nele trabalham, em seus vários níveis, são considerados profissionais do carvão, e dificilmente encontram oportunidades em outros setores da economia regional. Dessa forma, qualquer pretensão de diminuir ou até eliminar as atividades de extração de carvão na Região Carbonífera Catarinense, devem passar obrigatória e previamente por programas que venham a criar alternativas para absorver essa mão de obra, a exemplo do que foi realizado em outros países.

	ponto de coleta	corpo receptor	data da análise	pH	acidez total (mg/L)	cádmio (mg/L)	chumbo (mg/L)	cobre (mg/L)	ferro ⁺² (mg/L)	Ferro total (mg/L)	manganês solúvel (mg/L)	zinco (mg/L)	sulfatos (mg/L)	sólidos sedimentáveis (mL/L)
E1	infiltração na bacia de decantação	rios Maina/Sangão	23/05/00	2,4	552	<0,01	0,17	<0,01	64	71,4	4,8	2,8	1449	<0,1
	drenagem depósito de rejeitos			2,4	4699	<0,01	0,2	0,46	1550	1562	15,2	10	5716	<0,1
	drenagem de mina subsolo ¹			2,7	386	<0,01	0,09	0,07	57,2	71,8	4,54	2,4	1269	<0,1
E2	drenagem de mina subsolo	rio Sangão	24/05/00	6,4	129	<0,01	0,13	<0,01	63,8	84,2	8,8	0,03	1475	<0,1
E3 ²	efluente final	rio Sangão	24/05/00	4,3	152	<0,01	0,12	<0,01	40	41,8	4,4	2	1173	<0,1
E4 ²	efluente final	rio Mãe Luzia	25/05/00	2,9	568	<0,01	0,13	0,02	157,2	167,2	18	3	1859	<0,1
E5 ³	drenagem de mina subsolo	rio Sangão	25/05/00	2,5	9637	0,04	0,48	0,66	2420	2680	41,4	30,6	11793	<0,1
artigo 19 do Decreto n. 14.250/81				6,0 a 9,0	-	0,1	0,5	0,5	15	-	1	1	-	<0,1
artigo 21 da resolução n. 20/86 do CONAMA				5,0 a 9,0	-	0,2	0,5	1	15	-	1	5	-	<0,1

Quadro 4: Situação dos efluentes provenientes de algumas empresas de mineração de carvão no subsistema do rio Mãe Luzia, bacia hidrográfica do rio Araranguá, onde: 1. Efluente de mina de subsolo após passar por bacia de decantação de finos. 2. Reúne efluente de beneficiamento, infiltrações dos depósitos de rejeitos e drenagem de mina subsolo. 3. Mina desativada no ano de 1999, porém continua gerando drenagem ácida de subsolo

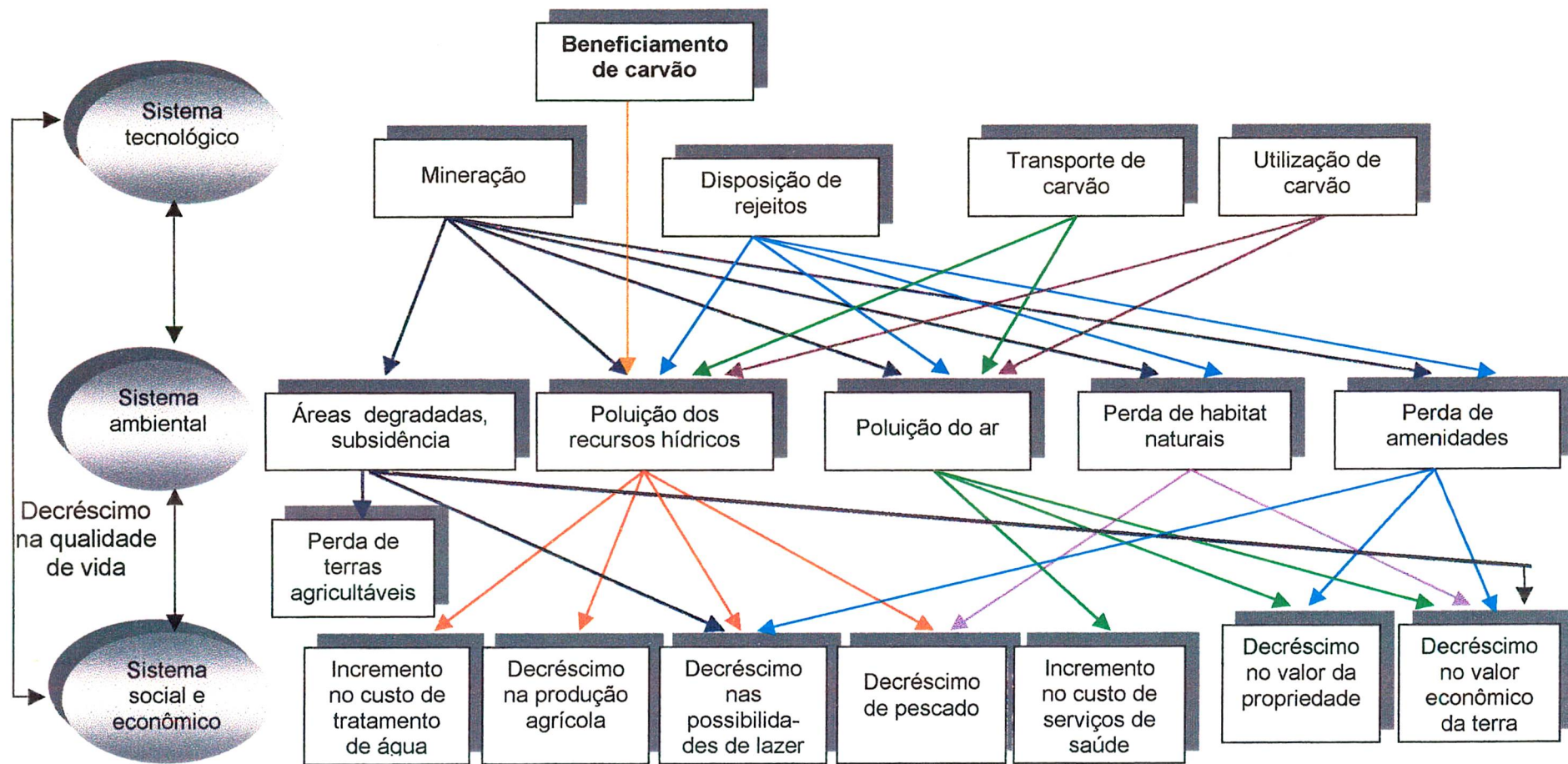


Figura 55: Principais interações entre os sistemas tecnológico, ambiental, social e econômico gerados a partir da extração de carvão mineral em Santa Catarina (Sánchez et al., 1994), modificado.

Para Sanches (1997) a postura da não conformidade é aquela que praticamente despreza qualquer pressão ou problemática ambiental, pois não atende as exigências determinadas pelas regulamentações ambientais. Segundo essa autora, as regulamentações governamentais expressam as expectativas sociais para as melhorias da qualidade ambiental, não entrando na discussão sobre a eficiência e eficácia dos mecanismos utilizados para atingí-las. Assim *“uma postura de não conformidade é não só um ato de ilegalidade, mas também um crime corporativo ao meio ambiente”*. A autora insiste que estes crimes ao meio ambiente¹⁰ na verdade são posturas ilícitas, imorais e anti-éticas contra a própria humanidade, uma vez que não se sabe até que ponto os danos podem ser revertidos.

Seroa da Motta, Mendes (1995), classificam como atividades de fraca sustentabilidade aquelas que não possuem um nível de tecnologia suficientemente capaz de não causar poluição remanescente.

Hoje o setor busca uma alternativa para se “auto-sustentar”. Encontram-se em fase de viabilidade técnica e econômica os estudos para implantação das usinas de boca-de-mina. Entre os que estão em andamento o mais avançado é da USITESC – Usinas Termelétricas de Santa Catarina, empresa formada através de consórcio entre a Carbonífera Metropolitana e Carbonífera Criciúma. A usina pretende queimar através de sistema de combustão em leito fluidizado, uma mistura de carvão bruto, ou ROM e rejeitos do beneficiamento.

Esse processo permite eliminar a etapa de beneficiamento do carvão, etapa essa considerada a mais poluente, além de queimar parte do rejeito exposto, hoje integrante do passivo ambiental das mineradoras. O processo de “queima limpa” do carvão prevê ainda a simbiose industrial ou seja a implantação de indústrias que se utilizarão dos sub-produtos gerados durante o processo, como as cinzas que podem ser utilizadas na fabricação de cimento pozolâmico, o sulfato de amônia proveniente da limpeza dos gases que podem ser utilizados

¹⁰ A lei 9.605/98 considera crime ambiental as atividades potencialmente poluidoras que causem danos aos mais diversos ecossistemas da Terra.

como fertilizantes, entre outros (Fernando Zancan, Secretário Executivo do SIECESC – Sindicato das Indústrias Extrativas de Carvão do Estado de Santa Catarina, comunicação pessoal).

A falta de políticas públicas voltadas para as questões de áreas contaminadas no País (Sánchez, 1998), tem reflexo direto sobre a bacia do rio Araranguá. Terrenos utilizados no passado para deposição de resíduos piritosos, vão sendo ocupados pela população, sem que se leve em consideração a qualidade do solo, da água e do ar desses locais, conforme demonstram as figuras 56 e 57. Muitas vezes essa ocupação é oficializada pela municipalidade, que recebe através de doação, a área degradada da empresa que deveria realizar os trabalhos de recuperação ou reabilitação ambiental. Após os trabalhos de nivelamento da topografia e cobertura com camadas de argila de pouca espessura¹¹, as prefeituras proporcionam o acesso à população carente, livrando a mineradora de parte do seu passivo ambiental. As prefeituras não contabilizam os gastos sociais necessários para sustentar essa situação. Entre eles os gastos com a saúde da população, advindos da precariedade das condições ambientais dessas habitações.

A exemplo do passivo contábil, o termo passivo ambiental tem sido utilizado para designar o acúmulo de danos que deve ser reparado a fim de recuperar a qualidade ambiental em um determinado local.

Segundo Sánchez (1998), em certas ocasiões esse passivo pode ser medido e contabilizado no balanço da empresa, outras vezes o passivo ambiental engloba danos tão vastos que um grupo indeterminado de pessoas é afetado, representando uma dívida não só contemporânea, mas também com gerações futuras.

Lanna (1996) alerta que em um ambiente excessivamente poluído, geralmente é difícil de identificar e qualificar quanto cada empreendedor polui e como isso afeta os usuários.

¹¹ Como comentado, as ONGs popularizaram o termo *maquiagem ambiental* para referir-se aos trabalhos de recuperação de áreas que visam só o nivelamento e cobertura superficial dos estéreis e rejeitos, sem no entanto ter qualquer reflexo na melhoria dos recursos hídricos.

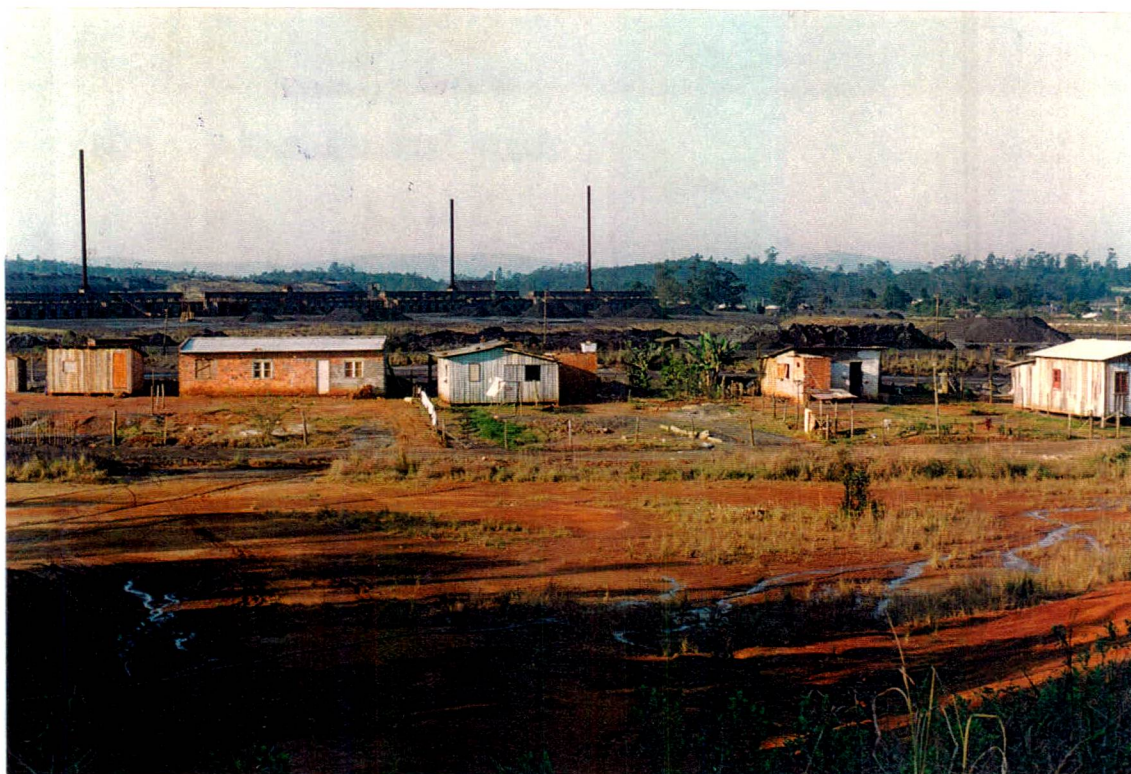


Figura 56: Área de deposição de rejeitos piritosos “recuperada” propiciando a ocupação popular. No fundo fomos de produção de coque (desativados). Bairro Mina União, Criciúma, SC, junho 2000.



Figura 57: Vista parcial de depósito de rejeitos piritosos, com vários focos erosivos, na área de domínio da mata ciliar do rio Sangão, destacado pela coloração vermelha no fundo do depósito. Na margem esquerda observa-se a Vila Francesa, inserida na paisagem degradada pela mineração. Essa vila foi totalmente construída sobre a deposição de rejeitos, já que originalmente era uma área de banhado. É possível observar também na margem esquerda do rio a deposição de lixo e entulhos. Foto cedida pela FATMA, de autoria de Norberto Cidade. Rio Maina, Criciúma, SC, junho 2000.

Esse é o tipo de condição observada na área de estudo onde há impacto das atividades relacionadas à mineração do carvão. Costuma-se ouvir sobre cifras milionárias, necessárias para a recuperação ambiental, sendo que após a aplicação desses recursos, os rios comprometidos com as atividades carboníferas não atingiriam de imediato as condições de uso conforme determina a Resolução nº.20 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (JICA, 1998).

Para que o problema de degradação de áreas mineradas não se agrave, Sánchez (1998) sugere que as empresas assumam uma postura pró-ativa com relação às causas sócio-ambientais, e que a exemplo do Canadá, adotem os seguintes instrumentos prevendo a sua desativação: 1) garantias financeiras representadas pelos seguros ambientais ou cauções depositadas antecipadamente e devolvidas no final da vida útil da mina, caso os trabalhos de recuperação sejam considerados satisfatórios; 2) plano de fechamento e de recuperação das áreas degradadas; e 3) contabilização do passivo ambiental nos livros da empresa. Bortot (2000) discute o seguro ambiental adotado na Mina do Trevo, município de Siderópolis, Sul de Santa Catarina.

Goethe (1993) propõe um zoneamento ambiental da bacia carbonífera, conjugado à definição de diretrizes específicas para controle de cada tipologia de fonte poluidora. Lembra que vários planos, programas e projetos para proteção ambiental foram elaborados na tentativa de reverter o problema ambiental gerado pela atividade carbonífera, porém, sem integração ou compatibilidade entre si.

8.1.2 Sustentabilidade ambiental da rizicultura frente às questões da água

O cultivo de arroz irrigado cobre uma parcela de aproximadamente 10% do total da área da bacia do rio Araranguá (SDM,1997). A razão disso é a aptidão dos solos da bacia para esse tipo de prática agrícola (EPAGRI, 2000). A figura 58, representa as áreas propícias para plantações de arroz irrigado na bacia. Apesar de não se ter o mapa de uso da terra, observa-se que a área apta para o cultivo de arroz irrigado é bem maior que os 10% da área destinada

atualmente na bacia para essa prática, demonstrando o potencial de crescimento da rizicultura, não fosse a escassez de água.

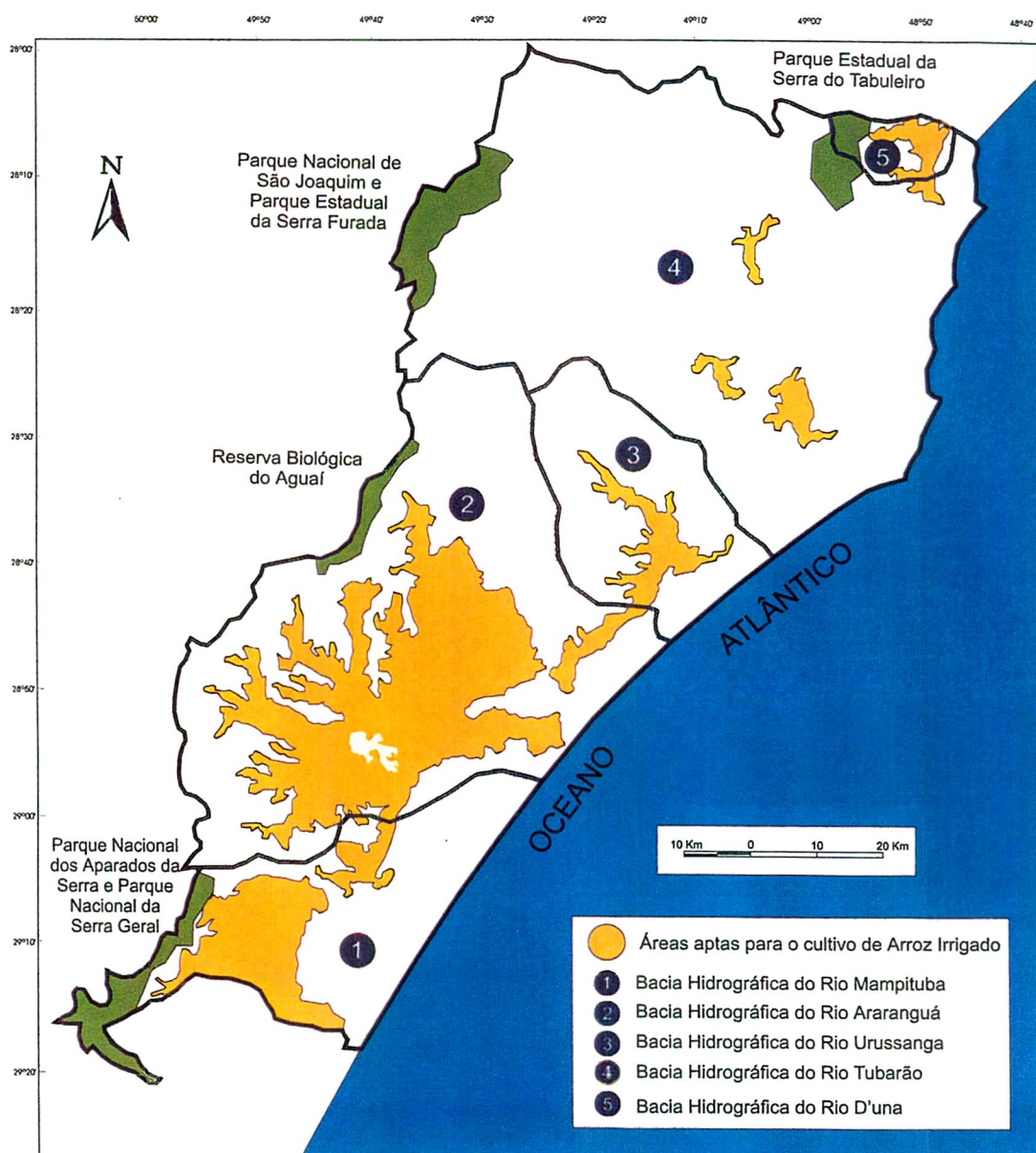


Figura 58: Áreas aptas para cultivo de arroz irrigado no Sul de Santa Catarina (UNESC, 1997), modificado.

Porém, esse tipo de cultivo, necessita de muita água em época de escassez hídrica. Dessa forma, a expansão das áreas de plantio de arroz irrigado em todo o Sul catarinense, em especial na bacia do rio Araranguá, precisa levar

em conta a disponibilidade de água, que entre outros condicionantes ambientais poderá comprometer a sustentabilidade dessa prática no futuro.

De acordo com Back (1998), a cultura do arroz foi introduzida no sul do estado a partir da década de 20 pelos imigrantes e colonizadores, sendo que gradativamente houve um incremento na tecnologia empregada, apresentando atualmente altos níveis de produtividade, em função da irrigação que no início era utilizada somente nas áreas próximas aos rios, onde o relevo permitia o seu emprego por gravidade. A partir da década de 50 foram construídos canais que pertenciam a pequenos grupos, nem sempre rizicultores, que cobravam cerca de 10% da produção pelo uso da água. Ainda segundo Back (1998), até a década de 80 a produtividade não era superior a 45 sacas/ha, sendo que então o método de irrigação adotado era por inundação em quadras ou canchas em nível. O irrigante colocava água no ponto mais alto e a conduzia por gravidade mantendo uma lâmina de água pelas taipas construídas, com uma diferença de nível de 5 a 10 cm, método esse que caracterizava-se pela baixa eficiência do uso da água. Na década de 80 com a difusão do Programa Nacional de Aproveitamento de Várzeas (PROVARZEAS) foram introduzidas mudanças, como por exemplo, o plantio do arroz pré-germinado, possibilitando a adoção da irrigação por inundação permanente em quadras em nível, com uma lâmina média de 10 cm de água sobre o solo, no período de novembro a fevereiro. Para suprir a necessidade de água na rizicultura, são necessários entre 8.500 a 9.500 m³ de água por hectare por safra durante esses meses. Este volume de água é necessário tendo em vista a permanente circulação da água dentro das canchas e a reposição das perdas por evapotranspiração. *“Com isso houve um melhor controle das plantas daninhas, maior eficiência de uso da água e maior produtividade, proporcionando expansão na área de produção de arroz, tendo como consequência maior demanda por água”* (Back, 1998: 70).

Como havia sérios problemas de manutenção dos canais de distribuição, *“surgiu a necessidade dos produtores se organizarem para captar e distribuir a água de forma mais eficiente, procurando atender a demanda. Assim foram criadas várias cooperativas e associações de irrigação e drenagem, que*

adquiriram os direitos de uso dos canais, bem como das infraestruturas existentes" (Back, 1998: 70). Conforme o autor, as entidades mais organizadas passaram a funcionar com estatuto aprovado em assembléias e com diretoria eleita pelos associados. Anualmente é feito um orçamento dos custos em função da área de plantio de cada associado sendo o valor equivalente entre 2 a 6 sacos de arroz por hectare de área plantada.

"Os custos mais elevados são nos locais onde há necessidade de recalque, mas na grande maioria a derivação da água é feita por gravidade e os custos médios são de 3 sacos de arroz por hectare. O valor cobrado cobre unicamente os custos de manutenção dos sistemas de captação e distribuição, não se caracterizando cobrança pelo uso da água" (Back, 1998: 70).

A escassez hídrica nos meses compreendidos entre novembro e fevereiro, período de captação de água para preparo das canchas e irrigação das lavouras de arroz, além de ser os meses de maior evapotranspiração conforme demonstrado nas tabelas 7 a 9, é a principal causa de conflito pelo uso da água nos rios do oeste da bacia.

Além disso, ao retirar estimados 296 milhões m³ de água por safra dos recursos hídricos da bacia para irrigar aproximadamente 329 km² de área de plantio de arroz (Santa Catarina, 1997c), aumenta-se a superfície de exposição da água à radiação solar¹², possibilitando maior evaporação o que pode aumentar a concentração de sais dissolvidos na água. Parece lógico pensar que o regime pluviométrico da área estudada, principalmente nos meses de dezembro a março propicia um efeito de diluição, não permitindo a concentração de sais na lâmina d'água. Porém, deve ser lembrado também, que nesses meses ocorre a maior perda de água por evapotranspiração, além do que o próprio crescimento do vegetal consome boa parte da água de irrigação. De qualquer forma, esse assunto carece de estudos que fundamentem essas afirmações.

¹² Retira-se a água que flui nos canais dos rios e distribui-se numa lâmina de 10 cm nos 329 km² de canchas de arroz.

A figura 59 apresenta a área irrigada para produção de arroz por município da bacia do rio Araranguá, em hectare, conforme Santa Catarina (1997e).

Todavia, em determinados locais verificam-se agravantes como por exemplo a utilização das águas do rio Mãe Luzia, com alta concentração de sais provenientes das atividades ligadas à mineração do carvão, principalmente sulfatos, e das águas do rio Araranguá, em seu baixo curso, que em épocas de estiagem apresentam elevada concentração de sais dissolvidos provenientes da cunha salina, principalmente em períodos de maré alta. Althoff (1992) alerta para o perigo da salinização dos solos por irrigação com águas dos rios Mãe Luzia e Araranguá. Na bacia do rio Araranguá, os estudos desse autor se aplicam ao rio Mãe Luzia, a jusante da cidade de Forquilha e Araranguá, no trecho compreendido entre a cidade e a localidade de Hercílio Luz.

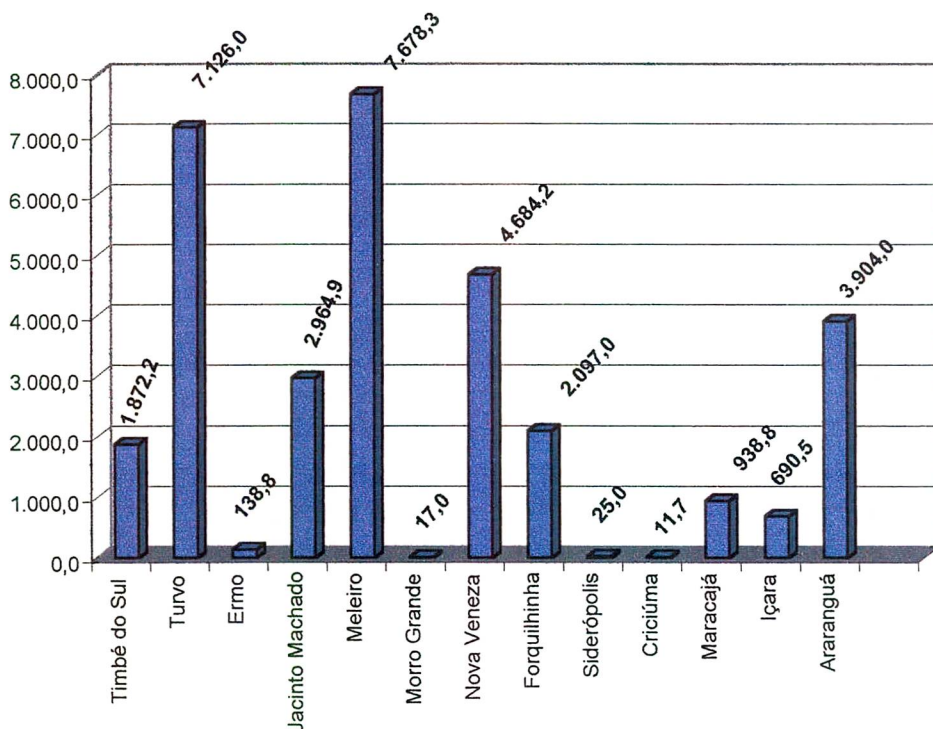


Figura 59: Área irrigada para produção arroz, em ha, por município da bacia do rio Araranguá (Santa Catarina, 1997g)

De acordo com Montenegro *et al.* (1999), os sais dissolvidos contidos na água de irrigação podem se acumular no perfil do solo, comprometendo a qualidade deste e, em conseqüência, através do ciclo hidrológico, contribuir para a degradação da água subterrânea. A produtividade agrícola pode ser comprometida dependendo do nível de salinização das águas de irrigação.

Nos municípios de Forquilha e Maracajá as águas do rio Mãe Luzia, estão contaminadas pela mineração do carvão com pH menor que 3, altas concentrações de ferro total, sulfatos, alumínio e outros metais.

A estação de monitoramento codificada como RML8, apresenta dados de qualidade das águas do rio Mãe Luzia, na entrada de uma cancha de arroz, localizada na margem daquele rio, em 11/11/99. O lameiro já havia sido realizado, sendo que a água amostrada serviria para o plantio de arroz pré-germinado. A estação monitora águas do rio Mãe Luzia, após a confluência com o rio do Cedro e a montante do Manuel Alves. Tem a intenção de avaliar a água utilizada para irrigar o arroz, em função da pouca disponibilidade de água de boa qualidade nesse subsistema hídrico. A água com condições impróprias para qualquer uso, apresentando valor de pH em 2,73 unidades; condutividade elétrica de 807 μ S/cm; 545 mg/L de sulfatos; 25 mg/L de ferro total; 15,20 mg/L de ferro dissolvido; 1,82 mg/L de manganês; 17,10 mg/L de alumínio, entre outros parâmetros analisados e constantes na tabela 25, representam a qualidade das águas que são utilizadas freqüentemente na irrigação das lavouras de arroz pelos agricultores, principalmente os situados na margem esquerda daquele rio, pois se assim não o fizerem terão que contar com sangas de pouca vazão ou o que é pior, com o próprio rio Sangão, considerado o rio mais poluído da Região Carbonífera (ECP, 1982f; Alexandre, Krebs 1995; JICA, 1998; Sánchez et al, 1994). A prática de utilizar-se de águas contaminadas com os resíduos da exploração do carvão mineral, conforme pode ser observado na atividade representada na figura 60, parece não resultar na queda de produtividade, apesar de exigir a cada safra, maior quantidade de agentes alcalinizantes. Uma dúvida permanece: qual a qualidade do arroz irrigado com essas águas?

A exemplo do que ocorre na bacia do rio Santa Maria, no sudoeste do Rio Grande do Sul, a pouca disponibilidade de água tem gerado conflito entre arroteiros e órgãos de abastecimento público, e entre os próprios arroteiros (Cánepa, Grassi, 1995). Isso se observa com freqüência na bacia do rio Araranguá, principalmente no sistema rio da Pedra - Itoupava e nas sub-bacias dos rios Manuel Alves e São Bento. Bourscheid (1997, *apud* Madeira, 1999), referindo-se também à bacia do rio Santa Maria atribui a queda na oferta de água à redução de matas ciliares e à drenagem de banhados naturais. A destruição das florestas ciliares é flagrante também na bacia do rio Araranguá. Outro ponto comparável àquela do Rio Grande do Sul é a drenagem artificial de banhados, como no subsistema rio dos Porcos onde uma extensa área de banhados naturais foi drenada de modo a favorecer a rizicultura.

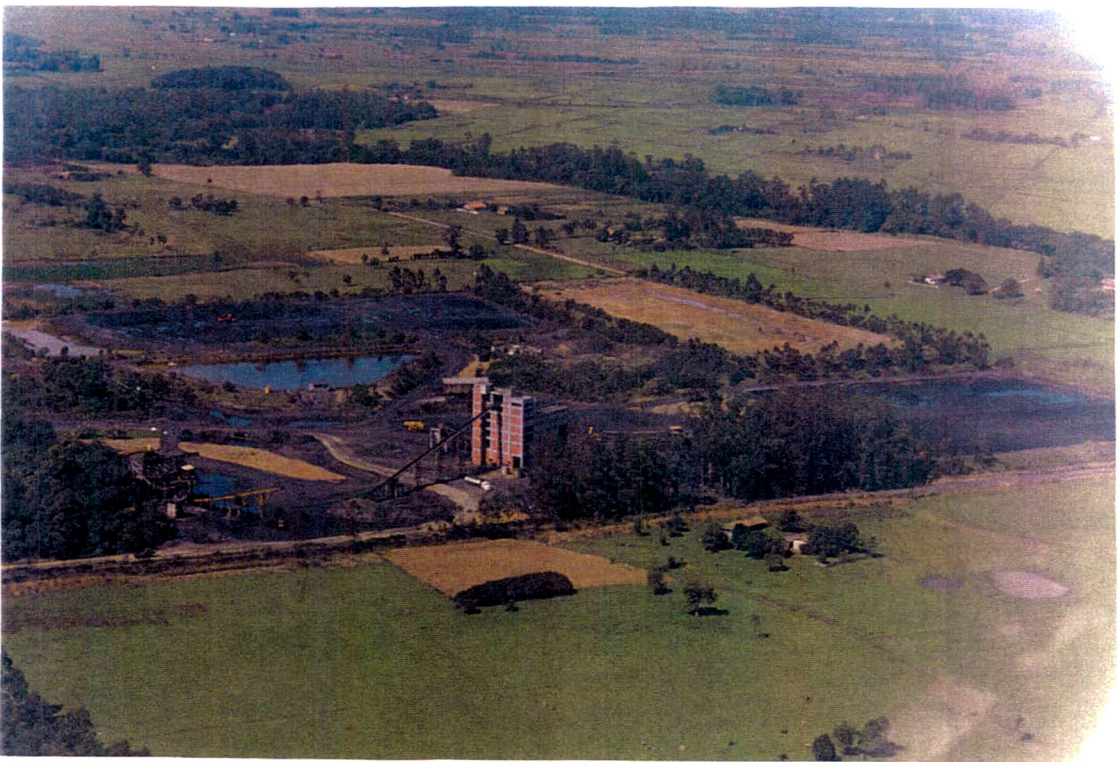


Figura 60: Empresa carbonífera inserida na área rural, observa-se a rizicultura irrigada com águas do rio Mãe Luzia, a montante da confluência desse com o rio Sangão, onde a carbonífera despeja seus efluentes. Foto cedida pela Carbonífera Criciúma S/A, bairro Verdinho, Forquilha, 1999.

Há de se considerar que à medida que áreas naturais são convertidas em áreas para desenvolvimento de atividades agrícolas impossibilitando a regeneração da vegetação primária, o processo se assemelha à exploração de um recurso finito, por exemplo, os recursos minerais (Seroa da Motta, May, 1995).

Back (1998) conclui que devido à escassez de água e aos conflitos de uso, há forte pressão no setor agrícola da bacia do rio Araranguá no sentido de construção de obras hidráulicas com objetivo de regularizar a vazão. O autor considera que a margem bruta da grande maioria dos produtores de arroz é relativamente pequena, podendo inviabilizar a cobrança pelo uso da água, daqueles com menor produtividade, e ainda que a produtividade está relacionada com a disponibilidade de água para a irrigação.

Ribeiro, Lanna, Pereira (1999), avaliam a cobrança pelo uso da água em vários setores econômicos da bacia do rio dos Sinos e concluem que a cultura de arroz irrigado apresenta uma extrema sensibilidade à cobrança. Segundo Back (1998) a cobrança pelo uso das águas poderá gerar um problema social no sul catarinense, pois estes agricultores teriam que procurar outras alternativas.

De qualquer forma é o comitê de bacia que vai decidir pelo preço a ser cobrado pela água. Dependendo das prioridades de cada bacia hidrográfica, o preço será diferenciado por uso. Importante lembrar que o preço da água não tem como principal objetivo a arrecadação financeira de modo a garantir investimentos na bacia, e sim o de garantir a economia no uso.

A rizipiscicultura tem sido apontada como uma alternativa econômica e ecológica para esse setor, uma vez que o peixe faz o papel dos agrotóxicos no controle de pragas, além de representar um produto a mais a ser comercializado. Porém, essa prática apresenta-se com demanda maior de água comparada com a rizicultura convencional. Basta imaginar que na mesma área, após a colheita do arroz, será acrescentada uma lâmina de 60 cm de água com boa qualidade, necessária à piscicultura.

Tomazelli, Casaca (1998) alertam para a necessidade de se prever medidas de contenção de poluentes que podem ser lançadas nos recursos

hídricos durante a despesca de tanques de cultivo de peixes de água doce. Os principais contaminantes são aqueles relacionados tanto com a fertilização dos tanques quanto aos excrementos dos peixes, ou seja: sólidos em suspensão, matéria orgânica, fosfatos e nitrogênio total e amoniacal.

Sachs (1996) lembra que o peso real da agricultura na economia não deve ser medido unicamente pela produção agropecuária, mas *pelo complexo conhecido como "agrobusiness", ou seja, insumos, transformação e produção*. Segundo o autor esse setor representa $\frac{1}{4}$ da economia brasileira. Na bacia do rio Araranguá as indústrias de processamento de arroz, também têm destaque na economia regional. Elas representam cerca de 65% das indústrias de alimentos locadas no mapa nº. 3 : Qualidade das Águas Superficiais e Fontes de Poluição, em anexo.

8.1.3 Sustentabilidade ambiental da urbanização frente às questões da água

A população da bacia do rio Araranguá é estimada em 315.400 habitantes, sendo que 75% residem em área urbana e o restante em área rural (IBGE, 1996).

De acordo com essa fonte, Criciúma é o município mais populoso com 159.101 habitantes, seguido por Araranguá com 50.668. Em Criciúma, 90% da população vive em área urbana, porém, nos municípios de Jacinto Machado, Turvo, Meleiro, Morro Grande, Timbé do Sul e Forquilha a parcela de população rural é maior que a da população urbana.

Segundo informações do banco de dados operacionais da CASAN, referente ao exercício de 1998, a população urbana da bacia consome água tratada na ordem de 180 a 260 L/hab x dia. Nos municípios predominantemente agrícolas, o consumo de água situa-se na faixa de 180 a 210 L/hab x dia, enquanto naqueles mais industrializados como Criciúma, Içara e Araranguá o consumo é de 260 L/hab x dia.

O sistema integrado da CASAN para abastecimento dos municípios de Criciúma, Forquilha, Maracajá e Nova Veneza atende a 96% da população

urbana, representando a maior parcela da população da bacia com acesso a água tratada. Os demais municípios situam-se entre 65 e 85 % da população urbana com acesso à água tratada.

Um problema com relação ao sistema de distribuição de água é o alto índice de perda de água tratada. Um índice de 40% de perda é reconhecido no País, sendo considerado em projetos e relatórios oficiais. Na bacia do rio Araranguá, analisando-se os dados obtidos na CASAN, conclui-se que esse índice está acima da média nacional, situando-se entre 42 e 55%. No sistema integrado de Criciúma, o índice é de 53,90%. Dessa forma, para um total de 700 L/s de água tratada, chegam ao destino final, ou seja, aos usuários, 323 L/s, menos que 50% do total de água aduzida do rio São Bento e tratada.

Um índice tão elevado de perdas, em uma área onde há disputas por água de boa qualidade é inadmissível e, investimentos que vierem a ser aplicados no sentido de reduzir esses índices seriam justificáveis.

Enquanto isso, a totalidade da população residente na área rural da bacia, acrescida da parcela de 15 a 35 % da população urbana, não tem acesso à água tratada. Dessa forma, estima-se que aproximadamente 100.000 habitantes não tem acesso a esse serviço. Essa parcela da população, aproximadamente 1/3 do total, utiliza-se de poços artesianos e escavados, açudes, nascentes e fontes naturais.

Os mananciais utilizados pela CASAN e SAMAE para abastecimento público, bem como projetos futuros de instalação de captação de água, estão representados no mapa nº. 02, em anexo. As informações foram obtidas na Gerência Regional da CASAN, em Criciúma, em junho de 2000.

De acordo com a lei nº 5.793/80, os mananciais de abastecimento quando reconhecidos através de decreto do Poder Executivo, a exemplo dos estuários, são considerados Áreas de Proteção Especial, para fins de proteção e melhoria da qualidade ambiental. O decreto nº 14.250/81 define manancial como sendo a sub-bacia hidrográfica desde as nascentes até as barragens de captação, assim como as lagoas de captação de água para abastecimento público.

É importante que os órgãos oficiais ou o comitê da bacia quando for criado, promovam um inventário dos mananciais de abastecimento, procurando garantir não só a demanda proveniente do crescimento populacional, mas principalmente estender o atendimento à parcela de pessoas sem acesso à água tratada.

Outro ponto de fundamental importância é reavaliar as instalações hidráulicas a fim de identificar os principais pontos de perda, procurando a reversão desse quadro.

Os 315.400 habitantes da bacia produzem estimadamente 160 toneladas de lixo diariamente¹³. O chorume resultante do lixo doméstico contém de acordo com Barbosa *et al.* (1999): elevados teores de matéria orgânica, amônia, fósforo, ferro e manganês; além de apresentarem também arsênico, cádmio, cromo, cobalto, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, zinco, entre outros. De acordo com esses autores, chorume é o líquido percolado ou contido nos resíduos, que reage com os mesmos de acordo com complexos mecanismos biológicos e físico-químicos, e que apresenta elevada carga poluente capaz de contaminar as águas superficiais e subterrâneas, caso não sejam tratadas adequadamente.

Esses resíduos encontram-se, locados no mapa de Qualidade das Águas e Fonte de Poluição, em anexo, que correspondem aos atuais depósitos de resíduos urbanos da bacia do rio Araranguá. No município de Criciúma, existem ainda duas áreas antigas de deposição de lixo, com quantidade considerável de material ali depositado, localizados nos bairros Renascer e Napolini.

No município de Maracajá, o lixo municipal era depositado às margens do rio Mãe Luzia, conforme demonstra a figura 61. Após ter sido disposto em outra área, distante aproximadamente 200 metros daquele rio, atualmente esse município deposita seus resíduos no aterro do município de Araranguá.

¹³ De acordo com Barros, Möller (1995) a produção per capita média de lixo no Brasil varia entre 0,4 a 0,7 kg/ hab x dia. Para efeito desse cálculo, adotou-se 0,5 kg/hab x dia.



Figura 61: Deposição de resíduos domésticos na margem esquerda do rio Mãe Luzia. Esse local corresponde à estação de coleta RML7, no município de Forquilha, em 1987. Atualmente (2000) essa prática não é mais utilizada.

Com relação aos esgotos sanitários gerados na bacia, nenhum dos municípios tem estação de tratamento, o que resulta num total de 64.000 m³ de esgotos¹⁴ sendo lançados direta ou indiretamente nos recursos hídricos da bacia diariamente. Desse total, estima-se que cerca de 47.000 m³/dia de esgotos gerados provêm dos municípios de Criciúma, Araranguá e Içara.

Os esgotos são lançados nas redes pluviais, nos cursos d'água diretamente ou após passarem por sistema de fossas sépticas, onde fica retida a carga sólida.

¹⁴ De acordo com VON SPERLING et al., (1995), deve-se calcular a vazão de esgoto em torno de 80% da água de abastecimento. Desta forma, adotou-se 208 L/hab x dia de esgoto gerado nas cidades de Criciúma, Içara e Araranguá e, 152 L/ hab x dia nos demais municípios.

Em indústrias de maior porte, bem como em condomínios residenciais mais recentes são exigidas instalações de filtros anaeróbios que reduzem parte da carga orgânica contida nos esgotos.

Em locais onde não há redes pluviais ou rios próximos, normalmente os esgotos são infiltrados no solo após passarem por fossas sépticas. Essa deposição no solo, muitas vezes é realizada sem critério e quase sempre em locais onde também não há acesso à água tratada, podendo refletir-se em contaminação da própria fonte de abastecimento de água ou das fontes de abastecimento de propriedades vizinhas.

8.2 A construção do referencial sobre a qualidade das águas segundo a percepção dos agentes integrantes da bacia

Bertrand (1998) prevê três entradas para abordagem do meio ambiente: a **naturalista**, que leva em conta a evolução da natureza; o **território**, que é a entrada onde se trata da gestão ambiental ou socioeconômica, onde se estabelecem as relações de conflito. E por último, a **cultural** que é a entrada a partir da análise da **paisagem** e conseqüentemente da percepção do homem sobre o ambiente. Na realidade as três entradas se sobrepõem fazendo com que o homem perceba o ambiente de diferentes formas.

Essa percepção é fortemente influenciada pela questão socioeconômica que o envolve, que por sua vez tem como limite às condições naturais do meio, como pode ser comprovado com questionamentos de moradores da bacia do rio Araranguá, quando dos serviços de coleta de água previstos no monitoramento. Os problemas relacionados à qualidade das águas são percebidos de forma diferenciada pela população residente nos subsistemas e estão diretamente relacionados com a questão econômica. A população que interage com os rios da bacia das mais diversas formas, seja utilizando suas águas com fins econômicos, doméstico ou recreativo, traz o conhecimento histórico e cultural capaz de propiciar a construção de um acervo de conhecimentos empíricos sobre as águas, conhecimento esse que Machado,

Macedo (2000) consideram de valor socioambiental inigualável. Nos rios Itoupava e Manuel Alves, bem como nos afluentes destes, a principal pergunta é: “*estão medindo o “veneno” que vem na água?*”, referindo-se aos agrotóxicos utilizados nas canchas de arroz. Moradores das margens do rio Araranguá, localizados a montante da cidade, mais precisamente em Forquilha Grande, bem como os moradores das margens do rio Itoupava próximo à sua confluência com o rio Mãe Luzia, questionam: “*está se medindo a quantidade de sal que o mar bota no rio?*”; nessas áreas observam-se extensas lavouras de arroz às margens do rio Araranguá, inclusive ocupando sua APP. Nos municípios de Forquilha e Maracajá perguntam: “*estão medindo o ácido que vem do carvão?*” Pergunta parecida fazem os pescadores do rio Araranguá. A maior expectativa desse último grupo é com relação aos resultados dos trabalhos que estão sendo realizados: “*servirá para acabar com a poluição?*”. Referem-se ao problema normalmente da seguinte forma: “*estão analisando para ver quando o amarelão que traz o ácido do carvão vai chegar?*” Eles referem-se ao avanço da mancha amarela em direção à foz do rio Araranguá após chuvas ocorridas principalmente nos municípios de Treviso e Siderópolis.

Os pescadores conhecem a dinâmica desse sistema hídrico, e conseguem interrelacionar os efeitos para entender as causas. Os relatos descrevem a situação observada e a conversa com um pescador durante os trabalhos de campo:

No dia 30/09/99, quarta-feira, às 14:00 realizou-se uma coleta no rio Araranguá, na travessia da balsa, ponto RA3. O objetivo era checar se as fortes chuvas daquela madrugada já tinham atingido o baixo curso daquele rio, já que as condições anteriores eram de estiagem, que traz melhores chances de pesca no estuário do rio Araranguá. O rio apresentava-se numa coloração verde esmeralda, sinal de que os efeitos da chuva ainda não tinham atingido o baixo estuário. Também na cidade, o rio com coloração verde, não apresentava sinais de que a mancha do carvão havia chegado.

No dia seguinte (1º/10/99), o rio Araranguá na cidade já estava amarelo-esverdeado, mesma cor da figura 9, porém na travessia da balsa (RA3)

apresentava-se com coloração verde e, com pH medido na superfície e no meio do rio em 4,8 unidades, valor relativamente alto para aquele rio, indicando a forte presença da maré.

Um pescador, morador de Ilhas, falando do rio Araranguá durante a travessia da balsa, disse:

“enquanto esse ventão nordeste estiver batendo, o amarelão do carvão não chega aqui. É preciso chover muito e trocar o tempo para lestada, aí o rio entra no mar. Se continuar assim, é o mar que bota água no rio. O vento não está com cara de que vai trocar, mas se isso acontecer, certamente o amarelão do carvão chega aqui, e nesse caso, o que tem de peixe no rio, morre ou foge para o mar, se for peixe do mar”.

Parte do questionamento da população das áreas onde a agricultura é a principal atividade econômica, parece refletir uma certa preocupação com as causas ambientais e também com a questão do abastecimento de água para o consumo humano. As demais indagações evidenciam que a população percebe o problema ambiental que diretamente afeta a sua atividade econômica (agricultura, pesca...). Dentro desse contexto, a água não é percebida pelas suas propriedades, mas segundo o uso possível e as limitações que impõe à economia local. Conforme Pucci (1999), a percepção é reflexo direto da estrutura do agente observador e do seu ambiente, ou seja, a informação que o agente traz sobre si mesmo acompanha a informação sobre o ambiente.

Frank *et al.* (1999) propõe o estudo da percepção e do comportamento ambiental dos atores para melhor mobilizá-los na gestão de bacias hidrográficas de modo a garantir a sustentação dessa gestão.

8.3 As relações de poder e o uso da água da bacia do rio Araranguá

A rede de relações sociais ou o campo de forças, na visão de Souza (1995), no sentido epistemológico de território, retratam os conflitos que se

estabelecem nas relações de poder relacionadas com a água na bacia do rio Araranguá. As identidades coletivas, implicam segundo Gonçalves (1993:10):

“Num espaço tornado próprio pelos seres que as instituem, enfim implicam no próprio território” (...) dessa forma, pode-se afirmar que o desenvolvimento social se inscreve numa ordem específica de significados, entre os quais o modo como as pessoas “marcam a terra, rigorosamente do ponto de vista etimológico, se geo-grafam.”

Portanto, é no território onde se definem as relações de conflito, e ali se destaca o poder dos grupos sociais (Souza, 1995). O poder do minerador, do agricultor, da indústria, da comunidade organizada ou do pescador, podem ser assim resumidos: o grupo representado pelos mineradores sempre foi articulado e sindicalizado. Brigam entre si, mas defendem-se em bloco, e recentemente em episódios ocorridos durante os debates sobre a abertura das minas da Nova Próspera, em Criciúma e Mina do Trevo em Siderópolis, ficou claro que contam também com o apoio dos mineiros no sentido de manter as atividades de mineração, garantindo assim, o mercado de trabalho. As questões ambientais sempre foram resolvidas em conjunto, como foi o caso da contratação do consórcio ZETA/IESA, empresas de consultorias, contratadas para apresentação do projeto de deposição de resíduos provenientes do beneficiamento de carvão, sempre com a anuência do SIECESC – Sindicato das Indústrias de Extração de Carvão de Santa Catarina. Atualmente, após reestabelecido o equilíbrio financeiro abalado com a crise gerada durante o governo Collor, quando foi decretada a retirada do subsídio do governo ao carvão e a abertura ao mercado externo, coloca-se a instalação de usinas termelétricas como prioridade para a manutenção do setor carbonífero no futuro. Como já comentado, o projeto encontra-se em fase de estudo de viabilidade técnica e econômica. Um dos questionamentos mais freqüentes refere-se ao abastecimento de água para a usina. A resposta a esta pergunta provavelmente definirá o local de sua instalação. Isso demonstra como o capital natural, aqui representado pela água, já é nessa bacia, um fator limitante para as atividades econômicas conforme prevê a

teoria de Daly (1996, *apud* Demanboro *et al.* 1999) que afirma que “*em função da evolução das atividades antrópicas o mundo passou da era em que o fator limitante para o desenvolvimento econômico era o capital feito pelo homem para a era na qual o capital natural restante, é o fator limitante*”.

A figura 62 mostra a adução de água do rio Sangão para utilização na etapa de beneficiamento de carvão.



Figura 62: No primeiro plano visualiza-se o desvio realizado por uma carbonífera para tomada de água do rio Sangão, com a finalidade de abastecer a usina de beneficiamento de carvão mineral. No fundo observa-se o depósito de rejeitos piritosos em Área de Preservação Permanente, APP, do rio Sangão. Rio Maina, Criciúma. Agosto/2000. Foto cedida pela FATMA, de autoria de Norberto Cidade

O grupo dos agricultores começa a se organizar, as cooperativas têm sido o elo de ligação entre eles, porém, ainda há muita desunião nesse setor, tanto por questões sociais como culturais históricas. A água tem sido um fator desagregador, principalmente na rizicultura. Há muitos conflitos entre agricultores envolvendo a pouca disponibilidade de água, refletindo novamente a teoria de

Daly. A população da bacia percebe esse problema. Durante as reuniões do orçamento participativo realizadas no sul, durante o mês de dezembro de 1999, as principais reivindicações relacionavam-se com a água: barragem do rio São Bento, fixação da barra do rio Araranguá, barragem do rio do Salto. Interessante ressaltar que tanto a população quanto a classe política, entendem que os problemas relacionados com a água são resolvidos com obras de engenharia.

“As reuniões municipais do orçamento regionalizado no Extremo Sul do Estado tiveram aspectos comuns que podem alavancar o desenvolvimento da região. A água foi um dos pontos mais citados entre as solicitações (...)” Jornal da Manhã, 18 de dezembro de 1999.

As indústrias também sofrem com a pouca disponibilidade de água. A maioria tem procurado alternativas individuais para solucionar seus problemas, seja através de sofisticadas estações de tratamento para a água de consumo industrial, seja através da utilização de águas subterrâneas ou melhorando os sistemas de tratamento de efluentes com o objetivo de reaproveitar a água no processo produtivo. Observam com passividade a poluição das águas oriundas da mineração do carvão, sendo que algumas encontram aí a desculpa para o não tratamento de seus efluentes, demonstrando total falta de consciência e solidariedade sobre estas questões. Contudo, esse setor é mais consciente do que o da mineração quanto à necessidade de tratamento de seus resíduos e efluentes, bem como apresenta maior eficiência no aproveitamento dos recursos naturais.

A comunidade tem se preocupado com a falta de água com boa qualidade. Há um aumento no número de denúncias na FATMA e Polícia Ambiental, relacionadas a desmatamentos e lançamento de despejos industriais em rios não poluídos pela atividade carbonífera... Mas, continua passiva com relação à questão do carvão. Com raras exceções, o problema só é levantado se existe a intenção de mineração em áreas não degradadas, como Morro Estevão em Criciúma e Rio Albina, em Siderópolis. Não há cobrança com relação à

continuidade da poluição em rios e locais já poluídos. Porém, se questionada, a comunidade mostra-se interessada e disposta a cooperar de alguma forma para a solução desse problema conforme demonstrado na figura 63.

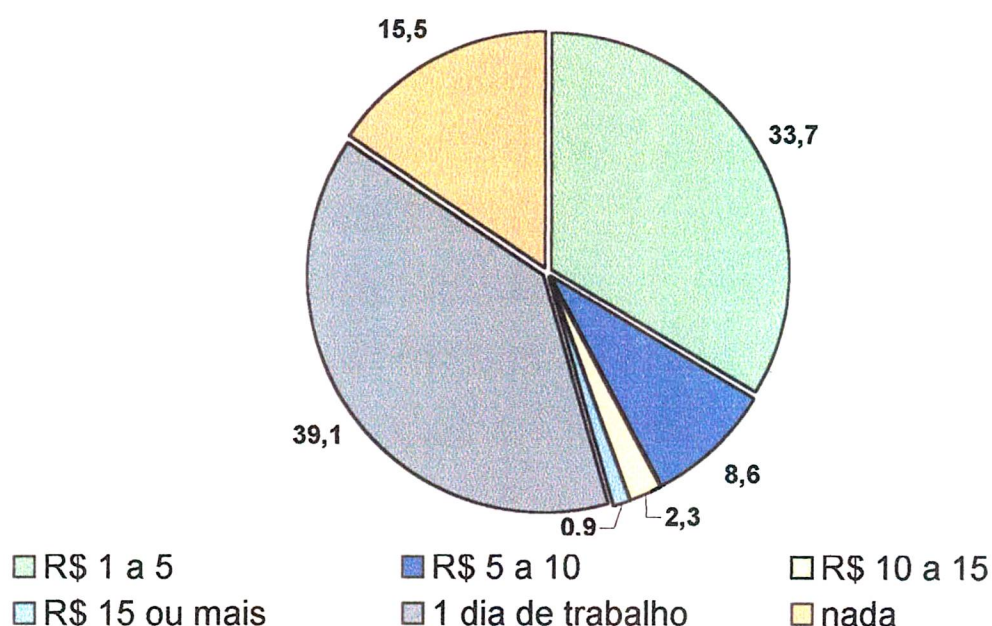


Figura 63: Disposição da população em contribuir para a recuperação ambiental das áreas degradadas pela mineração do carvão, onde os números representam o percentual sobre o total de entrevistas (UNESCO, 1997).

Se a pergunta fosse: “o que você faz para solucionar os problemas ambientais de sua cidade?”, certamente a resposta não seria tão animadora quanto a intenção de fazer, demonstrando o que Sousa Júnior (1999) chamou de hiato contundente entre a disposição em participar e a participação em si, atribuindo a isso a desmobilização social que permeia a sociedade brasileira.

Postura diferente adotam as Organizações Não Governamentais (ONGs), que vêem a mineração de carvão como a grande causadora da degradação ambiental na bacia e o Estado, através da FATMA - Fundação do Meio Ambiente como omissos nessa questão. A Sócios da Natureza, por exemplo, considera os municípios de Araranguá e Maracajá os maiores prejudicados uma vez que não têm mineração em seus territórios, e portanto não arrecadam impostos, gerados pelo setor, mas recebem os problemas ambientais decorrentes

das atividades carboníferas nos municípios de Treviso, Siderópolis, Criciúma e Forquilha que são transportados pelos rios em direção ao baixo vale.

Os pescadores com seus territórios cada vez mais reduzidos e restritos à foz do rio Araranguá, se mantêm passivos com relação ao problema da degradação gerada pelo carvão. Sabem que aí está o principal problema na queda da produção de pescado, mas se acham incapazes de lutar contra isso. Demonstram entretanto, indignação com os problemas relacionados à agricultura. Referem-se as águas com sedimentos na época do preparo das canchas como “água com veneno”, associando a turbidez da água à contaminação por agrotóxicos.

A FATMA, por sua vez, preocupa-se com a mineração onde não há ainda degradação. Considera-se impotente diante do passivo e também com o ativo ambiental que continua impactando os rios já comprometidos. Assume uma postura reativa, já que não são realizadas atividades preventivas, com exceção da Mina do Trevo, que *“possui uma série de programas de monitoramento ambiental com o objetivo de se prever e solucionar os problemas ambientais”* (Bortot, 2000). Esses programas foram previstos no RIMA – Relatório de Impacto Ambiental e conta com acompanhamento não só dos órgãos públicos, FATMA e DNPM, mas também do Ministério Público Federal e Estadual, bem como da comunidade local.

Os RIMAs podem ser um importante instrumento para o controle ambiental nas atividades de mineração, não só pelo documento em si, que muitas vezes não considera todos os aspectos e impactos ambientais que serão gerados no empreendimento, mas pelo o que ele proporciona: envolvimento das várias instituições, Ministério Público, e principalmente da comunidade. Este modelo é discutido por Bortot (2000).

Quanto ao passivo ambiental sempre houve a tendência de se pensar em grandes cifras, como 140 milhões de dólares (JICA, 1998), para recuperação das áreas degradadas pela mineração do carvão, e com isso espera-se financiamentos de organismos internacionais para resolver esta questão.

Recentemente, foi julgada a ação civil pública que obriga as empresas a recuperarem seus passivos ambientais. A sentença descreve: “alega o Ministério Público Federal que no período entre 1972 e 1989, conforme dados fornecidos pelo DNPM, a extração de carvão na região carbonífera de Santa Catarina, em especial nos municípios de Criciúma, Forquilha, Lauro Muller, Urussanga, Siderópolis, Içara e Orleans, elevou-se sobremaneira, correspondendo a 80% do carvão minerado até então” (Vaz, 2000), considera também que há responsabilidade pelos prejuízos causados pela mineração anterior a 1972 e também por omissão quanto a aplicação da Lei após esse ano (...). Na bacia do rio Araranguá as empresas consideradas réis da ação e portanto culpadas pela degradação ambiental são a Companhia Siderúrgica Nacional, Nova Próspera Mineração S.A., Carbonífera Metropolitana S.A, Carbonífera Criciúma S.A, CCU - Companhia Carbonífera Urussanga Ltda, CBCA – Companhia Brasileira Carbonífera de Araranguá (hoje COOPERMINAS), COCALIT – Coque Catarinense Ltda, Carbonífera Treviso S.A. Além de citar as empresas e nominalmente seus sócios proprietários, cita ainda a União Federal e o Estado de Santa Catarina, através da FATMA, em função da inoperância desse órgão de fiscalização.

As empresas solidariamente¹⁵ são condenadas a recuperar as áreas degradadas e os recursos hídricos atingidos pela mineração do carvão num prazo de 03 anos. O valor da sentença e o prazo para execução das obras de recuperação ambiental foram baseados no Projeto PROVIDA¹⁶, o que torna difícil a contestação por parte da empresa, apesar de que o prazo de 03 anos para recuperação da Região Carbonífera é muito otimista. A sentença é rica em detalhes e muito bem elaborada, de forma que dificilmente as mineradoras conseguirão reverter tal situação, quando muito poderão comprovar que o prazo

¹⁵ A responsabilidade do dano ambiental foi considerada solidária, pois sabe-se que o que causou a degradação dos recursos hídricos foi a mineração do carvão, porém não se sabe exatamente quanto cada empresa mineradora contribuiu para essa degradação (VAZ, 2000).

¹⁶ O PROVIDA foi instituído em 1992 e tinha como objetivo a recuperação econômica, social e ambiental da região carbonífera. Prefeituras, empresas carboníferas e outras entidades através da apresentação de vários projetos requeriam recursos financeiros a “fundo perdido” para tal recuperação.

de três anos é insuficiente para execução de tal trabalho, possibilitando a ampliação do mesmo.

Quanto à prescrição do dano, motivo de defesa de algumas empresas, a sentença esclarece (Vaz, 2000:92): *“Minha posição quanto a prescrição em matéria de dano ambiental é no sentido de que não ocorre. É imprescritível o direito de ação que ver-se sobre danos ambientais. Justifico: o direito ambiental tem conotação patrimonial indireta, pois visa garantir, em última análise, a própria vida no planeta. Portanto um direito indisponível, irrenunciável e imprescritível.”*

9 LEI DAS ÁGUAS

A partir da Constituição Federal de 1988, o Brasil estabelece a propriedade estatal das águas superficiais e subterrâneas. Filippini, Cánepa, Schneider (1999), consideram que com a constituição de 1988 o país estabeleceu a base legal para se implantar um sistema de gerenciamento que permite o uso múltiplo e sustentado dos recursos hídricos. Esse sistema deve estar interligado ao desenvolvimento socioeconômico ao mesmo tempo em que procura proteger os recursos hídricos da degradação gradativa, quantitativa e qualitativa. A constituição na verdade propiciou que estados como São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina elaborassem suas leis de recursos hídricos anteriormente à lei federal.

Para Nascimento, Von Sperling (1999) a lei 9.433 de 08/01/1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, é o "*marco regulatório do gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil*". Esses autores consideram os instrumentos dessa lei um novo paradigma capaz de assegurar os usos múltiplos da água, além de reconhecê-la como um recurso finito, vulnerável e com valor econômico.

Os objetivos previstos na lei são considerados essenciais para gestão dos recursos hídricos: "1) *assegurar à atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequada; 2) garantir a utilização racional e integral dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentado; 3) prevenir contra eventos*

hidrológicos críticos de origem natural ou decorrente do uso inadequado dos recursos naturais” (Lanna 1993 e 1996; Canepa 1991; Nascimento, Von Sperling 1999; Coimbra, Rocha, Beekmann, 1999).

A lei n.º 9.748 de 30/11/94 que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos (Santa Catarina, 1998) prevê que o gerenciamento dos recursos hídricos deve ser integrado, descentralizado e participativo. Integrado porque prevê a gestão de recursos hídricos associada à gestão ambiental e articulado com o uso do solo, além de alertar para a indissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos e das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico. Descentralizado pois prevê as ações por bacias hidrográficas, que passam a se constituir nas unidades básicas de planejamento, uso, conservação e recuperação dos recursos hídricos. Participativo pois prevê a participação dos usuários da água organizados em comitês de bacias.

Além disso, a água passa a ser reconhecida tanto no âmbito federal como no estadual como um bem público de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada com objetivo de estimular a economia desse bem, que embora seu suprimento seja renovável ele é limitado e deve ser gerenciado numa base de uso sustentado. Costa, Santos (1999) consideram que a gestão da água como um bem econômico é uma importante forma de atingir eficiência no seu uso e de promover sua conservação.

As leis tanto em nível Federal como Estadual foram elaboradas dentro de um enfoque sistêmico; com base em modelos que estão sendo aplicados em países da Europa, particularmente na França, e aponta a solução para vários problemas relacionados à questão dos recursos hídricos. No Brasil porém, enfrentará um problema crucial, face à cultura predominante nas organizações (Luchini, 1999). A autora considera difícil a integração do planejamento dos recursos hídricos com o planejamento das demais prioridades do país, e prossegue: *“institucionalmente essa integração significa perda de poder e implementar um sistema integrado de gestão será o grande desafio da Lei 9.433/97”*. Na realidade, observa-se o mesmo conflito em nível estadual. A Lei 9.748/94 em seu artigo 4º estabelece que a Fundação do Meio Ambiente, FATMA,

será o órgão gestor dos recursos hídricos, porém é de se esperar que a FATMA com a sua atual estrutura enfrentará muitas dificuldades para implementar o sistema. A Fundação Estadual é um dos poucos órgãos ligados ao SISNAMA, Sistema Nacional de Meio Ambiente, que possui atribuições para atuar simultaneamente no controle de poluição, na política de recursos hídricos e florestal.

A falta de recursos humanos necessários para fazer cumprir suas funções, favorece que outras instituições manifestem interesse sobre o assunto, ocupando um espaço legalmente atribuído à FATMA. Essa situação parece agradar o Poder, na medida em que nada é feito para reverter essa situação.

A viabilização de uma gestão integrada, racional, consistente, minimizadora de conflitos e maximizadora do bem-estar social, segundo Vieira (1999) passa pela identificação e implementação de instrumentos de gestão. A Lei 9.433/97 em seu artigo 5º estabelece como instrumentos de gestão: os **planos** de recursos hídricos, o **enquadramento** dos corpos d'água em classes preponderantes de usos, a **outorga** dos direitos de usos de recursos hídricos, a **cobrança** pelo uso e o **sistema** dos recursos hídricos (Santa Catarina, 1998).

Para Lanna (1997) o plano é a expressão formal das aspirações sociais e/ou governamentais na busca da adequação do uso, controle e proteção dos recursos hídricos.

O segundo instrumento, o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes, tem uma importância fundamental pois propicia a implantação de um sistema de vigilância da qualidade da água fortalecendo a relação entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental. Visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, bem como, diminuir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas e permanentes.

A base de aplicação do enquadramento é a Resolução nº. 20 do CONAMA/86, que de acordo com Pereira, Lanna (1999), é um aperfeiçoamento da Portaria nº.13 de 15/01/76 do Ministério do Interior. A resolução divide as águas do território nacional em águas doces, salobras e salinas, e em função dos

usos foram sugeridas 9 classes, cada qual correspondente a uma determinada qualidade, expressa através de padrões, a ser mantida no corpo d'água. Essa resolução estabelece também padrões para os efluentes líquidos a serem lançados nos corpos receptores.

Após 14 anos da criação da resolução CONAMA nº 20/86, observa-se que a mesma ainda não foi implementada na maioria dos estados brasileiros, a exemplo de Santa Catarina. O enquadramento dos rios ainda não foi efetivado pela FATMA, que segue a Portaria Estadual nº 024/79. De qualquer forma, de acordo com o artigo 2, letra f, enquanto os estados não classificarem seus cursos d'água conforme as classes previstas na resolução nº. 20 do CONAMA/86, os cursos de água doce serão considerados como de classe II, ou devem atender a legislação anteriores.

Pereira, Lanna (1999), criticam vários aspectos dessa resolução, alertando que a mesma foi aprovada em época em que os estudos sobre a recuperação ambiental estavam pouco desenvolvidos e poucos eram os dados disponíveis para se fixar um regime de vazão de $Q_{7,10}$ para diluição de poluentes, além da inflexibilidade dos padrões de qualidade quando tomam como exemplo o caso do fósforo. Os autores recomendam uma revisão dos limites impostos na resolução, levando-se em conta que ambientes aquáticos tropicais tem maior capacidade de assimilação de fósforo do que aqueles dos climas temperados, como já citado nesse estudo.

Nascimento, Von Sperling (1999) ao contrário, consideram que a resolução nº. 20 do CONAMA/86 tem uma grande interface com a Lei 9.433/97, sendo que uma depende da outra para melhoria das condições dos recursos hídricos do país. Segundo esses autores, embora a resolução estabeleça padrões de qualidade da água e de lançamento de efluentes, o seu objetivo principal é a preservação da qualidade do corpo d'água, de modo que esse tenha seus usos assegurados conforme seu enquadramento. Os padrões de lançamento existem apenas por uma questão prática, uma vez que é difícil manter o controle efetivo das fontes poluidoras com base apenas nos padrões de qualidade do corpo receptor (Von Sperling, 1998). Assim os padrões de emissão de efluentes na

verdade são ferramentas para a manutenção e melhoria da qualidade das águas, mas não a finalidade em si. Nascimento, Von Sperling (1999) consideram que os padrões de qualidade dos corpos d'água são os fatores de real interesse na resolução e comparam os padrões de qualidade da Resolução nº. 20 do CONAMA com padrões fixados pela Comunidade Européia e Banco Mundial, além de relacionar em parâmetros máximos e mínimos das legislações estaduais brasileiras.

Esses autores concluem que a resolução não é tão restritiva quanto alguns insistem em afirmar, e consideram não ser esse o motivo pelo qual ainda não foi implementada na maior parte dos estados brasileiros, podendo se tornar uma norteadora para os planos de recursos hídricos. Ela prevê a garantia da preservação quando fixa que os efluentes mesmo quando atendem os padrões fixados em seu artigo 21, não poderão conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento. Além disso, avança no campo do monitoramento através de bioindicadores e do sinergismo de poluentes, quando fala da proteção das comunidades aquáticas.

A resolução falha, porém, quando se trata de rios muito poluídos, já que ela não prevê dispositivos que possibilitem a recuperação ambiental dos mesmos, pois ao atenderem os padrões fixados para lançamento de efluentes, as empresas contribuem muito pouco para melhoria da qualidade dos corpos receptores. Resumindo, em condição de criticidade os padrões de emissão deveriam ser mais restritivos do que aqueles previstos na resolução, porém o que se observa na prática é o contrário, uma vez que o pensamento que sobressai nesses casos é *“por que lançar em um rio poluído, efluentes com qualidade melhor do que aquela encontrada no próprio rio?”*. Esse tipo de atitude é comum em usuários de águas dos rios da bacia do Araranguá, principalmente naqueles comprometidos com a mineração do carvão, e comumente se ouve esse tipo de questionamento dos próprios mineradores, responsáveis por tal degradação.

De qualquer forma parece haver uma confusão entre o enquadramento de acordo com usos preponderantes e a condição de uso, que reflete na verdade a condição da qualidade de um corpo d'água. O cruzamento da condição de uso

com o uso atual estabelece o conflito de uso. Não se pode esquecer que o enquadramento é estabelecido pelo estado através dos seus órgãos de controle ambiental, enquanto a condição de uso é resultado do uso da terra na bacia, e é realidade da bacia ou do rio, constatado através do monitoramento.

A outorga de direito de uso das águas é o ato administrativo mediante o qual o poder público faculta ao outorgado a garantia de uso do recurso hídrico por prazo determinado. De acordo com Lanna (1999) a função da outorga é de ratear os recursos hídricos disponíveis de tal forma que os melhores resultados sejam gerados para a sociedade. Esse autor considera importante que esses resultados estejam *“atrelados a contribuições ao crescimento econômico, à equidade social, e à sustentabilidade ambiental”*. Uma das dificuldades encontradas na implementação da outorga de uso é a aleatoriedade da disponibilidade da água, já que não se sabe ao certo quanto estará disponível em determinado período e local (Lanna, 1999). Marques (1999), considera que a outorga possibilita ao poder público dispor de um mecanismo que lhe assegure o controle quantitativo e qualitativo da água utilizada. Na verdade, esse instrumento sugere a necessidade de conhecimento amplo dos recursos hídricos, no que tange à sua qualidade e quantidade previamente à cessão da outorga de uso, necessidade essa que segundo Marques (1999), não vem sendo enfrentada com a atenção que o tema merece pelos poderes públicos em nível federal e estadual, já que não são regulamentados os dispositivos para a gestão dos instrumentos de outorga e cobrança.

Além da outorga de uso das águas, a legislação prevê a outorga de direitos de poluir. De acordo com Lanna (1996), esse tipo de direito dos usuários dos recursos hídricos, de certa forma já vem ocorrendo através do licenciamento ambiental, só que os limites são os parâmetros fixados na legislação ambiental. Com a cobrança baseada na quantidade e qualidade do poluente, espera-se que haja a tendência de redução das cargas poluentes seja através da melhoria na performance das estações de tratamento de efluentes ou na reciclagem e reaproveitamento dos mesmos.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é o instrumento capaz de promover as condições de equilíbrio entre as forças de oferta e a demanda de água, com o objetivo principal de promover a economia de uso de um recurso natural que passa a ser reconhecido como tendo valor econômico. De acordo com Luchini (1999), além de garantir o uso racional dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água garantirá a autonomia financeira das entidades gestoras e sustentabilidade das intervenções a serem realizadas na bacia.

Lanna (1997), discute a necessidade de se aplicar as leis de mercado para que se garanta principalmente o uso racional das águas e não apenas a garantia do financiamento das intervenções na bacia hidrográfica, deixando claro que é favorável ao mercado de águas. O Mercado das Águas funcionaria como o Banco das Águas criado na Califórnia sobre a iniciativa e coordenação do DWR (Department of Water Resources).

Para a situação espanhola das águas, Arrojo, Naredo (1997) afirmam que falar de “Mercados de Água” como a nova *varinha mágica* que recomponha a distribuição de concessões atualmente vigente pode ser *um puro fogo de artifício*, a partir da estética neoliberal da direita no Governo, porém pode ser uma porta aberta ao comércio privado de águas de boa qualidade, a custo de um patrimônio que ao menos formalmente, ninguém põe em dúvida que é, e deve continuar sendo, público. Eles fazem diferença entre o “Mercado de Águas”, e o “Mercado de Direito de Uso”.

Com a Lei das águas, Lei 9.433/97, a gestão dos recursos hídricos deixa de ser responsabilidade de um pequeno conjunto de órgãos públicos e passa a ser atribuída a um sistema de recursos hídricos cuja participação envolve a União, os Estados, os Municípios, os usuários e sociedade civil.

Luchini (1999) propõe para que se obtenha bons resultados, a necessidade de se estabelecer *mecanismos de convivência e integração* entre os vários integrantes desse processo. A mesma autora considera prudente deixar a cargo da Secretaria Nacional de Recursos Hídricos a responsabilidade pela coordenação unificada do Sistema Nacional de Recursos Hídricos, pois trata-se

de uma entidade não usuária e portanto, *capaz de promover o respeito a todos os usuários da água*.

De qualquer forma, os valores a serem cobrados serão determinados em função dos planos da bacia hidrográfica e dos investimentos neles previstos, não esquecendo que o objetivo principal é a economicidade do uso das águas. Ao contrário dos tributos, a cobrança pelo uso das águas se assemelha mais a uma taxa condominial (Lanna, 1999).

É importante lembrar que o Brasil possui uma coletânea de leis, decretos e resoluções aplicadas às questões ambientais, porém carecemos de políticas públicas adequadas de forma a fazer com que esses dispositivos legais sejam cumpridos resultando no efeito esperado, ou seja, que os ambientes degradados sejam recuperados e os que ainda se encontram com bons níveis de qualidade, conservados.

9.1 O comitê da bacia do rio Araranguá

De acordo com a lei estadual nº. 9.748 de novembro de 1994, o comitê tem como função coordenar as atividades relacionadas aos recursos hídricos, compatibilizando, no âmbito espacial de sua respectiva bacia, as metas do Plano Estadual de Recursos Hídricos com a melhoria da qualidade dos corpos d'água.

Entre as competências dos comitês de bacias, está a proposição do enquadramento dos corpos d'água em classes preponderantes de uso e conservação, bem como compatibilizar os interesses dos diferentes usuários da água, minimizando os conflitos (Santa Catarina, 1998).

Em fase embrionária, o comitê da bacia do rio Araranguá ainda não foi instituído. Em 14/05/98 formou-se um grupo de 24 profissionais ligados aos diversos setores atuantes na bacia, que foi denominado de "Grupo pró-comitê de gerenciamento da bacia do rio Araranguá". Porém, este grupo não se reúne a mais de um ano, demonstrando a dificuldade de mobilização comunitária nesse processo. Filippini, Cánepa, Schneider (1999) lembram que foram necessários

dois anos e meio de trabalho voluntário até que fosse oficialmente criado o “Comitê da bacia do Taquari – Antas”, no Rio Grande do Sul. Os autores alertam que para se obter êxito, o comitê precisa nascer da vontade popular. É isso que se espera do comitê da bacia do rio Araranguá: que os usuários da água atinjam o grau de consciência necessária ao amadurecimento desse processo. Porém, como se trata de interesses diversos e sendo a água um recurso limitado nessa bacia, será necessária a articulação dos vários segmentos sociais.

O grande desafio será fazer com que ao ser criado formalmente, o comitê já tenha suas raízes na sociedade civil, a exemplo do que sugerem Filippini, Cánepa, Schneider (1999).

Machado, Macedo (2000) recomendam o envolvimento e o aproveitamento do conhecimento empírico da população envolvida, que passa a ver, pelo menos em parte, como sua própria decisão, as decisões tomadas a partir de um plano ou de um enquadramento de um rio elaborado geralmente por técnicos que trabalham em um gabinete. O conhecimento dessa forma é construído conjuntamente.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

A bacia do rio Araranguá é um espaço onde se observam paisagens diferenciadas. Devido ao vigor do relevo nas escarpas associado à distância relativamente pequena entre as nascentes e a planície, os rios são torrenciais, transportando grande quantidade de fragmentos de rocha proveniente das Escarpas da Serra Geral. Em função disso, os rios não costumam obedecer os traçados que o homem lhes impõe o objetivo de ocupar suas planícies. A cada chuva mais intensa um novo leito é formado com blocos, matacões e seixos.

A planície nos meses compreendidos entre dezembro e março apresenta-se coberta pela rizicultura, entrecortada por manchas de remanescentes da Mata Atlântica, plantações de milho, feijão, fumo, banana..., vilas e pequenas cidades, formando um imenso mosaico.

O impacto da mineração do carvão, apesar do efeito nefasto proveniente da reação química de seus rejeitos com a água e o ar, também oferece paisagem rara, com os lagos artificiais azuis, verdes, amarelos e vermelhos ladeados por pilhas cônicas de rejeitos e estéreis da mineração de carvão que podem atingir até 40 metros de altura e que há alguns anos atrás sugeriam uma idéia de completa esterilidade. Esse foi o motivo pelo qual as áreas mineradas a céu aberto pela dragline Marion ficaram conhecidas como “paisagem lunar”. Entretanto, hoje algumas dessas áreas evidenciam sinais de regeneração, demonstrando para o homem o “caminho” da recuperação ambiental.

No baixo vale, o rio Araranguá recebe a carga poluente das atividades localizadas a montante, que misturando-se às águas estuarinas, resulta em variadas tonalidades. O rio nesse trecho divaga pela planície ao encontro do oceano, conforme se visualiza na figura 64. Junto à sua foz sobressai o Morro dos Conventos.



Figura 64: Ambiente estuarino do rio Araranguá onde observam-se as formas sinuosas do leito divagante e parte de sua planície, ocupada pela agricultura. Ao encontro do Oceano, na margem direita, o Balneário de Morro dos Conventos. Foto cedida por pela ONG “Sócios da Natureza”, de autoria de Tadeu dos Santos.

Nesse contexto, o conhecimento da qualidade dos rios nas áreas próximas às nascentes é importante para se avaliar as possíveis alterações na qualidade ambiental em função dos ambientes geológicos diferentes e dessa forma traçar um perfil da condição de *background* da bacia. Essa informação gerará o conhecimento do que se espera da qualidade das águas na planície quando de programas de recuperação ambiental das águas da bacia, seja no subsistema do rio Mãe Luzia, cujo maior problema está associado às atividades

associadas à mineração do carvão, seja no subsistema do rio da Pedra/Itoupava, com forte influência do setor de rizicultura.

Um dos principais problemas que afeta os recursos hídricos no País, é o impacto resultante do desenvolvimento urbano. De acordo com Tucci (1999), esse impacto é importante tanto em “nível interno” dos municípios quanto em “nível externo”, exportando a poluição para jusante. Isso nada mais é do que analisar o problema em diferentes escalas. Na bacia do rio Araranguá, esse problema parece não assumir ainda proporções alarmantes, uma vez que analisando-se os dados na escala da bacia, isso não se reflete na qualidade da poluição, principalmente com relação à DBO₅, coliforme fecais, nitrogênio e baixos níveis de concentração de oxigênio.

Porém, numa outra escala, sabe-se que esse problema reflete na qualidade de vida de moradores locais, principalmente daqueles que vivem em bairros menos favorecidos nas cidades de maior porte da bacia, como Criciúma, Araranguá e Içara, em função da falta de saneamento básico. O mesmo pode ser dito das enchentes que é sentido com freqüência em nível de bacia, e mais freqüentemente ainda em nível de municípios e bairros.

Quanto ao estuário é importante observar durante a fase de enquadramento dos recursos hídricos, a extensão do estuário da bacia do Araranguá. Jay *et al.* (1998 *apud* Silva, 2000) alertam para a necessidade prática do conhecimento das dimensões de um estuário, a fim de viabilizar um processo de gestão com critérios que levem em conta as características dessas áreas. As utilizações pretendidas dessas águas, podem incluir além da qualidade das águas e dos recursos vivos, aspectos relativos à conservação da natureza e dos valores da paisagem, bem como à capacidade do estuário em servir de suporte ao turismo, recreação e aqüicultura.

Moradores da área de abrangência do estuário que têm na agricultura sua fonte de renda, comumente percebem as elevadas concentrações de sais nas águas como um problema. Essa percepção precisa ser trabalhada, afinal, é a poluição vinda de montante que prejudica as águas estuarinas, não permitindo que essas promovam o seu importante papel dentro desse ecossistema, que é

garantir a reprodução das espécies aquáticas não só no próprio estuário mantido pelo canal do rio, mas também no litoral.

Avaliando os dados de qualidade das águas obtidos até então, é possível traçar uma avaliação espaço-temporal em alguns pontos da bacia. Algumas estações monitoradas registraram os mais baixos índices de pH no monitoramento realizado pelo IPH (1982) e ECP(1982) pode ser observado respectivamente nas tabelas 17 e 18 e na figura 46, referente às estações: RML4, RML5, RML7, RA2 e RA3. Isso demonstra como o rio Mãe Luzia e o estuário do rio Araranguá vêm sofrendo o impacto da mineração do carvão, registrado desde os primeiros programas de monitoramento realizados.

Em outros pontos avaliados, os mais baixos níveis de pH foram registrados em 1997. Dessa forma, parece ser possível admitir que enquanto alguns trechos dos rios monitorados apresentaram-se com melhorias na qualidade de suas águas, outros parecem apontar uma *tendência* de que a situação piorou nos últimos anos, como por exemplo os rios Sangão e Fiorita, que registraram os menores valores de pH e maiores concentrações de ferro e sulfatos a partir de 1995 (figuras 45, 46 e 47), embora as médias dos valores obtidas para alguns desses parâmetros tenham se mantido constante, conforme demonstra as figuras 35 e 41. De qualquer forma, esses dois rios precisam de um programa de monitoramento mais constante e detalhado com o objetivo de se avaliar essa tendência, já que nessas sub-bacias, várias atividades ligadas ao setor carbonífero que ainda estão em funcionamento.

Quanto ao rio Mãe Luzia, observa-se que o mesmo mantém-se com pH em torno de 3 unidades por um trecho de aproximadamente 35 km (DNPM, 1999), compreendido entre o município de Nova Veneza e a confluência do rio Mãe Luzia com o rio Sangão, onde não há contribuição de atividades de mineração de carvão. O pH mantém-se constante mesmo com as contribuições que o rio Mãe Luzia recebe de rios sem contaminação do carvão, como os rios Manim, Jordão, São Bento, Manuel Alves, entre outros. O mapa nº 03, no anexo, permite visualizar os afluentes não contaminados pelas atividades ligadas à exploração do

carvão entre as estações de monitoramento RML4, em Nova Veneza e RML6, em Forquilha.

Por analogia ao estudo apresentado em ECP (1982e) com relação ao efeito tampão das drenagens ácidas da mineração, pode-se concluir que da mesma forma que as drenagens ácidas de mineração de carvão necessitam de muito mais agente alcalinizante para neutralizar a acidez e conseguir aumentar o pH, quando comparada com uma amostra sintética, o mesmo acontece com os rios contaminados por essa atividade que para diluir seus efeitos, baixos valores de pH, necessitariam muito mais água de boa qualidade (afluentes sem influência da mineração), do que há no subsistema do rio Mãe Luzia.

De qualquer forma, quando da elaboração de projetos de recuperação das águas da bacia, é importante lembrar o efeito tampão das águas com influência do carvão, sendo necessário maior esforço no sentido de quebrar esse efeito, a partir do qual a natureza se encarregará de realizar o restante da recuperação, como sugere JICA (1998).

É importante observar ainda no mapa nº 03, em anexo, as principais fontes de poluição das águas da bacia. Há um número razoável de indústrias alimentícias, cujos efluentes emitem cargas orgânicas. Acrescentam-se os esgotos sanitários da população total da bacia que são lançados direta ou indiretamente nessas águas, razões pela qual a concentração de DBO_5 aparece em algumas amostragens, acima dos limites recomendados.

Mesmo assim, os níveis de oxigênio na maioria dos rios têm-se apresentado próximo à saturação. A turbulência da água deve ser uma importante entrada de oxigênio nas águas dos rios da bacia do Araranguá. A diferença de altitude em alguns trechos, associado ao leito com seixos, blocos e matacões, favorecem por turbulência a transferência de oxigênio do meio gasoso para o líquido, o que faz com que a maior parte dos rios apresentem uma boa capacidade de auto-depuração com relação à poluição de origem orgânica. Isso é observado nos dados de monitoramento que apontam com raras exceções níveis de oxigênio próximo à saturação, mesmo naqueles rios em que a concentração

de matéria orgânica, medida em DBO_5 , encontra-se acima do estabelecido na Resolução n. 20 do CONAMA.

Constituem exceções alguns rios que nascem em áreas abaixo de 200 metros, sobre rochas sedimentares alteradas intempericamente e trechos dos baixos cursos, abaixo de 40 metros de altitude. Os rios Criciúma, Maina e Sangão, no município de Criciúma, apresentam níveis de saturação de oxigênio próximos a zero, atribuídos à elevada carga orgânica proveniente dos esgotos domésticos daquela cidade, bem como da oxidação de metais provenientes das atividades de mineração, despejados acima da capacidade de assimilação destes rios (Alexandre, Krebs, 1995). Rios com essas características deveriam ser alvo de maior preocupação com relação às questões de poluição, pois não apresentam boas condições de auto-depuração.

É importante observar que apesar das análises não se apresentarem como uma situação crítica com relação à poluição por esgotos domésticos, não significa que investimentos e estudos nessa área não sejam importantes, uma vez que o aumento da população além de aumentar o volume de esgoto gerados, requer também maior quantidade de água de boa qualidade tanto para seu consumo, quanto para produção agrícola, industrial ou de serviços, numa bacia onde esse recurso já é um bem escasso.

Conforme dados apresentados na quadro 3 e mapa de qualidade das águas e fontes de poluição (mapa nº 3, em anexo) que representam a **condição de uso dessas águas** de acordo com Resolução nº 20/86 do CONAMA, conclui-se: 1) com exceção da concentração de alumínio detectada acima do limite recomendado, e que apesar da análise ter sido realizada na fração total da amostra, se pode dizer que essa é uma característica das águas da bacia; as águas do subsistema do rio Itoupava se apresentaram durante a maior parte do tempo como águas com condição de uso para classe I e II. 2) A referência que se faz com a expressão "a maior parte do tempo" se deve ao fato de haver em épocas que antecedem o plantio do arroz, um aumento nos níveis de turbidez, que podem em alguns trechos de rios, ultrapassar o limite de 100 NTU, limite máximo admissível para águas de classe II, de acordo com artigo 5º da resolução

nº 20/86 do CONAMA, prejudicando assim o uso múltiplo das águas da bacia, inclusive o abastecimento público. 3) Enquanto os rios sem comprometimento com a mineração de carvão, apresentam-se com condição de uso como classe I e II, os principais rios dos subsistemas do Mãe Luzia, Porcos e baixo vale do Araranguá, que recebem a influência dessas atividades, apresentam-se na maior parte dos seus trechos sem quaisquer condições de uso. As principais restrições referem-se aos baixos níveis de pH, elevadas concentrações de sulfatos, ferro, manganês e alumínio.

As coletas realizadas em abril de 2000 nos rios Itoupava, Amola Faca, Jundiá, São Bento, do Cedro e Manuel Alves, tiveram por objetivo analisar os rios cujas áreas comportam extensos cultivos de arroz, no mês em que as canchas de arroz estavam sendo drenadas para propiciar a colheita do mesmo. Esperava-se verificar se o impacto da rizicultura, identificado por Lopes (1998) na bacia do rio Duna, também seria observado na área de estudo, o que não ocorreu.

O fato da bacia do rio Araranguá não apresentar dados semelhantes à do rio Duna, com relação à concentração de metais pesados em áreas predominantemente agrícola, talvez possa ser explicado pela diferente fisiografia das duas áreas, ressaltando-se principalmente as diferentes condições geológicas e pedológicas. Vale lembrar, que Lopes (1998) trabalhou em área de solo turfoso, e as turfas tem a propriedade de adsorverem e acumularem componentes químicos, inclusive aqueles provenientes da intemperização das rochas. As atividades agrícolas sobre esses solos orgânicos talvez tenham como conseqüência, também a liberação para os cursos d'água de partículas de solo, com componentes adsorvidos de longa data e associados aos agrotóxicos, quando do revolvimento do mesmo para o preparo da área para a próxima safra, como abordado anteriormente. De qualquer forma, na bacia do rio Araranguá esse assunto precisa ser mais aprofundado, valendo porém lembrar que os níveis encontrados por Lopes (1998) chegam a ser alarmantes.

Apesar das análises das águas da bacia do rio Araranguá indicarem uma situação otimista com relação a essa questão em áreas predominantemente agrícola, há de se fazer uma ressalva, já que de acordo com o relatório da FAO

(1989, *apud* Malavolta, 1994), depois da terra e da água, os adubos e fertilizantes, podendo incluir-se também os agroquímicos, são provavelmente os insumos mais importantes para o aumento da produtividade agrícola. Desta forma, numa área onde a produção é limitada pela disponibilidade de água e de certo modo da terra, já que se tratam de pequenas propriedades, onde o tipo de cultivo adotado não permite o seu uso intensivo, resta imaginar que o aumento da produtividade poderá estar associado no futuro, além do melhoramento genético das espécies, também ao incremento no uso de adubos, fertilizantes e de agrotóxicos.

Medidas de proteção e conservação do solo devem ser estimuladas, principalmente nas sub-bacias com maior vocação agrícola. Quanto à lavoura de arroz, pesquisas devem ser incentivadas com relação à eficiência e eficácia no uso das águas. Constata-se que as recomendações técnicas com esses objetivos têm sido bem aceitas entre os agricultores. Talvez, essa aceitação se deva mais em função da pouca disponibilidade de água, do que da consciência ambiental dos agricultores. Todavia, parece óbvio que com a água retida mais tempo nas canchas, é menor a probabilidade de contaminação das águas superficiais em função dos usos de agrotóxicos. Porém, o mesmo não se pode dizer em função da volatilização destes produtos, já que odores característicos dos mesmos são sentidos nas cidades predominantemente agrícolas na época da safra do arroz (UNESCO, 2000). Além disso, observa-se durante a aplicação desses produtos, o despreparo por parte dos agricultores com relação à proteção individual, o que leva a concluir que antes de ser um problema ambiental, a aplicação de agrotóxicos na lavoura de arroz, assim como na de fumo, no sul do estado é um problema de saúde ocupacional.

Com relação à mineração de carvão, os instrumentos legais até então adotados não se demonstraram eficientes para equacionar os problemas ambientais decorrentes dessa atividade. Existe uma diferença entre o que a legislação determina e o que se consegue realmente alcançar. Isso fica bem claro quando a questão envolve a degradação dos recursos hídricos devido à mineração de carvão, evidenciando que de pouco adiantam as leis se não

existirem políticas públicas de modo a sistematizar e operacionalizar a sua aplicação.

De qualquer forma, a situação atual é diferente daquela observada na metade da década de 80 e praticamente toda a década de 90. A lei 9605/98, lei de crimes ambientais e a ação civil pública contra as empresas mineradoras, estado e União (Vaz, 2000), trazem uma expectativa de reversão do atual quadro de degradação. Nesse contexto, não se pode esquecer que a realidade econômica do setor carbonífero atualmente é de estabilidade, mantendo-se num patamar de produção em torno de 4 milhões de toneladas anuais, com preço do carvão bastante atrativo, além de indícios de que o carvão tem sua importância na matriz energética nacional.

Acrescenta-se a esses dispositivos, a Lei 9433/97, lei de política das águas, que normatiza além da cobrança pelo uso da água, também em seu artigo 21, item II, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos utilizados para lançamento de efluentes industriais e esgotos sanitário. A fixação dos valores de cobrança deve levar em consideração a vazão dos despejos, suas características físicas, químicas e biológicas, bem como a toxicidade dos efluentes e, principalmente o grau de comprometimento do curso d'água receptor, uma vez que quanto mais degradado esse se encontrar, maior deverá ser o preço referente ao lançamento de despejos, com a finalidade de reduzir-se as cargas poluentes afluentes. Esta é uma forma de internalizar, pelo menos em parte, os custos ambientais, ou seja, as externalidades, como Coase *et al.* (1960, *apud* Cánepa 1990) previram. É claro, que a cobrança referente ao lançamento de efluentes não exime a empresa de atender aos dispositivos legais que fixam parâmetros de lançamento de efluentes. A cobrança teria o principal objetivo de melhorar ainda mais a eficiência dos sistemas de controle de poluentes, proporcionando ao mesmo tempo a economicidade no uso da água.

De qualquer forma, tratando-se de uma bacia onde são muitos os conflitos de uso das águas, é urgente que se preserve no mínimo as áreas definidas por Lei como áreas de proteção ambiental. Para que possamos aspirar a níveis aceitáveis de qualidade ambiental, devemos preservar as áreas onde há

maior vigor do relevo (Scheibe, Buss, 1993), acrescentadas das condicionantes previstas no código florestal, portaria n. 024, além é claro, das áreas definidas pelo poder público federal, estadual e municipais como parques e reservas.

É necessário intensificação nos trabalhos de fiscalização das áreas de encostas, que de acordo com as observações realizadas nos trabalhos de campo e confirmadas através das análises bacteriológicas das águas nessas áreas, vem sendo ocupadas de forma irregular. É importante lembrar que o equilíbrio ambiental na planície, depende em grande parte da preservação das áreas mais íngremes da bacia.

Os setores de domínio da floresta ciliar deverão ser respeitados, sendo que nas áreas rurais onde comumente são utilizados para plantio, é necessário a implementação de programas que além da fiscalização, trabalhem com a conscientização dos agricultores. As Áreas de Preservação Permanente, APP's, especialmente a mata ciliar, exercem a função de faixa de proteção sanitária, retendo e filtrando os poluentes, além de afastar as atividades das margens dos rios. Trabalhos realizados sobre recomposição de mata ciliar deverão ser à base desses programas, lembrando que o simples fato de "não usar" essas áreas, já permite o restabelecimento da vegetação. É importante frisar que essa observação não se aplica às APP's onde foram depositados rejeitos piritosos e carbonosos.

É interessante lembrar que o agricultor tem uma relação de dependência com a água, e que apesar de que por lei essa é um bem público, observa-se que muitos a consideram ainda como um bem privado, talvez por reflexo ainda do Código das Águas (1942), marco regulatório sobre as questões das águas no País e que assim reconhecia esse recurso. Essa percepção de água como um bem particular, reflete diretamente não só na preservação da floresta ciliar, "*já que as propriedades vão até o meio do rio*", com se costuma ouvir na área rural, como também na qualidade e quantidade de água. Não há economia de uso, demonstrando falta de solidariedade não só para com os usuários de jusante, pois quem tem acesso primeiro à água, usufrui a mesma,

sem se preocupar com os demais, como também com as futuras gerações que terão que contar com o estoque finito de água da Terra.

Programas de conscientização de agricultores necessariamente terão que trabalhar essas questões, afim de mudar essa percepção.

As áreas definidas pela Lei 5.793 de 15/01/80 como passíveis de se tornarem mediante decreto, reconhecidas como área de proteção especial deverão ser objeto de atenção. Entre essas, destacam-se os mananciais de abastecimento e o estuário do rio Araranguá. Essa medida se adotada, também terá um reflexo positivo na manutenção e preservação do equilíbrio ambiental da bacia.

Por tratar-se de bacia hidrográfica com inúmeros conflitos entre os diversos usos das águas, faz-se necessário que o poder público crie através de decreto de lei, áreas de proteção especial em cada uma das sub-bacias, desde as nascentes até ponto de captação de água para abastecimento da população. Essa medida visa não só a garantia da demanda proveniente da taxa de crescimento populacional, mas também possibilitar o atendimento à grande parcela que ainda não tem acesso à água tratada.

O mapa nº 02, em anexo, localiza os pontos que atualmente servem como captação de água para abastecimento público, bem como os projetos que encontram-se em fase mais avançada.

Nas sub-bacias que servem para abastecimento doméstico de água, atuais e potenciais, deveria haver um controle rígido com relação à utilização de agrotóxicos, pois tratam-se de poluentes que não são removidos através de processo de tratamento convencional de água segundo Raiswell (1983); Clesceri, Greenberg, Trussell (1989); O'Neill (1995).

Outra medida prioritária, porém um pouco mais difícil de ser implementada pois a área encontra-se com suas condições ambientais bastante alteradas, é o reconhecimento também através de decreto do "estuário do rio Araranguá". A Lei nº 5.793 de 15/01/80 também define os estuários como *áreas de proteção especial*, e devem ser assim consideradas por tratarem-se de áreas

sensíveis à poluição ambiental, uma vez que servem de berçário para manutenção não só da vida no rio, mas também no litoral.

De qualquer forma o reconhecimento do estuário do rio Araranguá, inibe a intenção de realização de obras no canal com o objetivo de impedir o avanço das águas do oceano, o que aumenta a concentração de sais nas águas dificultando o uso das mesmas na agricultura. No estuário, o que se quer é justamente o contrário, é que as águas do oceano fluam pelo canal do rio, misturando-se às águas desse, formando um ecossistema favorável ao enriquecimento da vida aquática.

Um programa sério de reversão do atual quadro de degradação da poluição do carvão também é fundamental na área da bacia e conseguirá reverter a situação no estuário. Esse programa deverá iniciar pela adoção de medidas que avancem no controle ambiental, por parte das empresas mineradoras que estão em operação. Entre essas medidas, os sistemas de tratamento das drenagens ácidas e um sistema de cobertura dos depósitos de rejeito que minimizem a influência desses com as águas superficiais e subterrâneas, são de fundamental importância.

Quanto à *poluição do passado*, a ação civil pública (Vaz, 2000) pode ser a precursora do processo de reversão do atual quadro de degradação ambiental. As medidas corretivas a serem implementadas, no mínimo deverão ultrapassar a fase em que *naturalmente* o ambiente gastaria 70% do tempo para a sua recuperação, ou seja, o homem deverá acelerar essa etapa mais lenta da recuperação das áreas degradadas.

Quando da elaboração dos projetos de recuperação, é importante lembrar o efeito tampão que as águas com influência do carvão apresentam com relação à elevação do seu pH. Dessa forma, maior esforço será necessário para quebrar esse efeito, esperando-se que a partir daí a natureza se encarregará de realizar o restante do trabalho de recuperação.

Nesse contexto, é importante salientar que o uso consuntivo das águas do rio Mãe Luzia a montante da área minerada, ou seja, acima do ponto de monitoramento denominado como RML2, seja com objetivo de abastecimento

público, industrial ou para geração de energia poderá comprometer definitivamente esse rio, inviabilizando a sua recuperação. Além disso, como salientado, esse rio mesmo com pH próximo a 3 unidades é utilizado para irrigação do arroz nos municípios de Forquilha e Maracajá, e a tomada de água de boa qualidade a montante desses municípios poderá comprometer esse uso.

Caso seja necessária a utilização consuntiva dessas águas, medidas compensatórias deverão ser adotadas previamente. Uma alternativa para compensar o uso das mesmas, seria a adoção por parte das empresas mineradoras de medidas eficazes de controle ambiental nas empresas em atividade, sendo necessário para isso o tratamento das drenagens ácidas de cada unidade mineira, bem como adoção de sistemas de cobertura de rejeitos mais eficientes, conforme proposto em JICA (1998). Lembrando que isso, nada mais é do que o atendimento à legislação ambiental, e reduziria a carga poluente afluente nesse subsistema, propiciando não só a continuidade do uso das águas por parte dos rizicultores, mas também possibilitando a melhoria da qualidade ambiental do rio Mãe Luzia, e conseqüentemente do estuário do rio Araranguá.

Como pode ser avaliado, o uso múltiplo da água, implica em interesses que não raras vezes são conflitantes, com reflexos tanto na sua qualidade quanto na quantidade. Na bacia do rio Araranguá, como discutido até então, esses problemas são inerentes às atividades de mineração, industrialização, agricultura e urbanização; mas também tem origem em fenômenos naturais, como o relevo, condições estuarinas, torrencialidade dos rios, que ora tem água em excesso, provocando cheias, ora com pouca água acirrando as disputas pelo seu uso, entre outros.

Assim sendo, em uma bacia hidrográfica onde há disputas por água de boa qualidade e em quantidade suficiente como é o caso da bacia do rio Araranguá, é urgente a necessidade do gerenciamento integrado entre os diversos usos da água e da terra.

Sente-se a necessidade de um órgão gestor que centralize as informações e que através de uma avaliação integrada e sistêmica canalize os esforços e recursos de modo a reverter o atual quadro de degradação apontada

principalmente no subsistema do rio Mãe Luzia, sem esquecer dos problemas nos demais subsistemas hídricos da bacia. Lembrando que rios do subsistema do rio Itoupava, são responsáveis pela manutenção da qualidade ambiental ainda existente no baixo vale do rio Araranguá.

Esse órgão gestor que deverá ser o comitê da bacia do rio Araranguá, terá papel fundamental definindo as prioridades para melhorar a condição ambiental na mesma.

Para que a gestão seja realizada de forma participativa, é necessária a mobilização social para a formação do Comitê da Bacia do rio Araranguá, lembrando que o conhecimento da percepção dos atores envolvidos no âmbito da bacia, serve para fundamentar as ações do futuro comitê.

No presente estudo, esse tema foi rapidamente abordado, porém serve para auxiliar a construção do acervo empírico do conhecimento que Machado, Macedo (2000) consideram de “valor socioambiental inigualável” para a construção do conhecimento da bacia.

Ao perceber que seus sentimentos com relação à água fazem parte dos planos e programas do Comitê, a população da bacia deixa de se considerar expectador para considerar-se protagonista de um processo de transformação.

Uma importante atividade do comitê será o enquadramento dos rios de acordo com o uso que se pretende dar às suas águas. O enquadramento das águas reflete o seu uso pretendido, ou seja, os aspectos sociais, econômicos e ambientais que o comitê considera prioridade para a bacia. O mapa nº 03, em anexo, apresenta a **condição atual de uso** em trechos de rios monitorados na bacia para alguns parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, o que poderá subsidiar as decisões do comitê na tarefa de enquadramento. O cruzamento dessas informações com o uso que a população pretende dar à água, define claramente os conflitos. A partir daí, estabelecem-se os programas e projetos de preservação ou de recuperação da qualidade ambiental.

De qualquer forma, o Poder Público deveria garantir um inventário com atualização periódica de usuários e poluidores das águas, concomitante à

operacionalização permanente de uma rede mínima de monitoramento dos aspectos qualitativos e quantitativos das águas superficiais e subterrâneas da bacia. Essas informações disponíveis em um banco de dados proporcionariam ao futuro comitê, condições de deliberar sobre as outorgas e cobranças pelo uso das águas. Espera-se que com o tempo, o comitê passe a garantir a adequação e atualização desses dados com seus próprios recursos.

Quanto à sustentabilidade ambiental, conclui-se que se todos: poder público, mineradores, agricultores e outros, cumprissem corretamente as suas obrigações, seria possível um convívio dentro da mesma unidade espacial, ou seja, a bacia hidrográfica, com menos conflitos e gerando oportunidades para que as futuras gerações usufríssem uma vivência com boa qualidade de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, N.Z. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: Degradação dos recursos hídricos. *Revista de Tecnologia e Ambiente*. Criciúma: UNESC, v. 5, n.2, 1999. pp. 35-60.

_____, BOFF, V. P. Mortandade de peixes ocorrida no baixo vale do rio Araranguá. FATMA, 1999. Relatório inédito. 8p.

_____, KREBS, A. S. J. Qualidade das águas superficiais do Município de Criciúma, SC. Porto Alegre: CPRM, 1995.

_____, NOSSE, E. O. Fontes de Poluição do Município de Criciúma, SC. Porto Alegre: CPRM, 1995.

_____, SCHMITZ, J. O. , RICKEN, C. Programa de controle de qualidade do laboratório de análise de águas e efluentes industriais – FATMA/UNESC. *Revista de Tecnologia e Ambiente*. Criciúma: UNESC, v. 3, n.2, 1996, 47 a 58pp.

ALLOWAY. B.J. *Heavy metals in soils*. 1ª ed. Londres: University of London, 1990. 330p.

ALTHOFF, D. A., KLEVESTON, R. Sólidos suspensos e perda de nutrientes no preparo do solo para arroz irrigado. *Agropecuária Catarinense*. Florianópolis, v.9, n.2, 44 a 46pp. 1996.

_____. *Classificação de alguns mananciais do sul de Santa Catarina, para fins de irrigação*. Florianópolis, EPAGRI, 1992. 30p (EPAGRI. Documentos: 135).

AMESC. Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense. *Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico e Econômico – PBDEE*. Araranguá, SC. 380p.

ARANA, L. V. *Princípios químicos da qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. Florianópolis: UFSC, 1997. p. 166.

- ARROJO, P., NAREDO, J.M. **La gestión del água en Espana y California.** Bakeaz, 1997. 185pp.
- AUMOND, J. J., SCHEIBE, L. F. Aspectos geológicos e geomorfológicos. In: Dynamis, **Revista Técnico – Científica.** Blumenau, FURB, v. 2, n. 8. 1994. 117 a 123 pp.
- BACHE, B. N. Solute transport in soils. In : Anderson, M. G. E BURT, T. P. **Process studies in hillslope hydrology.** Reino Unido: Jonh Wiley , SONS, 1990. 437 a 462pp.
- BACK, A. J. Análise dos dados de Vento. **Revista de Tecnologia e Ambiente.** Criciúma: UNESC, v.5, n.2, p. 7-17, 1999.
- _____. **Determinação da precipitação efetiva para irrigação suplementar pelo balanço hídrico horário: Um caso estudo em Urussanga, SC.** Porto Alegre:UFRGS – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, p.132. 1997. (Tese Doutorado).
- _____. Viabilidade da cobrança pela utilização de águas para irrigação na bacia do rio Araranguá. **Revista de Tecnologia e Ambiente,** Criciúma: UNESC, v. 4, n.2, p. 69-76, 1998.
- BANDEIRA DE MELLO, C. S. Classificação das estações de medição de qualidade de água do rio Paraíba do Sul , utilizando análise de componentes principais. In: **Revista eletrônica da ABRH.** 1999. 4p.
- BARBOSA, R. M. *et al.* O chorume dos depósitos de lixos urbanos: composição, evolução, diluição, extensão, processos, poluição e atenuação. **Tecbahia – Revista Baiana de Tecnologia,** Camaçari, 1999 v.14, n.1. pp 111 – 124..
- BARROS, L. M , BARROS, R. T. V . Limpeza pública. In: **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios.** Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. 181- 208 pp.
- BATALHA, B. L., PARLATORE, A C. **Controle químico da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais.** São Paulo: CETESB, 1977. 198p.
- BATALHA, Ben-Hur Luttembarck. **Glossário de engenharia ambiental.** Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília, 1986. 119 p.
- BENDER, M. **Zoneamento Ambiental e Avaliação dos Recursos Hídricos na Sub-bacia do Rio Rocinha, Município de Lauro Muller, SC.** Dissertação de mestrado. Mestrado em geografia. UFSC. Florianópolis, 1998. 189p
- BERTALANFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas .** Petrópolis, Vozes, 1973.

BERTRAND, G. **Entrevista com o professor George Bertrand**. GEOSUL, Florianópolis, v.13. n 26. 1998. 144-160pp.

_____. **La nature en geographie un paradigme d'interface**. In: GEODOC. Universite de Toulouse – Le Mirail, nº 34. 1991.16p.

BESSA, Márcio da Rosa Magalhães. **Qualidade e monitoramento da água nos recursos hídricos**. In: **Revista eletrônica da ABRH**. 1999. 7p.

* **BEZERRA DE MENEZES, Carlyle Torres. Pesquisa e desenvolvimento de metodologias para o controle de drenagem ácida e tratamento de efluentes da indústria carbonífera**. Criciúma: convênio UNESC/IPAT-COOPERMINAS. Relatório final, 1999, 184p.

* **BITAR, O. Y. Recuperação de áreas degradadas por mineração urbana: um desafio para a sustentabilidade ambiental das cidades**. In: **Ciência da terra e meio ambiente – diálogos para (inter)relações no Planeta**. São Leopoldo: Ed. Unisinos, 1999. 201-226pp.

* **BORTOLUZZI, C. A. et al. Geologia da bacia do Paraná em Santa Catarina**. In: **Texto explicativo para o mapa geológico de Santa Catarina**. Florianópolis: DNPM, 1987. 216p.

BORTOT, Adhyles. Uso do cadastro técnico multifinalitário na avaliação dos impactos ambientais e gestão ambiental. Estudo de caso: Mina do Trevo, Siderópolis, SC. Departamento de Engenharia Civil, UFSC. 2000. Dissertação de Mestrado.

BRAILE, P. M., CAVALCANTI, J. E. W. A. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1979. 764p.

BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada à engenharia Sanitária. São Paulo: CETESB, 1986, 3ed.

CANEPA, E.; GRASSI, L. A T. Estado e Meio Ambiente: o caso das águas no Rio Grande do Sul. Adverso - Revista da Associação de docentes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1995. ano V, n.7. 73 a 77pp.

CANEPA, E.M. A economia ambiental e a poluição: os instrumentos de controle em nível de Estado – Nação. Notas de aula do curso especialização *Latu Sensus*: Tratamento de resíduos industriais: sólidos, líquidos e gasosos. Porto Alegre, 1990. 9p.

_____. **A problemática ambiental e a função do estado numa economia mista moderna**. In : **Ensaio: 11 (2). FEE – Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser**. Porto Alegre, 1991. pp 251 a 279.

- CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo : Cultrix, 1996.
- CARVALHO, G. S. O índice de qualidade da água e sua aplicação no gerenciamento dos recursos hídricos em Maceió. In: **Revista eletrônica da ABRH**. 1999. 4p.
- CARVALHO, J. B. L. Análise dos impactos físicos decorrentes da implantação do plano global e integrado de defesa contra enchentes (PLADE) no estuário do rio Itajaí – Açú. In: **Dynamis, Revista Técnico – Científica**. Blumenau, FURB, v. 2, n. 8. 1994. 125 a 131 pp.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2ª. ed. São Paulo: Contexto, 1995.
- CASTRO, C. M. B. **Aspectos qualitativos das águas naturais**. Porto Alegre: UFRGS/IPH, 1977. Datilografado.
- CATALAN LAFUENTE, J , CATALAN ALONSO, J. M. **Rios: Caracterizacion y calidad di sus aguas**. Espanha: Dihidro, 1987. 264 p.
- CELLIGOI, A , DUARTE, U. Hidrogeologia da Formação Serra Geral em Londrina, Paraná. In: **Boletim Paranaense de Geociências**.. Curitiba: UFPR, n. 45, 1998. 117 a 132pp.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Estudo preliminar da bacia do rio Araranguá**. São Paulo, 1974.
- _____. **Poluição industrial na bacia do rio Araranguá, Estado de Santa Catarina**. São Paulo, 1977. 56p
- _____. **Relatório de qualidade das águas no estado de São Paulo – 1995**. São Paulo: CETESB, 1996.180 p
- CHOW, Ven Te. **Handbook of applied hydrology – A compendium of water resources technology**. Section 19: Quality of water. McGraw Hill Book Co. 1974
- *CHRISTOFOLLETTI, A. Condicionantes geomorfológicos e hidrológicos aos programas de desenvolvimento. In: TAUK, S.M. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista/FAPESP/ SRT/FUNDUNESP, 1991. p. 82-84.
- _____. **Geomorfologia**, 2 ed., São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- _____. Aspectos da análise sistêmica em geografia. In: **Geografia**. 3 (6) : 1-31, 1978, Rio Claro.

- _____. **Concepções geográficas na análise do sistema ambiental.** In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente, 1989. Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1989. pp 206-219. v.3.
- CITADINI – ZANETTE, V. Diagnóstico da região carbonífera no sul de Santa Catarina: Recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma: UNESC, v. 5, n.2. 1999. pp. 51- 61.
- _____, BOFF, V. **Levantamento florístico em áreas mineradas a céu aberto na região carbonífera de Santa Catarina, Brasil.** 1ª edição. Florianópolis: Secretaria de Estado Tecnologia e Meio Ambiente, 1992. 160p.
- _____. **Florística, fitossociologia e aspectos da dinâmica de um remanescente de Mata Atlântica na microbacia do Rio Novo, Orleans, SC.** São Carlos. UFSCar. 1995. 249p (tese de doutorado).
- CLESCERI, L.S., GREENGERG, A.E., TRUSSEL, L. (Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 17a. ed. Washington: APHA/AWWAWEF. 1989.
- _____, EATON, A.D.(Eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20a. ed. Washington: APHA/AWWAWEF. 1998.
- COIMBRA, R. ROCHA, C. L. , BEEKMANN, G. B. **Recursos hídricos: conceitos, desafios e capacitação.** Brasília: ANELL, 1999. 78p.
- CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resoluções CONAMA 1984 a 1991.** 4 ed. Brasília, 1992.
- CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento. **Análise físicas, químicas e biológicas em águas e resíduos líquidos – manual técnico.** Porto Alegre: CORSAN/DMAE, 1984. 263p.
- COSTA, A C. M., SANTOS, M. A **Gestão de recursos hídricos : legislação e cidadania.** In: XVIII - **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Anais. Belo Horizonte. 1999. 11p.
- CUSTODIO, E., LLAMAS, M. R. **Hidrologia Subterrânea.** Ediciones Omega. 1983. pp. 1005-1018 e 1883-1896.
- DANELON, O. M., NORDEMANN, L.M.M. **Hidroquímica do rio Quilombo – Cubatão.** In: 1º **Congresso Brasileiro de Geoquímica.** Anais. Porto Alegre, RS. 1987. 242p.
- DEMANBORO, A. C., MARIOTONI, C. A. , BETTINE, S. C. **A demografia no planeta e a demanda por recursos hídricos: cenários para o desenvolvimento**

sustentável. In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 24p.

DERÍSIO, J. C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. São Paulo. CETESB, 1ª ed. 1992.

✳ DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral. **Diagnóstico da qualidade das águas na bacia do rio Araranguá**. In: **Controle da poluição hídrica decorrente da mineração do carvão**. Relatório Final. São Paulo, 1999. 172p

✳ DNPM - JICA. **Estudo da poluição na região carbonífera de Criciúma, SC. Uma consideração sobre medidas para controle de poluição**. São Paulo, 1991. 126p.

DUARTE, G. M. **Depósitos cenozóicos costeiros e a morfologia do extremo sul de Santa Catarina**. Tese de doutoramento, Geociências, USP, São Paulo:1995. 300p.

_____. **A bacia de drenagem do rio Tubarão – SC**. Florianópolis: s.n., 1977. 101p (relatório não publicado)

ECP – Engenheiros Consultores e Projetistas, FATMA – Fundação do Meio Ambiente. Programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina: Projeto A – **Monitoramento Ambiental**. Florianópolis, 1982a.

_____. _____. Projeto B – **Avaliação do Impacto Ambiental**. Florianópolis, 1982b.

_____. _____. Projeto C – **Avaliação e Controle de Fontes de Poluição**. Florianópolis, 1982c.

_____. _____. Projeto E – **Recuperação de Áreas de Disposição de Resíduos da Mineração do Carvão**. Florianópolis, 1982d.

✳ _____. _____. Projeto G – **Fiorita / Mãe Luzia – Correção da poluição do Sistema Hídrico**. Florianópolis, 1982e.

_____. _____. Projeto H – **Sangão: Correção da Poluição do Sistema Hídrico**. Florianópolis, 1982f.

_____. _____. Projeto M – **Projeto Piloto de Recuperação de Área Minerada a Céu Aberto**. Florianópolis, 1982g.

EIGER, S *et al.* Modelagem matemática de cargas difusas na bacia de Guarapiranga, São Paulo. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 24p.

EPAGRI. **Zoneamento Agroecológico e Socioeconômico do Estado de Santa Catarina**. 2000. (CD-ROM)

FATMA – Fundação do Meio Ambiente. **Cobertura Vegetal do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis. IMAGEM, 1995. 21p (inclui tabelas, gráficos, mapas e CD-ROM).

_____. **Qualidade dos recursos hídricos da bacia do rio Araranguá**. Parecer técnico. Criciúma: CERSU da FATMA, 1991. 7p

_____. **Monitoramento da qualidade dos recursos hídricos da bacia do rio Araranguá**. Relatório inédito. 1996.

_____. **Levantamento da qualidade das águas de Forquilha Grande, município de Araranguá, SC**. Relatório Preliminar. Não publicado, 1976. 18p

FATMA/GTZ. **Projeto de Gerenciamento de Recursos Hídricos em Santa Catarina; Rede de Monitoramento de qualidade dos recursos hídricos no complexo hídrico da Baía da Babitonga**. Florianópolis, 1998. 60p.

FENZL. N. **Introdução a hidrogeoquímica**. Belém : UFPA / PIDL, 1988. 49 - 121 p.

FILIPPINI, F. A., CANEPA, E, ZORZI, I , SCHNEIDER, V. E. A gestão de recursos no RS – uma estratégia de participação da sociedade. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 8p.

FONSECA, F.F.A. **Mineração e meio ambiente**. In: TAUK, S.M. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista/FAPESP/SRT/FUNDUNESP, 1991. p. 143-147.

FOSTER, M. D. **Chemistry of ground water**. In: MEINZER. **Hidrology**. Newyork Dover publication. 1942. p. 646 a 655.

FRANK, B. *et al.* **Gerenciamento de bacias hidrográficas: considerações sobre o método de rede**. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 10p

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas técnicas para o trabalho científico, que todo mundo pode saber, inclusive você: explicações das normas da ABNT**. 6ª ed. Porto Alegre: s.n., 1998.

GAMA, A.M.R.C. **Diagnóstico ambiental do município de Santo Amaro da Imperatriz – SC: uma abordagem integrada da paisagem**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1998. 247p.

* GOETHE, C. A. de V. **Avaliação dos impactos ambientais da indústria carbonífera nos recursos hídricos superficiais da região Sul Catarinense**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1993. 123 p.

- GONÇALVES, Carlos Walter Porto. Geografia político e desenvolvimento sustentável. In: Terra Livre – AGB. São Paulo, nº 11 e 12, 1993. p. 9-76.
- HADLICH, G. M. Cartografia de riscos de contaminação hídrica por agrotóxicos: proposta de avaliação e aplicação na microbacia hidrográfica do córrego Garuva, Sombrio, SC. Dissertação de Mestrado. Mestrado em geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. 1997, 170 p.
- HEDIN, ROBERT S. *et al.* Passive Treatment of Coal Mine. USA Department of the Interior – Bureau of Mines. 1994. 78p.
- X-IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Impacto da mineração do carvão sobre os recursos hídricos da bacia carbonífera de Santa Catarina, Porto Alegre, 1978, 4v.
- _____. Estudo da qualidade das águas e principais atividades poluidoras na bacia do alto rio Mãe Luzia em Santa Catarina. Relatório final. Porto Alegre, 1982. 340p.
- JICA. Japan International Cooperation Agency. The feasibility study on recuperation of mined-out areas in the South Region of Santa Catarina in the Federative Republic of Brazil. Japão, 1998. Main reporter. 397p
- KLEIN, L. River Pollution: Causes and Effects. 5 ed. Londres : Butterworths, 1972. 456 p.
- KOBYAMA, M., GENZ, F. , MENDIONDO, E. M. Geo – bio – hidrologia. In: I Fórum de geo-bio-hidrogeologia – Estudo em vertentes e microbacias hidrográficas. Curitiba. Anais : UFPR, 1998. p 1 a 25.
- KREBS, A S. J. Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da bacia hidrográfica do rio Araranguá. Projeto de dissertação de mestrado em geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1999. 92p.
- KREBS, A S. J., NOSSE, E. O . Potencial Hidrogeológico do Município de Criciúma, SC. Porto Alegre: CPRM, 1998. 45p.
- LANNA, A E. Instrumentos de planejamento e gestão ambiental para a Amazônia, Cerrado e Pantanal: Primeira Fase: Metodologias de gerenciamento de bacias hidrográficas. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Relatório Final.
- _____. Instrumentos econômicos de gestão ambiental. Notas de aula. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.
- _____. Gestão de recursos hídricos. In: TUCCI, C. E. (org.): Hidrologia, ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1997. p. 727 a 768.

- _____. Instrumentos de gestão das águas: visões laterais. In: Chassot, A , Campos, H. (org.). **Ciências da terra e meio ambiente: Diálogos para para (inter)relações com o Planeta**. Unisinos: são Leopoldo. 1999. p. 231 a 247.
- LEAL FILHO, L. **Pesquisa de metodologias de monitoramento de efluentes de usinas de tratamento de minérios**. Tese de Pós-Doutorado. Escola Politécnica da USP. 1994. 151p.
- LEITE, F., FONSECA, O. Aplicação de Índices de qualidade das água na lagoa. Caconde, Osório, RS. In : MARQUES, D. M. (org). **Qualidade de águas continentais no Mercosul**. Porto Alegre, 1994. p. 249 a 259.
- LISBOA, N. A. **Geoquímica de Águas Subterrâneas: a relação rocha-águas subterrâneas : a relação rocha água**. Porto Alegre : UFRGS, 1997. 16 p.
- LOPES, L. J. **Rizicultura e poluição por metais pesados em águas da bacia do rio Duna – SC**. Dissertação de mestrado. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 1998. 134 p.
- LUCHINI, Adriana de Mello. Os desafios à implementação do sistema de gestão dos recursos hídricos estabelecido pela lei 9.433. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 20p
- MACHADO, C. J. S. , MACEDO, M. L. O paradoxo da democracia das águas. In: **ABRH Notícias – Revista Informativa da Associação Brasileira de Recursos Hidricos**. Porto Alegre, nº 2, 2000. pp. 5 - 6.
- MADEIRA, M. M. Análise de representação e participação social no comitê de gerenciamento da bacia hidrográfica do rio Santa Maria (RS). In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 21 p.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental – Metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. 1. ed. Piracicaba: Produquímica, 1994. 153 p.
- MARCOMIN, F. E. **Zoneamento ambiental do rio Tubarão – SC, através da análise de metais pesados em água, sedimento, substrato e planta e de componentes estruturais da paisagem**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-graduação em Ecologia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1996. 145p. (1996)
- MARQUES, Célio. A proteção da água como bem de domínio público: recursos natural limitado In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 8p.
- MARQUES, D. M , BOLLMANN, H. Critérios biológicos na gestão de recursos hídricos. In: **ABRH Notícias – Revista Informativa da Associação Brasileira de Recursos Hidricos**. Porto Alegre, nº 1, 2000. pp. 23-24.

- MARTINELLO, C.M. **Avaliação microbiológica e físico-química de lagoas ácidas na área de mineração de carvão a céu aberto.** Porto Alegre: UFRGS (Faculdade de Agronomia) Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente, Porto Alegre, 1998.88f.
- McCAULL, J. , CROSSLAND, J. **Water polution.** 1. ed. USA : Institute for Public Information. 1974. 206 p.
- MENDIONDO, E. M; CLARKE, R. T e TUCCI, C.E.M. Diversidade de atributos naturais/antrópicos através de análise multidimensional. In: MARQUES, D. M. (org). **Qualidade de Águas Continentais no Mercosul.** Porto Alegre: ABRH, 1994. p 295 a 310.
- MERIAN, E *et al.* **Metals and their compounds in the environmental.** 2ª ed. Germany: editora VCH, 1991. 1438p
- MIJAILOV, L. **Hidro-geologia.** Cap. 3: Origem das aguas subterraneas e formación de su composición química. Editorial Mir Moscu, 1989. pp. 35 – 56.
- MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico.** Florianópolis: editora da UFSC, 1991. 233p.
- MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a estória de uma procura.** 1996 (não publicado). 86p.
- MONTENEGRO, S. M. G. L. *et al.* Análise de risco de salinização em áreas aluviais irrigadas de regiões semi-áridas através de modelagem matemática de fluxo de água e transporte de soluto no subsolo. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Anais. Belo Horizonte. 1999. 21p.
- MOTA, S. **Preservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: ABES, 1988. p 222.
- NASCIMENTO, Luciana Vaz , VON SPERLING, Marcos. Padrões nacionais e internacionais de lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Anais. Belo Horizonte. 1999. 12p.
- PARR, W. **Water: Quality Monitoring. Chemical Characteristics.** In: **The Rivers Handbook.** Blackwell Science. 1996. vol 2, p. 124 a 143.
- PARREIRA, F. P. *et al.* Uso de agrotóxicos em plantações de tomate – impacto sobre a qualidade da água rural e urbana. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.** Anais. Belo Horizonte. 1999. 15p
- PELLERIN, J. *et al.* **Timbé do Sul - Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/95.** GEOSUL, Florianópolis, v.12. n 23. 1997. 71-83pp

- PEREIRA, J. S., LANNA, A. E. O enquadramento dos corpos d'água em classe de uso como instrumento de gestão e a necessidade de revisão da resolução do CONAMA 20/86. In: **Revista eletrônica da ABRH**. 1999. 7p.
- PESSOA, C. A., JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. São Paulo, CETESB, 2ª ed. 1982
- PORTER, LINDER. Verde e competitivo – acabando com o impasse. In: **Competição – Estratégias Competitivas Essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 372 a 397pp. (Trad).
- PORTO, R.L.L., AZEVEDO, L.G.T. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: PORTO, R.L.L. (Org.). **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de Recursos Hídricos**. Porto Alegre : Universidade-UFRGS/ABRH, 1997, p.43-95.
- POWELL, S. T. Quality of water. In: Chow, Ven Te. **Handbook of applied hidrology**. USA: McGRAW – Hill Book Company, 1964. p. 19-1 a 19-35.
- PUCCI, Alberto Júnior. Sistemas de informações e gestão de recursos hídricos: a redução de impactos ambientais e a melhoria da qualidade de vida na área de proteção ambiental do rio Iraí – Região Metropolitana de Curitiba – PR. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 11p.
- PUTZER, Hanfrit. **Geologia da folha Tubarão**. DNPM, Boletim 96, 1955. 91p.
- RAISWELL, R, W. *at al.* **Environmental Chemistry**. Londres: Edward Arnold Ltd, 1983. p. 77 a 86. Traduzido por Antônia Caritat.
- RIBEIRO, G. L. Ambientalismo e Desenvolvimento Sustentado. Nova Ideologia/ Utopia do desenvolvimento. In: **Revista de Antropolgia**. São Paulo : USP, nº 34. 1991. p. 59-101.
- RIBEIRO, M. M. R; LANA, A. E; PEREIRA, J.S. Elasticidade - Preço demanda e a cobrança pelo uso da água. In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999.16 p.
- ROMANELLI, M. *et al.* Qualidade das águas superficiais do estado de Minas Gerais, 1998. In: **XVIII -Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 21p.
- RUEGG, E. F. *et al.* **Impacto dos Agrotóxicos – sobre o ambiente, a saúde e a sociedade**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 94 p.
- SACHS, Ignacy. **Desenvolvimento sustentável**. Série meio ambiente em debate, n.7. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis Brasília, 1996.26 p.

- _____. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. 1. ed. São Paulo: Vértice. 1986. 206p
- SCHÄFER, Alois. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais**. Porto Aegre: UFRGS, 1984. 532p.
- SANCHES, C.S. Evolução das práticas ambientais em empresas industriais: um modelo genérico. In: **IV Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**. Fundação Getúlio Vargas, USP, São Paulo. 1997. p 43 a 62.
- SÁNCHEZ, L. E. *et al.* Cumulative impacts and environmental liabilities in the Santa Catarina coal field in Southern, Brazil. In: **Third Int. Conference. Environmental issues and waste management in energy and production, Perth, Proceedings**. 1994. p 75-85.
- _____. **Recuperação de áreas degradadas na mineração**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Notas de aula. São Paulo, 2000. 11p
- _____. **A desativação de empreendimentos industriais, um estudo sobre o passivo ambiental**. Tese de livre docência. Escola Politécnica da USP. 1998. 178p.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e de Integração do MERCOSUL. **Projeto Gerenciamento Costeiro: Diagnóstico ambiental do litoral sul de Santa Catarina**. Florianópolis, 1986.
- _____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina: Diagnóstico Geral**. Florianópolis, 1997a. 163p
- _____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. **Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica da bacia do rio Araranguá: Documento síntese**. Florianópolis, 1997b. v. 1.
- _____. _____: **Análise das Características Físicas**. Florianópolis, 1997c. v. 2. 63p.
- _____. _____: **Disponibilidade das águas superficiais**. Florianópolis, 1997d. v. 4.
- _____. _____: **Cadastro geral de irrigantes**. Florianópolis, 1997e. v. 6.
- _____. _____: **Avaliação preliminar do potencial hidrogeológico**. Florianópolis, 1997f. v. 9.
- _____. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Legislação sobre recursos hídricos**. Florianópolis, 1998. 90p

- SANTOS, Milton. **1992 : a redescoberta da natureza**. Estudos avançados 6 (14), 1992. p 95 a 106.
- SCHEIBE, L. F. , BUSS, M. D. O desenvolvimento e a qualidade ambiental da região sul catarinense. In: **Encontro nacional de estudos sobre o meio ambiente (Enesma)**, 4, Cuiabá, Anais..., Departamento de Geografia, UFMT, V. 1. P. 397-402, 1993.
- _____. **Educação ambiental e cidadania**. Palestra apresentada no dia 16/05/00, nos Cursos de Administração da Única, Florianópolis, SC. (não publicado).
- SEPLAN – Secretaria de estado e Coordenação Geral e Planejamento. Governo do Estado de Santa Catarina. Projeto Mar Catarinense – Gerenciamento Costeiro. Subprojeto: **Macrozoneamento Costeiro**, 1989, v. 1. 152p
- SEROA da MOTTA, R. , MENDES, F. E. Estimativas de custos de degradação de recursos hídricos no Brasil. In: SEROA da MOTTA, R. **Contabilidade: Teoria, metodologia e estudos de casos**. Rio de Janeiro: DIPES, 1995. 71 a 79pp.
- _____, MAY, P. Estimativas dos custos de exaustão dos recursos florestais no Brasil. In: SEROA da MOTTA, R. **Contabilidade: Teoria, metodologia e estudos de casos**. Rio de Janeiro: DIPES, 1995. p. 67 a 70.
- SHAFER, A. A qualidade das águas superficiais na região carbonífera do estado de Santa Catarina. In: **Estudos sobre o impacto ecológico da mineração e do beneficiamento do carvão na região sul do Estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 1978, p. 199 a 240.
- SCHAFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais**. 1ª ed. Porto Alegre : Universidade. 1985. p. 466 a 473.
- SICAR – Sistema Cartográfico do Sul de Santa Catarina: **Carta imagem de satélite da região de Criciúma**. Criciúma: Engefoto, 1998.
- SILVA, A . L. B, HYPOLITO, R., TERRA, M. H. Métodos de avaliação hidroquímica em sistema solo-água- contaminante em áreas contaminadas por atividades industriais. Estudo do chumbo em Santa Gertrudes, SP (resultados preliminares). In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 20p
- SILVA, M. C. Estuários – Critérios para uma classificação ambiental. In: **RBRH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. ABRH, v. 5, n. 1, 2000. Porto Alegre, RS, p. 25 a 35.
- SKOUSEN, JEFFREY G., ZIEMKIEWICZ, PAUL F. **Acid Mine Drainage – Control and Treatment**. second edition. 1996. 361p

- SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. In: Métodos em questão, nº 16: 1-51. Instituto de Geografia, USP, 1977 (trad.)
- SOUSA JÚNIOR, W. C. A participação social na gestão de recursos hídricos: aspectos legais e atividades dos comitês de bacia hidrográfica. In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte, 1999. 9p.
- SOUZA, E. B., DERÍSIO, J. C. **Guia técnico de coleta de amostras de água**. São Paulo: CETESB, 1977. 257 p
- SOUZA, M. J. L. O território: sobre espaço e poder, autonomia do desenvolvimento. In: CASTRO, I. E., GOMES, P. C. C. , CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. p. 77 a 116.
- TAVARES, V. E. Q.; RIBEIRO, M. M. R.; LANNA, A. E. L. Valoração monetária de bens e serviços ambientais: revisão do estado-da-arte sob a ótica da gestão das águas. In: **RBRH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS, v. 4, n. 3, 1999, p. 95 a 116.
- TODD, D. K. **Hidrologia de Águas Subterrâneas**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 1959. 319 p.
- TOMAZELLI, O. CASACA, J. M. Avaliação dos efluentes da piscicultura durante a despesca. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 11, nº.3, 1998. 19-22.
- TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana e controle de Inundações. In: Chassot, A , Campos, H. (org.). **Ciências da terra e meio ambiente: Diálogos para para (inter)relações com o Planeta**. Unisinos: são Leopoldo. 1999. p. 151 a 174.
- TUNDISI, J. G. **Limnologia no século XXI: perspectiva e desafios**. São Carlos: IIE, 1999. 24p
- UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense. IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas. **Monitoramento Ambiental Mina do Trevo**. Relatório nº 05, 1999. 16p.
- _____. **Diagnóstico de saúde – região carbonífera e extremo sul catarinense**. Criciúma: UNESC, 2000. 218 p.
- _____. **Estudo de custo-benefício para recuperação de áreas degradadas pela mineração em Santa Catarina**. Criciúma, 1997. 264 p.
- _____. **Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico e Econômico – PBDEE**. Volumes I e II. Criciúma, 1996.
- VAZ, Paulo Afonso Brum. **Sentença Judicial n. 20.097**. Poder Judiciário, Justiça Federal. Seção Judiciária de Santa Catarina. Criciúma, 2000. 72 p

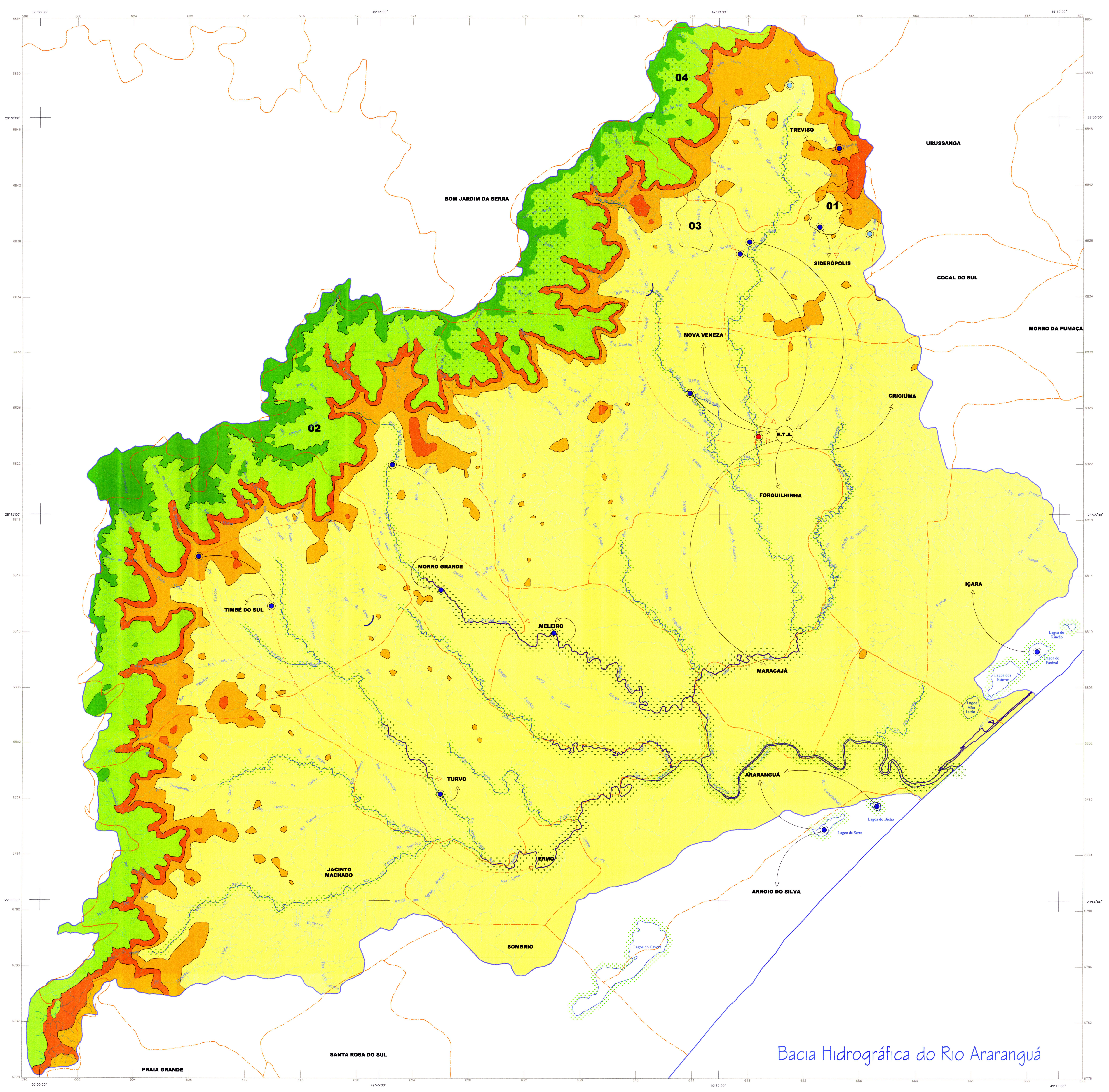
- VEADO, R. W. **Análise ambiental e a qualidade da água na bacia do rio Urussanga**. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1989. 187p.
- VERNEAUX, J. Fundamentos biológicos y ecológicos del estudio de la calidad de las aguas continentales. Principales metodos biologicos. In: PESSON, P. **La contaminación de las aguas continentales**. 1. ed., Spain: Mundi-Prensa, 1978. p. 267 a 331.
- VIEGA Fº, J. S., LANNA, A. E. L. , MACHADO, A. A. A modelagem orientada a objetos aplicada a sistemas de apoio a decisão em recursos hídricos. In: **XVIII - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais. Belo Horizonte. 1999. 19p.
- VILLELA, S. M. , MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.
- VON SPERLING, M. *et al.* Esgotos sanitários. In: **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. 1995. 113 - 160 pp.
- _____. Análise dos padrões brasileiros de qualidade dos corpos d'água e de lançamento de efluentes líquidos. In : **ABRH, Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 3 n. 1 jan/mar.1998: 111 a 132 pp.
- _____. **Princípios de tratamento biológicos de águas residuárias - Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Belo Horizonte, 1995.
- WEBB, B. W. , WALLING, D. E. Water quality II. Chemical Characteristics. In: **The rivers handbook**. Blackwell Science. 1995. v-1., 526 p.
- WISLER , BRATER. **Hidrologia**. Rio de Janeiro, 1ª edição, 1964. (Trad.)
- ZIMMERMANN, C. E. Parecre preliminary sobre os impactos ambientais na flora e fauna natives na floresta ciliar do rio Itajaí-Açu. In: **Dynamis, Revista Técnico - Científica**. Blumenau: FURB, v. 2, n. 8. 1994. 133 a142 pp.

ANEXOS

ANEXO 1: MAPA DE HIDROGRAFIA - CADASTRO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC	291
ANEXO 2: MAPA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC	293
ANEXO 3: QUALIDADE DAS ÁGUAS E PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ARARANGUA, SC	295

ANEXO 1

**MAPA DE HIDROGRAFIA - CADASTRO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS
LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC**

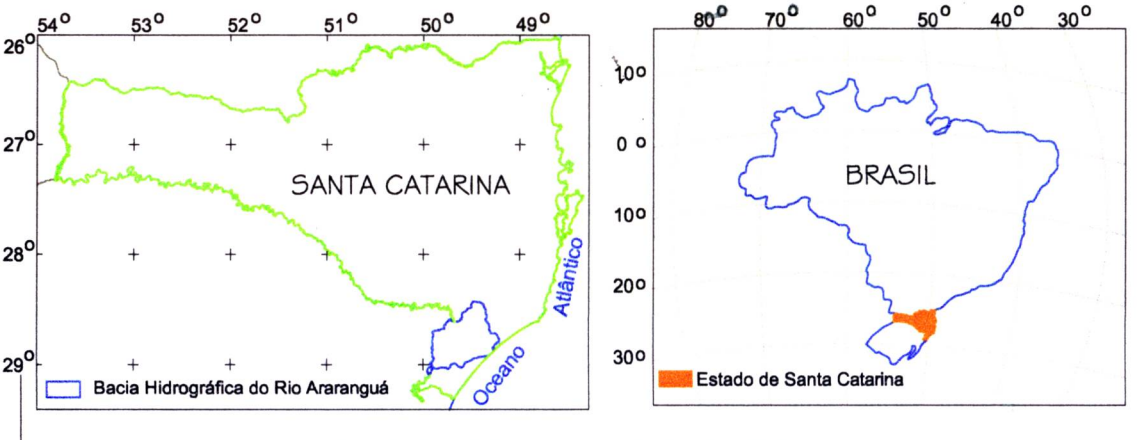
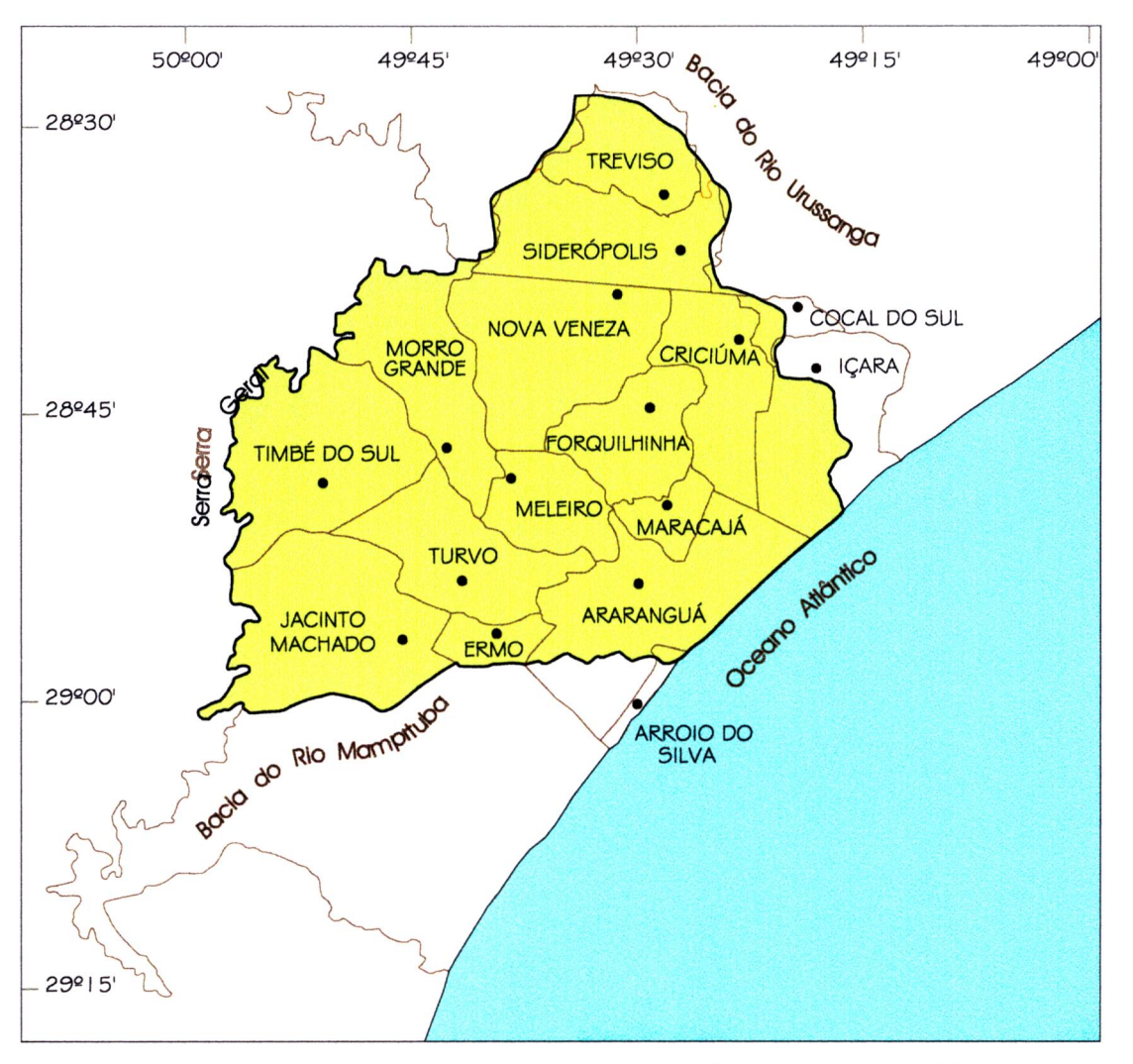


UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE

UNESC **UFSC**

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM MESTRADO INTERINSTITUCIONAL
UFSC - UNESC - MESTRADO EM GEOGRAFIA

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS.
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC.
ELABORADO POR NADJA ZIM ALEXANDRE



LEGENDA

HIPSOMETRIA (m)

- 0 - 200
- 200 - 400
- 400 - 500
- 500 - 1000
- Acima de 1000

PORTARIA Nº 0024/79
Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina de acordo com o uso preponderante.
Classe 1:

- 01** Rio Kurtz, das nascentes até o ponto de captação para abastecimento da cidade de Siderópolis.
- 02** Cursos d'água da Vertente Atlântica da Serra Geral, do Rio Roça da Estância, divisa RS / SC, até o no Costão, acima da cota 200.
- 03** Rio Costão, afluenta da margem esquerda do Rio Jordão e seus afluentes, até a cota 200.
- 04** Rio Costão até afluenta da margem esquerda do no Mãe Lusa, na localidade de Rio Bonito, Siderópolis, acima da cota 400

LEI Nº 4.771 - DE 15/09/1965
Institui o código florestal, considerando de preservação permanente, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:
a) ao longo dos cursos d'água, cuja largura mínima será:

Legenda	Largura Curso d'água (m)	Mata Ciliar (m)
	< 10	30
	> 10 e < 50	50
	> 50 e < 200	100

b) ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios de água naturais ou artificiais

Lagoas

Obs.: Representação da faixa de domínio da mata ciliar sem escala.
e) nas encostas ou parte destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive

PARQUES NACIONAIS

Reserva Biológica do Açuai

DECRETO Nº 14.250/81 - Artigo 42
Considera áreas de proteção especial:

- Área do estuário do Rio Araranguá
- Manancial (Desde as Nascentes até o ponto de captação de água para o abastecimento público)
- Manancial (Lagoas de abastecimento)

USOS DA ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

- Captação de água para abastecimento público
- Captação de água para abastecimento público (Projetado)
- Antiga captação de água para Criciúma
- Captação de água existente
- Captação de água projetado
- Barragem projetada

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

LIMITES

- Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá
- Municipal

HIDROGRAFIA

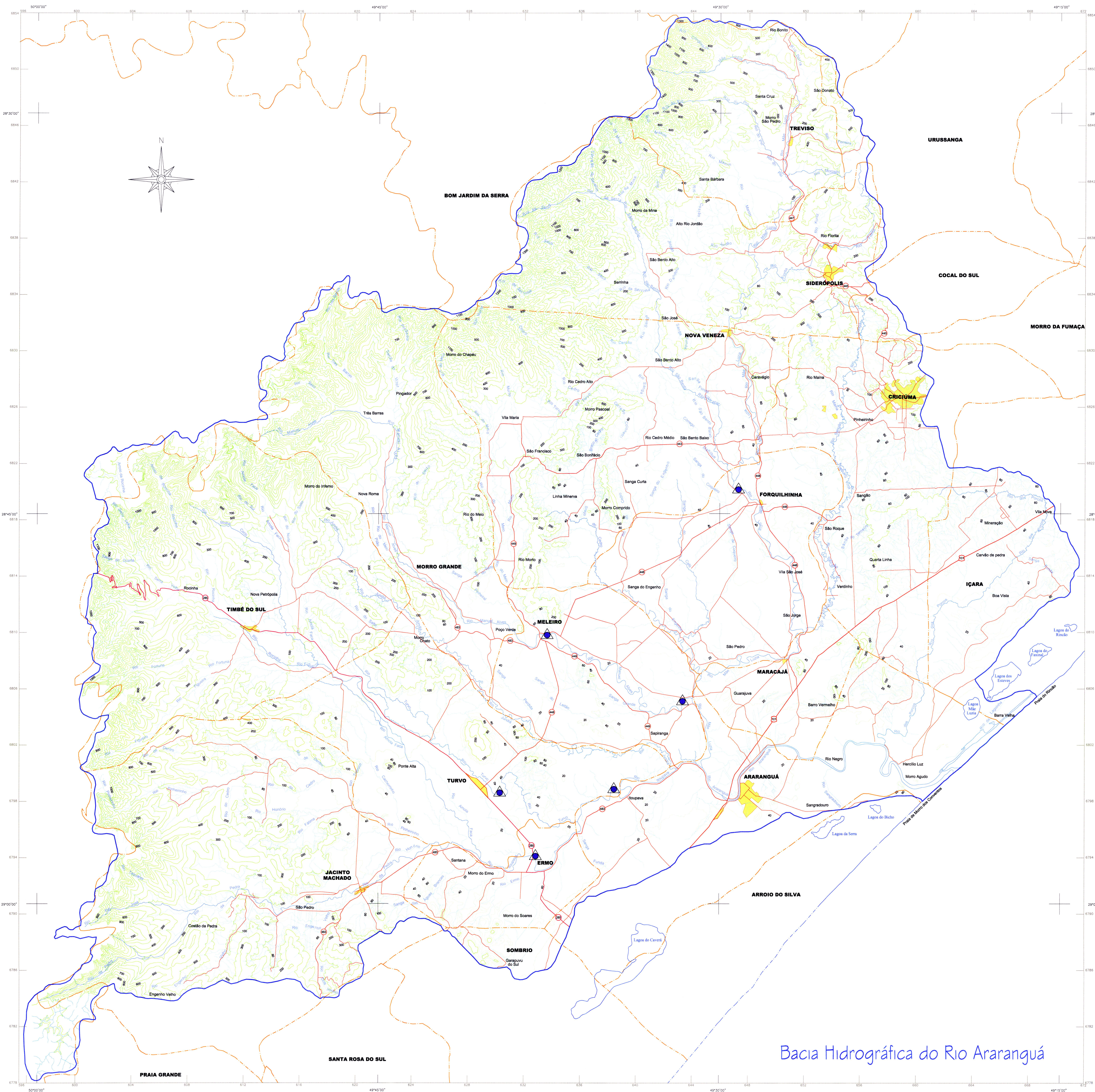
- Rios Referidos e Analisados
- Outros Rios



Mapa 02
MAPA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E HIPSOMETRIA
Escala 1/100.000 Data Junho/00

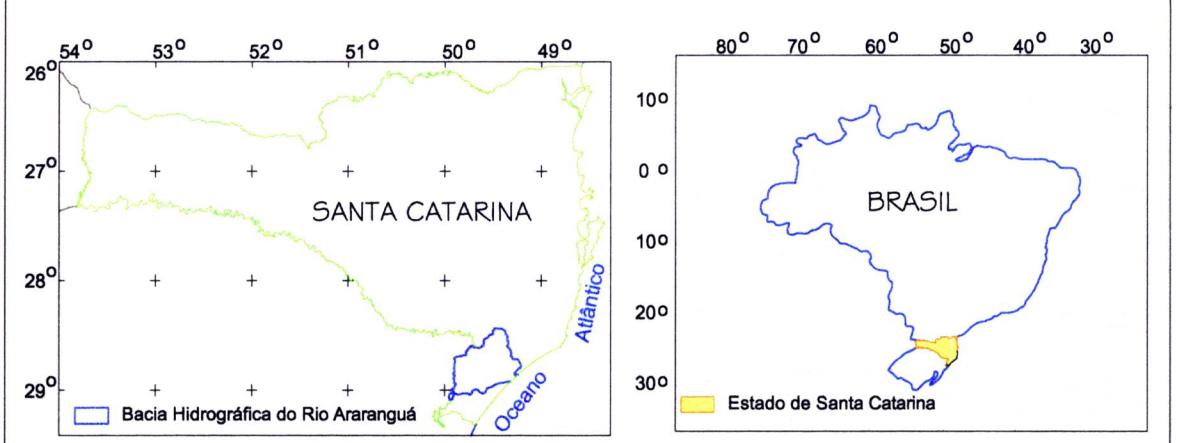
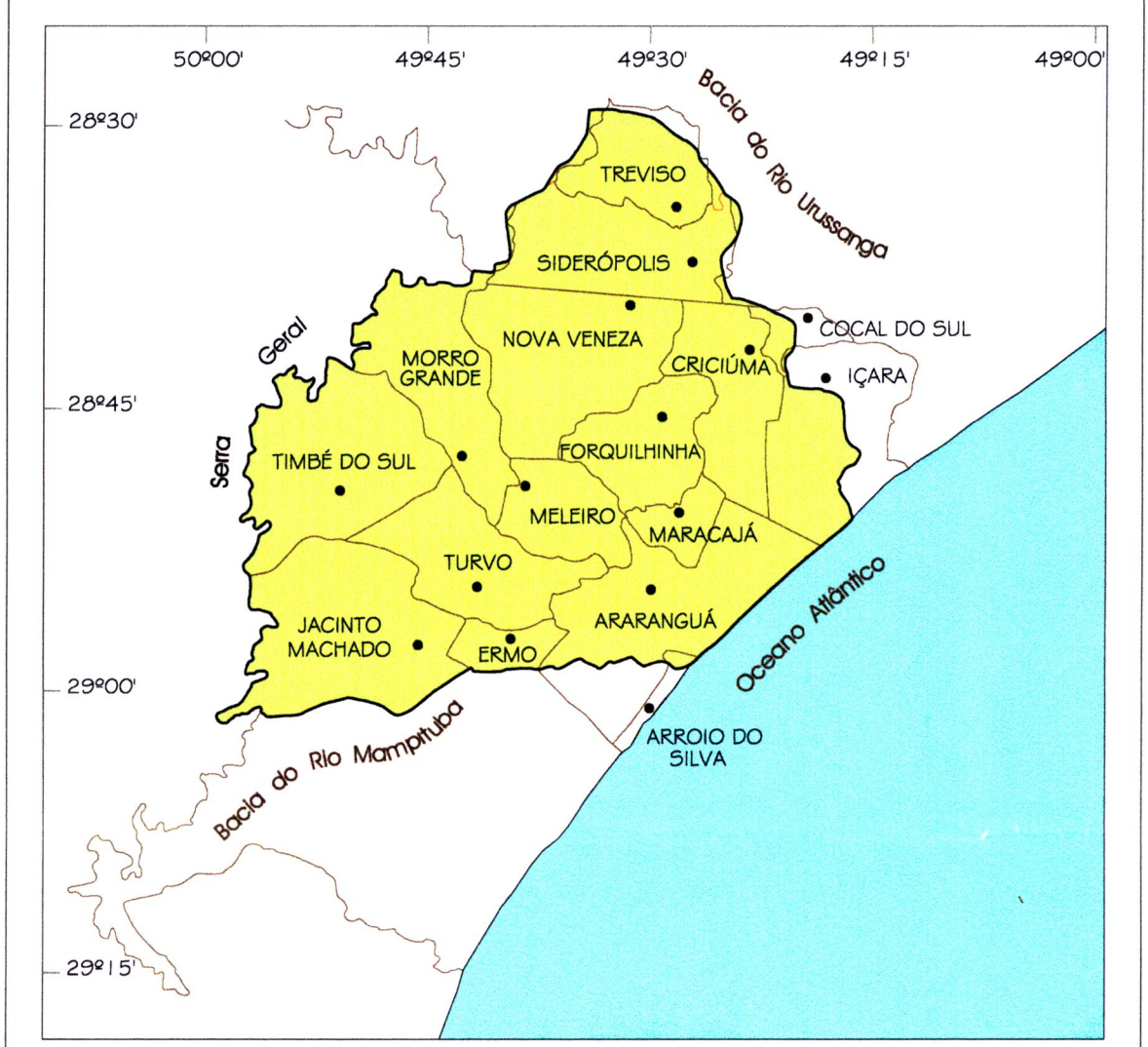
Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá

ANEXO 2

**MAPA DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL DOS RECURSOS HÍDRICOS E
HIPSOMETRIA DA BACIA DO RIO ARARANGUÁ, SC**



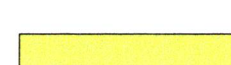













 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
 PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM MESTRADO INTERINSTITUCIONAL
 UFSC - UNESC - MESTRADO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
 UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS.
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
 ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA
 HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC.
 ELABORADO POR NADJA ZIM ALEXANDRE



Dados da Carta
 Origem da Quilometragem: Equador e Meridiano 51° W
 Datum Vertical: Marégrafo de Imbituba, SC
 Datum Horizontal: SAD 69
Fonte Cartográfica:
 Departamento de Cartografia IBGE
 Departamento de Geografia e Cartografia de Santa Catarina
 EPAGRI - Divisão de Geoprocessamento
Escala Gráfica
 1 000 m 0 1 000 2 000 3 000 m
Declinação Magnética

 A Declinação Magnética Cresce - 6,5/Ano
 Data: 1965

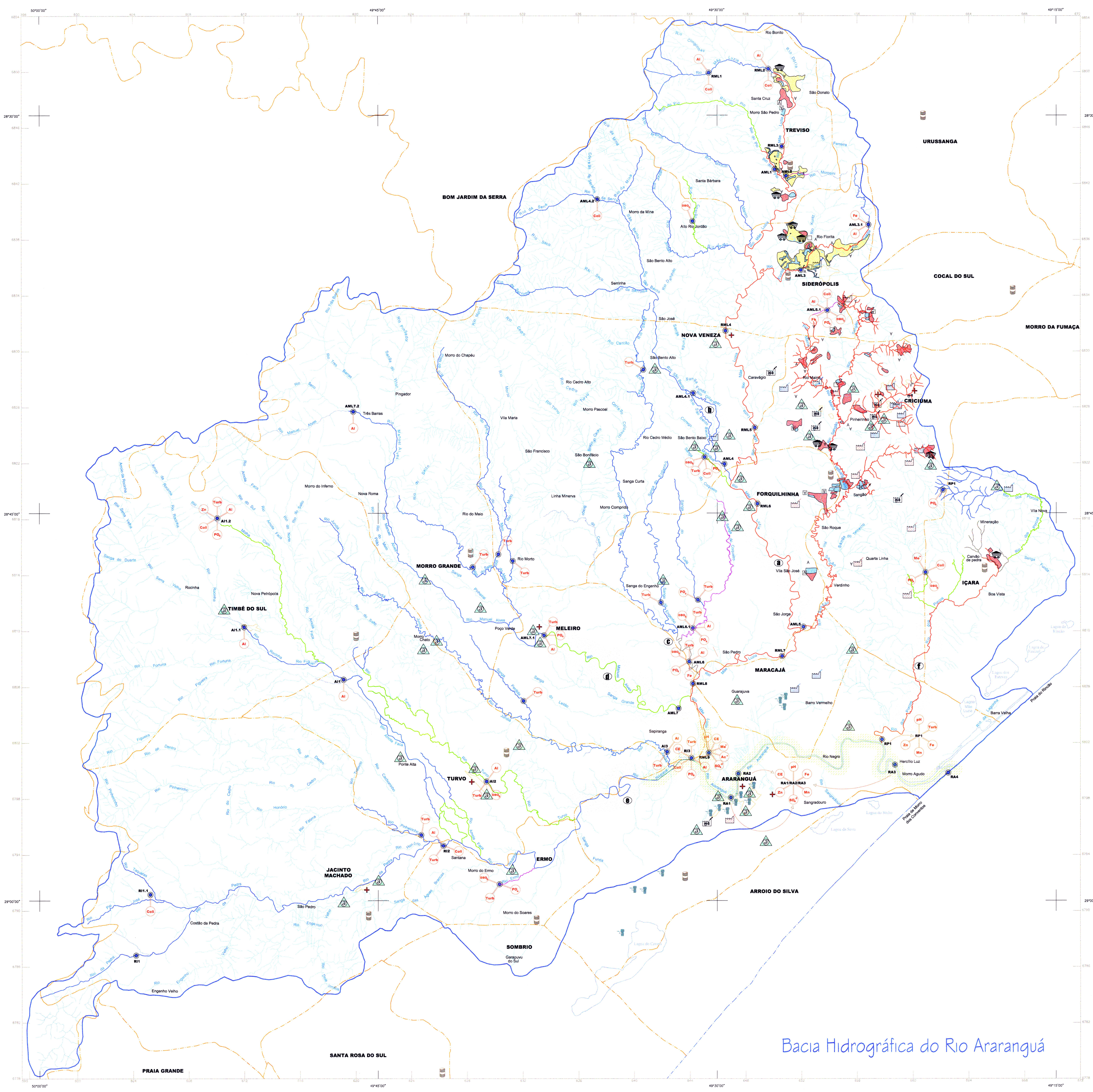
LEGENDA
 Estação Fluviométrica


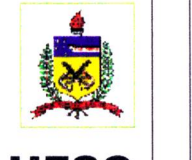
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
Área Urbana 
LIMITES
 Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá 
 Municipal 
HIDROGRAFIA
 Rios Referidos e Analisados 
 Outros Rios 
 Lagoas 
VIAS DE ACESSO
 Rodovia Federal  101
 Rodovia Estadual (Ligação entre dois estados)  280
 Rodovia Estadual  440
 Rodovia Municipal 
ALTIMETRIA
 Curvas de Nível - equidistância 20 metros 
 Curvas de Nível - equidistância 100 metros 
 Mapa 01
MAPA DE HIDROGRAFIA
CADASTRO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS
 Escala 1/100.000 Data Agosto/00

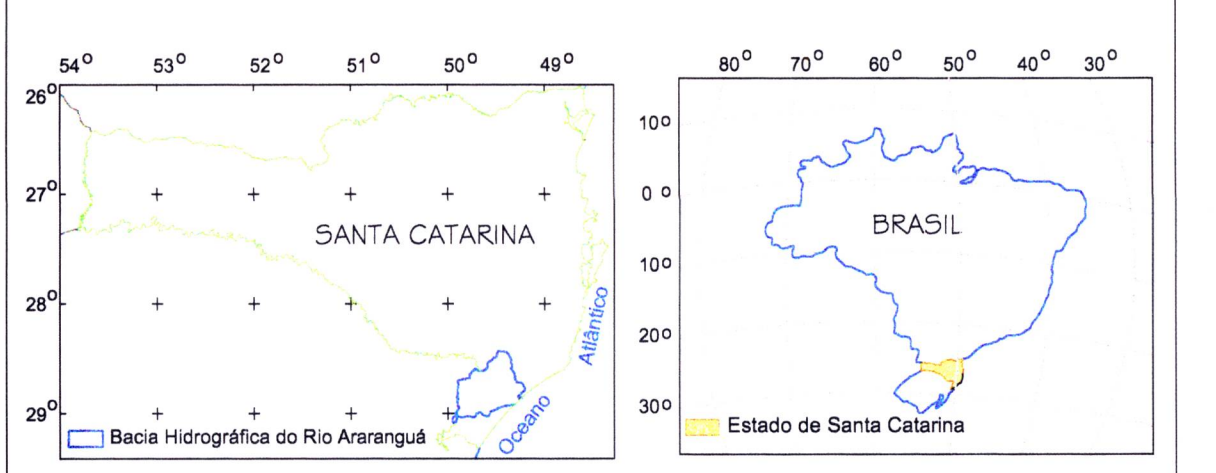
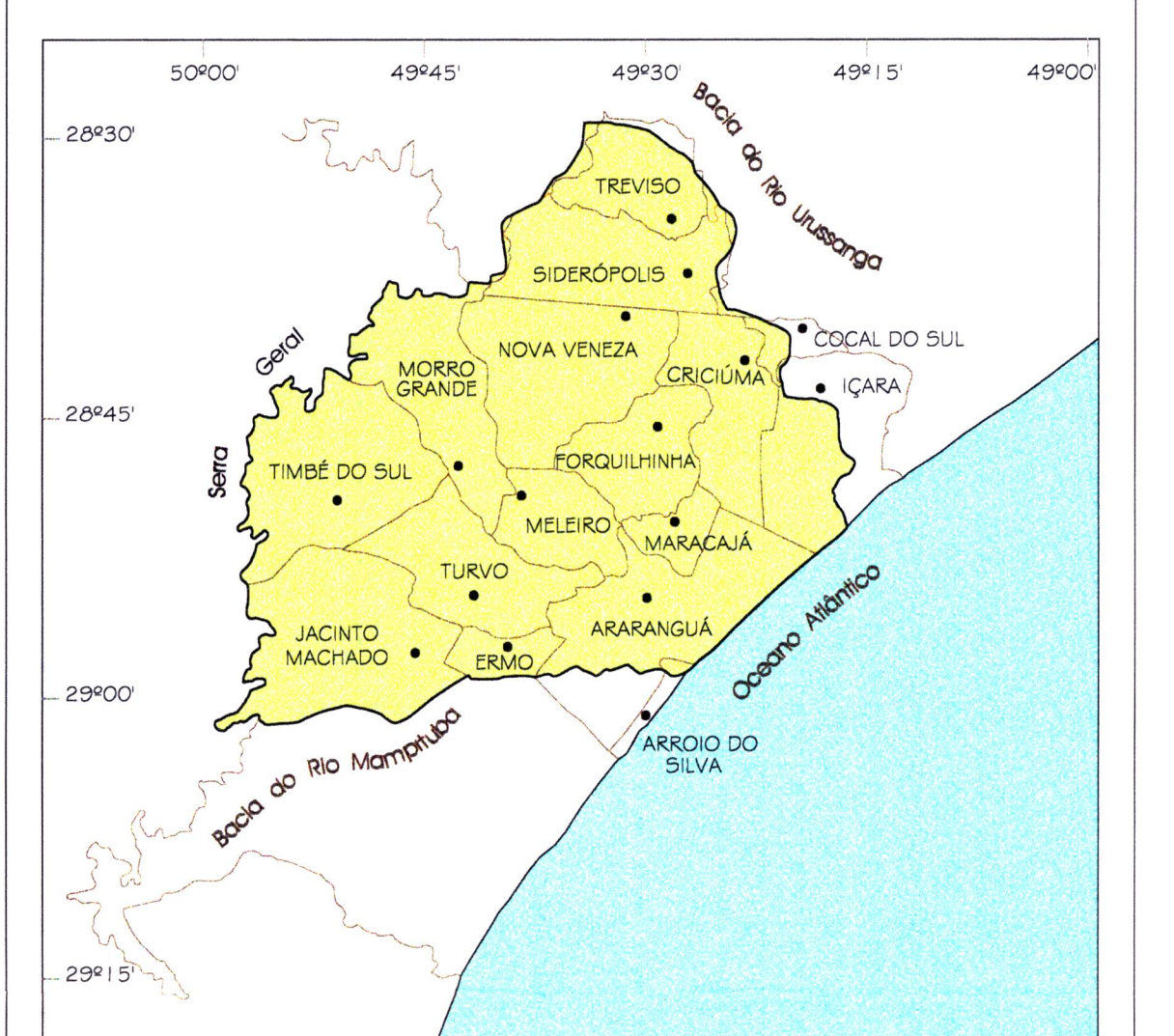
Fonte: IBGE, 1966
 Santa Catarina, 1997
 Digitalização: Centro de Cartografia - IPAT








Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá

ANEXO 3
QUALIDADE DAS ÁGUAS E PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO
LOCALIZADAS NA BACIA DO RIO ARARANGUA, SC










 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
 UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM MESTRADO INTERINSTITUCIONAL
UFSC - UNESC - MESTRADO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONSERVAÇÃO
UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS.
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
ANÁLISE INTEGRADA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC.
 ELABORADO POR NADJA ZIM ALEXANDRE
















LEGENDA
PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO DA ÁGUA
ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO DE CARVÃO
 Mina em Atividade
 Mina Paralisada
 Usina de Beneficiamento
 Área de Extração de Rejeitos Carbonosos
 Depósito de Rejeito
 Área Minerada a Céu Aberto
 Bacia de Decantação ou Cava de Mineração



INDÚSTRIAS
 Cerâmica
 Lavanderia
 Química
 Metal-Mecânica
 Alimentos
SERVIÇOS
 Resíduos Sólidos Urbanos
 Posto de Combustível
 Hospital

AMOSTRAGEM
 Pontos de Coleta

QUALIDADE DAS ÁGUAS
CONDIÇÃO DE USO DA ÁGUA - RES. 20/86 DO CONAMA
 Classe I
 Classe II
 Classe III
 Classe IV
 Sem condição de uso

PRINCIPAIS PROBLEMAS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Símb.	Descrição	Símb.	Descrição
	pH Pot. Hidrogeniônico		Acidez
	Ferro		Dem.Bloq Oxigênio
	Turbidez		Alumínio
	Manganes		Condutividade
	Zinco		Fosfatos
	Sulfatos		Coliformes
	Outros Metais		

Obs.: Nos demais pontos do rio Mãe Luzia considerados sem condição de uso da água, os indicadores de poluição encontrados foram pH, Fe, SO₄, Ac, Me e CE
 Principais pontos de conflito de uso da água
 Área do Estuário do Rio Araranguá

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS
Área Urbana
LIMITES
 Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá
 Municipal
HIDROGRAFIA
 Rios Referidos e Analisados
 Outros Rios
 Lagoas
 Mapa 03
MAPA DE QUALIDADE DAS ÁGUAS E
PRINCIPAIS FONTES DE POLUIÇÃO
 Escala 1/100.000 Data Agosto/00

Fonte: Santa Catarina, 1997
 JICA, 1999
 UNESC, 1998
 DNM, 1999
 Digitalização: Centro de Cartografia - IPAT

Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá