

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS

DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**ZONEAMENTO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA SUB-
BACIA DO RIO ROCINHA, MUNICÍPIO DE LAURO MÜLLER, SC**

Marisa Bender

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sandra Maria Arruda Furtado

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Área de Concentração: Utilização e Conservação de Recursos Naturais

Florianópolis - SC

Agosto de 1998

ZONEAMENTO AMBIENTAL E AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA
SUB-BACIA DO RIO ROCINHA, MUNICÍPIO DE LAURO MÜLLER, SC.

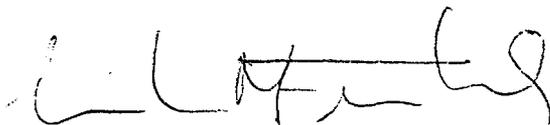
Marisa Bender

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

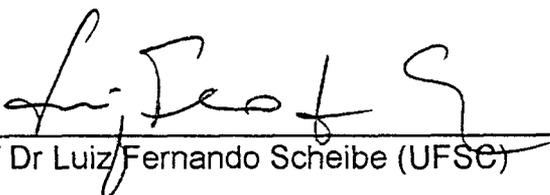


Profª Drª Leila Christina Duarte Dias
Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Geografia

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM: 24/09/98



Profª Drª Sandra Maria Arruda Furtado (UFSC)
Orientadora



Prof Dr Luiz Fernando Scheibe (UFSC)



Profª MSc Maria Dolores Buss (UFSC)

“Paradoxalmente, num momento em que estamos no limiar (...) da degradação da qualidade de vida, o conhecimento e a ciência estão em posição de fornecer a criatividade humana e a tecnologia necessárias para tomar ações remediadoras e redescobrir a harmonia entre natureza e humanidade. Falta apenas a vontade social e política.”

Declaração de Vancouver para o século XXI

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a colaboração de muitas pessoas nas diversas fases de seu desenvolvimento. A todas devo meu reconhecido agradecimento.

À Prof.^a Sandra, minha orientadora, sou especialmente agradecida. Sua orientação atenta aliada à sua postura amiga, garantiram-me a confiança no meu próprio trabalho.

Ao Prof. Scheibe, pela ajuda financeira no tocante às análises químicas realizadas.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado e pela colaboração financeira através do Projeto 52.2510/96-5, intitulado "Qualidade Ambiental da Região Sul Catarinense."

À Prof.^a Maria Dolores Buss, pelas discussões sobre a análise ambiental da área.

Ao Prof. Paulino, por sua dedicação e paciência durante todos os momentos em que trabalhamos juntos no Laboratório de Geoprocessamento.

À Prof. Leila, coordenadora do curso, pelo auxílio financeiro no custeio dos mapas.

Ao Prof. Joel Pellerin, pela sua cooperação na fase final dos cruzamentos.

Ao Geóg. Henrique Villela, pelo capricho na edição e digitalização dos mapas.

Ao Geól. Dario Valiati, por seu empenho na busca das informações sobre a mineração e o beneficiamento do carvão na área de estudo, mesmo quando estas não estavam disponíveis no DNPM.

Ao Téc. em Mineração, Ronaldo Antunes, por sua participação nas entrevistas e auxílio nas coletas de amostras de água, durante a minha gravidez.

À colega Edna Lindaura Luiz, pelo auxílio na interpretação dos mapas temáticos.

À bibliotecária Mari Stela Homem, pela gentileza de organizar as referências bibliográficas.

Ao Gustavo Cabral, pelo tempo que dispensou e pela competência na arte de fotografar.

Ao Marcelo Breda, pelo tratamento das fotos.

Ao colega Guilherme Xavier de Miranda, pela elaboração do Modelo Numérico do Terreno.

À amiga Esther Bahia Lopes, pela ajuda nas coletas de amostras de água e por compartilhar os momentos de preocupação durante a elaboração deste trabalho.

À minha mãe, Theresinha Bender, pela elaboração do Résumé.

Ao meu marido, Iimar Goltara Gomes, pelo suporte na área de informática e apoio no decorrer deste trabalho.

A meus filhos, Lucas e Rodrigo, peço desculpas pelos momentos em que não pudemos brincar juntos.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE MAPAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FOTOS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
RÉSUMÉ.....	xv
INTRODUÇÃO.....	01
CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	05
1.1 Aspectos físicos.....	10
1.2 Aspectos sócio-econômicos.....	31
CAPÍTULO 2: CARVÃO MINERAL - PERSPECTIVAS E EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	44
2.1 Os reflexos da política aplicada ao setor do carvão na Região Sul de Santa Catarina.....	44
2.2 O contexto histórico do carvão no Município de Lauro Müller.....	48
2.3 A mineração de carvão na sub-bacia do Rio Rocinha.....	52
2.4 O beneficiamento do carvão na sub-bacia do Rio Rocinha.....	64

CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	73
3.1 O processo poluidor	73
3.2 Classificação e enquadramento legal dos recursos hídricos	77
3.3 Estações de amostragem.....	83
3.4 Parâmetros analisados	85
3.5 Interpretação dos resultados	89
CAPÍTULO 4: ZONEAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO	115
4.1 Análise Ambiental - uma rápida revisão.....	115
4.2 O sistema de informação geográfica (SIG) como instrumento de análise	120
4.3 Metodologia empregada para o zoneamento da área de estudo	123
4.4 Caracterização das unidades	143
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	157
Conclusões	157
Recomendações	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	167

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Numérico do Terreno (MNT)	26
Figura 2 - Método de Câmara e Pilares.....	57
Figura 3 - Principais problemas associados à mineração, ao beneficiamento e aos usos do carvão mineral nos recursos hídricos.....	77
Figura 4 - Médias Mensais de Precipitação - Estação Orleans (1939 - 1996).....	86
Figura 5 - Variação da concentração de ferro ao longo do Rio Rocinha	91
Figura 6 - Variação a concentração de ferro na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	92
Figura 7 - Variação da concentração de manganês ao longo do Rio Rocinha.	94
Figura 8 - Variação da concentração de zinco ao longo do Rio Rocinha	95
Figura 9 - Variação da concentração de níquel ao longo do Rio Rocinha	97
Figura 10 - Variação do pH ao longo do Rio Rocinha	100
Figura 11 - Variação da concentração de acidez ao longo do Rio Rocinha	101
Figura 12 - Variação da concentração de acidez na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	106
Figura 13 - Variação de pH na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	106
Figura 14 - Variação da concentração de sulfatos ao longo do Rio Rocinha	108
Figura 15 - Variação da concentração de sulfatos na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	109
Figura 16 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido ao longo do Rio Rocinha	110
Figura 17 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido na foz dos Rios, Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	111
Figura 18 - Variação da concentração de sólidos suspensos ao longo do Rio Rocinha	112
Figura 19 - Variação da concentração de sólidos dissolvidos ao longo do Rio Rocinha	113
Figura 20 - Variação da concentração de sólidos dissolvidos na foz dos Rios, Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência	114

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização da Área de Estudo.....	08
Mapa 2 - Mapa Geológico	15
Mapa 3 - Mapa Geomorfológico	23
Mapa 4 - Mapa Hipsométrico	24
Mapa 5 - Mapa de Declividade	25
Mapa 6 - Mapa de Solos	28
Mapa 7 - Mapa de Uso do Solo	30
Mapa 8 - Localização da Bacia Carbonífera no Estado de Santa Catarina	53
Mapa 9 - Mapa de Concessões	54
Mapa 10 - Mapa de Áreas Mineradas para Carvão no Sub-solo e Projeto Técnico de Mina Aprovado pelo DNPM	55
Mapa 11 - Mapa de Estações de Amostragem de Água Superficial	58
Mapa 12 - Mapa de Geologia (classes agrupadas)	129
Mapa 13 - Mapa de Geomorfologia (classes agrupadas).....	131
Mapa 14 - Mapa de Declividade (classes agrupadas)	134
Mapa 15 -Mapa de Uso do Solo (classes agrupadas).....	136
Mapa 16 - Mapa do Cruzamento 1	138
Mapa 17 - Mapa do Cruzamento 2	140
Mapa 18 - Mapa de Unidades Ambientais	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Systema de Santa Catharina.....	11
Tabela 2 - Coluna Estratigráfica das formações geológicas ocorrentes na sub-bacia do Rio Rocinha (BORTOLUZZI et al, 1987).....	12
Tabela 3 - Resultados do questionário aplicado aos moradores da área de estudo	33
Tabela 4 - Total de operários nas minas da Rocinha	37
Tabela 5 - Produção de carvão nas minas 3E/F e 3G	61
Tabela 6 - Concentração de elementos menores.....	76
Tabela 7 - Classificação das águas doces de acordo com os usos preponderantes	79
Tabela 8 - Padrões de qualidade ambiental para águas doces	81
Tabela 9 - Localização dos pontos de coleta de água	83
Tabela 10 - Índice de Qualidade de Água	89
Tabela 11 - Resultados referentes à coleta realizada em maio de 1995	89
Tabela 12 - Resultados referentes à coleta realizada em outubro de 1995	90
Tabela 13 - Valores do coeficiente de correlação de Pearson para as análises referentes às coletas de maio de 1995	93
Tabela 14 - Classes de declividade segundo Brunet (1963), Cabazat (1968) e Chiarini & Donzeli (1973)	125
Tabela 15 - Classes de declividade utilizadas neste estudo	126
Tabela 16 - Carga poluente nas estações R1 e R7	157
Tabela 17 - Índice de Qualidade de Água da Estação R1	158
Tabela 18 - Índice de Qualidade de Água da Estação R7	158
Tabela 19 - Restrições de uso por categoria de zoneamento	164
Tabela 20 - Diretrizes gerais por categoria de uso	166

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Vista das escarpas da Serra Geral, mostrando em primeiro plano, os vários níveis de rochas basálticas	09
Foto 2 - Falésia na margem direita do Rio Rocinha, com camadas de carvão na base justapostas por folhelhos e arenitos	18
Foto 3 - Detalhe da foto anterior	18
Foto 4 - Pilha de rejeitos da mineração na margem esquerda do Rio Rocinha.....	31
Foto 5 - Estrada da Rocinha. À esquerda, nos eucaliptos, local previsto para o acesso à mina de sub-solo Novo Horizonte	62
Foto 6 - Usina de Beneficiamento Rocinha. Foto tirada em 1986, quando ainda estava em operação.....	65
Foto 7 - Usina de Beneficiamento 3G.....	67
Foto 8 - Local previsto para a instalação das bacias de sedimentação de finos da Usina de Beneficiamento 3G	67
Foto 9 - Bacias de sedimentação de finos da Usina de Beneficiamento Boa Vista, quando ainda estavam em operação, no ano de 1994	69
Foto 10 - Rejeitos usados como base para o leito de estradas	70
Foto 11- Disposição de rejeitos nas proximidades da Usina de Beneficiamento Boa Vista.....	71
Foto 12 - Camada de argila sobre o rejeito, próximo a Usina de Beneficiamento Boa Vista	72
Foto 13 - Cobertura castanho-amarelada nos seixos do leito do Rio Rocinha	75
Foto 14 - Diferença entre a coloração da água na margem direita e esquerda do Rio Rocinha (foto obtida em 1993)	102
Foto 15 - Aspectos da qualidade da água e coloração dos seixos a montante da área degradada pela mineração (foto obtida em 1993).....	103

LISTA DE FOTOGRAFIAS (cont.)

Foto16 - Efluente da mina 3G lançado no Rio Rocinha (foto obtida em 1993)	104
Foto 17 - Vertente de escoamento do efluente da mina 3G (foto obtida em 1993)	104
Foto 18 - Presença de algas de coloração verde na vertente de escoamento (foto obtida em 1993)	105
Foto 19 - Escarpas da Serra Geral delimitando a área nas porções oeste e sul da sub-bacia do Rio Rocinha	145
Foto 20 - Localidade da Rocinha de Cima. No segundo plano vista da Serra Geral	147
Foto 21 - Localidade da Rocinha de Cima, com predomínio de vegetação rasteira	148
Foto 22 - Reflorestamento de eucalipto na Unidade de Mata em Regeneração, médio vale do Rio Rocinha	151
Foto 23 - Área degradada pela mineração de carvão, na Localidade de Rocinha de Baixo	152
Foto 24 - Disposição de rejeitos da mineração/beneficiamento do carvão mineral, na localidade de Rocinha de Baixo	154
Foto 25 - Rio Rocinha próximo à cidade de Lauro Müller, com água de coloração amarelada	155
Foto 26 - Detalhe da foto anterior	156

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Modelo de questionário aplicado aos moradores da área de estudo

Anexo 2 - Cópia do Resultado das análises realizadas em maio de 1995, pela Central de Análises - Departamento de Química da UFSC

Anexo 3 - Cópia do Resultado das análises realizadas em outubro de 1995, pela Central de Análises - Departamento de Química da UFSC

RESUMO

A área de estudo, sub-bacia do Rio Rocinha, está localizada no Município de Lauro Müller, sul do Estado de Santa Catarina e pertence a bacia hidrográfica do Rio Tubarão.

A sub-bacia, com 47,52 km², tem as suas nascentes nas escarpas da Serra Geral, um dos mais expressivos potenciais turísticos de Santa Catarina, e sua foz nas proximidades de uma área degradada pela mineração e pelo beneficiamento do carvão mineral.

Com o objetivo de avaliar a qualidade das águas da sub-bacia, a fim de caracterizar o impacto das atividades de exploração do carvão, foram analisados sulfatos, acidez, pH, oxigênio dissolvido, ferro, cobre, zinco, manganês, cromo, níquel, chumbo, sólidos dissolvidos e sólidos suspensos ao longo do Rio Rocinha, em seu principal afluente Rio Carvão, na foz do Rio Bonito e no Rio Tubarão a jusante da confluência dos rios Rocinha e Bonito.

A caracterização da sub-bacia, cuja base cartográfica foi digitalizada a partir das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000, foi realizada através dos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos, declividade, hipsometria e uso do solo, sendo os três primeiros obtidos junto ao Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina (II^a fase), enquanto os demais foram elaborados como parte do presente trabalho.

O cruzamento destes mapas temáticos, realizado via geoprocessamento, com o auxílio do programa IDRISI, associado às informações de qualidade das águas, resultou em um zoneamento em que a área da sub-bacia é delimitada em distintas unidades.

Para cada unidade são apresentadas as potencialidades e/ou limitações de usos que visam contribuir para uma melhor gestão e recuperação ambiental da área.

RÉSUMÉ

L'aire de cette étude, sous-bassin du Fleuve Rocinha, est située au Municipipe Lauro Müller, sud de l'État Santa Catarina et appartient au bassin hydrographique du Fleuve Tubarão.

Le sous-bassin, avec 47,52 km², a ses sources aux escarpes de la Serra Geral, l'un des plus expressifs potentiels touristiques de Santa Catarina et a son embouchure aux proximités d'une aire dégradée par l'extraction et par l'action de bénéfice du charbon mineral.

Avec l'objectif d'évaluer la qualité des eaux du sous-bassin, ayant comme but caractériser l'impact des activités d'exploration du charbon, ont été analisés sulfates, acidité, pH, oxygène dissou, fer, cuivre, zinc, manganèse, chrome, nickel, plomb, solides dissous et solides suspendus au long du Fleuve Rocinha et de son principal affluent, Fleuve Carvão, à l'embouchure du Fleuve Bonito et au Fleuve Tubarão à jusant de la confluence des fleuves Rocinha et Bonito.

La caractérisation du sous-bassin, dont la base cartographique a été digitalisée à partir des cartes topografhiques de l'IBGE à l'escale de 1:50.000, a été réalisée à travers les cartes thématiques de géologie, géomorphologie, sols, déclivité, hypsométrie et usage du sol, dont les trois premiers ont été obtenus auprès du "Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina" (II^a fase) et les autres ont été élaborés en faisant partie de ce travail.

Le croisement de ces cartes thématiques réalisé voie géoprocessus, à l'aide du programme IDRISI, associé aux informations de la qualité des eaux, a eu comme résultat une zone ou l'aire du sous-bassin est délimitée en différentes unités.

Pour chaque unité sont présentées les potentialités et/ou les limitations des usages qui ont pour but contribuer à une meilleure gestion et récupération de l'ambiance de l'aire.

INTRODUÇÃO

As águas, consideradas como recurso ambiental, representam patrimônio público de insubstituível valor estratégico para a conservação de ecossistemas naturais e para a melhoria da qualidade de vida, no processo de desenvolvimento econômico e social.

Vivemos sob a crença de que certos recursos naturais, como a água, não têm valor econômico, devendo ser usados gratuitamente. No entanto, há que se considerar que a água é reconhecidamente um recurso vulnerável, finito e já escasso em quantidade e qualidade.

Em virtude da falta de uma tradição política e educacional de preservação dos recursos hídricos, foram consolidadas práticas conflitantes nos muitos e variados usos da água pela sociedade, inviabilizando seu acesso a todos os usuários. Esta situação se delineou há muito tempo na sub-bacia do Rio Rocinha, área escolhida para este estudo, onde a mineração do carvão se desenvolveu desde o início da década de 60, implicando na desqualificação paulatina deste manancial para o uso, apesar das unidades produtivas estarem atualmente desativadas.

O uso indiscriminado e o desperdício também fazem parte da nossa cultura, e qualquer usuário sente-se dono para tirar proveito desse recurso natural que pertence a todos.

Como caracteriza GERASIMOV (1980, apud ROSS, 1990) um dos primeiros problemas a se levantar, trabalhando-se a questão ambiental, é o da contradição que emerge entre utilizar os recursos naturais ou proteger a natureza. Entretanto, é preciso considerar que no atual estágio tecnológico, científico e econômico a que chegou o homem do século XX é impossível desconsiderar que a cada dia a expansão do aproveitamento dos recursos naturais está sendo necessária à humanidade.

De acordo com ROSS (1990), não se pode coibir a expansão da ocupação dos espaços, reorganização dos já ocupados e fatalmente a ampliação do uso dos recursos naturais, tendo-se em conta o nível de expansão econômica e demográfica da atualidade. Por outro lado, se é

imperativo ao homem, como ser social, expandir-se tanto demográfica como técnica e economicamente, é fundamental que se disponha de instrumentos legais para dar suporte ao desenvolvimento sustentável.

Dessa maneira, com o objetivo de encontrar formas alternativas e racionais de utilização dos recursos naturais, na busca de um desenvolvimento mais harmonioso, é proposto um zoneamento ambiental para a sub-bacia do Rio Rocinha, visando administrar os conflitos e racionalizar o uso dos recursos hídricos. Como objetivos específicos alinham-se:

- Definir a sub-bacia do Rio Rocinha no tocante às suas características quanto a geologia, a geomorfologia, o solo, o uso do solo, a declividade e a hipsometria;
- Caracterizar distintas porções da área em estudo através do cruzamento dos mapas temáticos;
- Avaliar a qualidade das águas da sub-bacia, a fim de caracterizar o impacto das atividades poluidoras em seus recursos hídricos;
- Propor formas adequadas de utilização dos recursos naturais nas distintas porções da área;
- Contribuir para o conhecimento da situação ambiental de uma área em estágio de degradação e, a partir daí, criar uma ferramenta de decisão para priorizar as ações de recuperação ambiental, segundo critérios que possibilitem resgatar os usos mais importantes da água.

A opção pela utilização de uma sub-bacia como unidade de estudo, foi devido a possibilidade de estabelecer interrelações entre as características ambientais e as diversidades sócio-econômicas, através da análise integrada entre as distintas variáveis, de modo a formar um cenário da realidade atual e das perspectivas de evolução da situação evidenciada, complementados por pesquisas de campo.

Neste contexto, de acordo com ROSS (1990), a geografia é de potencial importância no trabalho de inventariar e analisar o quadro

ambiental, que é antes de mais nada um espaço, humanizado ou não, eminentemente geográfico.

A execução de estudos visando diagnósticos ambientais, passa evidentemente por uma série de mecanismos operacionais que possibilitam atingir resultados interpretativos, frutos da pesquisa técnico-científica. É claro que a elaboração dos estudos implica no conhecimento da teoria, no domínio da metodologia, bem como na capacidade de operacionalizar o instrumental técnico de apoio, com objetivos claramente definidos.

A escolha do tema recaiu sobre o interesse de aprofundar o estudo preliminar realizado sobre as implicações da mineração no Rio Rocinha (SCHEIBE et al, 1993), no qual foram abordadas as questões da qualidade da água utilizada pela atividade carbonífera e sugeridas diretrizes para o gerenciamento dos recursos hídricos, visando uma solução para os conflitos de uso.

As condições naturais a que está submetida esta sub-bacia determinam uma tendência ao conflito entre os usos dos recursos hídricos, tanto pela pouca disponibilidade, como pela baixa capacidade de diluição e auto-depuração dos cursos d'água.

Os conflitos decorrentes dos impactos ambientais produzidos pelos efluentes da mineração e beneficiamento do carvão mineral sobre a qualidade das águas da sub-bacia do Rio Rocinha comprometem os usos da água tanto para a comunidade local, que vivencia os conflitos, como para a bacia hidrográfica do Rio Tubarão como um todo, já que os problemas de poluição que ocorrem nas nascentes prejudicam as demais atividades a jusante desenvolvidas na bacia.

Os rios que drenam o município de Lauro Müller, onde está inserida a sub-bacia do Rio Rocinha, apresentam em sua maioria, alterações em suas características naturais, uma vez que o município possui como atividade econômica a extração do carvão mineral, que é também seu principal agente de degradação ambiental.

As análises físico-químicas realizadas para este estudo mostraram que a qualidade das águas nas nascentes do Rio Rocinha estão de acordo com o enquadramento estabelecido através da Portaria 024/79, porém, a partir da área minerada os efeitos negativos da exploração do carvão se

sobressaem, tornando a qualidade das águas do Rio Rocinha imprópria para os usos previstos na Resolução CONAMA 20/86 e Decreto Estadual 14.250/81.

Os resultados deste estudo deverão fornecer subsídios para a elaboração de programas de recuperação e controle para a sub-bacia, visando adequar os cursos d'água à legislação que trata da qualidade das águas superficiais.

O zoneamento elaborado pretende ser um instrumento à disposição dos órgãos oficiais e da comunidade como um todo, visando a busca de alternativas para resolver os problemas da água, levando em conta as necessidades e dificuldades vivenciadas pela própria comunidade.

Se a realidade hoje nos mostra um quadro adverso, com muitos corpos d'água sendo mal utilizados, em alguns casos já ameaçados de escassez, por outro lado temos a certeza de que a mudança deste cenário depende também da postura de cada cidadão, na sua relação cotidiana com a água.

CAPÍTULO 1 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo compreende a sub-bacia do Rio Rocinha, localizada no Município de Lauro Müller, região sul do Estado de Santa Catarina.

“O município tem como principal atividade econômica a extração do carvão mineral que é também seu principal agente de degradação ambiental. A inserção do município na região sul do estado confere-lhe características especiais. Considerada uma área de importância energética nacional em função da abundância do carvão mineral, as estratégias desenvolvidas pelas esferas estadual e federal perpassam, necessariamente, o cotidiano dos municípios componentes da região” (BENDER et al in SCHEIBE et al, 1993:105).

De acordo com os autores acima,

“A evolução da população urbana de Lauro Müller é bastante complexa e deve ser analisada em relação à atividade carbonífera, que apresenta em sua história, ciclos de retração e retomada de desenvolvimento, os quais acabaram por determinar os fluxos migratórios entre a área urbana e rural” (BENDER et al in SCHEIBE et al, op cit:107).

A partir das mudanças na estrutura produtiva e comercial do setor carbonífero, Lauro Müller entrou em uma fase de grandes dificuldades, porque diferentemente de outros municípios da região que se desenvolveram baseados no carvão, não houve uma diversificação de capitais para outros ramos da atividade econômica, circunstância em certa medida relacionada à própria monopolização local da produção.

Segundo a mesma publicação,

“Hoje a estrutura fundiária apresenta-se bastante complexa, pois os posseiros que receberam, através de contrato de trabalho, a concessão para moradia e há muito perderam os vínculos com a companhia de exploração do carvão, encontram-se em litígio com seus antigos patrões, os quais

buscam retomar a posse dos terrenos outrora concedidos aos seus funcionários.” (BENDER et al in SCHEIBE et al, 1993: p.105)

Ainda de acordo com BENDER et al in SCHEIBE et al (1993:105,106),

“Com uma Lei Orgânica Municipal que não contempla a complexa realidade do município, não podendo portanto servir de instrumento para a reversão do quadro ambiental gerado pelo carvão, sua situação é crítica em todos os níveis:

- os rios que drenam o município, como o Rocinha por exemplo, apresentam em sua maioria, alterações em suas características naturais, implicando em desqualificação paulatina dos mananciais para o uso;
- o saneamento é deficiente, apresentando problemas desde a captação da água utilizada pelo município, o lançamento de esgotos, até os referentes ao acondicionamento do lixo;
- o município possui um agravante que diz respeito à posse do solo urbano e rural, interferindo em sua estrutura urbana e fundiária;
- a produção agrícola do município possui a mesma característica da região sul-catarinense quanto à diversificação e uso do solo.”

A área de estudo pertence a bacia hidrográfica do Rio Tubarão, a maior em volume d'água do sul de Santa Catarina, a qual ocupa uma área de 5100Km². As bacias hidrográficas da região sul compreendem áreas relativamente pequenas (menores que 5100 km²), formadas por rios de pequena vazão.

O Rio Tubarão inicia-se na altura da cidade de Lauro Müller, após a confluência dos rios Rocinha e Bonito, seus formadores, que nascem na Serra Geral, no limite entre os municípios de Lauro Müller e Bom Jardim da Serra. Os rios Rocinha e Bonito apresentam sub-bacias longilíneas, com disposição aproximada E-W, paralelas entre si.

A sub-bacia do Rio Rocinha tem limites ao sul com a sub-bacia do Rio Bonito e ao norte com a sub-bacia do Rio do Rasto.

O Rio Rocinha, que margeia a Estrada do Rio do Rasto por muitos quilômetros, nasce nas escarpas da Serra Geral e tem sua foz nas proximidades da área urbana de Lauro Müller, perfazendo uma extensão de 18 Km e abrangendo uma área de 47,52 km². Sua localização está apresentada no mapa 1.

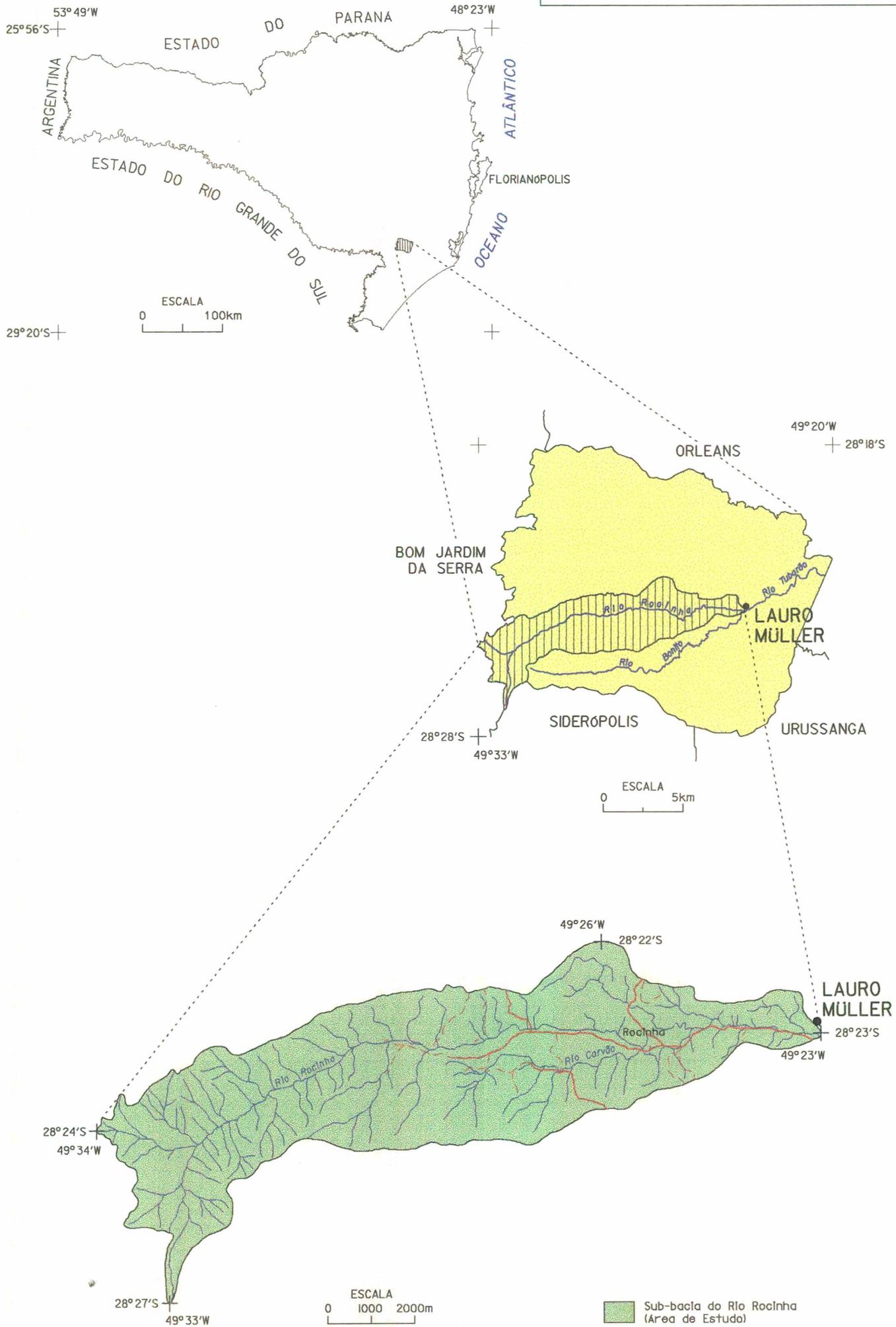
Segundo CASTRO et al (1994:9):

“O interesse da Estrada do Rio do Rasto para a geologia remonta ao ano de 1904, quando o Governo Federal, preocupado com o aproveitamento do carvão mineral sul-brasileiro, criou a COMISSÃO DE ESTUDOS DAS MINAS DE CARVÃO DE PEDRA DO BRASIL. Para chefiá-la, o então Ministro da Indústria, Viação e Obras Públicas, Dr. Lauro Severiano Müller, escolheu o eminente Geólogo ISRAEL C. WHITE, do Estado do West Virgínia, USA, que no mesmo ano iniciou os trabalhos, auxiliado por uma equipe de técnicos brasileiros.”

A sequência de rochas exposta ao longo da Estrada do Rio do Rasto (SC 438) - rodovia que se estende da cidade mineira de Lauro Müller até o planalto basáltico da Serra Geral, no sul de Santa Catarina - compõe uma das colunas estratigráficas clássicas do Gondwana mundial. Esta sequência estabelecida por WHITE que a denominou “Sistema de Santa Catarina”, permanece ainda hoje com a mesma estrutura básica. As unidades, arranjadas na ordem natural de deposição (mais antigas em baixo, mais jovens em cima) têm nomes relacionados com as localidades onde foram inicialmente descritas, a maior parte delas, na região da Serra do Rio do Rasto.

De acordo com o Roteiro do Museu Geológico da Serra do Rio do Rasto (DNPM, AGESC, UFSC, s.d.), a Serra do Rio do Rasto, como de resto toda a Serra Geral, é uma feição geomorfológica que foi construída durante vários milhões de anos. Seu desenvolvimento começou quando cessaram os fenômenos vulcânicos que deram origem aos espessos pacotes de lavas basálticas, há cerca de 120 milhões de anos. O enorme peso das lavas

MAPA 01 : LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO



provocou um afundamento da crosta naquele momento e, depois, ocorreu uma reação contrária, de soerguimento dessa imensa área no sul do Brasil.

Ainda de acordo com esta referência, graças a essa elevação, os rios que correm para o oceano Atlântico - como o Rio do Rastro, o Oratório e o Passa Dois - começaram a escavar as bordas do Planalto Basáltico e, num trabalho erosivo realizado ao longo de milhões de anos, esculpiram as escarpas da Serra Geral (foto 1), originando as montanhas e vales profundamente encaixados que constituem a Serra do Rio do Rastro, e trazendo novamente para perto da superfície as rochas sedimentares que contêm as camadas de carvão, mais antigas e, por isso mesmo, situadas bem abaixo dos basaltos na coluna geológica.

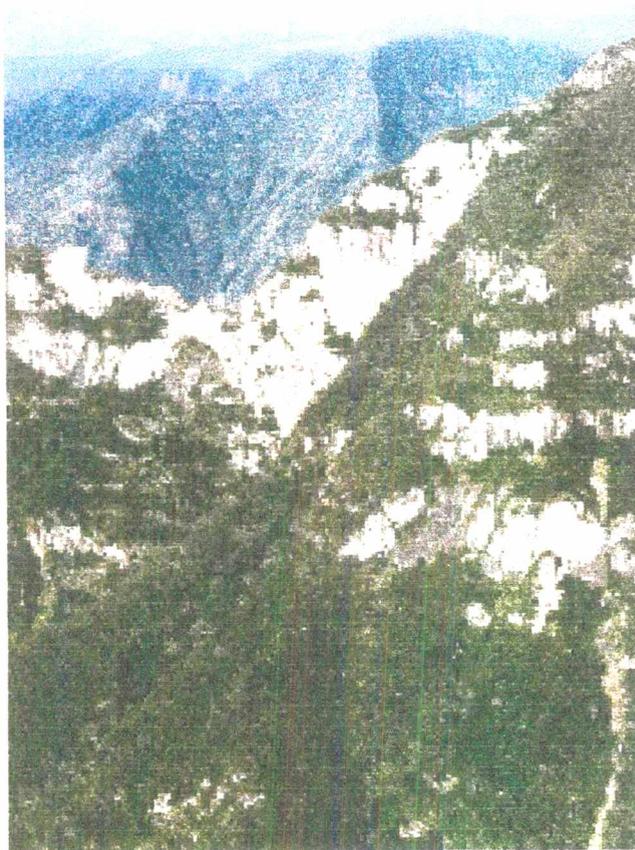


Foto 1 - Vista das escarpas da Serra Geral, mostrando, em primeiro plano, os vários níveis de rochas basálticas. Foto tirada em 1998.

De acordo com CASTRO et al (1994:9):

“White definiu, a partir de observações realizadas na Estrada Nova do Rio do Rastro (SC 438) e regiões próximas, o elenco

de unidades estratigráficas que constituem as séries (Tubarão, Passa Dois e São Bento) da sua coluna padrão, subdividindo-as em unidades menores, que dentro dos preceitos modernos do Código de Nomenclatura Estratigráfica são enquadrados nas categorias de grupos, formações e membros.”

Conforme estes autores, a obra de WHITE representa um marco que tem servido de referência a todos os trabalhos que tratam da geologia da Bacia do Paraná e dos carvões associados às suas formações sedimentares.

É interessante mencionar que o Rio Rocinha, também conhecido no município pelo nome de Rio Passa Dois, deu origem a denominação das camadas da Série Passa Dois de WHITE. De acordo com o relatório elaborado por este autor, Rocinha é o nome dado às nascentes do Rio Passa Dois. Entretanto, é importante salientar, que as cartas topográficas do IBGE, folhas Orleães [SH.22-X-B-I-3(MI-2924-3)] e Bom Jardim da Serra (SH-22-X-A-III-4), que deram origem à base cartográfica deste trabalho, não fazem menção ao Rio Passa Dois, considerando Rocinha, desde a nascente até a foz.

1.1 - Aspectos físicos

Do ponto de vista geológico, a área apresenta particularidades que merecem ser descritas, uma vez que os estudos realizados por WHITE no início deste século, indicam que a localidade da Rocinha é o único lugar do Brasil onde seria possível visualizar o contato entre a porção inferior da Série São Bento com o topo das rochas carboníferas da Série do Passa Dois. De acordo com o relatório, seria possível que este estrato, por ele denominado como calcário da Rocinha, fosse a linha divisória entre o Carbonífero (Permiano) e o Triássico.

O substrato da área de estudo é constituído por rochas sedimentares, com idades variando entre o Permiano e o Cretáceo, que fazem parte da Bacia do Paraná e, subordinadamente, por rochas graníticas da Suíte Intrusiva Pedras Grandes, que correspondem ao Pré-Cambriano.

Descendo a Serra Geral em direção a Lauro Müller, WHITE (1908) organizou uma seção que resultou na seguinte tabela:

Tabela 1 - Sistema de Santa Catarina

		Metros	Metros	
Systema de S. Catharina	Serie de S.Bento	Rochas Eruptivas da Serra Geral	600	900
		Gres de São Bento grandes paredões de gres vermelho, cinzento e cor de creme	200	
		Camadas vermelhas do rio do Rasto com reptis fosseis e arvores fosseis	100	
	Serie do Passa Dois	Calcereo da Rocinha	3	223
		Schistos variegados e cinzentos da Estrada Nova com concreções de silex e camadas areentas	150	
		Schisto preto de Iraty, Mesosaurus e Stereosternum	70	
	Serie do Tubarão	Schistos de Palermo	90	280
		Gres e schistos Rio Bonito, camadas carboníferas e flora de Glossopteris	158	
		Conglomerado de Orleans	5	
		Schistos e Gres amarellos ate o granito da base	27	

Fonte: WHITE, 1908

Diz WHITE a respeito da Série do Tubarão:

“Estas camadas designadas com o nome do rio que drena a principal região carbonífera do Estado de Santa Catharina são constituídas por vários membros diferentes, apoiando-se o mais baixo no granito e não se parecendo lithologicamente com as camadas superiores.”(1908:48).

Os pontos do roteiro da “Coluna WHITE” estão demarcados ao longo da Rodovia do Rio do Rasto (SC 438), sendo que o primeiro está localizado antes da ponte principal de acesso à cidade de Lauro Müller, no contato entre as formações Rio do Sul e Rio Bonito e o último, na subida da serra, no contato entre o Arenito Botucatu e a Formação Serra Geral (CASTRO et al, 1994).

“Após o trabalho de WHITE (1908), denominando de séries Tubarão (Permo-carbonífero) e Passa Dois (Permiano) às rochas gonduânicas aflorantes no sul do Brasil, surgiram outras proposições, permanecendo, no entanto, a conotação estrutural da primeira classificação” (CASTRO et al, 1994:15).

A coluna estratigráfica das formações geológicas ocorrentes na área estudada, dentro dos conceitos modernos de nomenclatura e de acordo com BORTOLUZZI et al (1987) está apresentada na tabela 2.

Tabela 2 - Coluna Estratigráfica das formações geológicas ocorrentes na sub-bacia do Rio Rocinha (BORTOLUZZI et al, 1987)

Grupo São Bento	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Formação Serra Geral</p> <p>Formação Botucatu</p> </div>
Grupo Passa Dois	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Formação Rio do Rasto</p> <p>Formação Teresina</p> <p>Formação Serra Alta</p> <p>Formação Irati</p> </div>
Grupo Guatá	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Formação Palermo</p> <p>Formação Rio Bonito</p> </div>
Suíte Intrusiva Pedras Grandes	

As rochas graníticas da Suíte Intrusiva Pedras Grandes, encontram-se nas porções mais baixas da área de estudo, na área urbana da cidade de Lauro Müller e arredores. À medida que aumentam as cotas altimétricas aparecem as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, em ordem cronológica crescente, começando com as Formações Rio Bonito e Palermo, do Grupo Guatá.

O termo Guatá foi proposto por GORDON Jr (1947, apud CASTRO et al, 1994) para agrupar os siltitos e arenitos aflorantes nas imediações da localidade de Guatá - SC, englobando as camadas Rio Bonito e Palermo de WHITE.

Nas palavras de BORTOLUZZI et al (1987:143), a Formação Rio Bonito, que aflora na área de estudo entre as altitudes de 200 a 300 metros:

“...compreende um pacote sedimentar, depositado sobre o Grupo Itararé, constituído de uma seção basal arenosa, uma média, essencialmente argilosa e uma superior, areno-argilosa.”

A parte superior da Formação Rio Bonito, engloba o pacote areno-siltico que contém as camadas de carvão mais importantes da bacia. As camadas economicamente viáveis para exploração mineral são conhecidas como Barro Branco, Irapuá e Bonito. Os sedimentos carbonosos foram originados em lagunas e mangues costeiros, posteriormente recobertos por areias litorâneas.

As camadas da Formação Rio Bonito, que contém carvão, foram assim descritas por WHITE, em 1908:

“Acima do conglomerado de Orleans vem uma serie de gres feldspathicos, amarellos e brancos acinzentados entremeiados, com schistos cinzentos azulados, em que occurrem varias camadas de carvão, uma das quaes perto do tope do grupo parece ser persistente em vasta região.”
(p.52)

“Ao que parece nenhum leito de carvão de sensivel importancia, se apresenta na metade inferior das camadas Rio Bonito, bem que alguns leitons de schistos escuros

carbonosos e com restos de vegetaes occurram no espaço de 5 a 6 metros acima do granito.” (p.64)

“A pequena distancia abaixo do tope das camadas Rio Bonito e interposta a dois estratos de gres, Barro Branco superior e inferior, se apresenta a camada de carvão de mais valor e mais largamente persistente da serie, que pelo facto de ser geralmente dividida em duas partes por argilla branca, foi denominada camada Barro Branco.” (p.86)

“Este estrato parece ser o horizonte em que foi pela primeira vez descoberto carvão em Santa Catharina.” (p.88)

“No rio Passa Dois, meio kilometro a oeste da embocadura do rio Carvão, este carvão mergulha até perto do nivel d’água a 268.9 m. acima do nivel do mar.” (p.94)

O termo Minas utilizado por WHITE refere-se a cidade de Lauro Müller, que antigamente era conhecida como Estação das Minas.

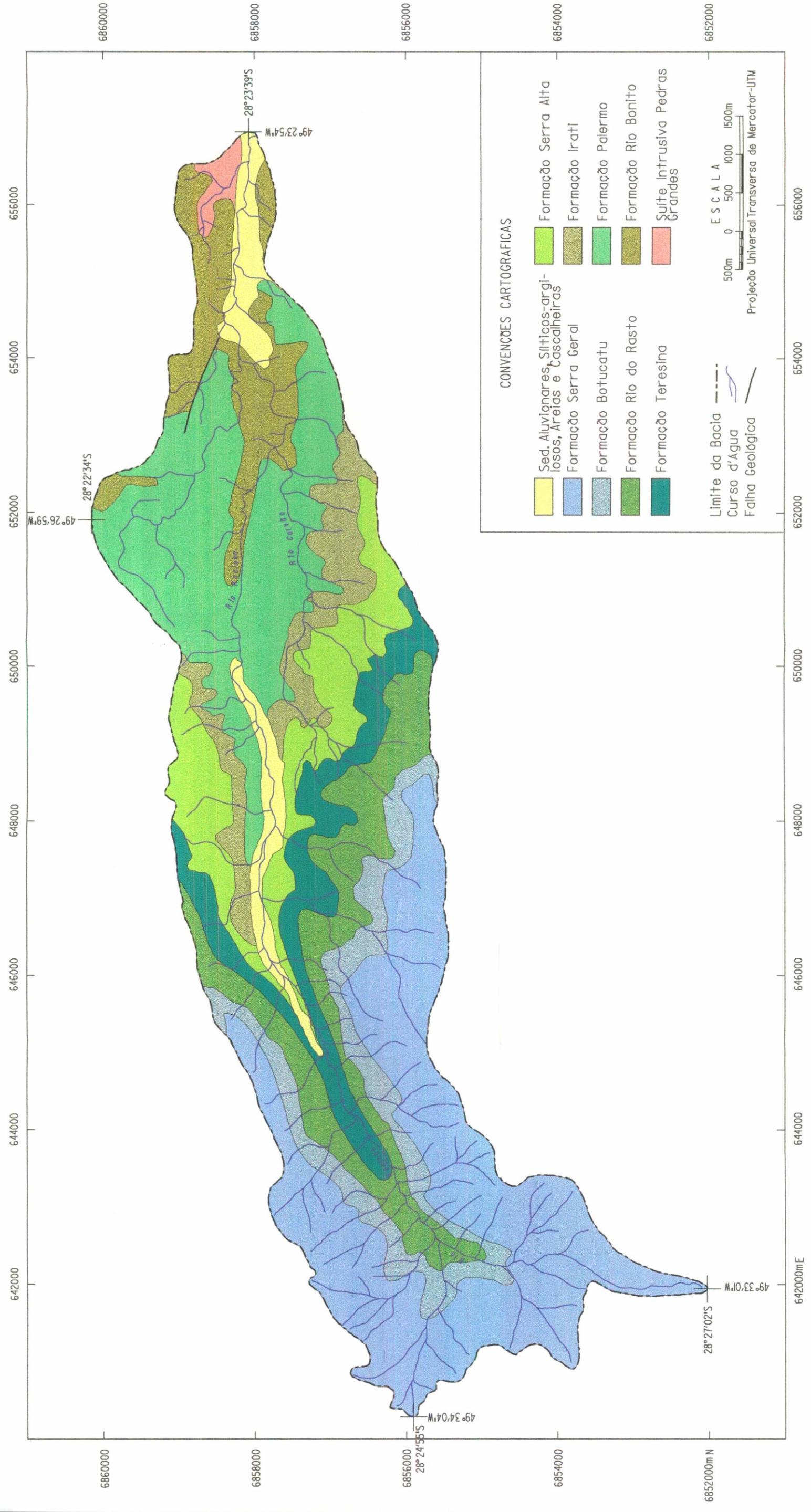
Com relação à qualidade do carvão brasileiro, como combustível, a “COMISSÃO DE ESTUDOS DAS MINAS DE CARVÃO DE PEDRA NO BRASIL”, apresentou o seguinte parecer:

“O resultado do trabalho ... foi de se abandonar a esperança de encontrar camadas de carvão puro e com espessura exploravel no Brazil, pois que era muito evidente que o carvão em cada affloramento e exploração examinados era em qualquer ponto praticamente da mesma qualidade, que havendo carvão bastante puro em cada camada estava tão interestratificado e entremeiado com schisto bituminoso, ou ardosia de modo a tornar a separação impossivel pelos methodos ordinarios de mineração”. WHITE (1908:136,138).

Segundo SCHNEIDER et al (1974), a Formação Palermo é constituída por siltitos e siltitos arenosos, de cor cinza e, amarelo e esverdeados, quando alterados, tendo sido formados em ambiente marinho de águas rasas.

Para CASTRO et al (1994:20), “o Grupo Passa Dois compreende as Formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto, estando todas estas unidades bem representadas, em afloramentos, em Santa Catarina.” As formações geológicas aflorantes na área de estudo estão apresentadas no mapa geológico (mapa 2).

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Geologia



Autoria: Marisa Bender, 1998.
 Fontes: Base Cartográfica-Mapeamento do IBGE, 1976 - Escala 1:50.000
 IIIª Fase do Projeto Gerenciamento Costeiro/SEPLAN-SC, 1995 - Escala 1:100.000

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências - CFH/UFSC
 Digitalização/Edição: Geog. José Henrique Villela

Conforme BORTOLUZZI et al (1987), a Formação Irati é composta por folhelhos cinza a preto, alguns pirobetuminosos e fossilíferos, com horizontes de calcário dolomítico. O ambiente de geração desta unidade é marinho de águas rasas ou lagunar.

“A Formação Serra Alta compreende uma sequência de folhelhos, argilitos e siltitos cinza-escuros a pretos, ..., situados em contato concordante acima da camada superior de folhelho betuminoso da Formação Irati” (BORTOLUZZI et al, 1987:150). SCHNEIDER et al (1974), atribuem-lhe origem em ambiente marinho de águas calmas, depositada abaixo do nível da ação das ondas.

De acordo com CASTRO et al, (1994:21):

“A Formação Teresina é formada por argilitos cinza-escuros e esverdeados ritmicamente intercalados com siltitos cinza escuros e arenitos muito finos, cinza-róseos e avermelhados quando alterados, entremeando camadas ou lentes de calcários...”.

“As características desta sedimentação são indicativas de ambiente marinho de águas rasas e agitadas, dominado por ondas e pela ação de marés...”

Segundo BORTOLUZZI et al (1987), os sedimentos que constituem a Formação Rio do Rasto “são essencialmente clásticos, de cores variegadas, predominando as tonalidades arroxeadas, esverdeadas e avermelhadas.” (p.151) A coloração avermelhada “...revela uma condição progressivamente mais oxidante do ambiente de sedimentação, com a passagem das condições de deposição de subaquática para francamente subaérea.” (p.151)

Algumas das colocações de WHITE (1908) a respeito da Série do Passa Dois estão descritas a seguir:

“Acima dos schistos do Palermo vem uma série de schistos, camadas areentas e calcareas que estão bem expostas ao longo das cabeceiras do Passa Dois, rio que margeia paralelamente a estrada do Rio do Rasto por muitos kilometros, sendo portanto estas camadas designadas com o nome daquelle rio.” (p.180)

“O caracter da série em conjunto é de natureza schistosa molle, embora ocorram a miudo perto do centro algumas camadas de pederneira, bem como algumas areentas. A espessura total da série do Passa Dois calculada por seus afloramentos na estrada do Rio do Rasto em Santa Catharina, é de 223 metros.” (p.180)

“Bem no tope do Permiano e capeando as camadas carboníferas em Santa Catharina, ha um calcareo cinzento claro que devido a ser encontrado no rio Rocinha afluente do rio Passa Dois em Santa Catharina, foi denominado calcareo da Rocinha.” (p.192)

O estrato tem um pouco mais de 3 metros de espessura, está exposto 50 a 75 metros ao longo do leito do rio e imediatamente abaixo de um paredão de grés vermelho que parece superpor-se em discordancia ao calcareo, não se sabendo com certeza si a discordancia é meramente local, ou geral, entretanto ha toda a probabilidade de ser um caso genuino de discordancia e que o calcareo da Rocinha seja a linha divisoria entre o Carbonifero (Permiano) e o Triassico, visto que no terreno logo acima ocorrem restos fosseis de reptis que são intimamente relacionados com typos Triassicos.” (p.192)

O calcário da Rocinha, descrito por WHITE (1908), pode ser visto no ponto 5A do Roteiro da Coluna WHITE.

De acordo com o relatório WHITE (1908), “o contacto ... das camadas vermelhas do rio do Rasto com o calcareo da Rocinha subjacente, ou tope das rochas certamente carboníferas, foi visto pelo autor em um lugar somente no Brazil, no rio Rocinha perto de Minas, em Santa Catharina.” (p.196)

Este afloramento localiza-se próximo à mina de sub-solo 3G da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco, às margens do Rio Rocinha e apresenta em sua base, camadas de carvão mineral justapostas por folhelhos e tendo arenito na superfície. Esta falésia (fotos 2 e 3) tem uma altura próxima a 4,5 metros, formando um ângulo de 90 graus com o leito do rio (BENDER et al, 1995). Segundo CHRISTOFOLETTI (1981), o trabalho erosivo do rio quando a vazão da água é maior, escava a base da falésia levando a um processo de solapamento nesta porção e a um processo de sedimentação na margem oposta.

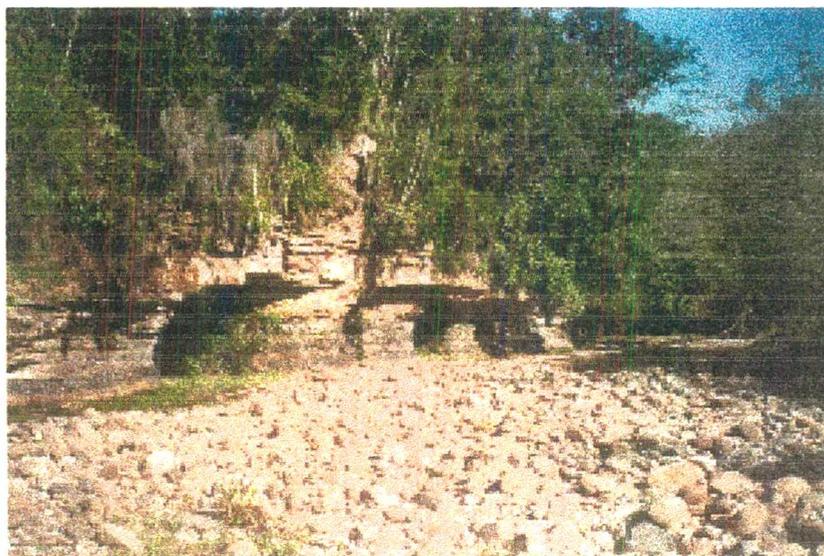


Foto 2 - Falésia na margem direita do Rio Rocinha, com camadas de carvão na base justapostas por folhelhos e arenitos. Foto tirada em 1998.

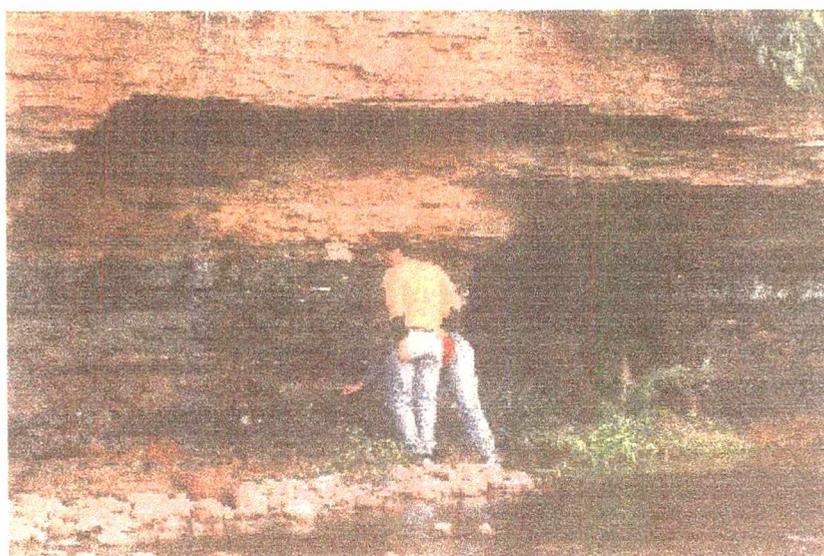


Foto 3 - Detalhe da foto anterior

As formações Botucatu e Serra Geral encerram o registro da Bacia do Paraná na região da Coluna WHITE.

Segundo BORTOLUZZI et al (1987:153), “a Formação Botucatu está exposta em Santa Catarina numa faixa estreita e contínua, seguindo o contorno da escarpa basáltica da Serra Geral.” É constituída por arenitos bem selecionados, finos e médios, com características litológico-estruturais que indicam deposição eólica em ambiente desértico.

Como acentua DUARTE (1997:9), “entre as rochas sedimentares há bons aquíferos. O maior deles que reúne 80% da água subterrânea do sul do Brasil é a Formação Botucatu (Arenito Botucatu).”

A Formação Serra Geral, conforme caracteriza BORTOLUZZI et al (1987) “é constituída essencialmente por uma sequência vulcânica que inclui rochas de composição básica a ácida.”(p.154) “As efusivas ocupam a parte superior do Grupo São Bento, correspondendo este evento vulcânico ao encerramento da evolução gonduânica da Bacia do Paraná.”(p.155)

Algumas das colocações de WHITE (1908) a respeito da Série de São Bento estão apresentadas a seguir:

“A serie sedimentaria termina em Santa Catharina com grés muito massiços vermelhos, cinzentos, e côr de creme, algumas vezes ligeiramente conglomeraticos. Este grupo superior é muitas vezes cozido e vitrificado pelo contacto com os grandes lençoes de diabase que se encontram tão frequentemente intercalados nas camadas massiças assim como amontoados no tope das mesmas.” (p.210)

“As porções superiores formam enormes paredões verticaes, as vezes de 50 a 100 metros de altitude, em torno das montanhas a meio caminho das encostas da Serra Geral, sendo uma das feições mais características do panorama.” (p.210)

“Sucedendo o deposito dos grés de S. Bento, seguiu-se uma época de grande actividade vulcanica em grande parte da área coberta pelos mais elevados depositos sedimentarios Triassicos. Grandes derrames de lavas diabasicas e basalticas irromperam pelas fendas e se espalharam em vastos lençoes uns sobre os outros, na região da Serra Geral muitas vezes soterrando os grés de São Bento sob 600 metros e mais de rochas eruptivas. As vezes estes diques tomam uma direcção quasi vertical e atravessam todos os estratos superpostos, tambem os cortam diagonalmente em todos os angulos e frequentemente se insinuam horizontalmente entre as camadas, as vezes se ramificando e envolvendo grandes massas das rochas sedimentarias.” (p.216)

As camadas basálticas começam a 748,2 metros acima do nível do mar, algumas exibindo estrutura colunar de 20 a 50 metros de espessura até 1350 a 1400 metros no alto da Serra Geral, a 25 km de Lauro Müller (WHITE, 1908).

Segundo DUARTE (1997:17):

“A variedade de todas estas rochas, suas estruturas primárias e granulometrias, 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 chuvas, e posterior liberação das mesmas tanto para as fontes e rios, como para os aquíferos mais profundos.”

Estão também presentes na sub-bacia do Rio Rocinha, em quantidades reduzidas, sedimentos quaternários, predominantemente aluviais, preenchendo os fundos de vale.

Os processos morfogenéticos atuando sobre as litologias sedimentares e cristalinas desta sub-bacia, de acordo com o mapa de geomorfologia da IIª fase do Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina, escala 1:100.000, em elaboração pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul (SDE) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), deram origem a modelados de dissecação e acumulação.

Os modelados de dissecação são constituídos por elevações, onde ocorre um predomínio dos processos erosivos sobre os de deposição. Estes modelados podem ser divididos de acordo com as formas, declividades e amplitude altimétrica das elevações.

Deste modo, ocorrem na área os seguintes modelados de dissecação:

- modelado de dissecação escarpado: constituído pela escarpa da Serra Geral, onde as declividades são extremamente elevadas, com predomínio de área com declividade superior a 45% e cotas altimétricas em torno de 1100m. Nesta área encontram-se as nascentes do Rio Rocinha;
- modelado de dissecação montanhoso: é espelhado pelas elevações próximas à escarpa (morros testemunhos) e apresentam cotas altimétricas menores que esta. Em áreas de relevo montanhoso e escarpado, os declives muito fortes ativam a erosão. Os solos das partes mais

montanhosas têm limitações severas à agricultura, devido a declividade muito forte ou a pequena espessura do perfil;

- modelado de dissecação morraria (outeiro): estão presentes em áreas mais dissecadas e rebaixadas do médio vale do Rio Rocinha e próximo ao perímetro urbano do município;
- modelado de dissecação colinoso: ocorre nas áreas mais dissecadas da sub-bacia do Rio Rocinha, no seu baixo curso.

Estas diferentes unidades espelham diferentes graus de dissecação do relevo. Deste modo, no modelado em colinas é possível encontrar afloramentos de rochas das formações mais antigas da Bacia do Paraná na área (Formação Rio Bonito, por exemplo) e, no topo da escarpa são encontradas as rochas mais recentes da referida bacia, os basaltos da Formação Serra Geral.

Os modelados de acumulação caracterizam-se pelo predomínio dos processos deposicionais sobre os erosivos. Na sub-bacia do Rio Rocinha são encontrados os seguintes tipos:

- acumulação torrencial: encontrado no sopé das elevações do modelado escarpado e montanhoso, gerado por processos de alta energia, como escoamento concentrado e movimentos de massa, que carregam sedimentos das partes mais altas;
- acumulação fluvial: encontrado preenchendo os fundos de vale, principalmente onde as planícies aluviais são mais desenvolvidas.

Os modelados descritos acima são apresentados no mapa geomorfológico (mapa 3).

As cotas altimétricas da sub-bacia em estudo estão entre 200 a 1450 m, aproximadamente, com as altitudes variando rapidamente em curtas distâncias (mapa 4). Quase um terço do total da área apresenta declividades superiores a 45% (acima de 25°), como pode ser constatado através do mapa de declividade (mapa 5).

A figura 1 mostra o Modelo Numérico do Terreno (MNT) para a sub-bacia do Rio Rocinha. Foi elaborado a partir da conversão dos dados do Idrisi para o Surfer (versão 6.04) e representa o relevo da superfície da área de estudo expresso por um conjunto de vetores (x, y, z). As componentes x e y definem uma posição sobre a superfície, com resolução de 30 x 30 metros, enquanto z representa o atributo associado a (x, y) que no caso do MNT é a altitude.

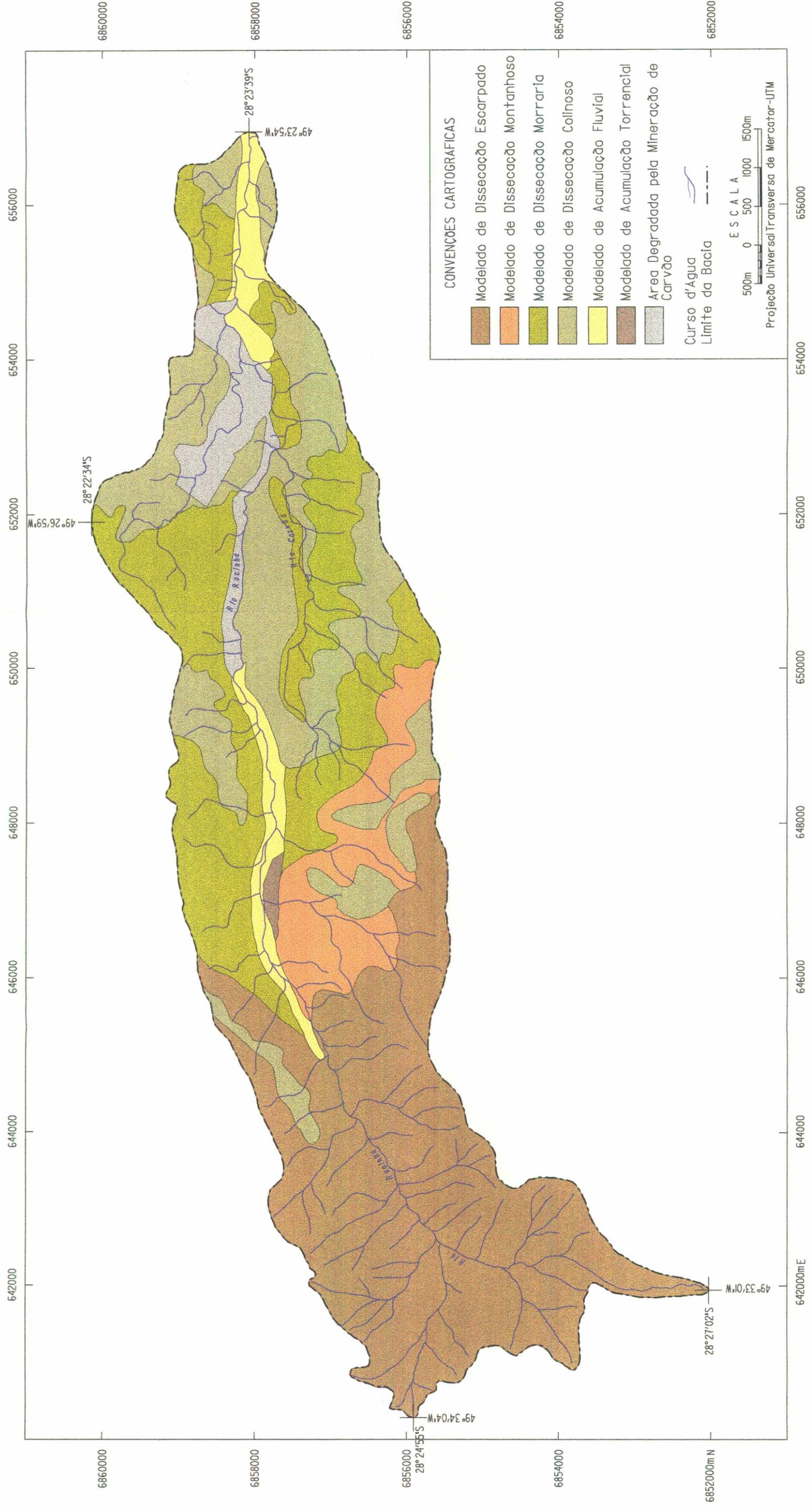
As drenagens apresentam, via de regra, vales encaixados nos modelados escarpado e montanhoso. Nos modelados mais dissecados da sub-bacia, os rios já apresentam planícies aluviais e até níveis de terraço, segundo observações de campo.

“É possível identificar no campo três níveis de terraços acompanhando o leito do rio Rocinha, sugerindo grandes períodos de cheias, visto que a presença de grandes blocos e seixos arredondados concentrados no leito do rio levam a crer no aumento da capacidade e competência de transporte das águas do rio. Em alguns pontos, observa-se a migração do canal fluvial dentro dos seus próprios depósitos, marcada pela assimetria de terraços e pelo leito abandonado recoberto por materiais transportados” (BENDER et al, 1995).

Os solos que se desenvolvem na maior parte da bacia, de acordo com o mapa de solos da IIª fase do Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina - SDE/IBGE (em elaboração), apresentam perfis pouco desenvolvidos e baixa fertilidade natural.

Os perfis pouco desenvolvidos da área de estudo são função dos relevos muito íngremes apresentados pelos modelados de dissecação escarpado e montanhoso, onde os processos erosivos são mais atuantes que os processos de pedogênese. Nestes modelados desenvolvem-se solos do tipo litólico em associação com cambissolo; apresentam textura argilosa em alguns pontos, função das características apresentadas pelas litologias de origem, como folhelhos, argilitos e basalto. A sequência do perfil litólico é "A" - "R", enquanto que no perfil do cambissolo já é possível o

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Geomorfologia



Autoria: Marisa Bender, 1998.
 Fontes: Base Cartográfica-Mapeamento do IBGE, 1976 - Escala 1: 50 000
 1ª Fase do Projeto Gerenciamento Costeiro/SEPLAN-SC, 1995 - Escala 1: 100 000

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências - CFH/UFSO
 Digitalização/Edição: Geog. José Henrique Villela

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Declividade

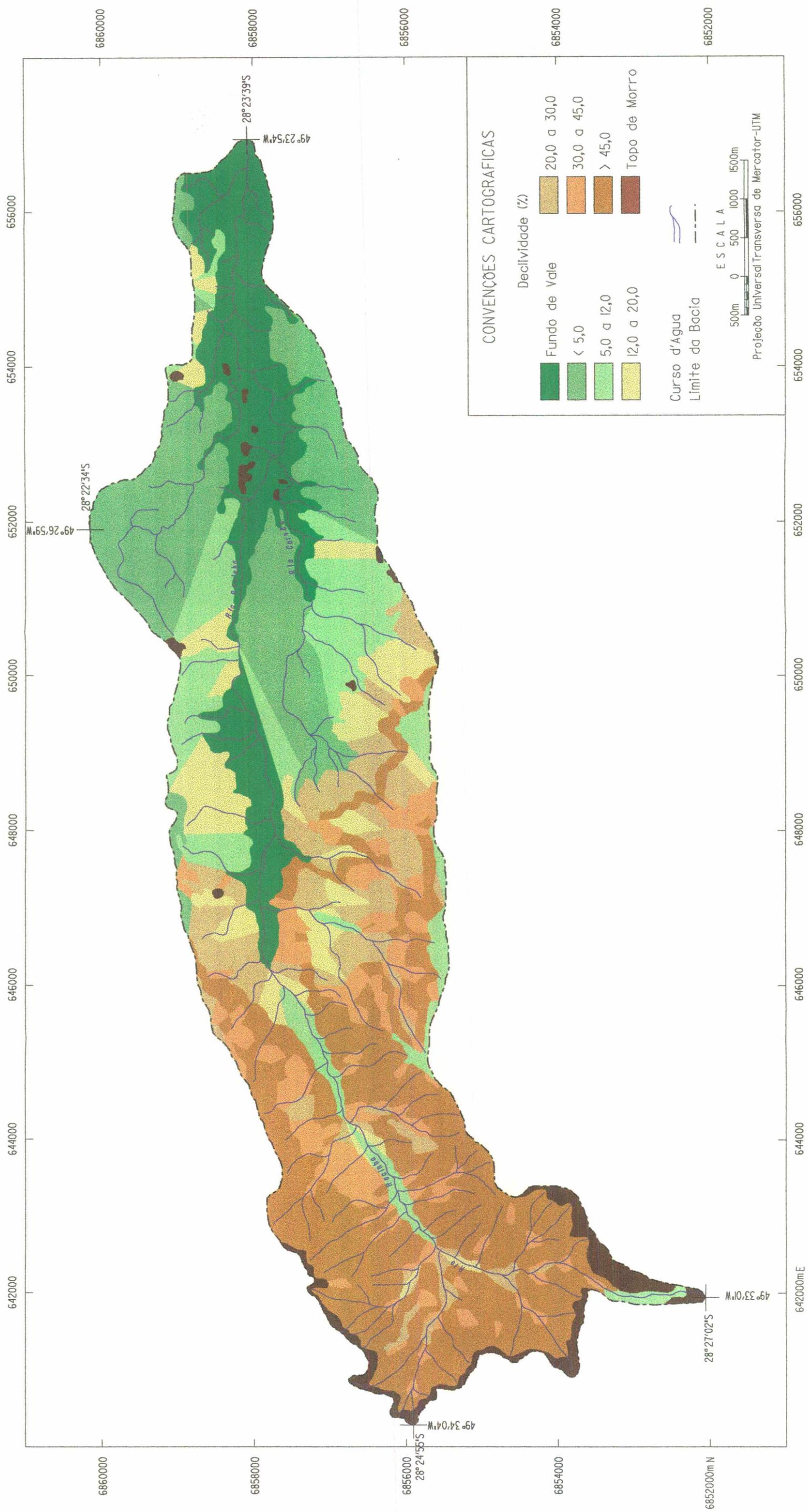
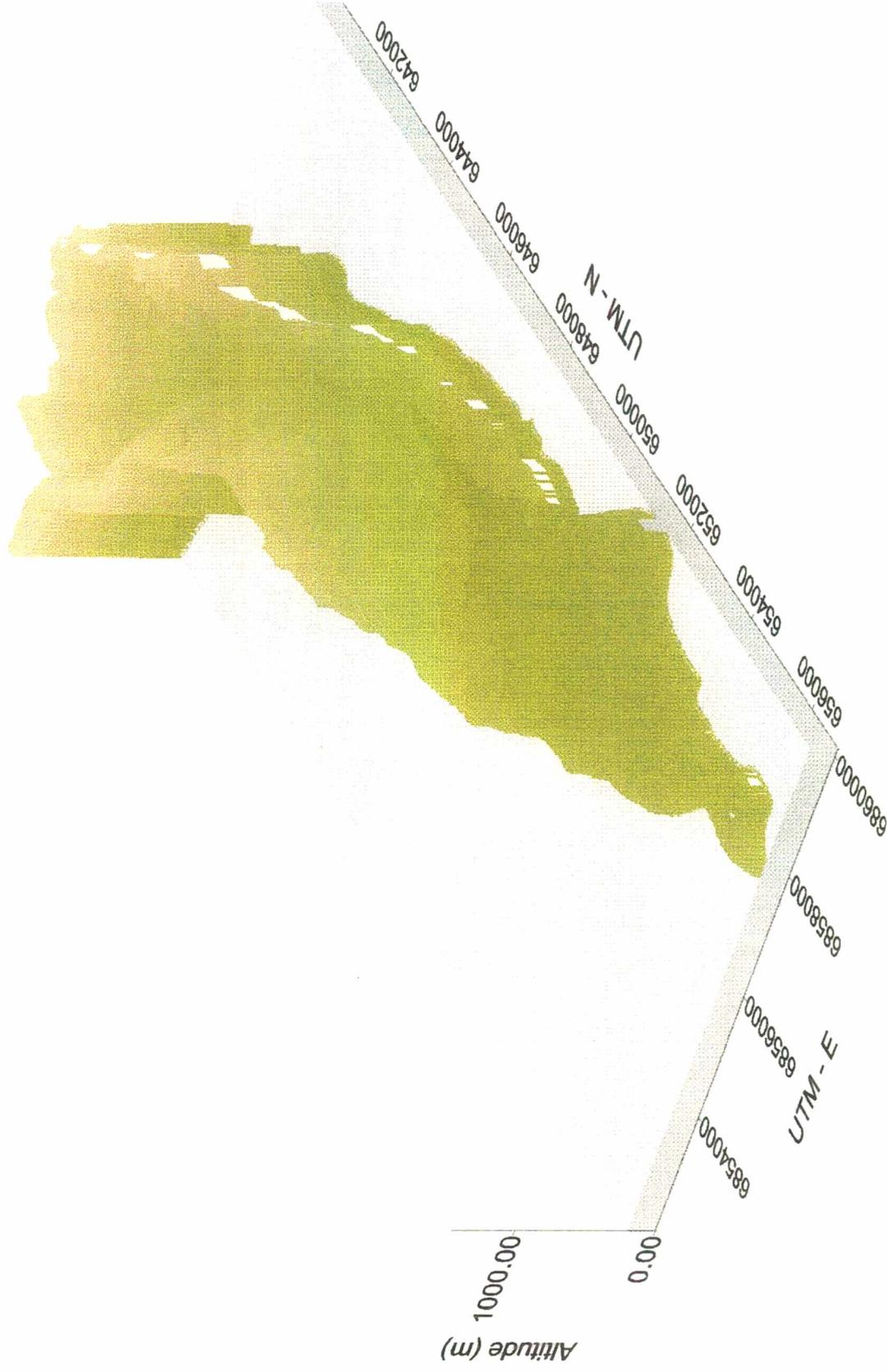


Figura 01 - Modelo Numérico do Terreno da Sub-Bacia do Rio Rocinha



desenvolvimento de um horizonte "B" incipiente, formando um perfil do tipo "A" - "(B)" - "C".

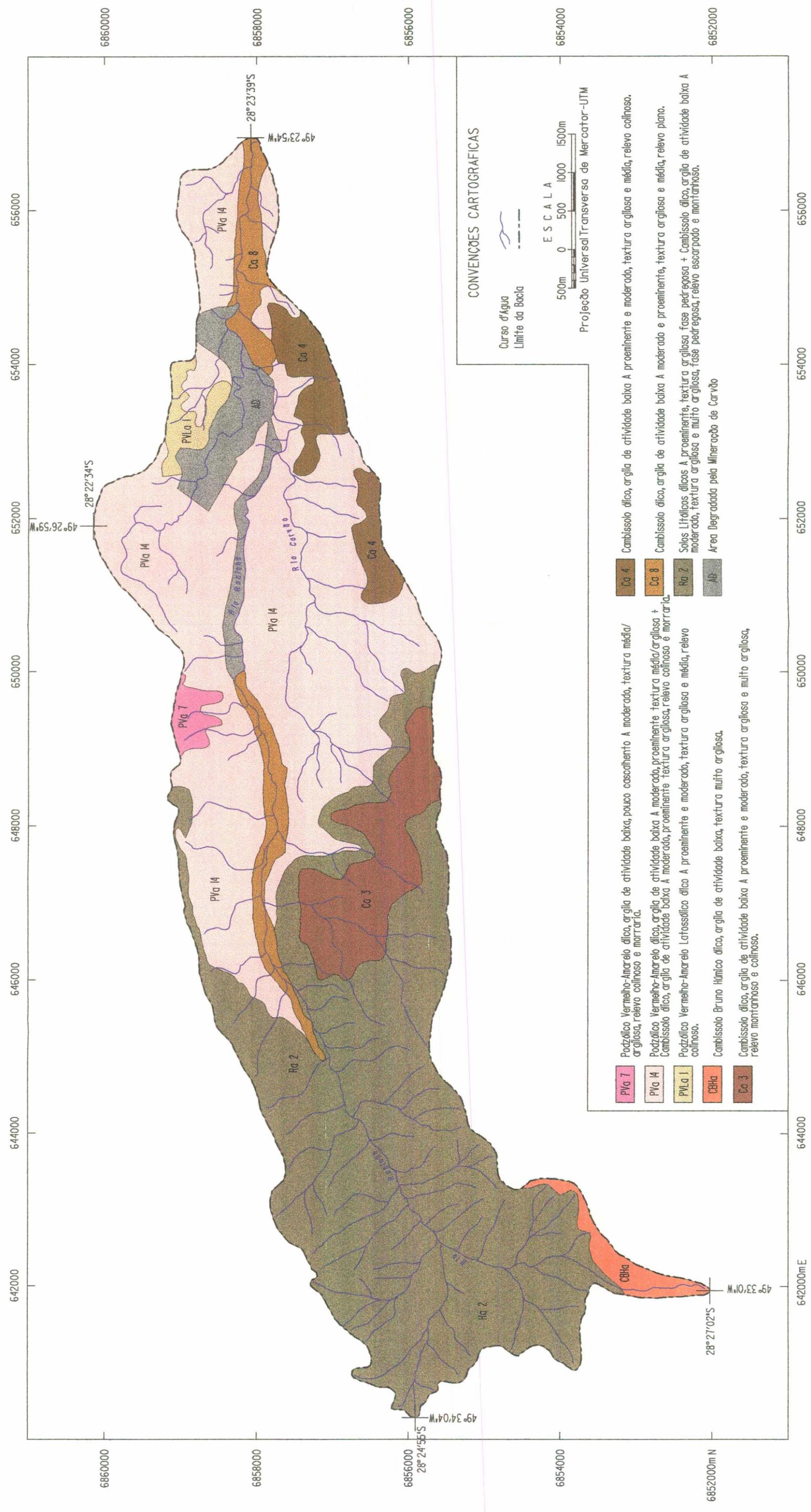
Nos modelados mais rebaixados e menos íngremes da bacia, como os do tipo morraria e colinoso e de acumulação torrencial, desenvolvem-se solos do tipo podzólico, apresentados no mapa de solos (mapa 6). Estes solos apresentam perfis desenvolvidos do tipo "A" - "B" - "C" - "R", com formação de gradiente textural, onde através da infiltração de água, do horizonte "A" para o horizonte "B", resultaram um horizonte "A" arenoso e um horizonte "B" argiloso. Esta diferença de textura condiciona uma diferente permeabilidade dos horizontes, ocasionando a erosão do solo sem cobertura vegetal em épocas de intensas precipitações, pois a água penetra facilmente no horizonte "A" e tem sua velocidade de infiltração diminuída na interface com o horizonte "B". Deste modo, a camada de solo arável das áreas de solo podzólico sofre grandes perdas, quando encontra-se exposta e em terrenos inclinados. Segundo BRADY (1976:338), "a topografia é, portanto, significativa não só como moderador dos efeitos climáticos, porém, muitas vezes como agente principal de controle em áreas circunscritas." A fertilidade natural deste solo é baixa em função da pequena quantidade de nutrientes derivada das rochas de origem, como siltitos, arenitos, folhelhos, e da boa drenagem oferecida pelo clima úmido que permite o transporte e a retirada dos elementos solúveis dos horizontes do solo.

Segundo observações de campo, algumas encostas de maior declividade encontram-se bastante ocupadas com agropecuária. O solo, quando desprovido de sua vegetação natural e cultivado ou utilizado como pastagem, fica sujeito à ação de processos erosivos. A velocidade com que este fenômeno se processa varia com o tipo de solo, clima e topografia da região, conforme acentuam vários autores.

Diz PENTEADO (1974), que a vegetação tem papel importante sobre os agentes de transporte e tipos de escoamento, uma vez que freia o escoamento superficial e facilita a infiltração, reduzindo a desnudação sobre as encostas. Segundo PENTEADO (op cit), a ação do homem retirando a cobertura vegetal, permite o desenvolvimento de processos erosivos acelerados na evolução do relevo.

A erosão além de depauperar o solo, agrava a poluição das águas, que no caso da sub-bacia em estudo, já apresenta alteração em sua

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Solos



- | | |
|--------------|--|
| Pv 7 | Podzólico Vermelho-Amarelo dílico, argila de atividade baixa, pouco cascalhento A moderado, textura média/argilosa, relevo colinoso e montanhoso. |
| Pv 14 | Podzólico Vermelho-Amarelo dílico, argila de atividade baixa A moderado, proeminente textura média/argilosa + Cambissolo dílico, argila de atividade baixa A moderado, proeminente textura argilosa, relevo colinoso e montanhoso. |
| Pv 1a | Podzólico Vermelho-Amarelo Latrossólico dílico A proeminente e moderado, textura argilosa e média, relevo colinoso. |
| Ca 2 | Cambissolo Bruno Húmico dílico, argila de atividade baixa, textura muito argilosa. |
| Ca 3 | Cambissolo dílico, argila de atividade baixa A proeminente e moderado, textura argilosa e muito argilosa, relevo montanhoso e colinoso. |
| Ca 4 | Cambissolo dílico, argila de atividade baixa A proeminente e moderado, textura argilosa e média, relevo colinoso. |
| Ca 8 | Cambissolo dílico, argila de atividade baixa A moderado e proeminente, textura argilosa e média, relevo plano. |
| Ca 2 | Solos Litólicos dílicos A proeminente, textura argilosa fase pedregosa + Cambissolo dílico, argila de atividade baixa A moderado, textura argilosa e muito argilosa, relevo escarpado e montanhoso. |
| AD | Área Degradada pela Mineração de Carvão |

qualidade, em função do impacto das atividades poluidoras em seus recursos hídricos.

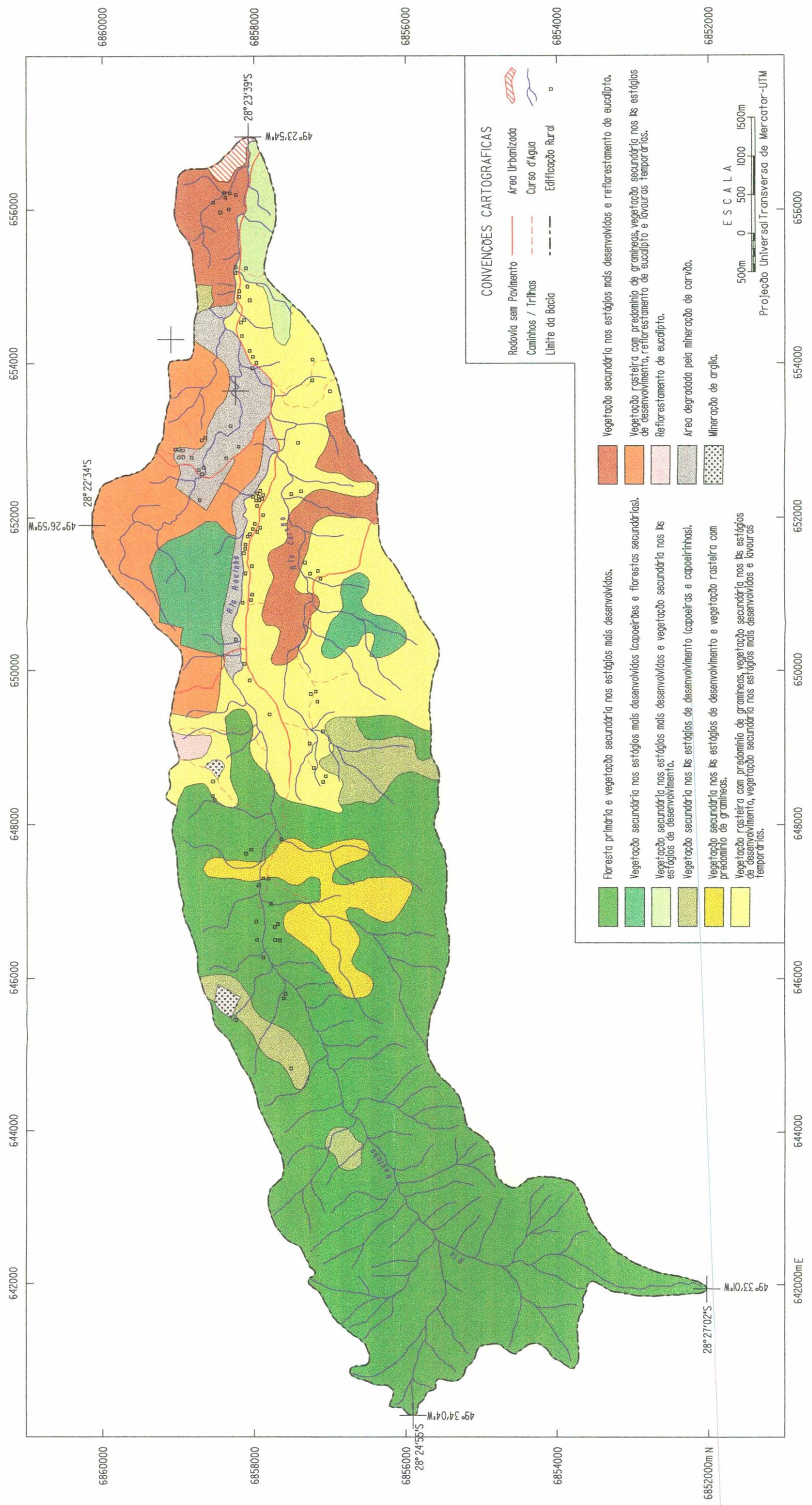
A qualidade das águas é de progressiva degradação, em direção à foz do rio, devido à localização das atividades de mineração/beneficiamento do carvão mineral e à disposição de rejeitos piritosos na margem do rio, conforme resultados apresentados no capítulo que trata da Avaliação dos Recursos Hídricos.

A vegetação original da sub-bacia do Rio Rocinha, de acordo com o mapa de uso do solo referente à IIª fase do Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina - SDE/IBGE (em elaboração), era a floresta ombrófila densa, com características diferenciadas segundo o gradiente de altitude. Nas cotas mais altas, onde os solos são pouco desenvolvidos, a vegetação representada por espécies arbóreas e arbustivas, torna-se mais esparsa, sendo denominada de campos litólicos.

A vegetação natural encontra-se, atualmente, restrita aos relevos mais íngremes, como nas áreas dos modelados de dissecação escarpado e montanhoso. No restante da sub-bacia, a vegetação natural foi sendo substituída pelas atividades agrícolas e de exploração do carvão mineral. Estágios de sucessão ecológica do tipo mata secundária, capoeirão, capoeira e capoeirinha são encontrados nas terras que não estão sendo utilizadas pelas atividades econômicas já citadas. Os reflorestamentos de pinus e de eucaliptos também estão presentes em algumas áreas desta sub-bacia, conforme está apresentado no mapa de uso do solo (mapa 7).

A estas formas de ocupação soma-se a atividade de exploração do carvão mineral, que na sub-bacia do Rocinha, gerou depósitos de rejeito de carvão de aproximadamente 4 metros de altura, que imprimiram a parte da área de estudo uma morfologia própria (foto 4).

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Uso do Solo



Autoria: Marisa Bender, 1998.
 Fontes: Base Cartográfica-Mapeamento do IBGE, 1976 - Escala 1:50.000
 1ª Fase do Projeto Gerenciamento Costeiro/SEPLAN-SC, 1995 - Escala 1:100.000
 Mapa de Áreas Degradadas do Município de Lauro Müller, 1993 - Escala 1:50.000
 Fotografias Aéreas, 1978 - Escala 1:25.000

Produzido no Laboratório de Geoprocessamento do Depto. de Geociências - CFH/UFSC
 Digitalização/Edição: Geólg. José Henrique Vilela

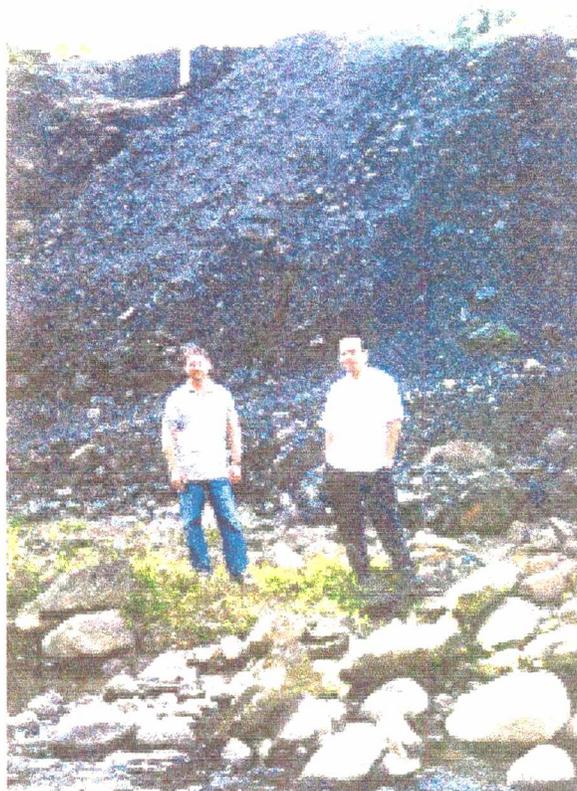


Foto 4 - Pilha de rejeitos da mineração na margem esquerda do Rio Rocinha. Foto tirada em 1998.

1.2 - Aspectos sócio-econômicos

A fim de possibilitar a compreensão da organização espacial da sub-bacia do Rocinha, será feita uma breve caracterização das localidades que a integram e que são conhecidas no município como Rocinha de Cima, Rocinha do Meio e Rocinha de Baixo.

Segundo informações obtidas na prefeitura do município, estas localidades estão relacionadas com os aglomerados habitacionais. Desta forma, na Rocinha de Baixo situa-se o primeiro aglomerado de casas, os depósitos de rejeitos do carvão mineral e as usinas de beneficiamento Rocinha e Boa Vista, ambas desativadas. A 2 km rio acima existe o segundo aglomerado de casas, localizado próximo da igreja, das minas de sub-solo desativadas e da mina em fase de projeto, que corresponde à localidade de Rocinha do Meio. Nestas duas sub-áreas predominam os modelados de dissecação mais rebaixados e menos íngremes, do tipo morraria e colinoso; a vegetação natural foi sendo substituída pelas atividades agrícolas e de exploração do carvão mineral. O terceiro aglomerado de casas corresponde

à localidade de Rocinha de Cima, conforme pode ser constatado no mapa de uso do solo (mapa 7). Nas proximidades do terceiro aglomerado de casas, onde as cotas altimétricas são superiores a 400 metros de altitude, ocorre uma mancha de vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento e vegetação rasteira com predomínio de gramíneas, que corresponde à área cultivada pelos moradores da localidade de Rocinha de Cima.

A vegetação natural encontra-se predominantemente nos relevos mais íngremes, embora algumas encostas de maior declividade também estejam ocupadas com agropecuária, conforme já foi comentado anteriormente.

Os problemas ambientais são decorrentes dos depósitos de rejeitos do beneficiamento do carvão, da ocupação humana e do lançamento de despejos líquidos e resíduos sólidos, observados de forma bem marcada na área mais urbanizada da sub-bacia. Salienta-se ainda as criações de suínos que ocorrem nas localidades de Rocinha de Baixo e Rocinha do Meio.

Na sub-bacia moram aproximadamente 30 famílias, das quais 22 pessoas, uma de cada, foi entrevistada, em dezembro de 1996, conforme modelo de questionário, anexo 1.

Cerca de 80% dos habitantes é natural de Lauro Müller, descendentes de italianos e moram na Rocinha há mais de 10 anos, conforme mostra a tabela 3.

A ocupação da área para assentamento deveu-se inicialmente a oferta de trabalho na mineração de sub-solo.

Em seu depoimento, D. Rosiane Bez Batt, que possui uma propriedade de 20 hectares na localidade de Rocinha do Meio, diz: "Na região é onde são pagos os melhores salários para quem não tem estudo."

A relação existente entre salários e os riscos da atividade está vinculada a produção, que é a base para definir a remuneração e um recurso utilizado pelas empresas para aumentar a produtividade, com prejuízos para a saúde do trabalhador, uma vez que eleva o percentual de acidentes.

Tabela 3 - Resultados do questionário aplicado aos moradores da área de estudo						
	Família A	Família B	Família C	Família D	Família E	Família F
Localidade	R. de cima	R. de cima	R. de cima	R. do Meio	R. do Meio	R. do Meio
Naturalidade	L. M.	L. M.	L. M.	L. M.	L. M.	L. M.
Descendência	italiano	italiano	italiano/alemão	italiano		alemão
Idade	54	53	51	42	27	34
Estado Civil	casada	viúva	casada	casada	solteiro	casado
Religião	católica	católica	católica	católica	católica	católica
Escolaridade	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau completo
Profissão do chefe da família	mineiro aposentado há 20 anos / agricultor	é falecido, a esposa é agricultora	mineiro aposentado há 25 anos / agricultor	mineiro aposentado há 3 anos	mineiro / agricultor	agropecuário
Área da Propriedade	33,5 hec	12,5 hec	25 hec	1/2 hec	13 hec	75 hec distribuídos
Uso da Propriedade	agricultura e criação de animais	agricultura e criação de animais	agricultura e criação de animais	moradia	agricultura e criação de animais	agricultura / criação de animais
Agricultura	milho, arroz e feijão (consumo familiar) / milho comercializado cooperativa COPERMULLER (1 vez por ano)	milho, arroz, feijão e cana (consumo familiar) / milho e feijão comercializado cooperativa COPERMULLER	tumo, milho, mandioca (comercializado para cooperativa), cana para o gado	-	milho, arroz, feijão e cana (para consumo)	milho para consumo na granja de suínos
Criação de Animais	gado leiteiro e de corte para açougue	porco (consumo), gado (vende para açougue)	gado (vende no açougue)	-	criação de gado para consumo e para venda	suínos (400 porcos), sistema integrado com a CEVAL, gado de corte (consumo e venda no açougue)
Mão de Obra Utilizada	familiar	familiar	familiar	-	familiar	familiar / diarista temporário
Insumos Utilizados	adubo orgânico / químico	adubo orgânico / químico	adubo orgânico / químico	-	adubo orgânico/ químico / defensivos	adubo orgânico/ químico/ defensivos
Nº de Pessoas/Casa	2	6	4	5	3	4
Nº de Pessoas/Escola	nenhuma	nenhuma (já terminaram)	nenhuma	3	nenhuma	2
Onde fica a escola?	-	-	-	localidade	-	distrito de Guatã
Renda Familiar	de 1 a 3 salários	de 3 a 5 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 3 a 5 salários
Nº de Pessoas/Renda	2	5	4	1	3	2
Título da Propriedade	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário
Tipo de Moradia	madeira	mista	alvenaria	madeira	mista	alvenaria
Tempo de Residência	mais de 30 anos	18 anos	25 anos	16 anos	sempre morou no local	11 anos
Indique o último lugar em que morou	-	Rocinha de cima	Novo Horizonte	Capivaras Alto	-	Guatã
Motivo da mudança	-	casamento	casamento	casamento	-	casamento
Abastecimento de Água	rede pública	rede pública	fonte	fonte		fonte
Vantagens de morar no local	É obrigado a morar no local porque na cidade não tem trabalho	calmo, sem barulho	Tudo bom	lugar calmo	retirado da cidade, sossegado	não tem patrão, não depende de emprego, perspectivas no negócio
Desvantagens de morar no local	terreno que não dá para trabalhar, estrada ruim	poluição	vai ficar ruim quando começar a mineração, vai faltar água	estradas ruins, longe do comércio e do hospital	longe do comércio e do hospital	acesso difícil a escola e médico, esposa com vontade de trabalhar fora, não tem oportunidade de lazer
Tem alguém que trabalha ou trabalhou na mineração? Por quanto tempo? Aonde? Qual a função?	Sim. O marido trabalhou 15 anos e 7 meses na mina de sub-solo JG, como servente braçal	Sim. O marido morreu na mina, o filho era ajudante de servente. Parou porque a mina fechou	Sim. O marido trabalhou 18 anos na mina como detonador. Parou porque se aposentou	Sim. O marido trabalhou 19 anos na mina JG como servente. Se aposentou há 3 anos e não trabalha mais	Sim. O entrevistado trabalhou 1 ano em serviços gerais. Parou com o fechamento da mina. Atualmente é agricultor.	não
Aspectos positivos da mineração	ganhava bem	salário melhor	De bom só o serviço	geração de emprego	geração de emprego	geração de emprego
Aspectos negativos da mineração	problemas de saúde	muita poluição, a estrada é ruim, o ar é ruim	O resto é tudo ruim	poluição, deterioração da estrada, poluição do rio, poeira	poluição do rio	destrói a natureza, investimento foi feito em outros municípios
É interessante retornar a atividade de mineração? Por que?	Sim, porque circula dinheiro. Fica fácil vender produtos	não	não	sim	sim	sim
Quais os problemas de poluição do local	rio poluído da mina para baixo	rio poluído, ar poluído	pirra, poluição do ar	poluição do rio	poluição do rio, estradas em más condições de uso	poluição do rio
Dá para melhorar? Como?	Sim. Aproveitamento do rejeito	Sim. Não soltar água suja dentro do rio e não retirar o rejeito de dentro da mina. Mineração manual traz menos poluição	Não sabe	Sim. Não soltar água no rio. Fechar as embocaduras que jogam água	Sim, fazendo tratamento da água antes de jogar no rio	Dá

Tabela 3 - Continuação

Família G	Família H	Família I	Família J	Família K	Família L	Família M	Família N
R do Meio	R do Meio	R do Meio	R do Meio	R do Meio	R de Baixo	R de Baixo	R de Baixo
L. M	L. M.	L. M.	Urussanga	L. M	L. M	Orleans	Cnciúma
italiano	italiano	ouros	alemão	ouros	italiano	italiano	ouros
48	29	30	46	33	59	63	42
casada	casada	casada	casada	casada	casada	viuva	casada
católica	católica	católica	católica	católica	católica	católica	católica
1º grau incompleto	1º grau completo	1º grau incompleto	curso normal	1º grau completo	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau incompleto
mineiro aposentado / agricultor	mineiro aposentado / agricultor	mineiro / agricultor	mineiro aposentado, a esposa é professora	mineiro aposentado / agricultor	mineiro aposentado há 11 anos / agricultor, esposa servente da escola aposentada	mineiro demitido/ falecido	não respondeu
5 hec	4 hec	600m	15 hec	20 hec	19 hec	1/2 hec	25 hec
agricultura	agricultura	agricultura	agricultura / criação de animais	agricultura	agricultura e criação de animais	criação de animais	criação de animais
arroz, feijão, almei e batata (ludo para consumo)	cana-de-açúcar para cachapa, vendida no Guatã	feijão para consumo	milho, feijão, arroz e cana para consumo da família	cana de açúcar. 5 hec usados na fabricação de aguardente	milho, cana, mandioca e banana (4 hec de plantação). Não é comercializado, apenas para o gasto familiar	-	-
-	-	-	gado para leite e para trabalho	-	gado, suínos e galinhas. É comercializado	suínos, galinha para consumo	gado, galinha e suínos só para o gasto
familiar	familiar	familiar	familiar	familiar / diarista temporano	familiar	familiar	familiar
adubo orgânico (esterco)	adubo químico	adubo químico	adubo orgânico	adubo orgânico/ químico	adubo orgânico / químico	não respondeu	não respondeu
6	5	5	3	3	3	2	7
4	2	2	nenhuma	1	nenhuma	nenhuma	4
2 estudam em L.M., 1 na faculdade em Cnciúma, 1 no 2º grau em Cnciúma	localidade	localidade	-	localidade	-	-	Lauro Müller
de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 3 a 5 salários	de 3 a 5 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários
1	1	1	2	2	3	1	2
proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário
mista	madeira	madeira	mista	alienaria	madeira	madeira	madeira
26 anos	mais de 10 anos	1 a 3 anos	28 anos	mais de 10 anos	56 anos	23 anos	1 a 3 anos
Lauro Müller	Rocinha do Meio	Guatã	Rocinha do Meio	Bairro Içarense	-	Orleans	Capivari de Baixo
casamento	casamento	serviço (moinha do carvão)	casamento	casamento	-	trabalho	procura de sossego
fonte	rede própria	arroz	fonte	fonte	arroz	fonte	fonte
menos poluição - mineração desativada, plantação sem agrotóxico	tranquilo	ninguém incomoda - não tem vizinho perto, dá para plantar alguma coisa	Quando tinha a mina era melhor, tinha emprego. Agora tem menos poluição, tem peixe no rio, dá para tomar banho. Lugar calmo, sem barulho, sem violência	As terras são produtivas, o lugar é sossegado. Convívio com a natureza.	sossego, gosta do trabalho na roça	lugar sossegado. Dá para criar galinha e porco	sossegado, melhorou a saúde
falta de emprego, longe da cidade	longe da cidade (mercado, mercado)	não estou desvaragems	Sem a mineração as pessoas não tem emprego, trabalham (roça) em comunidades próximas. A professora trabalha com 4 séries ao mesmo tempo. Não tem transporte.	O no próximo está poluído, as estradas são de difícil acesso, é longe do comércio.	queima e depósito de pirita, no poluído, estradas ruins, longe do hospital	retorno da mineração, longe do comércio	desemprego, falta de atendimento médico
Sim, o marido trabalhou 12 anos na frente de serviço (bombeiro, furador). Aposentado por invalidez (doença no pulmão). Atualmente é agricultor.	Sim, o marido trabalhou 18 anos como bombeiro. Aposentado. Atualmente é agricultor	Sim, o marido era trabalhador braçal	Sim, o marido trabalhou na mina durante 20 anos. É aposentado por tempo de serviço. O filho trabalhou 2 anos na mina, agora trabalha na lavoura.	Sim, o marido trabalhou na mina durante 15 anos, como bombeiro. Está aposentado há 8 anos e trabalha na agricultura.	Sim, trabalhou na mina por 24 anos como mecânico. Aposentado há 11 anos. É agricultor	Sim, o marido trabalhou 17 anos na mina como mineiro braçal. Foi demitido. Hoje é falecido	não respondeu
geração de emprego	geração de emprego	geração de emprego	abriria emprego para as pessoas	Na região é onde são pagos os melhores salários para quem não tem estudo.	Nenhum	geração de emprego	retorna o emprego
poluição	poeira, barulho, poluição	serviço sujo	poluição, doença nos trabalhadores	Traz poluição para a região, os funcionários correm o risco de pegar muitas doenças, como a pneumoconiose, existe também a falta de segurança.	traz muita poluição e doenças respiratórias	traz poluição, vai acabar nosso sossego, vai haver depósito de pirita	poluição do rio e dos terrenos
não	sim, se fosse longe da casa dela	sim	sim	sim	não	sim	sim
ar poluído, no poluído, pó e barulho quando a mina está operando	mata destruída, ar e água poluída	pirita contaminando o rio	no poluído, queima da pirita	poluição dos rios, poluição do ar, rejeitos de carvão jogados na margem das estradas.	águas contaminadas, queima da pirita, estradas sem condições de andar	a água do rio vai ficar ainda mais poluída. Vai ocorrer poeira	queima da pirita, contaminação da água
Dá, fazendo tratamento	Sim. Tratamento da água	não respondeu	Sim. Utilizar os rejeitos jogados em qualquer lugar	Sim, fazendo o tratamento adequado da água e do solo, enfim seguir a lei ambiental em vigor.	Sim. Construir bacias de decantação	Sim. Fazer o tratamento da água	Sim. Um pouco de boa vontade

Tabela 3 - Continuação							
Família O	Família P	Família Q	Família R	Família S	Família T	Família U	Família V
R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo	R. de Baixo
L. M.	Orleans	Rocinha	L. M.	Orleans	São Joaquim	L. M.	L. M.
italiano	italiano	italiano	outros	outros	outros	italiano	-
37	65	52	65	57	39	52	33
solteiro	casada	casada	viúva	viúva	casado	casado	casada
espírita	católica	católica	católica	católica	católica	católica	católica
sup. completo de Ed. Física e Filosofia. Mestrado em Psicologia Desportiva	analfabeta	1º grau incompleto	analfabeta	analfabeta	1º grau incompleto	1º grau incompleto	1º grau incompleto
professor de 2º grau, está de licença médica	não respondeu	meio aposentado/ a esposa é servente da escola	não respondeu	guarda da usina de beneficiamento Boa Vista	vendedor ambulante (confeções)	meio aposentado/vigilante	motorista da mina / agricultor
1/2 hec	17 hec	1/2 hec	1 hec	1 lote	1 hec	menos de 1 hec	não sabe
moradia	agricultura / criação de animais	moradia	agricultura / criação de animais	moradia	moradia	agricultura	agricultura / criação de animais
-	milho (consumo na granja)	-	milho e feijão para consumo	-	-	apim para consumo	milho para consumo na granja de suínos
-	suínos (350 porcos), sistema integrado com a CEVAL	-	vaca de leite, porco e galinha para consumo	-	-	-	criação de suínos, comercializado com a CEVAL no sistema de cooperativo
-	familiar	-	familiar	-	-	familiar	familiar
-	adubo orgânico/ químico	-	não utiliza	-	-	não utiliza	adubo químico
1	7	4	7	3	4	8	4
nenhuma	1	nenhuma	1	1	1	1	?
-	localidade	-	localidade	localidade	Lauro Müller	Lauro Müller	localidade
de 3 a 5 salários	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 3 a 5 salários	menos de 1 salário	de 1 a 3 salários	de 1 a 3 salários	de 3 a 5 salários
1	2	2	3	pensão do marido	1	2	1
proprietário	proprietário	proprietário	proprietário	proprietário (genro)	proprietário	proprietário	proprietário
madeira pré-fabricada	alvenaria	madeira	alvenaria	madeira	madeira	madeira	alvenaria
37 anos	mais de 30 anos	26 anos	1 a 3 anos	1 a 3 anos	1 a 3 anos	mais de 30 anos	mais de 10 anos
saiu para estudar e retornou	L.M. - Sares Rosa	nasceu na Rocinha	Tubarão	Orleans	Lauro Müller	não respondeu	não respondeu
-	porque o tio montou uma serraria	-	morte do marido	com a morte do marido veio morar perto da filha	aluguel	não respondeu	não respondeu
forte	forte	forte	forte	forte	forte	forte	forte
contato com a natureza, lugar sossegado	a vantagem é ter a granja	adora morar no local porque nasceu e se criou lá.	mais calmo, não tem banditismo	perto da casa da filha	não paga aluguel, casa própria	lugar calmo, sem barulho	lugar sossegado
longe da cidade, falta de saneamento básico, estradas em péssimas condições	prta - pães na frente da casa	não tem desvantagem	não tem médico especialista	não tem desvantagens	longe da cidade	cheiro da prta, onda geladeira e televisão, longe da cidade	longe da escola, do comércio, do hospital, estradas danificadas
não	Sim, filhos que não moram mais na casa. Um trabalhava como soldador e o outro no almozaninho	Sim: o marido trabalhou 13 anos na mina arrancando carvão, depois trabalhou de motorista de caminhão carregando carvão. Hoje é aposentado. Dá o alimento para muita gente. Se voltar será bom para a cidade. Terá muita gente empregada.	não	não	não	Sim: o entrevistado trabalhou na mina durante 8 anos como furador. Se aposentou por motivo de saúde (doenças na coluna e pneumoconiose). Atualmente trabalha como vigilante.	Sim, o marido trabalhou 8 anos na mina como motorista
Evta: que os moradores do município saiam da cidade a procura de emprego. As condições de vida da população desempregada são de miséria.	Nada de bom. Destroi mais do que ajuda		antigamente era melhor - estração manual	melhora 100% a vida se a mineração fosse como era antes. O genro trabalha de guarda na usina de beneficiamento Boa Vista	É essencial para o município, porque o desemprego é grande	É bom. O que manda no lugar é a mineração	geração de emprego, aumento das compras no comércio
poluição dos rios, extermínio da flora e da fauna	É um desastre. Devia vir outras atividades para lá. Acabaram com o rio	queima da prta, poluição do rio	terra não presta para plantar nada quando a mineração é a céu aberto	acaba com tudo. Água não é como era antes	nada	no poluído	poluição dos rios e do solo, queima da prta
não	não	sim	sim, se fosse de subsolo	sim	sim	sim	sim
rejeitos jogados dentro dos rios e estradas, com o vento senta-se o cheiro da prta queimando	prta queimando. Criação de porcos não polui, fizeram uma fossa grande	dejetos de suínos colocados no pasto	água, ar e plantas com cinza preta	no poluído	poeira	cheiro da prta, rejeitos de carvão, resíduo das granjas de porcos	rejeitos jogados no rio, queima da prta, poluição do ar
Da implantação de novas tecnologias	Dá. Cobrindo a prta com terra e plantando	Não sabe	Dá, se não fizer mineração a céu aberto	Não sabe	Sim Calçamento	Não sabe	Sim Ter mais cuidado com a contaminação dos rios. Conscientizar a população para evitar o acúmulo de lixo nos rios

Segundo VOLPATO (1984:96), "O trabalho na indústria da mineração de carvão no sub-solo apresenta-se insalubre sob vários aspectos. O ambiente de trabalho agride o operário, deixando-o normalmente tenso, face aos múltiplos perigos que a mina encerra; perigo comprovado pelo índice de acidentes de trabalho, o mais alto entre todos os ramos da indústria no Estado."

De acordo com o técnico em mineração Ronaldo Antunes (inf. verbal, 1995), a falta de segurança na mina de sub-solo 3G, provocou a paralisação dos trabalhos na referida mina, após três acidentes com vítimas fatais em um período de três meses, durante o ano de 1994.

Diz VOLPATO (1984:96) que, "Esta condição de periculosidade coloca o trabalhador num clima de ansiedade e apreensão, marcando-o psicologicamente. As conseqüências, não raramente, se manifestam gerando problemas de saúde, e surgem perturbações gastro-intestinais como as mais freqüentes."(p.96)

"O operário enfrenta também minas úmidas, diferenças de temperatura e ventilação na passagem de uma a outra galeria; os problemas de saúde que por esta razão ocorrem são os resfriados, bronquites, asma e reumatismos." (p.96)

Ainda de acordo com a autora acima, "não raro, há galerias mais baixas que a estatura média dos trabalhadores, o que os obriga a trabalharem durante horas em posição incomôda e cansativa, resultando em sérios problemas de coluna, com suas dolorosas manifestações no corpo do trabalhador."(p.96)

Das doenças profissionais a que o mineiro está exposto, é a pneumoconiose, certamente, a que causa maior dano para os trabalhadores.

Segundo VOLPATO (1984:97), "os trabalhadores respiram ar poluído de finos de carvão, liberados principalmente na perfuração do teto e das frentes e na coleta e transporte do carvão bruto extraído nas galerias. As partículas mais grossas o organismo filtra e rejeita. As partículas finas são aspiradas e se acumulam no interior dos pulmões. Na tentativa de expelí-las, formam-se

lesões nos alvéolos pulmonares, as quais aumentam gradativamente e limitam a capacidade respiratória dos pulmões. Se o indivíduo continuar exposto à poeira, a doença se torna progressiva e irreversível, levando o paciente à morte.”

Em seu depoimento, D. Terezinha Damazi, moradora da localidade de Rocinha do Meio, diz que seu marido trabalhou 12 anos na frente de serviço como furador e bombeiro. Aposentou-se por invalidez, em virtude da pneumoconiose adquirida no trabalho da mina. Atualmente seu marido é agricultor, mas os problemas de saúde diminuíram sua capacidade para o trabalho na lavoura e para gerenciar sua propriedade.

Seu Sebastião Andrade, morador da localidade de Rocinha de Baixo há mais de 30 anos, disse em seu depoimento que trabalhou na mina durante 8 anos como furador. Aposentou-se por motivo de saúde (pneumoconiose e doenças na coluna). Atualmente trabalha como vigilante, mas disse que se não tivesse problemas de saúde voltaria a trabalhar na mineração.

A história dos moradores da Rocinha está intimamente relacionada às atividades de mineração e beneficiamento do carvão na sub-bacia, por este motivo o encerramento destas causou um grande impacto social na comunidade.

Tabela 4 - Total de Operários nas minas da Rocinha

	1980	1981	1984	1985	1988	1994	1995
3G			336	336	215	269	107
3E/F			275	275	294	-	
3E/F/G	521	468					

Fonte: Informativos Anuais da Indústria Carbonífera (DNPM)

Obs.: O total de operários inclui operários no sub-solo, em serviços gerais e nas usinas de beneficiamento. Nos anos de 1980/1981, o número de operários das minas 3G e 3 E/F está apresentado agrupado como 3 E/F/G.

Os dados apresentados na tabela 4, mostram a redução do número de operários nas minas da Rocinha. Este fato, provavelmente, foi conseqüência da mudança na estrutura produtiva e comercial do setor

carbonífero, sem a preocupação com um planejamento que observasse o aspecto social.

De acordo com GOTHE (1993:4), “a produção de carvão caiu 60% de 1986 a 1992, causando a demissão de 10.000 mineiros, reduzindo de 14.000 para cerca de 4.000 os empregos diretos na indústria carbonífera.”

Segundo VOLPATO (1984:102), “a doença e o desemprego são pesadelos que acompanham os mineiros sempre que pensam na família. Eles afirmam ter medo de ficar doentes, de ter que se encostar e não poder manter a família. Tem medo também de que a mulher ou os filhos adoeçam, uma vez que eles dispõem de poucos recursos para o tratamento. Outra coisa que os aflige é a desgraça de ficar desempregado e não poder dar assistência a família.”

As declarações dos mineiros mostram a total insegurança do trabalhador. Ele joga com o fator sorte em relação à saúde e ao emprego.

Os moradores mais antigos da Rocinha estão aposentados por tempo de serviço ou invalidez, os mais jovens ficaram desempregados com o fechamento da mina 3G.

Os trabalhadores remanescentes, por força das circunstâncias, dedicam-se à agricultura, explorando culturas de ciclo de vida curta, quase sempre associada à criação de pequenos animais e/ou bovinocultura, como forma de sustento ou complementação da renda familiar. Gostariam de retomar a atividade anterior com o objetivo de melhorar sua situação financeira, porém em melhores condições de trabalho, de saúde e respeitando o ambiente em que vivem com suas famílias.

Na Rocinha do Meio e na Rocinha de Baixo, as famílias ocupam a margem direita do rio, porque na margem esquerda a Companhia Nacional de Mineração Barro Branco explorou e beneficiou carvão a partir da década de 60 e há, além das áreas circunvizinhas às minas e aos lavadores de carvão, locais onde o rejeito foi usado como base de estradas, caminhos e aterros em terrenos alagadiços, gerando os problemas típicos de poluição carbonífera.

Segundo GOTHE (1993), a desativação das unidades produtivas não encerra o processo poluidor, que continua enquanto e onde houver material piritoso exposto à oxidação.

A degradação ambiental causada pela indústria carbonífera, manifesta-se com maior intensidade sobre os recursos hídricos, que se constituem no recurso ambiental mais poluído e escasso da região.

Conforme diz D. Iraci Marques, moradora da Rocinha há 18 anos: “É errado jogar água suja dentro do rio, porque polui o rio”. Esta moradora diz que a mineração manual trouxe menos poluição e doenças para o local e que os rejeitos do carvão deviam voltar para dentro da mina.

Segundo VOLPATO (1984), nas minas de lavra manual, o aparecimento das doenças respiratórias ocorria, em geral, após 10 a 12 anos de trabalho nas frentes de serviço; com o sistema de lavra mecanizada, o tempo ficou reduzido entre 5 e 8 anos para aparecerem os primeiros sintomas destas doenças entre os trabalhadores.

Os habitantes mais antigos da área, na sua maioria tem 1º grau incompleto, mas seus descendentes já contam com uma escola localizada na própria comunidade, provavelmente construída graças ao esforço dos próprios moradores. Nesta escola, o atendimento é feito por uma professora com curso normal, para alunos de 1ª a 4ª série, ao mesmo tempo.

O depoimento da professora caracteriza bem o ambiente atual desta região. Diz ela: “Embora o trabalho na mina ofereça muitos riscos, havia uma perspectiva de vida para a região. Hoje, algumas famílias enfrentam problemas de alcoolismo por falta de motivação por um futuro melhor. As crianças são afetadas por este ambiente e muitas tem problemas de deficiência alimentar, indo à escola por causa da merenda que é oferecida.”

Dona Terezinha Damazi, moradora da comunidade há 26 anos, diz: “Quando tinha mina todo o pessoal era empregado.”

Seu Lindomar Serafim, único morador da Rocinha com curso superior completo, diz: “As condições de vida da população desempregada são de miséria.”

Apesar da pouca instrução, os moradores sabem identificar os problemas do ambiente em que vivem e de que forma podem minimizá-los. Os principais problemas citados pela população estão relacionados com a mineração e beneficiamento do carvão, porque são os principais agentes de degradação ambiental da sub-bacia.

Seu Mário Benedetti, 54 anos, morador da Rocinha de Cima há mais de 30 anos, diz: “O rio é poluído da mina prá baixo.”

Além da poluição do rio, foram citados o assoreamento dos cursos d’água, a poeira, o mau cheiro produzido pela queima espontânea da pirita, o desmatamento, os depósitos de rejeitos em locais inadequados e as doenças respiratórias.

Seu Lindomar Serafim, diz: “Com o vento sente-se o cheiro da pirita queimando.”

Somam-se a estes problemas, a degradação do solo, diminuindo a área de cultivo e a produtividade, o mau cheiro associado à suinocultura e o lançamento de esgotos diretamente no leito do rio, sem cuidados ou profilaxia antecedentes ao lançamento.

O empobrecimento dos solos é função de suas características naturais e da aplicação de técnicas de manejo inadequadas.

Segundo diversos autores, quando o homem se põe a cultivar a terra para seu sustento, o equilíbrio existente entre os elementos naturais pode ser rompido. Para cultivar o solo é necessário retirar sua cobertura vegetal e arar a camada superficial. Estas operações, quando efetuadas sem o devido cuidado, apressam a remoção dos horizontes superficiais, promovendo a erosão que, além de depauperar o solo, agrava a poluição das águas.

As soluções apontadas, incluem entre outras, a implantação de um sistema eficiente para o tratamento das águas poluídas e o recobrimento dos rejeitos com terra vegetal e o replantio de espécies nativas.

D. Maria Echlli Lotti, que possui uma granja com 350 porcos na localidade de Rocinha de Baixo, diz em seu depoimento: “Dá para melhorar a poluição do local cobrindo a pirita com terra e plantando. A criação de porcos não polui, porque foi feita uma fossa grande.”

Os moradores da comunidade têm muita clareza da complexa realidade que envolve a atividade carbonífera e de seus aspectos positivos e negativos, até porque já vivenciaram os ciclos de expansão, retração e de estagnação do carvão, passando a conviver com a dura realidade da falta de perspectivas para si e seus dependentes.

Dona Maria de Lourdes Cabral, servente da escola, diz: “A mineração deu alimento para muita gente. Se voltar será bom para a cidade, porque terá muita gente empregada.”

Já Dona Maria Echlli Lotti, moradora da localidade de Rocinha de Baixo há mais de 30 anos, tem uma postura diferente da maioria dos entrevistados. Diz ela: “A mineração é um desastre. Devia vir outras atividades para cá. Acabaram com o rio, diminuiu a quantidade de água no rio depois da mineração.”

Possivelmente seu posicionamento em relação à mineração difere da maioria da comunidade, porque sua família é uma das poucas que diversificou suas atividades. É integrada com a CEVAL para comercialização dos 350 porcos criados na granja de sua propriedade.

A não diversificação de atividades explica a condição de pobreza em que a maioria dos habitantes vive atualmente e suas esperanças com relação à retomada da atividade mineradora na Rocinha.

A estrutura fundiária da sub-bacia caracteriza-se pelo domínio de pequenas propriedades, exploradas em regime de economia familiar. Segundo os dados da pesquisa, 85% dos estabelecimentos rurais tem menos de 20 ha de área e praticamente 100% da mão-de-obra é constituída pelo responsável e membros da família, não remunerados. A renda familiar de 65% dos entrevistados varia de 1 a 3 salários, para sustentar 5 pessoas por família, em média. Todos os moradores da Rocinha são proprietários de suas terras, embora as condições de moradia dos habitantes não reflitam a riqueza gerada nos períodos áureos da exploração do carvão mineral. Tiram da terra seu sustento, sendo o milho, o feijão, o gado de corte e a suinocultura, os produtos agropecuários mais representativos.

“Apesar da cultura do fumo ser o suporte econômico da produção agropecuária” (SCHEIBE et al, 1993:137) no Município de Lauro Müller, não é mais uma prática exercida na sub-bacia em estudo, porque existe insatisfação com a lucratividade da cultura, face ao alto custo de produção e baixo preço obtido na comercialização.

Praticamente 90% dos produtores rurais produzem milho, que geralmente é consumido na granja de suínos e na família, com alguns excedentes para a comercialização. O feijão é cultivado por aproximadamente 50% dos produtores rurais, sendo a produção destinada à família, com algumas exceções para a comercialização.

Além destes produtos, que são os mais representativos, cultiva-se também mandioca, banana, aipim, batata e arroz para consumo familiar e cana-de-açúcar para fabricação de cachaça, que é comercializada no distrito

de Guatá. Com raras exceções, os produtores rurais utilizam insumos (adubo orgânico, químico e defensivos agrícolas) em suas lavouras.

A bovinocultura é constituída por gado leiteiro, de corte e serviços, voltada para o abastecimento da propriedade, com pequeno excedente para a comercialização, que é feita nos açougues da cidade.

A atividade de suinocultura é destinada à subsistência familiar e à comercialização, que é feita no sistema de cooperativa integrado com a CEVAL. Existem 3 grandes granjas de suínos situadas nas localidades de Rocinha de Baixo e Rocinha do Meio, com uma média de 400 porcos cada. O mau-cheiro das granjas é motivo de reclamações da vizinhança.

Segundo informações de um dos criadores de suínos, em sua granja são utilizadas técnicas adequadas de manejo, canalizando os dejetos para uma bioesterqueira. A avicultura é basicamente voltada para o autoconsumo.

Os agricultores apresentam um desestímulo face a uma série de fatores, principalmente com relação à falta de um sistema de comercialização eficiente, à falta de práticas conservacionistas e ao aumento do preço dos insumos, indispensáveis para a correção dos solos, naturalmente pobres.

Segundo SCHEIBE et al (1993)“O manejo inadequado do solo, como o plantio em encostas sem seguir a orientação das curvas de nível e sem o uso de terraços, provoca a erosão laminar ou em sulcos, diminuindo a camada fértil (lavagem de nutrientes), a permanência dos insumos (como o calcário e adubos), e ocasionando a poluição dos mananciais pelos defensivos agrícolas.” (p.134)

“ Ocorre também a diminuição do número de fontes (nascentes) de água potável, provocada principalmente pelo desmatamento das encostas, além do assoreamento dos rios.” (p.134)

Seu Mário Benedetti, mineiro aposentado que mora na Rocinha de Cima há 20 anos e agricultor, diz: “O terreno é ruim, não dá para plantar.”

Quando questionados sobre as vantagens e as desvantagens de morar no local, as respostas mostraram que os habitantes sentem falta da infra-estrutura oferecida pela cidade, mas em contrapartida desfrutam de

amenidades oferecidas no meio rural, apesar da área encontrar-se em estágio de degradação ambiental.

Como problemas de infraestrutura foram citados o transporte, o comércio, o hospital e a escola; como amenidades foram citados a tranqüilidade, o convívio com a natureza, o silêncio e a falta de vizinhança nas proximidades.

Com relação à retomada da atividade carbonífera na sub-bacia, ficou evidente que os moradores são favoráveis, apesar dos problemas de poluição e saúde, porque entendem que esta atividade gera empregos, oferece melhores salários e reaquece a economia do município.

Seu Mário Benedetti, diz ainda: "É bom voltar a mineração porque circula dinheiro. Fica fácil vender os produtos."

Dona Teresinha Alves, viúva, que recebe pensão do marido, menor que 1 salário mínimo mensal, diz: "Melhora 100% a vida se a mineração fosse como era antes."

É possível que o ritmo de trabalho seja diferente do imposto no passado, uma vez que houve uma mudança radical na estrutura produtiva e comercial do setor, que culminou com a redução do número de operários nas minas.

Segundo depoimentos dos moradores, a mineração deveria ser feita de acordo com outros critérios, respeitando o meio ambiente, a saúde dos trabalhadores e principalmente que fossem aplicados no município os recursos provenientes desta atividade, para que não se repetisse o que ocorreu no passado, quando os empresários ávidos pelo lucro máximo no menor tempo possível, desconsideraram os direitos legalmente previstos da população.

Conforme disse o marido de D. Zilma Gonçalves, que trabalhou na mina durante 24 anos, "todo o carvão foi levado para fora do município, e para a cidade só ficou a doença e a pobreza."

Seu Sebastião Andrade, que mora na Rocinha há mais de 30 anos, diz ainda: "O que manda no lugar é a mineração."

Foi com base na proposta de geração de emprego, na oferta de melhores salários e no reaquecimento da economia do município de Lauro Müller, que a atual administração foi eleita, em outubro de 1996.

CAPÍTULO 2 - CARVÃO MINERAL: PERSPECTIVAS E EVOLUÇÃO HISTÓRICA

As jazidas brasileiras de carvão mineral de interesse econômico estão localizadas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul e, com menor expressão, nos Estados do Paraná e São Paulo.

De acordo com dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), o Estado do Rio Grande do Sul detém mais de 80% das reservas de carvão mineral nacional (DNPM/CPRM, 1986), embora o quadro de produção conceda a liderança ao Estado de Santa Catarina, com cerca de 80% do total extraído (DNPM, 1988).

A bacia carbonífera de Santa Catarina está situada entre os contrafortes da Serra Geral a oeste, as elevações litorâneas constituídas por rochas pré-cambrianas a nordeste e as planícies formadas por depósitos quaternários a sudeste, conforme mostra o mapa 8.

Dentro da bacia, ocorrem intercalados nos arenitos da porção superior da Formação Rio Bonito, as camadas de carvão que tem importância econômica: Barro Branco (camada superior), Irapuá (camada intermediária) e Bonito (camada inferior).

De acordo com DNPM (1981), a camada Barro Branco é a que vem sendo lavrada economicamente desde os primórdios da mineração de carvão no estado até os dias atuais.

A estrutura geológica permite que se encontre afloramentos ao longo de toda a porção leste da bacia carbonífera. No vale do Rio Rocinha, a Formação Rio Bonito aflora entre as altitudes de 200 e 300 metros.

2.1 - Os reflexos da política aplicada ao setor do carvão na Região Sul de Santa Catarina

O presente item foi escrito com base nos dados do Sindicato da Indústria da Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina (SIECESC).

A mineração do carvão desempenhou um papel importante na economia de parte do Estado de Santa Catarina, especialmente durante as

duas grandes guerras mundiais, em face da escassez do carvão internacional e nos anos 70, em virtude da crise mundial do petróleo.

A partir dos choques do petróleo o governo passou a atuar no sentido de substituir o óleo combustível no setor industrial - em especial na indústria de cimento, na de papel e celulose e na siderurgia - por carvão, visando com isso, utilizar as fontes domésticas de energia (DNPM, 1994).

De 1953 até 1970, o setor de carvão foi supervisionado em todas suas atividades pela - CPCAN - Comissão do Plano do Carvão Nacional, órgão inicialmente subordinado à Presidência da República. Com a criação do Ministério das Minas e Energia, a CPCAN foi incluída em sua jurisdição.

Dentro do planejamento da CPCAN, foi procurado equacionar a produção de carvão metalúrgico com a conseqüente produção de carvão energético. Para tanto, foi iniciado na década de 60, o mercado de carvão termelétrico com a operação da SOTELCA - Sociedade Termelétrica Capivari, posteriormente incorporada pelas Centrais Elétricas do Sul do Brasil - ELETROSUL.

Da década de 70 até o Governo Collor, o setor, subordinado ao Ministério das Minas e Energia, ficou na dependência de políticas oriundas do Conselho Nacional do Petróleo e Comissão Nacional de Energia, criada em julho de 1979, e revigorada em março de 1986. Entre outras atribuições, essa comissão supervisionava a política de substituição de derivados de petróleo por energéticos alternativos.

Com vistas a implementar a política de substituição de derivados de petróleo o governo criou, em 1975, a Companhia Auxiliar de Energia Elétrica Brasileira (CAEEB) com o objetivo de realizar a comercialização do carvão energético.

O incentivo ao consumo assegurado pelo Governo Federal através de subsídio foi o fator preponderante para o aumento do consumo de carvão no setor industrial, especialmente no parque cimenteiro. O programa de incentivos, que chegou a 90% do preço do carvão, previa a viabilização de linhas de financiamentos para implantação de novas fábricas e a adaptação das existentes para o uso de carvão mineral. A partir de 1980, o subsídio ao preço foi sendo gradativamente diminuído até que, em abril de 1983, foi retirado, restando somente o relativo ao frete.

Em julho de 1988 foi suspenso qualquer subsídio ao carvão e iniciado o processo de extinção da CAEEB. Ao estabelecer a equivalência de 80% do preço em relação ao óleo combustível, o governo previa um sistema auto sustentado de comercialização direta, mantendo assim o raio de ação do carvão no mercado industrial, especialmente o cimenteiro, conquistado ao longo da década. A política de preços irreal aplicada ao óleo combustível usada para impedir a escalada inflacionária, tornou inviável a manutenção do sistema. O produtor foi obrigado a reduzir o seu preço de modo a manter o carvão atrativo ao consumidor. Ao longo do ano de 1989 o setor carbonífero catarinense só vendeu 40% do CE-4500 produzido, visto que a CAEEB, detendo o contrato comercial com a ELETROSUL, vendeu seus estoques, deixando 1.300.000 t de carvão da produção corrente em estoque (DNPM, 1994). Esta situação reverteu-se em novembro de 1989, quando as empresas mineradoras assinaram o contrato com a ELETROSUL, passando a comercializar diretamente, sem nenhuma intervenção do governo.

Nesta fase de transição, de 1989 a meados de 1990, houve um decréscimo de compra de carvão energético pelo setor cimenteiro, basicamente nas fábricas de Minas Gerais e do Nordeste, mais distantes da região produtora. O setor do cimento que chegara a consumir, cerca de 2,2 milhões de toneladas de carvão em 1987, reduziu para cerca de 1,0 milhão nos anos de 1989, 1990 e 1991 (DNPM, 1994).

Em 17 de setembro de 1990, foi publicada a portaria nº 801 do Ministério da Infra-Estrutura, retirando a intervenção do Estado nos sistemas de produção, preços e comercialização do carvão, estabelecendo o fim da obrigatoriedade de compra do carvão metalúrgico nacional pela siderurgia e liberando totalmente as importações de carvão mineral.

Esta mudança radical e abrupta na estrutura produtiva e comercial teve como consequência imediata a perda de mercado do carvão metalúrgico (cerca de 700 mil toneladas por ano). A característica do carvão nacional aliada ao modo de produção e transporte, inviabilizaram a competição com o carvão metalúrgico importado, que além de ter um custo menor, tinha alíquota de importação zero.

Sem o mercado do carvão metalúrgico, o Lavador de Capivari perdeu a sua função e foi desativado, passando as minas a produzirem nos seus

sistemas de beneficiamento os carvões energéticos CE-4500 e CE-5200. Como consequência houve a demissão de mais de 50% do efetivo de trabalhadores no setor carbonífero, incluindo a mineração, a Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA, o Lavador de Capivari, o Porto de Imbituba, a Indústria Carboquímica Catarinense (ICC) e outros segmentos envolvidos direta ou indiretamente com essas atividades. O setor carbonífero catarinense, que produzia em média 400.000 t/mês de carvão vendável nos anos de 1985/86, no início da década de 90 produziu 160.000 t/mês, o que gerou a redução de 5000 postos de trabalho direto (DNPM, 1994).

A característica localizada da mineração de carvão, fez com que o impacto social desta redução de produção fosse violento, especialmente nos municípios que não tinham uma economia diversificada.

Nos demais municípios da Associação de Municípios da Região Carbonífera (AMREC), que também se desenvolveram baseados no carvão, mas que no decorrer da década de 1980 diversificaram seus capitais para outros ramos da atividade econômica, surgiram indústrias de cerâmica, de confecções, de plásticos e de móveis, que passaram a representar uma parcela crescente da produção da região.

Entretanto, o interesse na mineração de carvão ainda persiste, principalmente em torno do energético, pois de acordo com o Plano Decenal de Expansão do Setor Elétrico, realizado pela ELETROBRÁS em 1998, a participação das térmicas deverá ter um crescimento substancial na geração de energia elétrica no país, passando de 5.409 MW em 1998 para 16.914 MW em 2007. Ainda de acordo com o mesmo documento (ELETROBRÁS, 1998), a participação das térmicas no sistema sul/sudeste/centro-oeste (sistema interligado) passaria de 3.581 em 1998 para 12.613 em 2007.

Mas as perspectivas do carvão ser utilizado como uma fonte viável de energia dependem, em grande medida, da resolução de problemas ambientais vinculados à exploração e utilização.

2.2 - O contexto histórico do carvão no Município de Lauro Müller

Lauro Müller, antigamente chamada de Estação das Minas, era, no século XIX, caminho de tropeiros que realizavam o secular transporte de gado do pampa gaúcho a São Paulo, subindo a Serra do Rio do Rasto.

O relato da primeira descoberta de carvão em Santa Catarina, foi feito pelo Visconde de Barbacena, primeiro concessionário do distrito mineiro e dirigido a WHITE, chefe da COMISSÃO DE ESTUDOS DAS MINAS DE CARVÃO DE PEDRA NO BRASIL.

Consta no Relatório WHITE que na primeira metade do século passado, alguns caçadores acamparam perto da mina Barro Branco Velho e usaram algumas pedras de aspecto negro como apoio de uma panela em que estavam cozinhando. Para espanto destes homens as pedras pegaram fogo e arderam. Um dos caçadores narrou o caso ao Visconde de Barbacena que, tendo residido na Inglaterra, e conhecendo o carvão como combustível, reconheceu imediatamente que se tratavam de pedaços de carvão. Antes de visitar a região, para confirmar sua suposição apressou-se em adquirir uma concessão de cerca de 14 quilômetros quadrados.

Com essa concessão, recebida em 1861, junto com capital inglês, formou um sindicato para explorar o carvão e levá-lo ao mercado em uma via férrea (D. Thereza Christina) construída por outro sindicato inglês. A construção da estrada de ferro iniciou em 1874 e foi inaugurada em 1884. Em 1º de outubro de 1885 foi inaugurada a estação terminal, data essa considerada como a da fundação de Lauro Müller.

O sindicato iniciou os trabalhos de exploração no local denominado Barro Branco Novo, situado a 3 km do ponto terminal da estrada de ferro e separado deste por montanha cujo cimo é conhecido por Boa Vista. O carvão era transportado pela montanha acima, por uma estrada de ferro de cabo, de rampa suave e arriado pela fralda leste da montanha, por meio de outro cabo até a estação da estrada de ferro de Lauro Müller (WHITE, 1908).

As grandes despesas para levar o carvão até os vagões e até a bordo dos vapores em Imbituba e a qualidade do carvão conduziram a empresa à falência, pois o primeiro carregamento de carvão embarcado para Buenos

Aires que havia custado 25 dólares a tonelada, foi vendido no mercado por apenas 6 dólares (WHITE, 1908).

No livro *Colonos e Mineiros no Grande Orleães* DALL'ALBA (1986) faz um resgate da história da região.

Por dificuldades financeiras o Visconde e sua companhia inglesa venderam as terras para a firma Lage e Irmãos. O sucessor dos irmãos Lage foi Henrique Lage, que tinha muitas empresas e cuja vida girou em torno do trinômio navios-carvão-ferro. Deve-se a ele o impulso inicial à mineração em Santa Catarina. Em 1922 fundou uma empresa dedicada exclusivamente à exploração do carvão, a Companhia Nacional de Mineração Barro Branco (CNMBB). Falar sobre Lauro Müller, praticamente é falar sobre a CNMBB.

A companhia atravessou diversas dificuldades, principalmente no período de 1929 a 1932, anos de grande recessão mundial. Paralelamente à mineração, o administrador da companhia instalou muitos colonos em áreas cultiváveis, arrendando-lhes a terra para plantio de milho que, vendido, era empregado para o pagamento dos operários quando as vendas de carvão ficavam paralisadas. Nas terras menos férteis mandou plantar três milhões de pés de eucalipto, sendo a segunda maior plantação da América do Sul.

A Companhia Barro Branco nesse tempo praticamente representava a administração da vila de Lauro Müller, sendo o gerente, autoridade máxima. Somente com sua licença era possível instalar um estabelecimento ou outro ramo de trabalho. Construiu as vilas operárias de Lauro Müller, Guatá e Barro Branco onde os empregados pagavam aluguéis simbólicos. Segundo o autor (DALL'ALBA, 1986), a companhia muitas vezes denegrada, interessava-se por múltiplos aspectos da vida dos operários, desde a prestação de serviços médicos até a construção e manutenção de escolas e clubes recreativos.

Durante a II^a Guerra Mundial, a Companhia Barro Branco foi incorporada ao patrimônio nacional, devido à importância estratégica do carvão de Santa Catarina, único a poder substituir o carvão estrangeiro. Graças a ele, as siderurgias e outras indústrias dependentes do carvão continuaram desenvolvendo suas atividades. O crescimento do Distrito de Lauro Müller foi tão grande que sua população chegou a atingir 35.000 habitantes, os empregados diretos da companhia eram mais de 2500. A

produção, que em 1940 era de 95.000 toneladas, chegou a atingir 245.000 toneladas em 1946, utilizando métodos mais modernos de extração de carvão, tais como a terraplanagem mecânica com tratores e a terraplanagem com tração animal.

DALL'ALBA (op cit) comenta que com o fim da guerra, a Companhia Barro Branco foi desincorporada, em agosto de 1946. Iniciou-se então um período difícil, devido à concorrência com o carvão estrangeiro.

A criação do Município de Lauro Müller, em dezembro de 1956, influenciou muito a venda de terras por parte da Henrique Lage Comércio e Indústria, proprietária exclusiva de toda a área do perímetro urbano e de grande parte do suburbano. Mesmo assim, o Município de Lauro Müller, não prosperava, e a população estava reduzida a menos da metade da que havia no período 1942/1948.

Francisco Catão, maior acionista da Barro Branco vendeu, em 1967, suas ações a dois engenheiros: Álvaro Catão e Sebastião Neto Campos que enfrentaram grandes dificuldades, agravadas com as enchentes de 1971 e 1974.

Ainda segundo o Padre DALL'ALBA (1986), o problema foi agravado pela infeliz sugestão dada pelo então diretor da estrada de ferro Dona Thereza Christina para que fosse desativado o ramal para Lauro Müller, considerando que a reserva de carvão não compensava a manutenção da ferrovia. Mas os donos das minas perseveraram, mesmo tendo que levar, em caminhão, o carvão para o lavador de Urussanga.

Nos anos 70, em virtude da crise mundial do petróleo, houve um novo alento à produção carbonífera. Segundo Sebastião Neto Campos (inf. verbal, 1993), o governo brasileiro ampliou então sua política de intervenção na produção do carvão.

O interesse do governo federal no setor não era motivado pelo desejo de promover o desenvolvimento econômico regional. Era ditado por considerações estratégicas ou acionado por eventos internacionais.

O período entre meados dos anos 70 a 80, conhecido como a era dourada do carvão, caracterizou-se pela obrigação das empresas brasileiras (especialmente as empresas siderúrgicas e as de energia) usarem pelo

menos 20% do carvão nacional no seu consumo de energia, a preços estabelecidos pelo governo (FATMA, 1997).

Durante todo esse período de rápido crescimento, as empresas de mineração de carvão operaram sem regulamentos ambientais claros ou fiscalizáveis.

Em meados da década de 80, a situação começou a mudar. Em 1989, como parte do seu programa de desregulamentação, o governo decidiu retirar-se do setor.

A partir de 1989 o Grupo Fidélis Barata assumiu o controle acionário da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco. O grupo solicitou a cessão dos direitos minerários da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco para Empresa Castelo Branco para que fosse possível sua participação no processo licitatório realizado pela ELETROSUL, visando a compra de carvão energético CE 4500. A Companhia Nacional de Mineração Barro Branco S.A. não poderia participar da licitação por não atender exigências legais, principalmente quanto à regularização de seus débitos fiscais e trabalhistas.

O novo grupo fez investimentos na lavra e construiu uma usina de beneficiamento para beneficiar o carvão proveniente da mina Novo Horizonte, em fase de projeto.

Como ressaltam BENDER et al in SCHEIBE et al (1993), existem altos e baixos na história da exploração do carvão em Santa Catarina. Grandes impulsos à mineração do carvão no município ocorreram durante as duas Grandes Guerras Mundiais, em face da escassez de carvão internacional. Porém, os períodos do pós-guerra caracterizaram-se por um descenso da produção carbonífera nacional, dando início a um processo de degeneração da infra-estrutura colocada à disposição dos mineiros.

Nos municípios de Lauro Müller e Siderópolis, que não conseguiram diversificar sua economia, a mineração do carvão ainda representa 85% e 73% da produção industrial, respectivamente, enquanto que nos demais municípios pertencentes a Associação de Municípios da Região Carbonífera (AMREC), a média é de 10% (FATMA, 1997).

2.3 - A mineração de carvão na sub-bacia do Rio Rocinha

A área de estudo está praticamente toda concedida para lavra de carvão mineral, com exceção de parte das escarpas da Serra Geral, onde predominam declividades maiores que 45% e cotas altimétricas superiores a 800m.

Os primeiros manifestos feitos junto ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para exploração da área datam de 1936, e foram feitos pela Carbonífera Metropolitana e Companhia Nacional de Mineração Barro Branco.

A Carbonífera Metropolitana requereu inicialmente uma área com 12.093 ha e em 1972 foi cessionária de duas novas áreas, com 2.000 ha cada uma, cuja cedente foi a Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais - CPRM.

Os requerimentos da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco em 1936, são de uma área com 1.493 ha e outra com 9.416 ha.

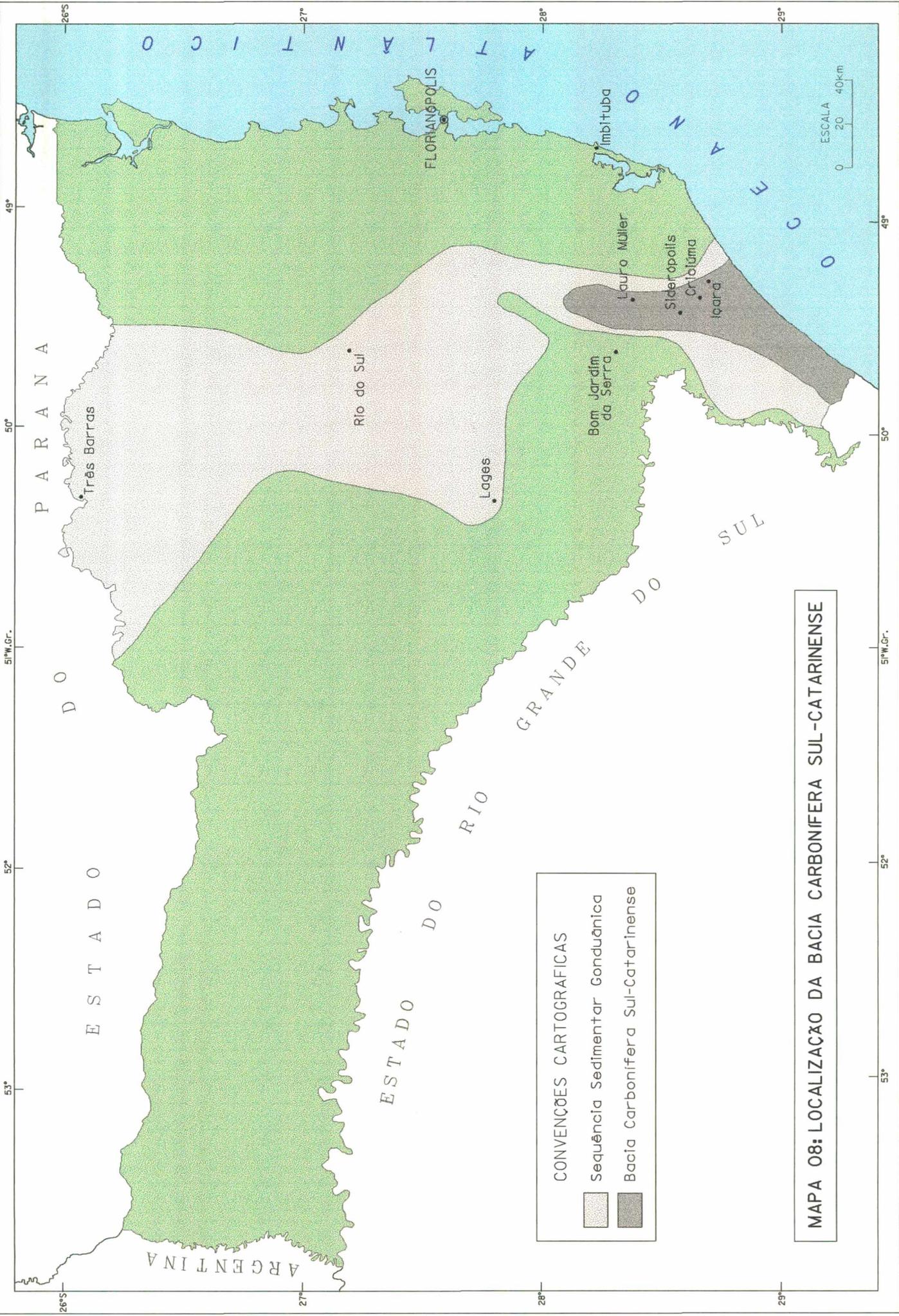
As áreas requeridas pelas empresas podem ser vistas no mapa 9.

Segundo Dario Valiati, geólogo da CPRM, apesar da Carbonífera Metropolitana S.A. ter uma concessão, cujo limite norte chega até a sub-bacia do Rio Rocinha, sua única lavra em desenvolvimento, Mina Esperança (de sub-solo), localiza-se no município de Treviso e o perímetro projetado para lavra não alcança a área em estudo.

A Companhia Nacional de Mineração Barro Branco (CNMBB), pertencente ao Grupo Fidélis Barata desde 1989, é concessionária de grande parte da área da sub-bacia do Rocinha e há muito tempo minera carvão ao longo do vale do rio, dado as condições geológicas e topográficas, que permitem um fácil acesso à camada de carvão. O mapa 10 apresenta as áreas mineradas no sub-solo pela CNMBB na área de estudo.

Segundo o DNPM (1981), a atividade de lavra consiste no conjunto de operações cujo objetivo é o desmonte e extração das camadas de carvão para posterior processamento na usina de beneficiamento.

Em função das condições dos jazimentos, a mineração pode ser desenvolvida tanto em lavra subterrânea (sub-solo) como em superfície (céu aberto).

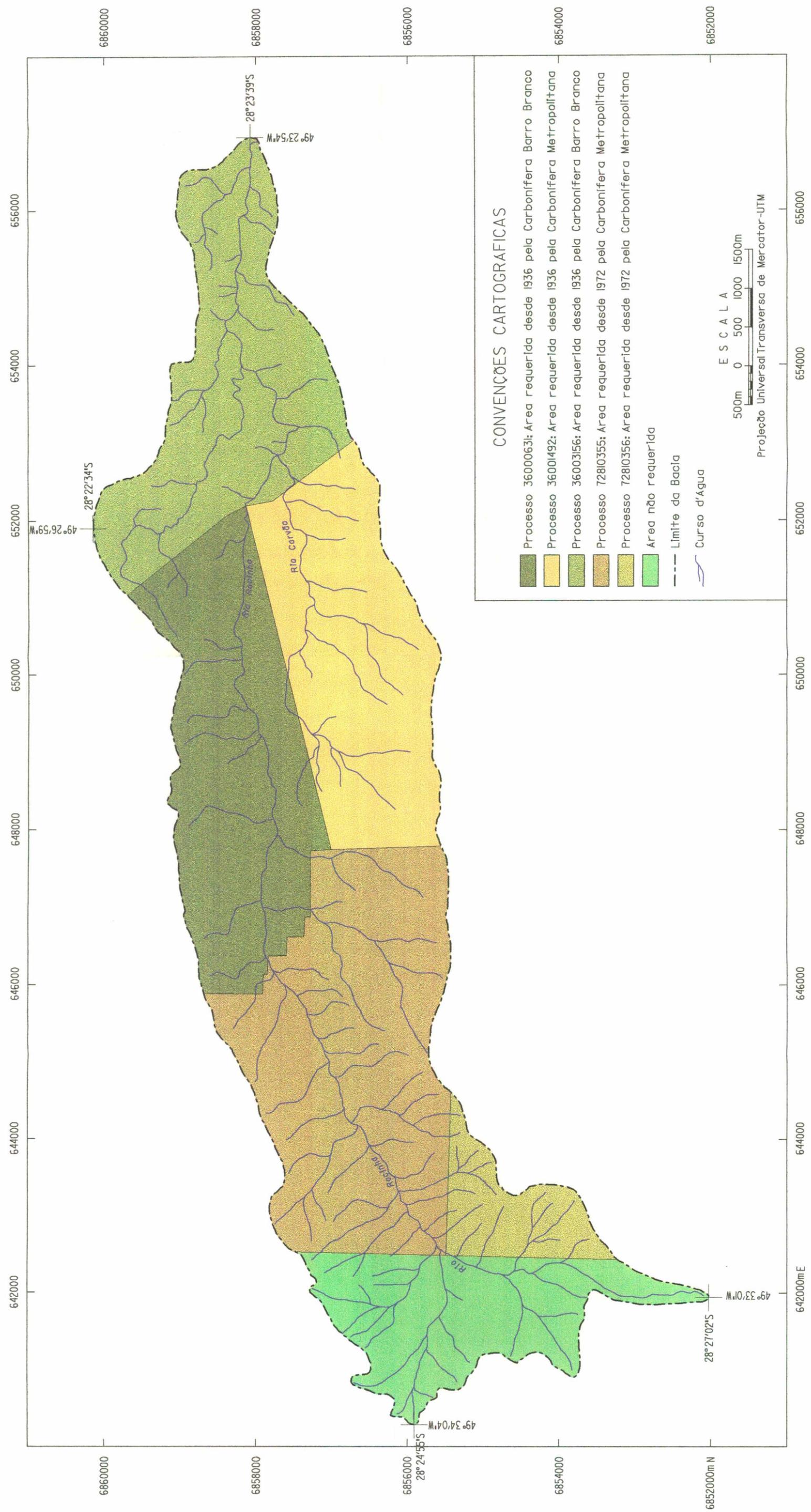


CONVENÇÕES CARTOGRAFICAS

- Sequência Sedimentar Condudônica
- Bacia Carbonífera Sul-Catarinense

MAPA 08: LOCALIZAÇÃO DA BACIA CARBONIFERA SUL-CATARINENSE

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC) Mapa de Concessões



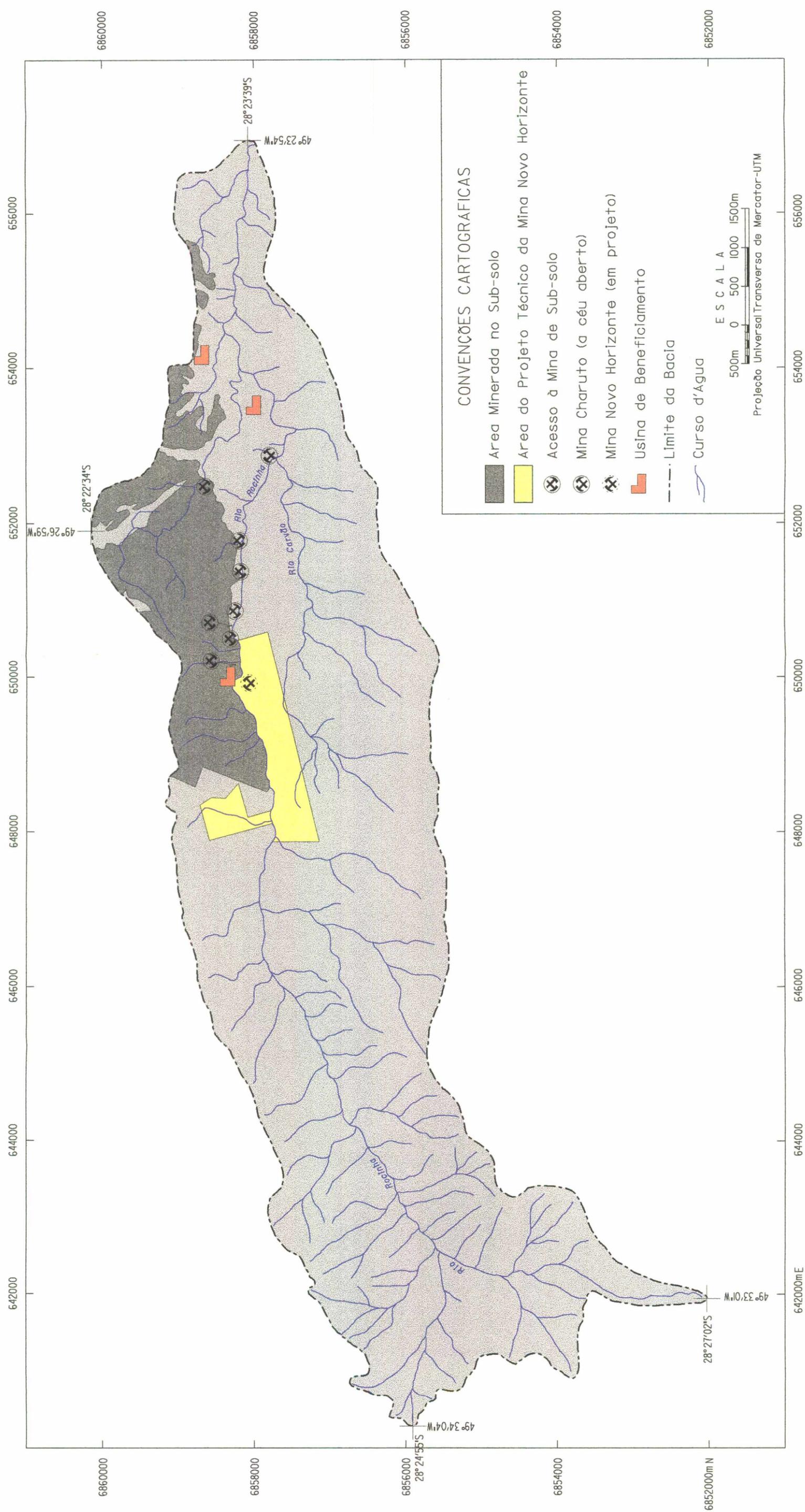
Autoria: Marisa Bender, 1998.

Fontes: Base Cartográfica- Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:50000, IBGE, 1976.
Plantas de Controle de Área do DNPM, Escala 1:50000, Folha de Orleans.

Digitização/Edição: Geóg. José Henrique Villela
Jan/98

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC)

Áreas Mineradas para Carvão no Sub-solo e Projeto Técnico de Mina Aprovado pelo D.N.P.M.



Autoria: Marisa Bender, 1998.

Fontes: Base Cartográfica-Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:50000, IBGE, 1976. Levantamento da Situação das Minas e Concessões da Bacia Carbonífera de Santa Catarina, Escala 1:20000, MME-DNPM, 1984.

Atualização/Edição: Geog. José Henrique Villela Jan/98

O desenvolvimento da atividade de mineração em sub-solo implica, entre outros aspectos, na abertura de poços, planos inclinados ou galerias de encosta, para extração do minério, transporte de materiais e de pessoal, e para ventilação (DNPM, 1981:60).

O acesso ao sub-solo parte da superfície e atinge geralmente os pontos mais baixos das jazidas.

A lavra subterrânea (sub-solo) de carvão na sub-bacia do Rio Rocinha foi realizada utilizando o método de câmaras e pilares (figura 2), com recuperação de pilares (mineração de pilares) até 1990 e sem recuperação a partir daí.

Segundo VOLPATO (1984:40):

Câmaras e Pilares é chamado o sistema de mineração em sub-solo mais comum na região. As feições geológicas das jazidas definem o traçado dos vários eixos, todos ligados ao principal. Os operários do carvão seguem a rota dos eixos, e as galerias vão se alongando, num percurso de 3 ou 4 km. A altura das galerias é variável de acordo com a espessura da camada de carvão.

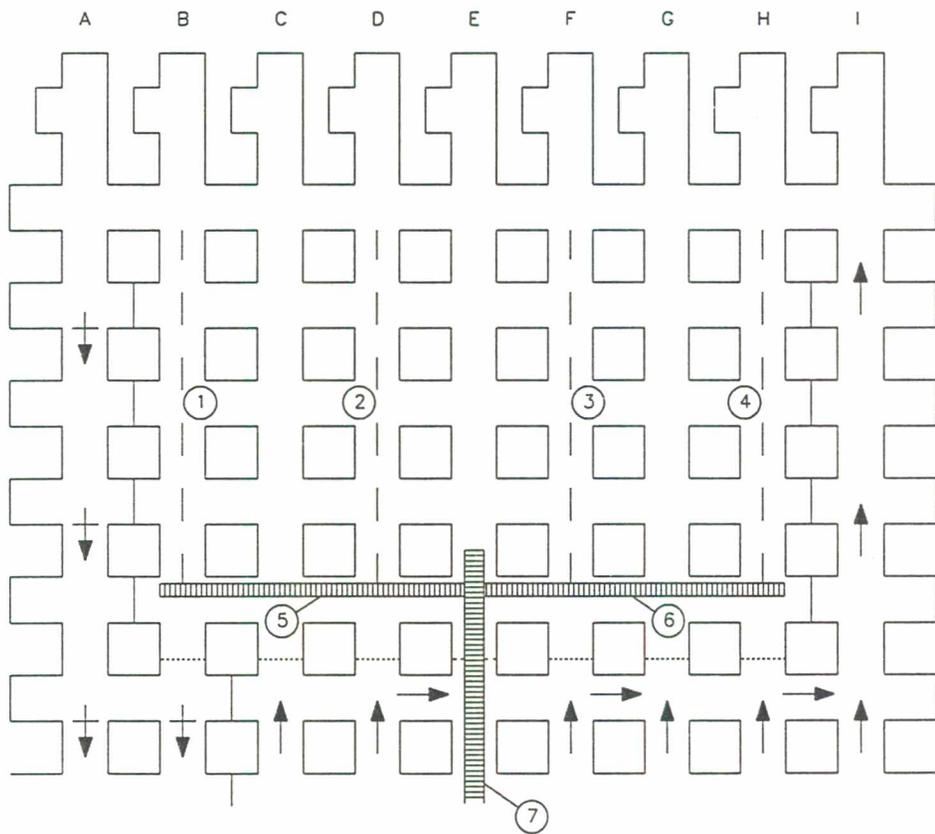
As minas de sub-solo da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco, hoje desativadas, são conhecidas como 3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F e 3G (mapa 11). O acesso ao sub-solo era realizado por galerias de encosta, com exceção da mina 3G, que era através de plano inclinado.

A seguir, serão apresentadas as informações que foram obtidas junto ao DNPM (Regional de Criciúma); salienta-se que as minas 3A, 3B, 3C e 3D não apresentam registros neste departamento, e as poucas informações existentes e aqui apresentadas foram obtidas pelo DNPM (Regional de Criciúma) junto à Companhia Nacional de Mineração Barro Branco. A mina 3A iniciou a operação em 1969 e a mina 3D em 1967; as datas de término da operação não são conhecidas pelo DNPM, porque na época as empresas não eram obrigadas a fazer um projeto de paralisação relatando o histórico de cada mina. A 3E/F operou durante 17 anos, no período compreendido entre 1973 e 1990 e a mina 3G durante 18 anos, de 1976 a 1994, restando ainda algumas reservas remanescentes passíveis de lavra. Entre as minas

FIGURA 2

MÉTODO DE CÂMARAS E PILARES

VARIANTE : 9 GALERIAS EM AVANÇO

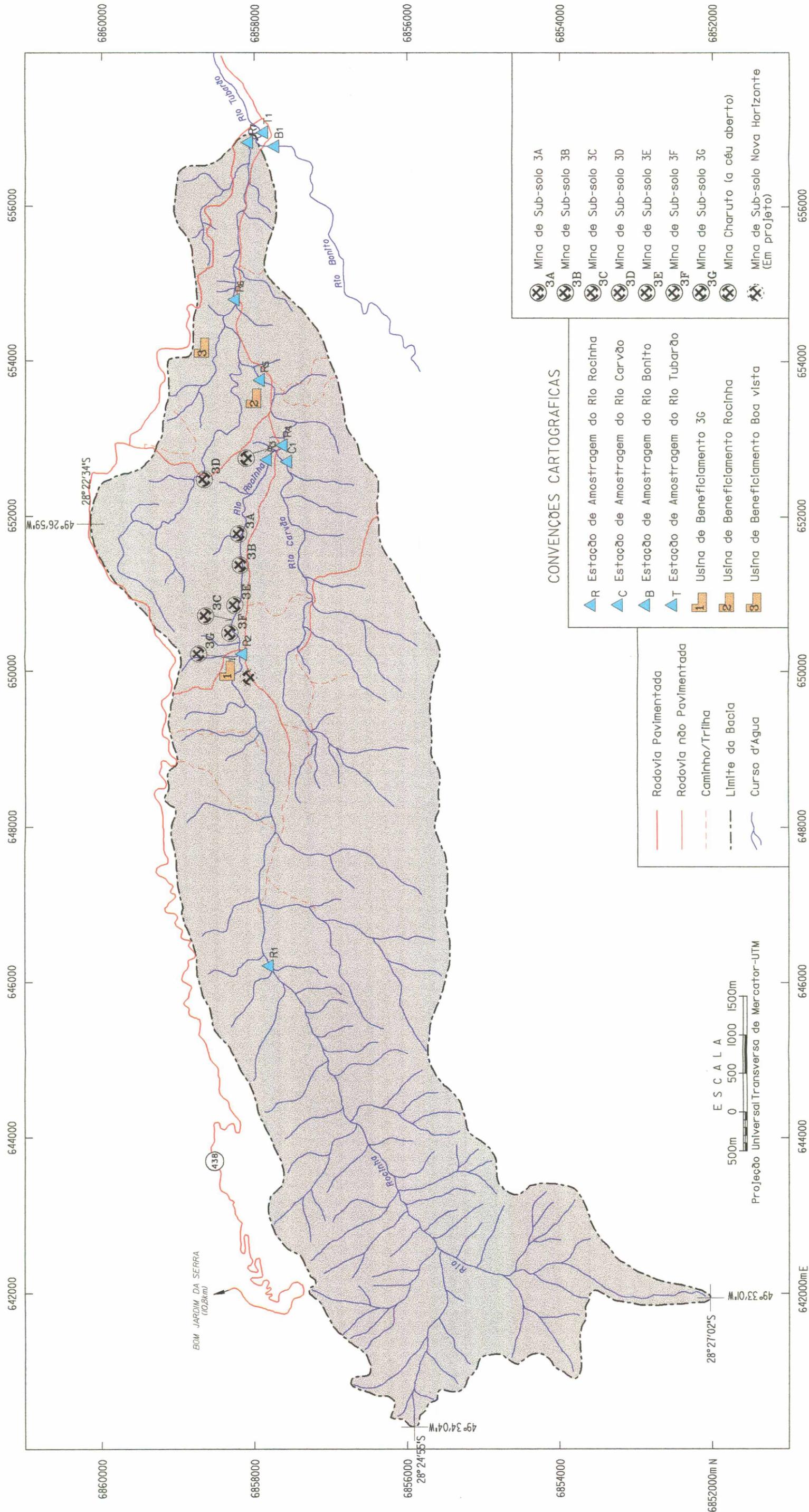


A, B - CARREGAMENTO
 C - FRENTE DETONADA PRONTA P/ CARREGAMENTO
 D - FRENTE DETONADA
 E - FRENTE FURADA
 F, G - FRENTE SENDO FURADA
 H - FRENTE ESCORADA
 I - FRENTE SENDO ESCORADA

1 a 4 - TRANSPORTADOR DE ARRASTO
 5 a 7 - TRANSPORTADOR DE CORREIA
 —> - AR PURO
 +> - AR VICIADO
 — - TAPUMES
 - TENDAS

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC)

Estações de Amostragem de Água Superficial



Autoria: Marisa Bender, 1998.

Fontes: Base Cartográfica-Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:50000, IBGE, 1976.
 Levantamento da Situação das Minas e Concessões da Bacia Carbonífera de Santa Catarina, Escala 1:20000, MME-DNPM, 1984.
 Trabalho de Campo

Digitalização/Edição: Geog. José Henrique Vilela
 Jan/98

3A, 3B, 3C e 3D não existiam ligações, já a mina 3G tinha várias ligações com a 3E/F, que poderiam ser utilizadas como saídas de emergência. A mina 3C não se desenvolveu; nela foi traçado apenas o eixo principal com extensão de 300 metros e os técnicos da companhia não sabem informar o motivo. Nas minas 3A, 3B, 3D e 3 E/F, o desmonte e a extração do carvão era manual, utilizando o método de câmaras e pilares com recuo de pilares e subsidência da rocha de cobertura. A lavra manual se caracterizava pelo carregamento do carvão desmontado nas frentes de serviço, com o auxílio de instrumentos rudimentares e transporte com vagonetes ligados a cabos sem fim, tracionados por guinchos (DNPM, 1984). A mina 3G, com uma área prevista de 3.650.000m², foi projetada para operação através de processos manuais e a partir do advento da mecanização, passou a semi-mecanizada. Neste processo o desmonte do carvão é feito com auxílio de explosivos, o carregamento e o transporte são executados por carregadeiras bobcats, equipadas com motor elétrico, que recolhem o material nas frentes de serviço e descarregam diretamente numa correia rebaixada, instalada transversalmente ao painel de forma a possibilitar a menor distância às frentes de serviço.

O método semi-mecanizado contribuiu para melhora da produtividade das minas antes manuais. Por outro lado, causou o acentuado agravamento da poluição ambiental, pelo grande aumento de produção conjugada à menor seletividade, trazendo à superfície quantidades de rejeitos cada vez maiores (GOTHE,1993).

Segundo VOLPATO (1984), a mecanização induziu inicialmente a falsa idéia de que estava vindo em benefício dos mineiros, mas com o passar do tempo, começaram a ser registradas com maior intensidade, as doenças profissionais.

O depoimento de um mineiro citado por VOLPATO (op cit) coloca com muita clareza o pensamento dos trabalhadores com relação à mecanização das minas. Diz ele:

“A mina de antigamente era mais saudável e menos perigosa. Uma vez, a pedra antes de cair dava sinal, porque a madeira estalava e fazia barulho. O parafuso de teto não dá sinal. Na mecanizada o barulho é muito grande e não se

escuta a pedra cair. Na mecanizada há acidentes fatais. Na mecanizada tudo é perigoso.”(Volpato, 1984:62)

A mina 3G tinha cobertura máxima de 200 metros (especificada em projeto). O escoramento de teto, etapa fundamental da lavra, foi feito com perfis de madeira e parafusos. A madeira é utilizada como reforço de teto em áreas instáveis, já a função dos parafusos é reforçar a rocha, solidarizando os estratos rochosos e diminuindo suas deformações.

A ventilação na mina 3G, como em todas as minas catarinenses, era realizada por exaustão, sendo os exaustores principais invariavelmente instalados na superfície, em poços de ventilação. Segundo Ronaldo Antunes, técnico em mineração (inf. verbal, 1995), esta mina foi projetada para extrair carvão da Camada Barro Branco, mas com o passar dos anos e com o eixo muito alongado, as condições para extração do carvão nesta camada tornaram-se desfavoráveis, diminuindo a margem de lucro da empresa responsável, devido ao aumento da cobertura com aumento dos pilares para fator de segurança $\geq 1,8$. Diz Dario Valiati (inf. verbal, 1998), que este fator é calculado em função do dimensionamento dos pilares que são necessários para sustentar a cobertura da rocha, desde a camada de carvão até a superfície. Entram neste cálculo os seguintes parâmetros: dimensão e altura dos pilares, tamanho das galerias, cobertura da rocha e características da camada em resistir à carga. O fator $\geq 1,8$ significa que os pilares tem condições de sustentar 1,8 vezes a cobertura de rocha acima deles, ou seja, se a cobertura for de 100 metros, os pilares tem condição de sustentar 180 metros.

Para evitar o fechamento da mina, foram feitos alguns furos de sondagem a partir do eixo, através dos quais foi encontrada a Camada Irapuá, localizada 35 metros em plano inclinado abaixo da Camada Barro Branco. Esta seria sem dúvida a saída para aumentar a produção sem a paralisação da mina, mas na realidade a extração de uma camada de carvão com apenas 13 metros de cobertura, na vertical, abaixo de galerias totalmente "ocas", aumentou a probabilidade do abatimento da rocha de cobertura.

Em 1993, os trabalhos na mina 3G foram suspensos temporariamente, em virtude de três acidentes com vítimas fatais por choque elétrico, em um período de três meses.

A suspensão temporária da lavra nesta unidade não implicou na cessação das descargas poluentes, porque as bombas utilizadas para extração de água da mina continuaram operando durante algum tempo, para evitar sua inundação. A inundação de minas de sub-solo é devido, entre outros fatores, a água contida nos arenitos onde encontram-se intercalados os principais depósitos de carvão. Essas águas necessitam ser drenadas e recalçadas para a superfície, a fim de permitir a execução dos trabalhos; o bombeamento das águas é feito por pequenas bombas centrífugas móveis para reservatórios e a partir destes para represas localizadas ao longo da mina até atingirem o ponto de acumulação principal, de onde são bombeadas para a superfície.

A paralisação definitiva da lavra na mina 3G ocorreu em 1994, a partir da decisão da Promotoria Pública de Santa Catarina de reter 30% do valor da fatura das Centrais Elétricas do Sul do Brasil - ELETROSUL, principal cliente da empresa, em função de seus débitos fiscais e trabalhistas.

A produção de carvão nas minas 3E/F e 3G, durante as décadas de 80 e 90, pode ser vista na tabela 5.

Tabela 5 - Produção de Carvão nas Minas 3E/F e 3G

	ROM (t)							
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
3 G	-	-	-	339.012	395.165	228.635	209.950	80.068
3E/F	342.404	468.774	552.311	144.782	276.962	402.672	357.281	191.515

cont.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
3 G	325.789	305.633	276.874	443.212	427.052	336.623	114.023	-
3E/F	388.063	227.698	70.610	-	-	-	-	-

Fonte: Dados coletados nos Informativos Anuais da Indústria Carbonífera - DNPM

Além das áreas já mineradas no sub-solo, a companhia minerou a céu aberto, em 1998, uma área que corresponde a um triângulo equilátero com aproximadamente 200 metros de lado, sendo que um dos vértices localiza-se na bifurcação da estrada da Rocinha com a que dá acesso a localidade de Guatá. Segundo Dario Valiati (inf. verbal, 1998), a mina do Charuto, como é conhecida na sub-bacia do Rio Rocinha, atende os parâmetros especificados para o tipo de lavra.

A companhia pretende implantar a mina Novo Horizonte (sub-solo) para lavra da camada de carvão Barro Branco, nas proximidades da mina 3G (foto 5), cujo acesso está tamponado de acordo com as normas técnicas do DNPM.

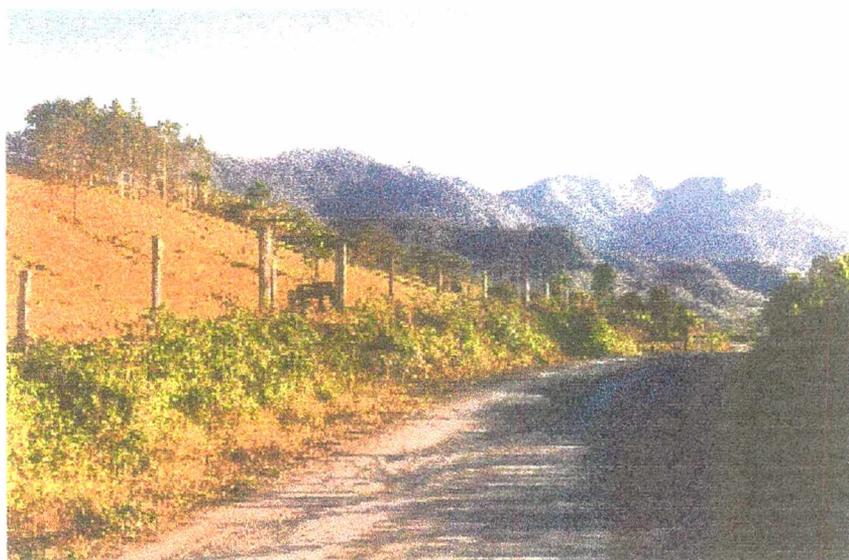


Foto 5 - Estrada da Rocinha. À esquerda, nos eucaliptos, local previsto para o acesso à mina de sub-solo Novo Horizonte. Foto tirada em 1998.

O acesso à nova mina será executado com a construção de 5 galerias de 4,5 m cada, deixando entre elas pilares de 12 x 12 m. Estas galerias localizam-se à margem direita do rio Rocinha. O perímetro da mina, que abrange áreas nos dois lados do rio, delimita uma área de aproximadamente 210 hectares. O projeto prevê 3 turnos de produção em duas frentes simultâneas, com um total de 200 funcionários. Ainda não há expectativa de salário, que é conhecido e estabelecido por dissídio anual discutido entre empresa e sindicato. A localização da mina está apresentada no mapa 11. O projeto, apresentado ao DNPM e à FATMA, foi aprovado pelo primeiro e por parte do Órgão Ambiental foi solicitado a elaboração do RIMA, por se tratar de uma nova mina. Para evitar os custos referentes ao RIMA, a empresa então reapresentou o projeto a estes órgãos públicos, informando que não se tratava de uma nova mina, mas sim de um prolongamento da mina de sub-solo 3G. Até o momento não houve um consenso com relação a esta questão.

Os cuidados com o meio ambiente para a implantação de novas minas, definidos pelo Projeto ZETA/IESA (1984) e aceitos pelo DNPM, são os seguintes:

Lavra de Sub-solo:

- lavra pelo método de câmaras de pilares, sem desmonte de pilares e com fator de segurança $\geq 1,8$;
- monitoramento das águas superficiais e freáticas no perímetro da mina;
- tamponamento dos acessos ao sub-solo, quando da conclusão da lavra;
- recuperação do pátio da mina, quando da conclusão da lavra.

Lavra a Céu Aberto:

- recuperação simultânea à lavra;
- suavização e revegetação dos taludes de corte e aterro;
- conformação da área lavrada e recobrimento com solo/argila;
- plantação de gramíneas, visando a proteção do solo/argila contra a erosão.

2.4 - O beneficiamento do carvão na sub-bacia do Rio Rocinha

O beneficiamento, ou lavagem, do carvão bruto (ROM = "run of mine") separa o carvão de outros materiais que a ele encontram-se agregados, pelo fato de não se poder extrair da camada somente os leitos que contém exclusivamente o carvão mineral. Os minerais e rochas que ocorrem associados ao carvão, tais como a pirita, arenitos, siltitos e folhelhos são denominados de rejeitos.

O processo de beneficiamento empregado é selecionado a partir da qualidade estabelecida para o produto, o princípio geral está baseado na diferença de densidade entre a matéria mineral e a matéria carbonosa. A tecnologia de beneficiamento utilizada nas minas catarinenses é a de separação gravimétrica por jigagem.

Até 1960, o carvão bruto gerado (carvão + estéril) era transportado para o Lavador Central de Capivari, onde era beneficiado fornecendo uma fração metalúrgica e uma fração vapor. A fração metalúrgica era consumida na siderurgia, uma vez que 20% do consumo de carvão metalúrgico deveria ser nacional, e a fração vapor era destinada para a geração de eletricidade no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda das Centrais Elétricas do Sul do Brasil - ELETROSUL.

A partir de 1960, as empresas carboníferas, visando evitar o transporte de estéril até Capivari e a perda de carvão fino no Lavador Central, resolveram instalar suas próprias usinas de beneficiamento, gerando o produto denominado CPL (carvão pré-lavado). Desta época em diante dezenas de lavadores foram construídos na região, sendo a maioria deles cópias em madeira dos projetos originais americanos. Foi neste período que entrou em operação a usina de beneficiamento da Rocinha, construída após arrendamento de parte da concessão da CNMBB à Ibracoque Mineração Ltda (IBRAMIL), com o objetivo de beneficiar o carvão proveniente das minas da companhia. O carvão pré-lavado era transportado para o Lavador Central de Capivari, que separava as frações metalúrgica e vapor. A partir daí os rejeitos e efluentes do beneficiamento passaram a degradar ainda mais as áreas e drenagens da bacia carbonífera.

Em 1990, o governo federal desregulamentou a obrigatoriedade de consumo do carvão metalúrgico nacional (20%) na siderurgia. Dado à diferença de preço, as siderúrgicas optaram pela importação total do carvão metalúrgico, não consumindo mais o nacional. As usinas passaram, então, a beneficiar o carvão bruto visando a obtenção de carvão energético (vapor), que é consumido nas termelétricas.

As usinas de beneficiamento localizadas na Rocinha, consideradas de pequeno porte, são conhecidas como Rocinha (foto 6) e Boa Vista e foram desativadas em 1994, tendo iniciado a operação em 1968 e 1986, respectivamente.



Foto 6 - Usina de Beneficiamento Rocinha. Foto tirada em 1986, quando ainda estava em operação (cedida por I. Bortoluzzi - UNISUL)

Segundo dados do Informativo Anual da Indústria Carbonífera (DNPM, 1988), a usina Boa Vista tinha capacidade para beneficiar 110 toneladas de carvão bruto por hora, enquanto a da Rocinha, 85 toneladas por hora. A reduzida taxa de recuperação obtida no beneficiamento era consequência dos equipamentos utilizados no processo, que sempre tomaram por base os

modelos tradicionais de baixa recuperação em carvão, aliado ao elevado percentual de rejeitos que é inerente ao carvão catarinense.

Segundo GOTHE (1993), “todos os carvões contém em sua composição teores variáveis de material mineral, que constituem as impurezas, as quais dão origem aos rejeitos, com potencial poluidor.”(p.24)

Em Santa Catarina, as impurezas (rejeitos) constituem cerca de 60 a 65% do material extraído, ou seja, de cada 100 kg de carvão bruto extraído da mina, resultam aproximadamente entre 60 e 65 Kg de rejeito.

Diz Dario Valiati, que o carvão de Santa Catarina pode ser aproveitado economicamente, atendendo especificações do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, que consome cerca de 1.320.000 toneladas de carvão CE 4500 por ano; em se tratando da produção de carvão metalúrgico, o carvão da camada pode ou não ser aproveitado economicamente, dependendo da especificação do produto.

Muitas empresas especializaram-se apenas na lavagem de velhos rejeitos de carvão gerados pelas empresas de mineração, como a Usina Rocinha, por exemplo, que em decorrência da baixa eficiência apresentada nas etapas do processo de beneficiamento, antes de ser desativada, passou a rebeneficiar os rejeitos do beneficiamento, na tentativa de aumentar a margem de lucro da empresa. Como existem muitas empresas rebeneficiando rejeitos sem autorização do DNPM, este expediu um ofício às empresas estabelecendo prazos para o encaminhamento dos respectivos projetos. Na área de estudo, próximo à Usina da Rocinha, existe uma pequena usina operando nesta condições.

Uma nova usina de beneficiamento foi construída na margem esquerda do rio (foto 7 e foto 8), próximo ao local de acesso a mina 3G, que hoje está tamponado, para beneficiar o carvão que será extraído da mina Novo Horizonte, em fase de projeto.

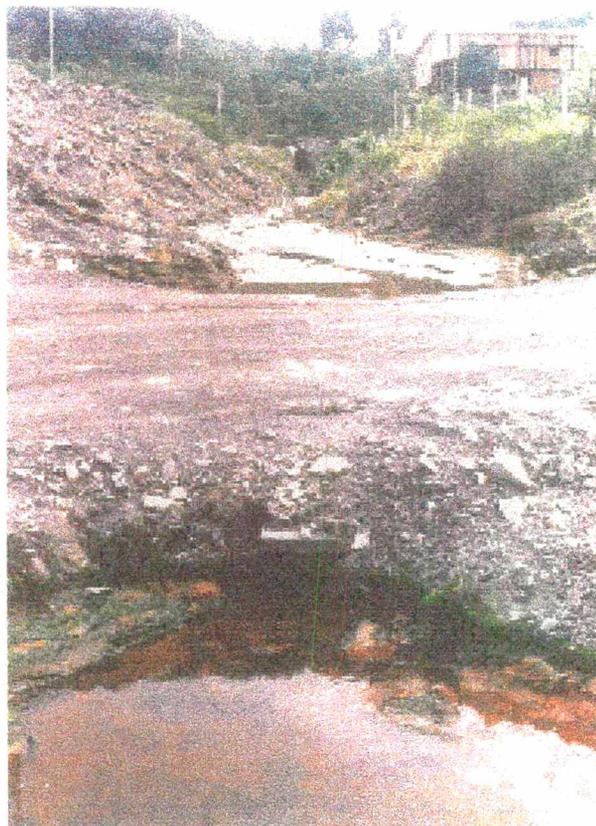


Foto 7 - Usina de Beneficiamento 3G. Foto tirada em 1998



Foto 8 - Local previsto para a instalação das bacias de sedimentação de finos da Usina de Beneficiamento 3G. Foto tirada em 1998.

Segundo Dario Valiati (inf. verbal, 1997), as antigas usinas de beneficiamento foram desativadas há bastante tempo e não estão em condições operacionais, além da localização ser distante do local onde a empresa pretende implantar a nova mina. A vantagem da nova usina é determinada por sua proximidade à mina, diminuindo sensivelmente a distância do transporte do carvão bruto (ROM) e os impactos sobre a

qualidade das águas superficiais, uma vez que a água drenada do sub-solo da mina será utilizada no processo de beneficiamento. A operação da usina será feita por aproximadamente dez funcionários.

Diz ainda Dario Valiati (inf. verbal, 1997), que a exploração do carvão é viável economicamente, principalmente porque os equipamentos necessários à lavra já estão depreciados. No caso de implantação de uma nova mina com aquisição de todos os equipamentos, sua economicidade precisa ser bem estudada.

As etapas do beneficiamento, considerando os aspectos ambientais, podem ser assim descritas:

a) o carvão lavrado (ROM - Run of Mine) é transportado por caminhões basculantes ou correias transportadoras até a usina de beneficiamento; b) o carvão bruto é britado e lançado no jigue onde, por diferença de peso específico, o carvão é separado da rocha estéril; c) o efluente gerado no beneficiamento é lançado na bacia de sedimentação, onde após separação do rejeito fino, é reutilizado na usina; d) o rejeito grosseiro é disposto em depósitos controlados, sendo recoberto por solo/argila e revegetado.

Com o objetivo de diminuir o teor de sólidos suspensos carregados para os rios e adequar o lançamento de efluentes líquidos à legislação vigente, os órgãos ambientais adotaram medidas corretivas para o tratamento dos efluentes líquidos gerados no beneficiamento do carvão.

É relevante salientar que a contaminação das águas empregadas nas usinas de beneficiamento é similar à das minas, com o agravante de que o carvão quando britado produz uma fração fina, que é arrastada pelas águas, conferindo-lhe cor preta com grande quantidade de sólidos finos em suspensão (GOTHE, 1989).

Segundo VILLELA (1989), a primeira etapa para implantação do tratamento dos efluentes líquidos consiste na remoção dos sólidos através do uso de bacias de sedimentação; a água clarificada retorna para a usina de beneficiamento em circuito fechado, sendo necessário uma pequena quantidade de água de 'make-up'. As drenagens dos pátios também são aduzidas às bacias de sedimentação e a água recirculada. O uso intensivo de bacias de sedimentação, como método de remoção de sólidos, deve-se à

grande quantidade de rejeito, que é intrínseco ao carvão catarinense, à sua eficiência e ao seu baixo custo, pois os sólidos decantados já estão dispostos definitivamente e não precisam ser transportados para sua deposição final. As bacias são construídas com alturas variáveis, sendo sua conformação determinada pelas características topográficas locais. A segunda etapa visa colocar os efluentes a padrões de lançamento para águas de classe dois.

A usina Boa Vista implantou a primeira etapa deste tratamento, instalando três bacias para sedimentação de finos, operando em série. Este sistema evitou o crescente aporte de sedimentos na calha do rio (foto 9).

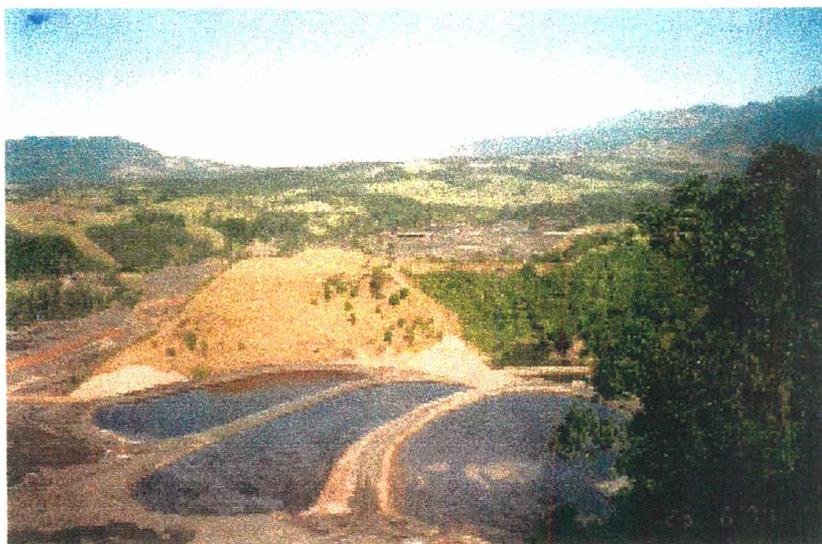


Foto 9 - Bacias de sedimentação de finos da Usina de Beneficiamento Boa Vista, quando ainda estava em operação, no ano de 1994.

Segundo GOTHE (1993), os rejeitos piritosos considerados como sem maior valor econômico, foram sendo depositados à menor distância de transporte possível, gerando extensas áreas cobertas com material rico em enxofre e metais pesados, extremamente acidificante quando em contato com o ar e a água, e sujeito à autocombustão com geração de gases tóxicos.

Conforme acentua GOTHE (1993), a disposição indevida de rejeitos, efetuada durante décadas, acarretou parte dos problemas ambientais que hoje afligem toda a região carbonífera de Santa Catarina, uma vez que foram sempre dispostos de qualquer maneira, em áreas próximas ao lavador, ao longo de rodovias, baixios, alagadiços, e margens de rios, onde o minerador,

buscando áreas de baixo custo financeiro para o descarte, na verdade gerou um elevado custo ecológico e social.

Esta situação é crítica na sub-bacia do Rocinha, onde a mineração se desenvolveu desde o início da década de 60 e há, além da disposição de grandes volumes de rejeitos do beneficiamento do carvão, locais onde o rejeito foi usado como base para o leito de estradas, caminhos e aterros, gerando os problemas típicos de poluição carbonífera (foto 10).



Foto 10 - Rejeitos usados como base para o leito de estradas.

Foto tirada em 1998

As agressões ao ambiente natural tornam-se mais marcantes a partir da mina de sub-solo 3G, onde os rejeitos da mineração/beneficiamento do carvão foram empilhados na margem do rio.

Na sub-bacia do Rio Rocinha, como na maior parte da região carbonífera, não houve recuperação das áreas degradadas pela mineração, apesar de existir uma metodologia de deposição, recobrimento e revegetação definida em projeto realizado em 1984 pelo Consórcio ZETA/IESA. As empresas de mineração/beneficiamento livraram-se dos rejeitos sólidos empilhando-os a céu aberto e depois despejando-os em terrenos baixos próximos das usinas de beneficiamento (foto 11).



Foto 11 - Disposição de rejeitos nas proximidades da Usina de Beneficiamento Boa Vista.

Foto tirada em 1998

A compactação das pilhas foi somente a obtida pelo tráfego dos caminhões que transportavam o material para o depósito. Em alguns locais foram plantados eucaliptos, que poderiam ser utilizados como escoramento de teto nas minas subterrâneas, e colocada uma fina camada de argila sobre o rejeito, como forma de minimizar a erosão (foto 12). Por tratar-se de espécie exótica o eucalipto não contribuiu para a recuperação das características florísticas e da fauna local. Além disso, existem recomendações do DNPM para que as empresas não plantem eucalipto, uma vez que seus sistemas de raízes profundas tendem a destruir as camadas impermeáveis de argila. Da mesma forma o solo instalado, longe de apresentar características naturais de textura, porosidade, estrutura e fertilidade, tornam o terreno altamente suscetível aos processos erosivos.

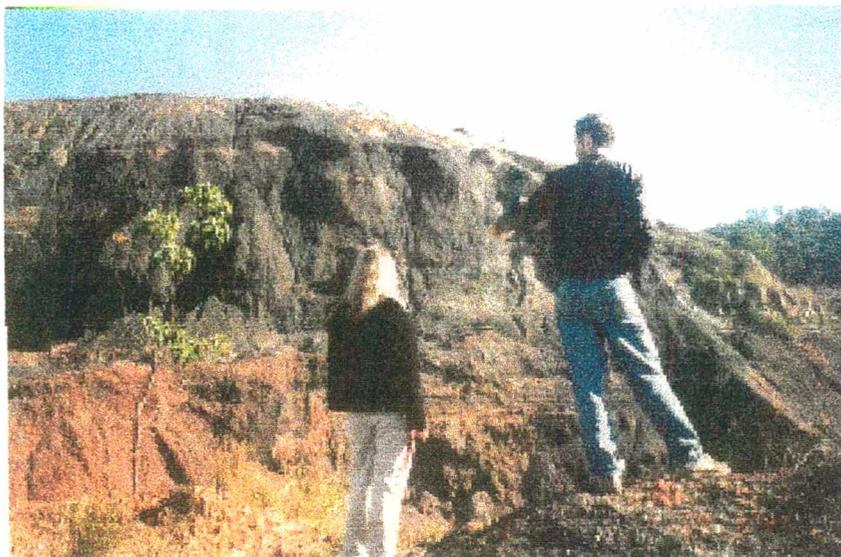


Foto 12 - Camada de argila sobre o rejeito, próximo a Usina de Beneficiamento Boa Vista. Foto tirada em 1994.

Cabe salientar que a exploração do carvão na sub-bacia do rio Rocinha, até o momento, foi realizada na camada Barro Branco, margem esquerda do rio.

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1 - O processo poluidor

A poluição das águas se origina através de várias fontes, dentre as quais destacam-se efluentes domésticos, efluentes industriais, escoamento superficial urbano e escoamento superficial agrícola que, por sua vez, estão associados ao tipo de uso e ocupação do solo.

Cada uma dessas fontes possui características próprias quanto aos poluentes que carreiam, sendo que os esgotos domésticos apresentam contaminantes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias (CETESB, 1993).

O escoamento superficial urbano contém, em geral, todos os poluentes que se depositam na superfície do solo. Quando da ocorrência de chuvas, estes materiais acumulados no solo em valas, bueiros, etc, são arrastados pela enxurrada para os cursos d'água superficiais, constituindo uma fonte de poluição tanto maior quanto mais deficiente for a limpeza pública (CETESB, 1993).

O escoamento superficial agrícola tem características diferentes. Seus efeitos dependem muito das práticas agrícolas utilizadas em cada região e da época do ano em que se realiza a preparação do terreno para plantio, aplicação de defensivos agrícolas e colheitas. A contribuição representada pelo material proveniente da erosão de solos intensifica-se quando da ocorrência de chuvas em áreas rurais.

Já, os efluentes industriais dependem das matérias-primas e processos industriais utilizados.

Na área de estudo a degradação ambiental é devida, principalmente, à exploração do carvão mineral. Por este motivo, essas atividades foram selecionadas como objeto de avaliação.

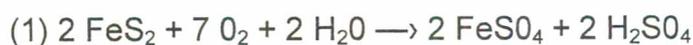
Para uma melhor compreensão das condições ambientais das águas influenciadas pelas atividades de mineração e beneficiamento do carvão mineral, é oportuno comentar a respeito do processo poluidor nas regiões carboníferas.

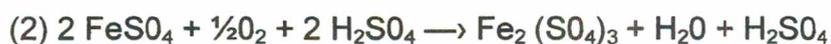
Segundo diversos autores, os problemas de poluição hídrica nas regiões carboníferas são qualitativamente similares em todos os locais de lavra e beneficiamento e se devem na maior parte à oxidação da pirita (FeS_2 - sulfeto de ferro) que ocorre associada ao carvão e que, quando exposta ao ar e à umidade, se oxida gerando ácido sulfúrico e compostos de ferro que acabam sendo, de alguma forma, carregados até os cursos d'água.

As águas sulfurosas procedem diretamente das minas de sub-solo (drenagem), dos processos de beneficiamento e da disposição de rejeitos. A drenagem e a água de infiltração levam combinações de enxofre para as águas superficiais.

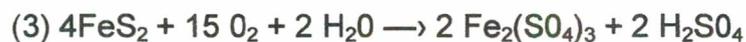
Existem dois tipos principais de resíduos, o material estéril e o rejeito do beneficiamento. O material estéril, removido para atingir o minério, é depositado em pilhas localizadas nas proximidades da mina. A principal característica deste material é a heterogeneidade do tamanho das partículas, variando desde frações argilosas até blocos de vários metros (SHINOBE, SRACEK, 1998). Esta heterogeneidade resulta em alta permeabilidade na pilha de estéril até a base. O outro tipo de resíduo de mina é o rejeito do beneficiamento, resultante do tratamento do minério. Este tipo de material é britado e moído antes do tratamento, resultando em grãos relativamente pequenos, do tamanho silte (SHINOBE, SRACEK op cit.). Na mineração, tanto no caso do estéril como no do rejeito, a oxidação da pirita é responsável pela geração de acidez.

Tão logo a pirita entre em contato com o oxigênio e a água, inicia-se o processo de oxidação. Para tanto, bastará o oxigênio atmosférico e a umidade contida no ar, bem como o oxigênio dissolvido nas águas subterrâneas ou superficiais. A primeira etapa da oxidação é a transformação em sulfato ferroso e ácido sulfúrico, a qual ocorre em presença de pouco oxigênio (equação 1). O ferro, presente na forma bivalente e hidrossolúvel, revela-se pela sua coloração esverdeada e é então, oxidado a sua forma trivalente e insolúvel, uma reação relativamente lenta, que pode ser catalisada pela bactéria *Thiobacillus Ferroxidans* (equação 2), como acentua o Instituto de Biociências da UFRGS (1978).

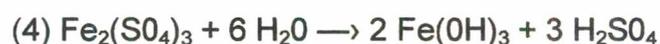




Sob condições especiais, por exemplo durante fases de altas concentrações de oxigênio, principalmente em águas superficiais, a primeira etapa da reação pode conduzir ao sulfato de ferro III.



Quando a concentração de ácido sulfúrico diminui na água, o ferro é hidrolisado, formando-se hidróxido de ferro III (equação 4).



Na dependência do pH, o ferro pode estar presente na forma de hidróxido de ferro III ou de óxido de ferro III. Estas substâncias geram uma cobertura castanho-amarelada na superfície do substrato nas águas superficiais poluídas (foto 13). A cor amarelada típica dos rios que sofrem os efeitos dos rejeitos ou da lavagem do carvão é decorrência da precipitação do ferro insolúvel.

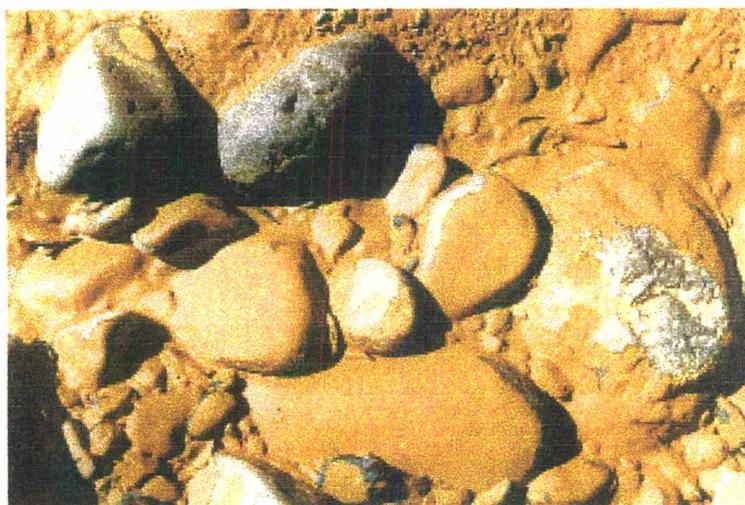


Foto 13 - Cobertura castanho-amarelada nos seixos do leito do Rio Rocinha. Foto tirada em 1998

Segundo diversos autores, se o pH é acima de 3,0, pode haver a precipitação de hidróxido férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Por outro lado, se o pH é menor que 3,0 e o ferro trivalente encontra-se em contato com a pirita não oxidada, este ferro trivalente é consumido pela oxidação da pirita, por se tratar de um

forte oxidante. Isto significa que o oxigênio é somente necessário para se iniciar a oxidação da pirita. Contudo, se um acúmulo de resíduos de mina apresentar altas quantidades de Fe^3 de períodos de oxidação anteriores, então a oxidação da pirita ocorrerá por um longo período de tempo, mesmo se não houver mais oferta de oxigênio (SHINOBE e SRACEK, 1998). Todas as etapas de oxidação da pirita podem se dar tanto em pilhas de estéril como em bacias de rejeito.

De acordo com GOTHE (1993:32)

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

A partir destas reações há liberação de elementos ditos “traços” ou “menores”, pois aparecem em concentrações pequenas, da ordem de partes por milhão (ppm) na composição do carvão. A tabela 6 apresenta as concentrações dos elementos menores para o carvão CE 4500.

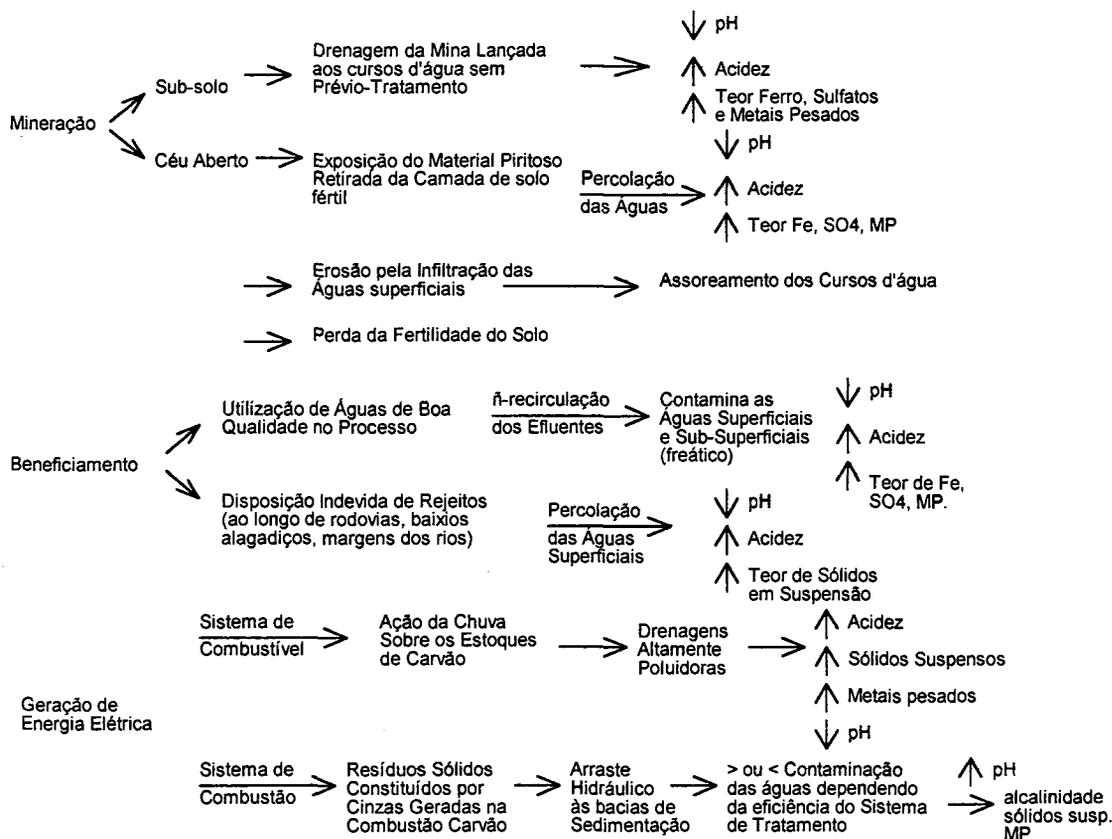
Tabela 6 - Concentração de elementos menores (em ppm ou % quando indicado)

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

Fonte: FUNDATEC, 1987

Resumidamente são aqui apresentados, de forma esquemática, os principais problemas associados à mineração, ao beneficiamento e aos usos do carvão mineral nos recursos hídricos (figura 3).

Figura 3 - Principais problemas associados à mineração, ao beneficiamento e aos usos do carvão mineral nos recursos hídricos



3.2 - Classificação e enquadramento legal dos recursos hídricos

Na esfera federal, foi a Portaria MINTER 0013, de 15/01/76, que inicialmente regulamentou a classificação dos corpos d'água superficiais, com os respectivos padrões de qualidade e os padrões de emissão para efluentes. Através desta portaria, as águas interiores foram divididas em 4 classes.

No Estado de Santa Catarina, as águas interiores foram classificadas também em 4 classes, através do decreto 14.250/81.

Em junho de 1986, o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, considerando a necessidade de reformular os critérios existentes para melhor distribuir os usos, contemplar as águas salinas e salobras e

melhor especificar os parâmetros e limites associados aos níveis de qualidade requeridos, estabeleceu a classificação das águas do Território Nacional, através da Resolução CONAMA 20/86.

As águas foram, então, classificadas em 9 níveis de qualidade, com base nos usos preponderantes. As águas com salinidade igual ou inferior a 0,05‰ são consideradas doces, as compreendidas entre o intervalo 0,05‰ a 3‰ são consideradas salobras e as que apresentam salinidade igual ou superior a 3‰ são consideradas salinas. As águas doces foram divididas em 5 classes. Na classe especial enquadram-se as águas destinadas aos usos mais nobres, enquanto que na classe 4 as de uso menos nobre.

A tabela 7 apresenta a classificação das águas de acordo com a Portaria MINTER 0013/76, Decreto Estadual 14.250/81 e Resolução CONAMA20/86.

Para cada uma das classes existem limites e/ou condições a serem respeitados, sendo mais restritivos quanto mais nobre for o uso pretendido. Observando a classificação na tabela 7 pode-se constatar que os usos previstos na **Classe 1** da Resolução CONAMA 20/86 são bem menos restritivos do que os previstos na **Classe 1** da legislação estadual que, por suas características, aproxima-se muito mais da **Classe Especial** estabelecida nesta resolução.

O enquadramento legal dos recursos hídricos de Santa Catarina foi realizado segundo a classificação legal estabelecida na Portaria MINTER 013/76 e regulamentado através da Portaria GAPLAN/SC 024/79, de 19 de setembro de 1979. O fato de um trecho de rio estar enquadrado em determinada classe não significa, necessariamente, que esse seja o nível de qualidade que apresenta, mas sim aquele que deveria apresentar de acordo com os usos que se pretende dar a ele.

De acordo com a Resolução CONAMA 20/86, o enquadramento dos corpos d'água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, assim sendo, o enquadramento é o estabelecimento do nível de qualidade (classe) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo.

Tabela 7 - Classificação Das Águas Doces de Acordo Com os Usos Preponderantes

USOS PREPONDERANTES DA ÁGUA	DECRETO ESTADUAL 14.250/81	RESOLUÇÃO CONAMA 20/86	PORTARIA MINTER N° 13/76
Abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção	Classe 1	Classe especial	Classe 1
Abastecimento doméstico após tratamento simplificado			
Abastecimento doméstico após tratamento convencional	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3	Classe 2 e 3
Abastecimento doméstico após tratamento avançado	Classe 4		Classe 4
Abastecimento industrial, irrigação	Classe 4		Classe 4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas		Classe especial	
Proteção das comunidades aquáticas		Classe 1 e 2	
Criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas a alimentação humana		Classe 1 e 2	
Preservação de peixes em geral e de outros elementos da fauna e da flora	Classe 3		Classe 3
Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película		Classe 1	
Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas	Classe 2	Classe 2	Classe 2
Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	Classe 3		
Recreação de contato primário	Classe 2	Classe 1 e 2	Classe 2
Dessedimentação de animais	Classe 3	Classe 3	Classe 3
Navegação	Classe 4	Classe 4	Classe 4
Harmonia paisagística	Classe 4	Classe 4	Classe 4
Usos menos exigentes	Classe 4	Classe 4	Classe 4

Além dos requisitos de qualidade, que traduzem de forma generalizada e conceitual as características desejadas para os corpos d'água, existe a necessidade de se estabelecer, também, os padrões de qualidade embasados por um suporte legal. Estes padrões são listados nos artigos 3, 4, 5, 6, e 7 da Resolução CONAMA 20/86 e artigos 11, 12, 13, e 14 do Decreto 14.250/81. A tabela 8 apresenta os padrões de qualidade ambiental para águas doces de acordo com as Legislações Federal e Estadual.

Quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios, visando a elaboração de um diagnóstico mais detalhado, outros parâmetros podem vir a ser analisados, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia contribuinte, atuais ou pretendidos, quanto pela ocorrência de alguma irregularidade ou eventualidade na área em questão.

Diz a resolução que os corpos d'água que, na data de enquadramento, apresentarem condição em desacordo com a sua classe (qualidade inferior à estabelecida), serão objeto de providências com prazo determinado para a sua recuperação, excetuados os parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.

Algumas vezes as características do manancial já se enquadram na classe para o qual o mesmo foi definido, em outras existe a necessidade de que se estabeleça um programa de controle da poluição, visando a redução da carga poluidora, já que os efluentes não podem conferir ao corpo receptor características em desacordo com o seu enquadramento. O artigo 21 da resolução CONAMA 20/86 estabelece as condições que os efluentes de qualquer fonte poluidora devem atender para serem lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água.

Com isso, a Resolução CONAMA 20/86, indiretamente, obriga o estabelecimento de um programa de controle preventivo ou de um corretivo da poluição, conforme a situação.

A resolução diz ainda que os corpos d'água já enquadrados na legislação anterior, serão objeto de reestudo a fim de a ela se adaptarem e

Tabela 8 - Padrões de Qualidade Ambiental para Águas Doces

Parâmetros analisados (ppm)	Portaria Minter Nº 13/76				Resolução Conama 20/86					Decreto Estadual 14250/81			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe Especial	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
	*1			*2						*1			
Ferro	-	-	-	-	-	0.3	0.3	5	-	-	-	-	-
Zinco	-	5	5	-	-	0.18	0.18	5	-	-	5	5	-
Manganês	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.5	-	-	-	-	-
Cromo	-	0.05	0.05	-	-	0.05	0.05	0.05	-	-	-	-	-
Cobre	-	1	1	-	-	0.02	0.02	0.5	-	-	1	1	-
Níquel	-	-	-	-	-	0.025	0.025	0.025	-	-	-	-	-
Chumbo	-	0.1	0.1	-	-	0.03	0.03	0.05	-	-	0.1	0.1	-
Sulfatos	-	-	-	-	-	250	250	250	-	-	-	-	-
pH	-	-	-	-	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9	-	-	-	-
S. Suspensos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S. Dissolvidos	-	-	-	-	-	500	500	500	500	-	-	-	-
Acidez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O. Dissolvido	-	> 5	> 4	> 0.5	-	> 6	> 5	> 4	> 2	-	> 5	> 4	> 0.5

(1) Nas águas de classe 1 (Portaria Minter 13/76 e Dec Est 14250/81) não serão tolerados lançamentos de efluentes, mesmos tratados

(2) No caso de águas da classe 4 (Portaria Minter 13/76) serem utilizadas para abastecimento público, aplicam-se os mesmos limites de concentração, para substâncias potencialmente prejudiciais, estabelecidos para as classes 2 e 3

que enquanto não forem feitos os enquadramentos necessários, as águas doces serão consideradas **Classe 2**, as salinas **Classe 5** e as salobras **Classe 7**, porém, aquelas enquadradas na legislação anterior permanecerão na mesma classe até o reenquadramento.

O Estado de Santa Catarina ainda não adequou seus cursos d'água ao enquadramento previsto nesta resolução, sendo assim permanece em vigor o estabelecido na Portaria GAPLAN/SC 024/79.

Seguindo a Portaria MINTER 13/76, os cursos d'água da sub-bacia do Rio Rocinha, superiores a cota 500 (quinhentos), foram enquadrados como classe 1, e os demais cursos d'água da área de estudo como classe 2.

Segundo esta portaria, as águas classificadas como Classe 1 podem ser destinadas ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção e as águas classificadas como Classe 2 são destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). O Decreto Estadual 14.250/81 apresenta a mesma classificação da Portaria MINTER 13/76, estabelecendo para cada classe os mesmos limites e/ou condições desta.

Será necessária a revisão do Decreto Estadual 14.250/81 e Portaria GAPLAN 024/79, a fim de proceder a classificação e o novo enquadramento dos rios estaduais, principalmente nas classes Especial, 5 e 6, referindo-se as duas últimas às águas salobras. Já, as águas salinas, deverão ser classificadas e enquadradas pelo Governo Federal por se tratarem, em quase sua totalidade, de águas de domínio federal.

O enquadramento das águas estaduais, de acordo com o CONAMA 20/86, deverá ser efetuado pelo órgão estadual competente, ouvidas outras entidades públicas ou privadas interessadas.

3.3 - Estações de amostragem

Para a avaliação das águas superficiais na área de estudo foram coletadas amostras em 10 estações estrategicamente situadas de modo a obter-se um cenário atual da condição destas águas.

As estações de amostragem foram demarcadas ao longo do Rio Rocinha em direção a sua foz, observando a localização das fontes poluidoras e a qualidade das águas a montante e a jusante de cada uma, com o objetivo de avaliar o comprometimento dos recursos hídricos da sub-bacia. Foram também locadas estações na foz do Rio Bonito e no Rio Tubarão a jusante da confluência dos rios Rocinha e Bonito.

Na demarcação das estações as curvas e meandros foram evitados, por se constituírem em zonas de concentração natural (MARANHÃO, 1982).

As estações de amostragem e suas localizações estão expressas na tabela 9 e mapa 11.

Tabela 9 - Localização das estações de coleta de água

Pontos	Localização
R1	Rio Rocinha, no ponto onde a curva hipsométrica de 400m intercepta o rio
R2	Rio Rocinha a jusante da mina de sub-solo Barro Branco (3G)
C1	Rio Carvão a montante da confluência com o Rio Rocinha
R3	Rio Rocinha a montante da confluência com o Rio Carvão
R4	Rio Rocinha a jusante da confluência com o Rio Carvão
R5	Rio Rocinha a jusante da Usina de Beneficiamento São Domingos / Rocinha
R6	Rio Rocinha a jusante da Usina de Beneficiamento Boa Vista
R7	Rio Rocinha a montante da confluência com o Rio Bonito
B1	Rio Bonito a montante da confluência com o Rio Rocinha
T1	Rio Tubarão a jusante da confluência dos rios Rocinha e Bonito

A estação de amostragem designada por R1 situa-se no Rio Rocinha, onde a curva hipsométrica de 400m intercepta o rio, a montante da poluição provocada pela extração e beneficiamento do carvão mineral. Representa as características naturais da área, uma vez que não são conhecidas fontes de poluição nas nascentes deste rio. A estação é próxima da captação de água

para o Distrito de Guatá e foi considerada o ponto branco, ou seja, a referência para as demais estações de amostragem para fins de interpretação.

A estação de amostragem designada por R2, está a jusante da mina de sub-solo 3G, cuja paralisação definitiva dos trabalhos ocorreu em 1994, com tamponamento do acesso ao sub-solo.

A localização da estação de amostragem R3 teve como objetivo avaliar as características físico-químicas das águas deste rio antes de receber a contribuição das águas do Rio Carvão.

A estação de amostragem C1 localiza-se no Rio Carvão, considerado o principal afluente do Rio Rocinha, próximo a sua desembocadura. Esta estação não evidenciava problemas decorrentes da exploração do carvão mineral, mas em sua área de drenagem localizam-se algumas pocilgas.

A localização da estação de amostragem R4 objetivou avaliar as características físico-químicas do Rio Rocinha após receber a contribuição das águas do Rio Carvão.

A jusante da Usina de Beneficiamento Rocinha, desativada em 1994, foi locada a estação R5, enquanto que a estação R6 abaixo da Usina de Beneficiamento Boa Vista, desativada também em 1994.

A estação de amostragem R7 foi locada na foz do Rio Rocinha, a jusante de todos os processos produtivos da sub-bacia.

As estações B1 e T1 situam-se fora da área estudada, porém são importantes para uma avaliação do grau de poluição, uma vez que na sub-bacia Rio Bonito os problemas também estão associados ao carvão mineral. Além disto, é a partir da confluência dos rios Rocinha e Bonito que o rio passa a denominar-se Tubarão.

As estações de amostragem estão todas situadas a jusante da curva hipsométrica de 500m, limite estabelecido pela Portaria GAPLAN 024/79 para águas de classe 1 e classe 2. Isto significa que as águas coletadas para análise estão enquadradas como classe 2, de acordo com esta portaria, com os usos pretendidos e limites fixados pela Portaria MINTER 013/76.

3.4 - Parâmetros analisados

Existe um elevado número de poluentes que podem afetar os cursos d'água, alterando a sua qualidade. A determinação de todos os poluentes nem sempre é possível, tendo-se que adotar critérios para que através da determinação dos principais parâmetros, obtenha-se uma avaliação do grau de comprometimento dos mananciais.

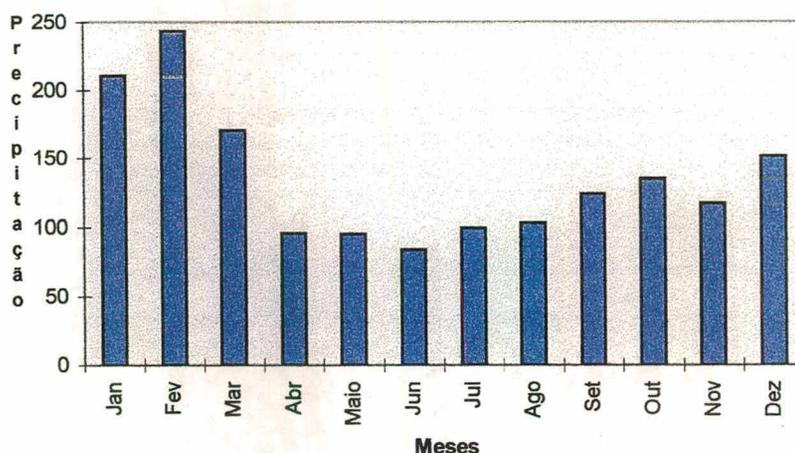
Neste estudo procurou-se detectar a influência do principal processo produtivo da sub-bacia, a mineração e beneficiamento do carvão mineral, sobre os recursos hídricos. Para tal, os parâmetros selecionados para análise foram pH, sólidos dissolvidos e suspensos, acidez, sulfatos, oxigênio dissolvido (OD), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), chumbo (Pb), cromo (Cr), cobre (Cu) e níquel (Ni). A escolha destes parâmetros decorreu da análise de trabalhos existentes sobre as características químicas dos carvões e os problemas decorrentes de sua utilização, como: Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) da Usina Termelétrica Jorge Lacerda IV realizado pela FUNDATEC em 1987; Relatórios do Monitoramento Ambiental na Região de Tubarão realizados pela ELETROSUL (1987/88 e 1989/90); Relatório sobre a Caracterização do Carvão Mineral e das Cinzas do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda quanto aos riscos ao Meio Ambiente e Saúde Pública realizado pela Hidroquímica Engenharia e Laboratórios em 1989 e os estudos sobre metais pesados na Área do Banhado da Estiva dos Pregos realizado por SANTOS (1992).

Os parâmetros selecionados foram analisados em todas as estações de amostragem, com exceção da situada na foz do Rio Bonito, onde foram determinados somente pH, sólidos suspensos e dissolvidos, sulfatos, ferro, oxigênio dissolvido e acidez. Já no ponto T1, localizado no Rio Tubarão, foram analisados todos os parâmetros, para podermos averiguar o grau de comprometimento deste rio em função da mineração em suas nascentes.

As coletas foram realizadas segundo o Guia Técnico de Coleta de Amostras de Água da CETESB (1987), durante o anos de 1995 nos meses de maio e outubro, que correspondem respectivamente a períodos de baixa e

alta precipitação na área. A análise dos dados pluviométricos do DNAEE, para o período de 1939 a 1996, para a Estação de Orleães colocam em evidência a baixa precipitação para o período abril/maio/junho, enquanto os meses de setembro/outubro se caracterizam como chuvosos.

Figura 4 - Médias Mensais de Precipitação - Estação Orleães - (1939 - 1996)



Nos pontos de amostragem foram coletadas as amostras de água e obtidos valores de temperatura e pH. Para a obtenção da temperatura foi utilizado um termômetro com precisão de 0,2°C e para o pH um pHmetro digital portátil, marca Checker 1 da HANNA instrumentos, com resolução de 0,01; antes de cada leitura o aparelho foi aferido através de soluções-tampão de pH, uma de 4,0 e outra de 7,0.

A amostra de água para análise de oxigênio dissolvido foi coletada em frasco de vidro próprio para OD, de boca estreita, com rolha de vidro esmerilhada, terminada em bisel, com capacidade variando de 250 a 300 ml. O frasco foi mergulhado a uma profundidade aproximada de 15 cm abaixo da superfície em sentido contrário, enchendo-o completamente para evitar a entrada de bolhas de ar. Considerando que o período entre a coleta e a análise ultrapassaria a 1 (uma) hora, precipitou-se o oxigênio, adicionando 2 ml de sulfato manganoso e a mesma quantidade de iodeto de potássio alcalino.

Para a análise de metais, foi coletada amostra de água em um frasco de vidro com capacidade para 1 (um) litro. A amostra foi preservada com HNO_3 1:1 até atingir pH menor que 2, com posterior homogeneização. Este procedimento foi repetido várias vezes, até a medida de pH estabilizar-se a valores inferiores a 2.

Para a determinação de sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão e acidez foram coletadas, em cada ponto, três amostras de 500 ml cada, sem conservante, em frascos plásticos.

As amostras, acondicionadas em isopor e refrigeradas à temperatura de aproximadamente 4°C, foram encaminhadas à Central de Análises do Departamento de Química da UFSC para determinação dos parâmetros. Os prazos máximos para análise correspondem a 6 (seis) meses para metais e 7 (sete) dias para os demais parâmetros, com exceção do pH.

A determinação dos metais foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, sendo empregada chama de ar/acetileno para ferro, zinco, chumbo, níquel, cobre e manganês e de óxido nitroso/acetileno para cromo, a fim de minimizar efeitos de interferência. O espectrofotômetro é da marca HITACHI, modelo Z 8230.

A determinação de sulfatos foi efetuada através do método turbidimétrico com as leituras de transmitância obtidas através de um espectrofotômetro UV/Visível, marca Spectronic 21.

A acidez foi determinada pelo método da titulação eletrométrica, cujo princípio geral baseia-se na neutralização da amostra com adição de um álcali padrão. O aparelho utilizado foi um pHmetro marca ORION modelo 920, eletrodo combinado marca ORION modelo 91-57.

Os sólidos suspensos e dissolvidos foram dosados através do método gravimétrico, cujo princípio geral consiste na determinação por filtração em cadinhos com placa de vidro sinterizado de porosidade fina para os sólidos suspensos e por evaporação da amostra filtrada para os sólidos dissolvidos.

A interpretação dos resultados obtidos foi feita com base nos limites estabelecidos pela classificação proposta pela Resolução CONAMA 20/86 e Decreto Estadual 14250/81.

Nos parâmetros analisados no mês de maio foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson, em função do maior número de amostras, utilizando-se o programa estatístico SPSS para ambiente Windows, versão 5.0.

Cálculo de Vazão e Índice de Qualidade de Água:

Foram medidas as vazões nas estações R1 e R7, para calcular a carga poluidora a montante e a jusante da área degradada pela mineração, visando avaliar o comprometimento em direção à foz do Rio Rocinha e sua contribuição para as águas do Rio Tubarão. A importância da medida de vazão durante uma programação de monitoramento é dada pelo fato de se poder com isso determinar a carga poluente, realizando um balanço de massa no recurso hídrico. Além disso, foi calculado o Índice de Qualidade da Água (IQA) nestas estações. O IQA é determinado pelo produto ponderado dos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°), coliformes fecais, nitrogênio total, fosfato total, sólidos totais e turbidez. A medida de vazão foi realizada pela CPRM e a análise dos parâmetros que compõem o IQA pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, em abril/98.

A seguinte fórmula é utilizada para o cálculo: $IQA = \sum q_i w_i$

onde:

IQA = Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

q_i = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

w_i = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da importância desse parâmetro para a conformação global de qualidade, sendo que $\sum w_i = 1$; e

n = número de parâmetros que entram no cálculo.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado. A partir do cálculo efetuado pode-se determinar a

qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA numa escala de 0 a 100, pode ser classificada para abastecimento público, segundo a tabela 10.

Tabela 10 - Índice de Qualidade de Água

Escala	Classificação
80 - 100	ótima
52 - 79	boa
37 - 51	aceitável
20 - 36	imprópria para tratamento convencional
0 - 19	imprópria

Fonte: CETESB, 1993

3.5 - Interpretação dos resultados

Os resultados das análises realizadas em maio e outubro de 1995 nas 10 estações de amostragem (anexos 1 e 2), são apresentados nas tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11 - Resultados referentes à coleta realizada em maio de 1995 (ppm)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	C1	B1	T1	DECRETO	CONAMA
Fe	0,084	0,124	8,078	7,204	21,796	148,5	87,84	0,560	20,64	63,08	-	0,3
Zn	0,017	0,035	0,075	0,160	0,335	1,697	1,695	0,034	-	1,219	5	0,18
Mn	0,002	0,015	0,656	0,552	1,864	5,296	5,352	0,024	-	4,036	-	0,1
Cr	0,006	0,004	0,006	0,005	0,006	0,012	0,012	0,004	-	0,007	-	0,05
Cu	0,002	0,005	0,004	0,006	0,017	0,019	0,015	0,008	-	0,017	1	0,02
Ni	0,005	0,005	0,023	0,026	0,028	0,158	0,160	0,006	-	0,127	-	0,025
Pb	ND	0,006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	0,022	0,1	0,03
SO ₄	ND	3,4	302,9	263,4	240,3	934,7	882,9	6,1	483,7	705,7	-	250
pH	6,49	6,86	4,25	4,80	2,72	2,72	2,29	5,96	5,96	2,29	-	6-9
S.S.	1,0	4,0	11,0	18,0	12,0	18,0	7,0	4,0	13,0	12,0	-	-
S.D.	78,5	88,7	237,0	215,0	392,0	1690	1520	86,0	739,0	1164	-	500
Acidez	9,6	12,1	28,9	19,3	111,0	670,7	694,8	19,3	299,8	516,2	-	-
OD	8,04	8,82	9,8	7,84	6,47	4,70	4,12	7,06	7,06	5,49	>4	>5

S.S.- Sólidos em Suspensão

S.D.- Sólidos Dissolvidos

Limite de Detecção (ppm): Fe - 0,007, Cr - 0,02, Mn - 0,003, Ni - 0,01, Pb - 0,02, Zn - 0,008, Cu - 0,008

Tabela 12 - Resultados referentes à coleta realizada em outubro de 1995 (ppm)

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	T1	DECRETO	CONAMA
Fe	0,024	0,290	2,983	3,187	9,122	96,40	81,90	66,225	-	0,3
Zn	0,009	0,020	0,055	0,051	0,113	1,125	1,115	0,840	5	0,18
Mn	ND	0,038	0,292	0,295	0,463	2,450	2,409	1,980	-	0,1
Ni	ND	ND	0,009	0,010	0,011	0,100	0,095	0,077		0,025
SO ₄	ND	ND	54,9	62,9	92,8	519,3	505,0	425,1		250
pH	6,4	6,46	5,22	5,26	4,20	3,56	3,6	3,55		6-9
S.S.	59	68,0	128,0	149,0	137,0	799,0	795,0	692,0		-
S.D.	ND	ND	5,0	18,0	63,0	127,0	69,0	35,0		500
Acidez	3,7	3,7	10,0	9,0	37,0	437,0	446,0	335,0		-

S.S.- Sólidos em Suspensão

S.D.- Sólidos Dissolvidos

Limite de Detecção (ppm): Fe - 0,007, Cr - 0,02, Mn - 0,003, Ni - 0,01, Pb - 0,02, Zn - 0,008, Cu - 0,008

Para interpretar os resultados foi procedida uma análise individualizada por parâmetro.

Ferro: Elevadas concentrações de ferro são restritivas à vida aquática, estimulam o crescimento de bactérias oxidantes (ferro-bactérias), provocam modificações estéticas na água, além de outras influências indesejáveis (ELETROSUL, 1990). O ferro aparece normalmente associado ao manganês.

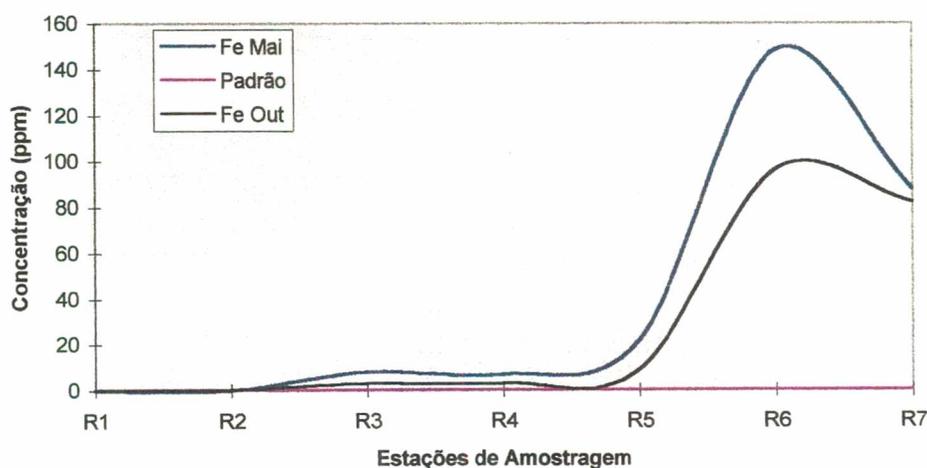
A Resolução CONAMA 20/86 estabelece o limite máximo de 0,3 ppm para ferro solúvel em águas de classe 2, já o Decreto Estadual 14250/81 não fornece valores para este metal em sua classificação. Os valores detectados tanto na coleta de maio como outubro de 1995 são sempre superiores ao limite fixado pela legislação federal em todas as estações de amostragem, com exceção das águas das estações R1 e R2 que são, respectivamente, o ponto considerado branco e a estação localizada a jusante da mina 3G, que está desativada e devidamente tamponada de acordo com as normas técnicas do DNPM. As estações C1 (coleta de maio/95), R3 e R4 (coleta de outubro/95) apesar de serem enquadradas como classe 2, apresentaram condição de qualidade compatível com o limite fixado para ferro na classe 3 (5,0 ppm) da Resolução CONAMA 20/86, que apresenta usos menos restritivos do que a classe 2, tabela 8. Mas, para as estações R3 e R4 a

coleta realizada em maio de 1995, período de baixa precipitação, forneceu valores maiores para este elemento do que aqueles previstos na classe 3.

Todas as demais estações analisadas, mesmo com maiores condições de diluição (outubro/95) forneceram dados muitas vezes acima do que os estipulados pela legislação, tornando estas águas extremamente restritivas quanto a sua aplicação.

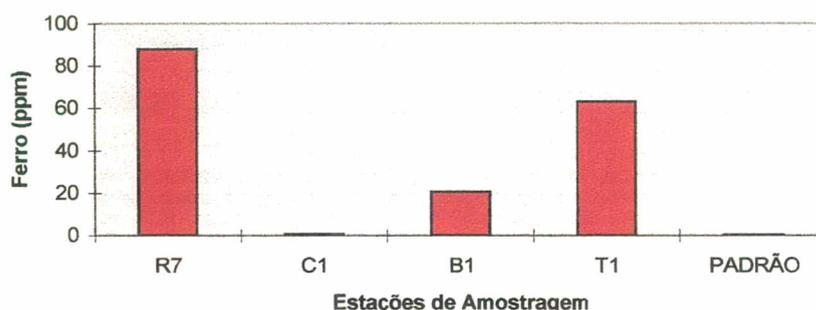
A variação do teor de ferro ao longo do Rio Rocinha, evidenciando o acréscimo na concentração em direção à foz e uma alteração abrupta nas proximidades da estação R6, área de disposição dos rejeitos do beneficiamento do carvão na margem esquerda do rio, é apresentada na figura 5. Esta figura também mostra que as concentrações foram mais elevadas no período de estiagem (maio/95).

Figura 5 - Variação da concentração de ferro (em ppm) ao longo do Rio Rocinha



Com exceção do Rio Carvão, que não apresenta mineração de carvão, as demais estações denotam a interferência da atividade, nos pontos próximos as confluências do Rocinha, Bonito e Tubarão, com valores muito acima do limite máximo estabelecido pela Res. CONAMA 20/86 (0,3 ppm), figura 6.

Figura 6 - Variação da concentração de Ferro (Fe) na foz dos rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência



O ferro mostra forte correlação positiva com zinco, manganês, cromo, níquel, sulfatos, sólidos dissolvidos e acidez, ou seja, a concentração de ferro aumenta concomitantemente com esses parâmetros. Por outro lado, apresenta correlação negativa com pH e oxigênio dissolvido, ou seja, quando diminui o valor de pH e a concentração de oxigênio dissolvido, aumenta a concentração de ferro (tabela 13). Elevadas concentrações de ferro estão presentes nos carvões catarinenses e de acordo com a HIDROQUÍMICA (1989), a concentração de ferro detectada foi de 7956mg/Kg de carvão.

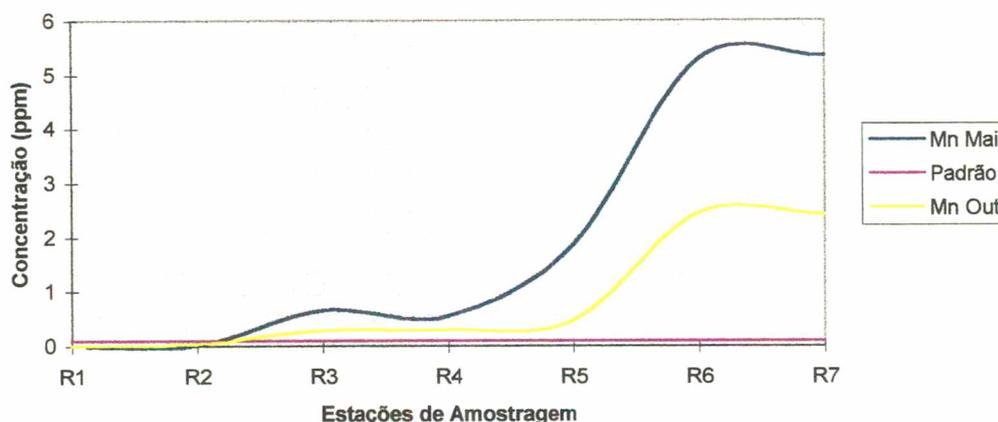
A aplicação do coeficiente de correlação ratifica as reações de oxidação da pirita que ocorrem em águas provenientes da mineração/beneficiamento do carvão mineral. Segundo a bibliografia consultada, estes índices evidenciam a importância das reações químicas que consomem o oxigênio dissolvido para oxidação da pirita, com a liberação de ácido sulfúrico aumentando a acidez da água e diminuindo o pH, o que favorece a solubilização de diversos metais associados ao carvão.

Manganês: O manganês, como cátion metálico, é semelhante ao ferro em seu comportamento químico e é frequentemente encontrado em associação com este, justificando a nítida correlação positiva entre estes dois elementos.

O manganês é essencial para nutrição de animais, incluindo os seres humanos. A falta deste elemento, como seu excesso, produzem efeitos colaterais. O envenenamento por manganês ocasiona problemas semelhantes aos da doença de Parkinson, distúrbios psicológicos e falta de coordenação motora, conforme citado pela SOPHS (1997). Para a proteção da vida aquática a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) recomenda o valor de 0,05 ppm. O CONAMA, para águas doces classes 1 e 2, fixa o valor limite em 0,1 ppm de manganês, enquanto que o Decreto Estadual 14250/81 não fornece valores para manganês em sua classificação.

Com exceção das estações R1, R2 e C1, que não ultrapassaram os limites estabelecidos pela legislação federal, as demais acusaram teores sempre acima do recomendado para águas de classe 2 (Res CONAMA 20/86). As estações R3, R4 e R5 na coleta de outubro/95 apresentaram condição de qualidade compatível com o limite fixado para manganês na classe 3 (0,5 ppm - Res CONAMA 20/86); com baixas precipitações os valores detectados foram mais elevados, acima dos estipulados pela resolução federal. Os elementos químicos manganês, zinco e níquel mostram enriquecimentos semelhantes, conforme pode ser constatado através das figuras 7, 8 e 9. De modo consonante, os índices de correlação entre estes elementos são muito próximos a 1,0.

Figura 7 - Variação da concentração de manganês (Mn) ao longo do Rio Rocinha

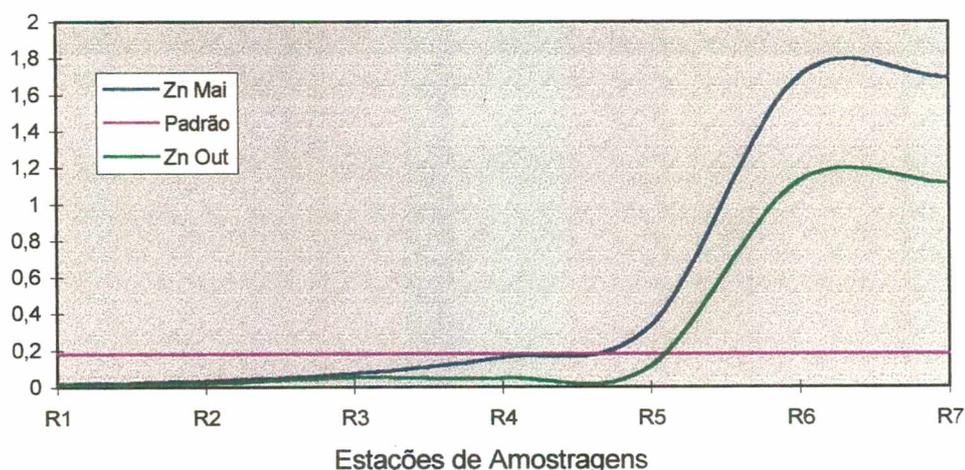


Zinco: O zinco por ser um elemento essencial ao ser humano, só se torna prejudicial à saúde quando ingerido em concentrações muito altas, o que é relativamente raro, podendo acumular-se nos tecidos, conforme referido pela CETESB (1993).

O padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de classes 1 e 2 é de 0,18 ppm e para águas de classe 3 é de 5,0 ppm, já o Decreto Estadual 14250/81 e a Portaria MINTER 013/76 estabelecem o limite de 5,0 ppm para águas de classe 2. De acordo com a legislação estadual, este valor não foi ultrapassado em nenhuma das estações de amostragem, nas duas campanhas realizadas.

A qualidade da água em todas as estações amostradas está de acordo com o enquadramento previsto pela Portaria GAPLAN 024/79, embora constata-se um aumento na concentração deste elemento em direção a foz do Rio Rocinha (figura 8).

Figura 8 - Variação da concentração de zinco (Zn) ao longo do Rio Rocinha



O zinco está presente na composição dos carvões catarinenses e de acordo com a HIDROQUÍMICA (1989), a concentração detectada foi de 63,4 mg/kg.

Os índices de correlação entre zinco x sólidos dissolvidos (0,9966) e zinco x acidez (0,9979) são muito próximos a 1, o que significa que a solubilidade do zinco aumenta com a concentração de acidez.

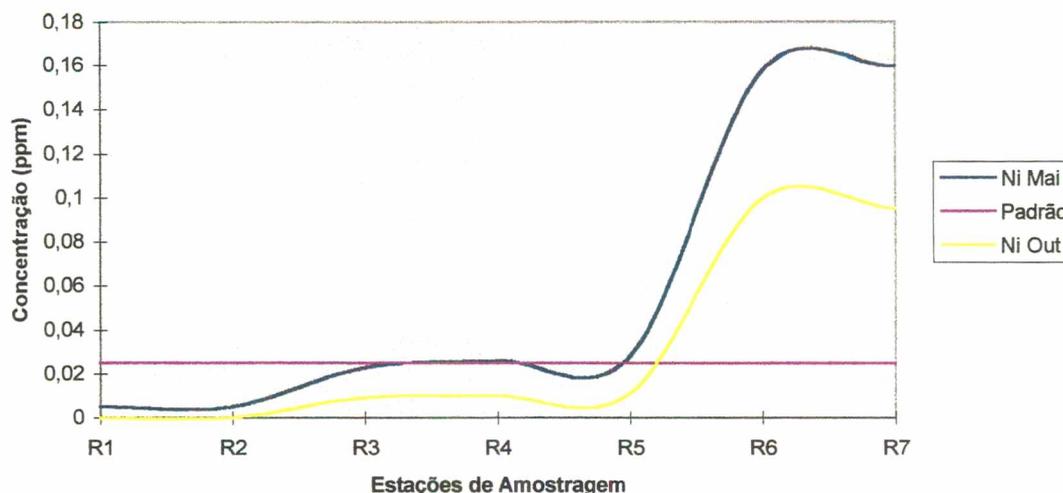
Níquel: Embora, como metal puro, o níquel seja insolúvel na água, seus sais são altamente solúveis, o que explica a forte correlação positiva deste elemento com os sulfatos (0,9807) e os sólidos dissolvidos (0,9938). Os sais de níquel são tóxicos para as plantas em geral. Para a vida aquática, os níveis de toxicidade são variáveis e exacerbados pela diminuição do pH com efeitos sinérgicos com outros metais (SOPHS, 1997).

Concentrações de níquel em águas superficiais naturais podem chegar a aproximadamente 0,1 ppm, embora valores acima de 11,0 ppm possam ser encontrados, principalmente em áreas de mineração (CETESB, 1993). A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis, conforme citado pela CETESB (1993).

O padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86 para as águas das classes 1, 2 e 3 é o mesmo e corresponde ao valor de 0,025 ppm, já o Decreto Estadual 14250/81 não estipula valores para este metal em sua classificação. Na primeira campanha, em período de estiagem, foram detectadas concentrações de níquel em todas as estações. Na coleta de outubro de 95, o níquel só não foi detectado nas estações localizadas a montante da área degradada pela mineração (R1 e R2). Os valores detectados nas estações R4, R5, R6, R7 (figura 9) e T1 na coleta de maio/95 estão acima do proposto pela legislação federal, enquanto que para a amostragem de outubro, nos pontos T1 e R6, R7 (figura 9).

O níquel apresenta forte correlação positiva com ferro, zinco, manganês, cromo, sulfatos, sólidos dissolvidos e acidez.

Figura 9 - Variação da concentração de níquel (Ni) ao longo do Rio Rocinha



Cromo: As concentrações de cromo em água doce são muito baixas, normalmente inferiores a 0,001 ppm. Na forma trivalente o cromo é essencial ao metabolismo humano e, sua carência, causa doenças; na forma hexavalente é tóxico e cancerígeno, conforme apontado pela CETESB (1993). Os limites máximos são estabelecidos basicamente em função do cromo hexavalente.

O relatório sobre a caracterização do carvão apresentou um teor de cromo da ordem de 21,2 mg/kg (HIDROQUÍMICA, 1989), inferior apenas às concentrações detectadas de ferro, manganês e zinco.

No que concerne a este parâmetro, a condição de qualidade das águas está de acordo com o enquadramento estabelecido para as águas da sub-bacia do Rio Rocinha, ou seja, em nenhuma das estações foram detectadas concentrações superiores ao limite estabelecido para águas de classe 2, conforme estabelecido pela Portaria MINTER 013/76. As concentrações detectadas estão de acordo tanto com a legislação estadual, quanto com a legislação federal, embora tenham sido registradas nas estações R6 e R7, o dobro daquela constatada no ponto branco (R1).

Cobre: De acordo com a CETESB (1993), as concentrações de cobre em águas superficiais são, normalmente, bem menores do que 0,2 ppm. A legislação federal estabelece padrões bem mais restritivos (0,02 ppm) do

que a legislação estadual (1,0 ppm), o que causa certa estranheza, uma vez que a Resolução CONAMA 20/86 (art.15) diz que os órgãos de controle ambiental poderão acrescentar outros parâmetros ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais. Em nenhuma das estações os limites fixados para este elemento tanto pela legislação federal como pela estadual foram ultrapassados. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas e efluentes de estações de tratamento de esgotos, entre outros. As principais fontes industriais incluem indústrias de mineração, fundição e refino. No homem, a ingestão de doses excessivamente altas pode acarretar irritação e corrosão da mucosa, danos capilares generalizados, problemas hepáticos e renais e irritação do sistema nervoso central seguido de depressão como apontado pela CETESB (1993). Entretanto, a intoxicação por cobre é muito rara. Sua presença no sistema de abastecimento de água, embora não constitua um perigo para a saúde pode interferir nos usos domésticos (CETESB, op. cit).

A correlação entre cobre e os outros parâmetros analisados apresenta índices positivos, mas não muito significativos, como por exemplo, Cu x Fe (0,79), Cu x Zn (0,81), Cu x Mn (0,85) e Cu x Ni (0,78). Salienta-se que as concentrações de ferro, manganês e zinco no carvão são, respectivamente, de 7956 mg/kg, 60 mg/kg e 63,4 mg/kg, enquanto o cobre é de 12,2 mg/kg (HIDROQUÍMICA, 1989). Este elemento não foi selecionado para análise na segunda campanha, em virtude dos baixos valores obtidos na primeira etapa, embora fossem constatados aumentos significativos nos pontos R5, R6, R7 e T1.

Chumbo: O chumbo é uma substância tóxica cumulativa. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de chumbo no meio ambiente (CETESB, 1993). Os sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória, entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema nervoso periférico o sintoma é a deficiência nos músculos extensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é

caracterizada pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarréias (CETESB, 1993).

O chumbo não foi detectado na maioria das estações de amostragem, com exceção da estação localizada no Rio Rocinha a jusante da mina 3G e na do Rio Tubarão, mesmo assim em concentrações abaixo do estabelecido pela legislação federal e estadual. Por este motivo, na campanha de outubro, este parâmetro não foi selecionado para análise.

As correlações entre chumbo e os demais parâmetros apresentaram índices sempre muito baixos (tabela 13), certamente derivados da grande frequência de valores abaixo do limite de detecção do método. De acordo com o relatório da HIDROQUÍMICA (1989), a concentração de chumbo no carvão é baixa, 10,0 mg/kg.

Acidez e pH - Águas extremamente ácidas representam um sério problema ambiental. Seu impacto está relacionado ao fato de que a maior parte dos organismos se encontram adaptados a águas tamponadas por carbonatos e não conseguem tolerar forte acidez.

Os peixes, por exemplo, são geralmente adaptados a condições de neutralidade, com pequenas variações para o ácido ou para o alcalino, mas não suportam as variações acentuadas produzidas, por exemplo, pelas drenagens ácidas provenientes da mineração do carvão. Segundo DALL'ALBA (1986), houve grande mortandade de peixes quando lançaram o primeiro efluente de carvão nos rios do Município de Lauro Müller.

A maior parte dos metais tóxicos se tornam móveis em condições de baixo pH.

A solubilidade máxima da maioria dos metais ocorre a pH de 1,0 e decai logaritmicamente até o pH de mínima solubilidade, em geral entre 8 e 10, como apontado pela FUNDATEC (1987). No caso da drenagem de mineração o pH é baixo, ocorrendo a solubilização de metais, principalmente cromo, cobre, ferro, manganês e zinco na forma de sulfatos.

A correlação entre pH e os metais analisados é inversamente proporcional, ou seja, quando decresce o valor de pH a concentração de metais aumenta. A concentração de acidez também aumenta com a

diminuição do valor de pH, uma vez que este indica a concentração de íons hidrogênio de uma solução, e sua medida representa o grau de acidez ou alcalinidade. Esperava-se que os índices de correlação entre o pH e os demais parâmetros analisados estivesse em torno de 90 a 100%, o que não se verificou quando da aplicação do coeficiente de correlação de Pearson, provavelmente em função da precisão do pHmetro utilizado para realizar as medições no campo.

Através das figuras 10 e 11 pode-se visualizar a variação de pH ao longo do Rio Rocinha, tornando-se mais baixo que o limite inferior estabelecido pelo CONAMA a partir do ponto R3. A acentuação da carga poluidora e consequentemente de pH se reflete também nos valores de acidez que tornam-se muito mais elevados a partir da estação R5.

Figura 10 - Variação de pH ao longo do Rio Rocinha

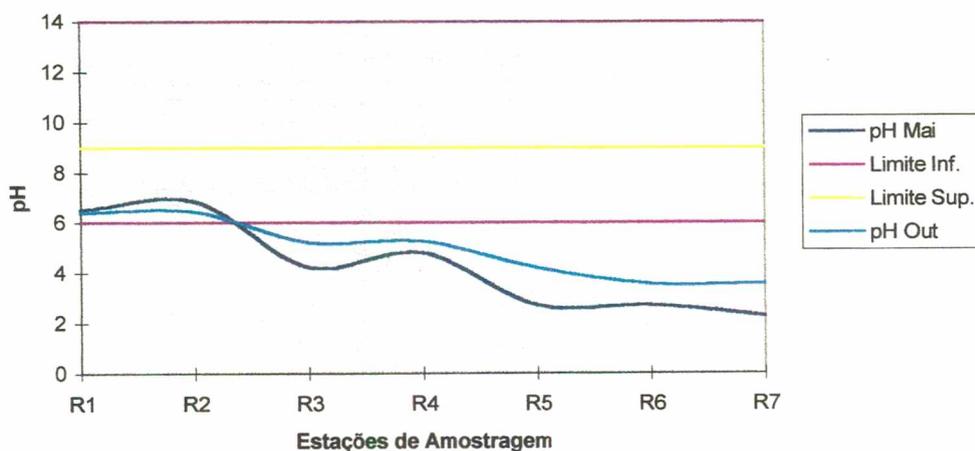
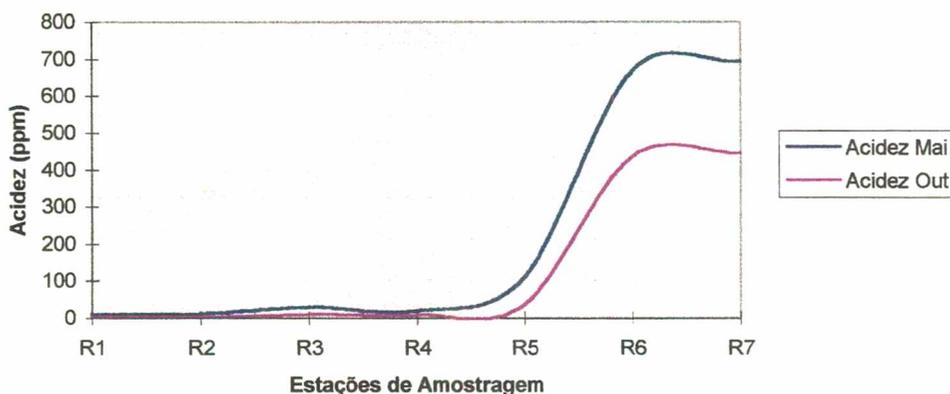


Figura 11 - Variação da concentração de acidez ao longo do Rio Rocinha



Dignas de nota são as alterações observadas na qualidade das águas na estação R2, a jusante da mina 3G. De acordo com observações de campo realizadas por SCHEIBE et al em meados de 1993, o valor de pH correspondeu a 3,69, valor característico de águas ácidas. Na época, a mina 3G encontrava-se desativada temporariamente, o que não implicou na cessação das descargas poluentes, uma vez que as bombas utilizadas para extração de água da mina continuaram operando durante algum tempo, para evitar sua inundação. Segundo BENDER et al (1995), as características das águas e das margens do Rio Rocinha nesta ocasião diferenciavam-se das demais estações de amostragem localizadas à montante. Observou-se que os seixos depositados no leito e nas margens do rio apresentavam coloração amarelada, denotando a presença de ferro e enxofre.

Considerando que o ponto de observação era próximo ao lançamento do efluente da mina, percebeu-se nitidamente a diferença entre a cor da água na margem direita e na margem esquerda (foto 14), posto que a mistura das águas não ocorria imediatamente, sendo necessário um certo percurso para que isto se realizasse.

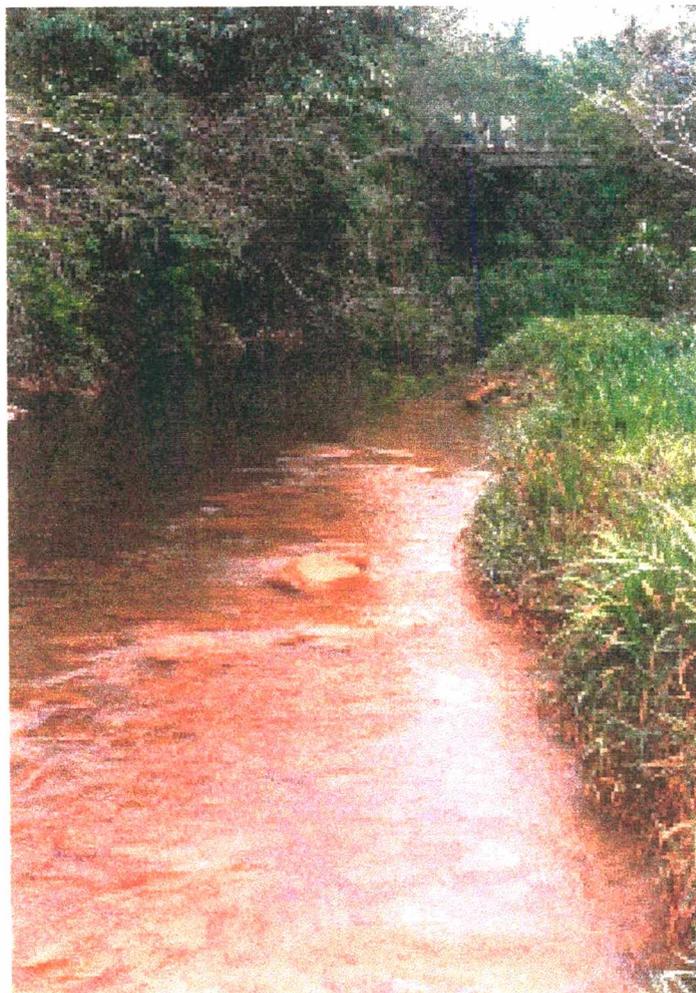


Foto 14 - Diferença entre a coloração da água margem direita e esquerda do Rio Rocinha (foto obtida em 1993)

A margem direita mantém características semelhantes às estações anteriormente observadas, ou seja, seixos e blocos com coloração não alterada e águas sem presença visível de turbidez e sólidos suspensos (foto 15).

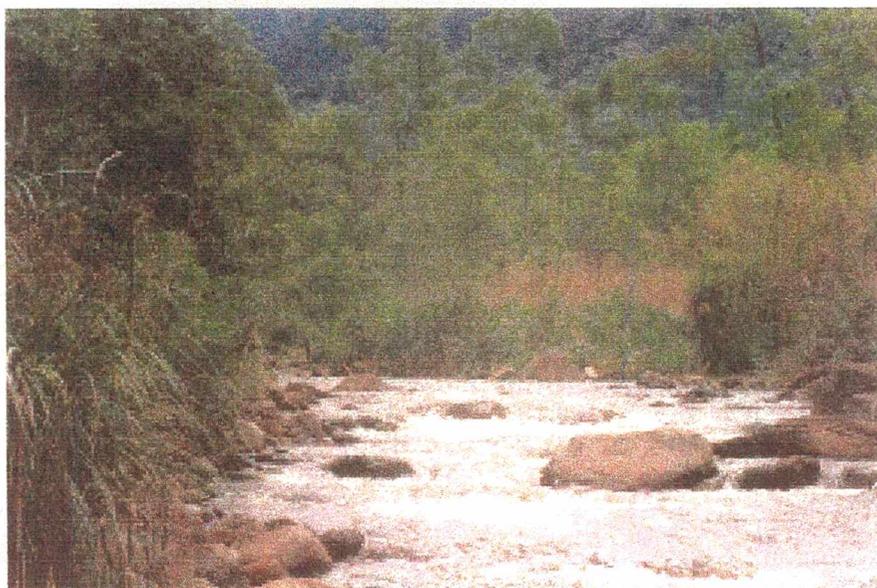


Foto 15 - Aspectos da qualidade da água e coloração dos seixos a montante da área degradada pela mineração (foto obtida em 1993)

Na margem esquerda a situação era completamente diferenciada, em função do lançamento do efluente da mineração e do material estéril, removido para se acessar o minério. As águas apresentavam coloração amarelada. O elemento aquoso apresentava turbidez e material em suspensão. O efluente (foto 16) era lançado diretamente no Rio Rocinha, sem prévio tratamento. O pH do efluente registrado na época correspondeu a 1,63, característico de águas extremamente ácidas, e em total desacordo com o limite inferior de pH estabelecido pela Resolução CONAMA 20/86, artigo 21, para o lançamento de efluentes líquidos nos rios, que varia na faixa de 5 a 9.



Foto 16 - Efluente da mina 3G lançado no Rio Rocinha (foto obtida em 1993)

A vertente de escoamento apresentava, naquela data, grandes quantidades de algas de coloração verde, as quais são típicas de ambientes ácidos (fotos 17 e 18).

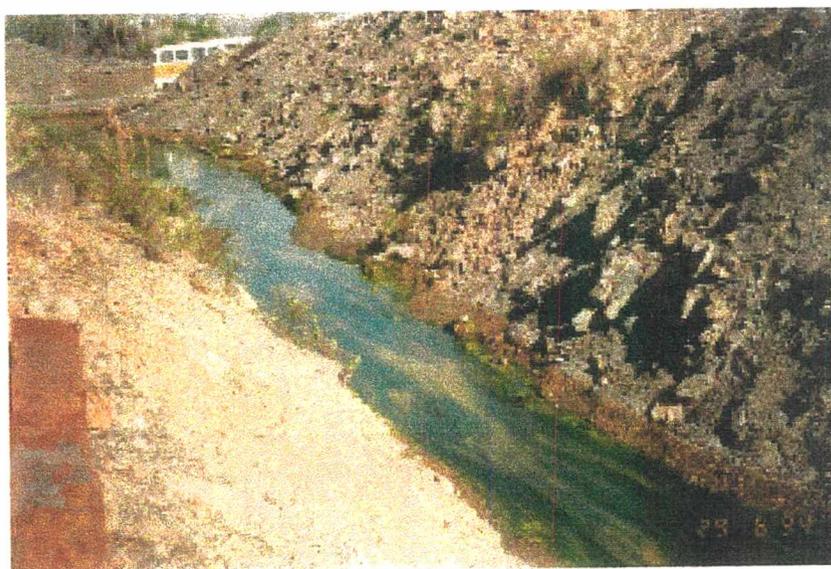


Foto 17 - Vertente de escoamento do efluente da mina 3G (foto obtida em 1993)



Foto 18 - Presença de algas de coloração verde na vertente de escoamento (foto obtida em 1993)

Em virtude da paralisação definitiva dos trabalhos na mina, em 1994, com a cessação das descargas poluentes e tamponamento do acesso ao sub-solo, observamos nas coletas de campo realizadas para este estudo em maio e outubro de 1995, o início de um processo de recuperação das águas no local, que pode ser traduzido pelos resultados apresentados nas tabelas 11 e 12. O valor de pH subiu de 3,69 para 6,86 (maio/95), a coloração das águas que era amarelada voltou a apresentar suas características de transparência e inclusive foi possível perceber uma alteração na coloração dos seixos, com tendência à cor original. As observações de campo foram confirmadas pelos resultados (maio/outubro de 1995), que mostraram que todos os parâmetros encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Estes resultados indicam que há possibilidade de uma recuperação da área, com conseqüente minimização do grau de poluição dos cursos d'água. Salienta-se que existe um projeto técnico aprovado pelo DNPM para implantação de uma nova mina de sub-solo, denominada Novo Horizonte, nas proximidades da mina 3G desativada. A usina de beneficiamento 3G, que realizará a lavagem do carvão proveniente da mina Novo Horizonte, já está construída e localiza-se próximo a esta.

Segundo Dario Valiati (inf. verbal, 1998), se o desenvolvimento da lavra, o beneficiamento do carvão bruto e a operação do depósito de rejeitos

forem executados de acordo com o projeto aprovado, o processo de auto-regeneração do rio terá continuidade.

As figuras 12 e 13 mostram a concentração de acidez e o valor de pH observados na foz dos rios Rocinha, Bonito, Carvão e Tubarão após a confluência.

Figura 12 - Variação da concentração de acidez na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência

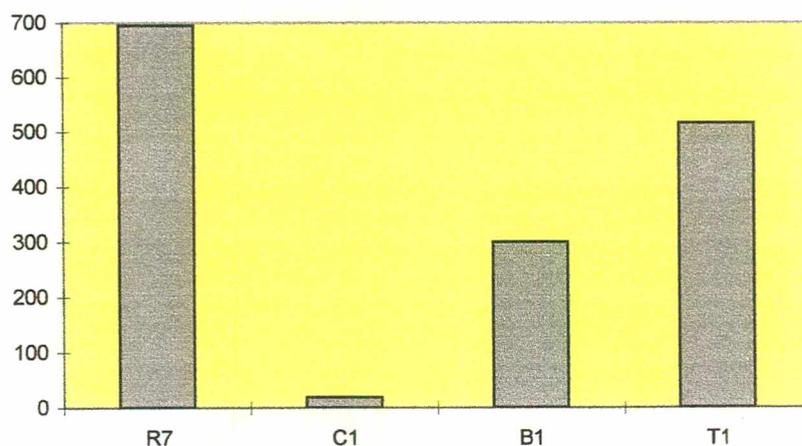
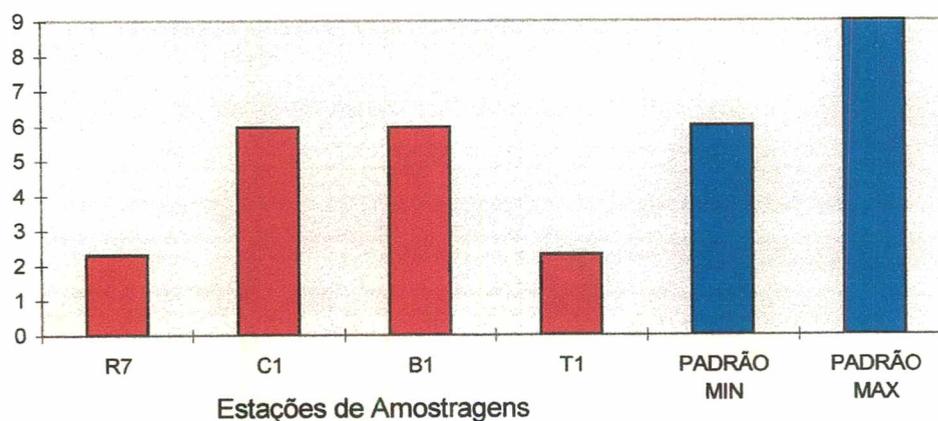


Figura 13 - Variação de pH na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência



Observa-se que a única estação que apresenta baixa concentração de acidez é a localizada na foz do Rio Carvão. O aporte das águas deste rio no

Rocinha determinam uma diminuição nos valores de acidez em R4 (tabelas 11 e 12).

A figura 13 comprova o comentário feito anteriormente a respeito da precisão do pHmetro utilizado, porque os valores de pH observados nas estações C1 e B1 foram os mesmos, no entanto analisando a tabela 11 verificamos que os valores obtidos nestas duas estações para sulfatos, sólidos dissolvidos e acidez, parâmetros que apresentam forte correlação negativa com pH, são completamente distintos.

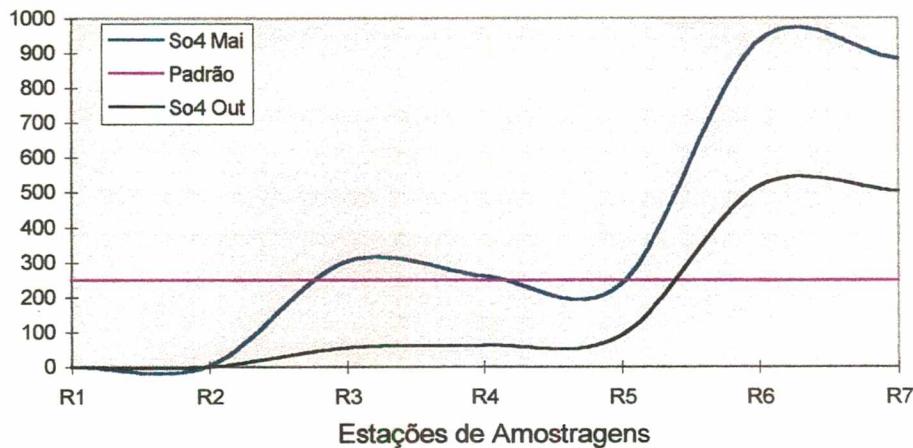
Sulfatos: As drenagens de minas de carvão, comuns nesta região, contribuem com elevadas concentrações de sulfato, em virtude da oxidação do enxofre presente na pirita. Este parâmetro também pode provocar a formação de ácido sulfúrico, reduzindo o pH dos corpos d'água. Em áreas rurais, o sulfato pode ter origem em fertilizantes que contenham enxofre na sua formulação; a lixiviação por efeito das chuvas sobre estas áreas carrega este produto para os corpos d'água. O sulfato também tem origem no ciclo do enxofre proveniente da matéria orgânica. Concentrações de sulfato acima de 250 ppm, em águas de suprimento doméstico, produzem efeitos purgativos no ser humano. Este é o limite fixado pela Resolução CONAMA 20/86, para águas de classes 1, 2 e 3.

Como a oxidação da pirita (FeS_2) resulta na produção de sulfato ferroso e ácido sulfúrico, é comum as elevadas concentrações deste parâmetro na sub-bacia em estudo, onde a poluição é principalmente provocada pelas atividades de mineração/beneficiamento do carvão.

Fortes correlações positivas de sulfato com ferro, manganês, zinco, níquel, acidez e sólidos dissolvidos foram constatadas (tabela 13), concordante com as semelhanças das curvas verificadas para estes parâmetros (figuras 14, 5, 7, 8, 9, 11 e 19). As correlações são mais fortes entre sulfato x manganês (0,9739) e sulfato x níquel (0,9807).

A acidez presente nas águas provoca, certamente, um aumento substancial na concentração de sulfatos, por este motivo a partir da estação R3 (coleta de maio/95) foram registrados valores elevados na concentração de sulfatos em relação as estações anteriores, conforme mostra a figura 14.

Figura 14 - Variação da concentração de sulfatos (SO₄) ao longo do Rio Rocinha

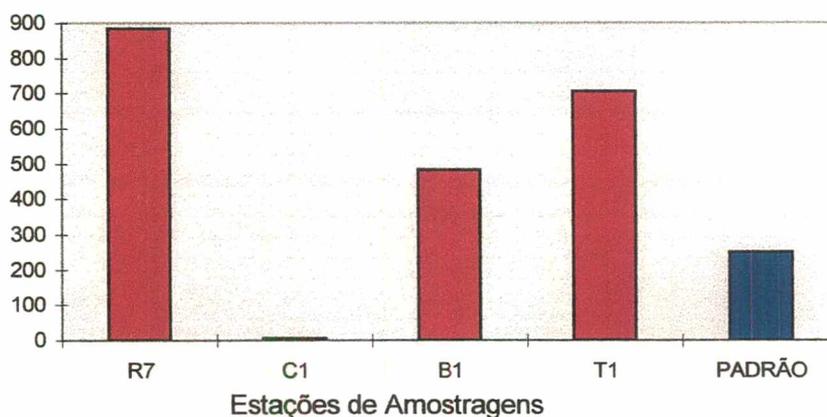


O valor detectado na foz do Rio Carvão (6,1 ppm) propicia uma diminuição do teor de sulfato no Rio Rocinha, entre as estações R3 e R4.

A condição de qualidade para este parâmetro está em desacordo com o limite fixado pela legislação federal (250 ppm) nas estações R3, R4, R6, R7, B1 e T1 nas coletas de maio de 95, e que, junto com os demais parâmetros analisados, comprometem as águas para os usos previstos na classificação. Na segunda campanha estes índices diminuem sensivelmente, porém ainda permanecem acima do padrão nas estações R6, R7 e T1.

A figura 15 mostra que a concentração deste parâmetro ultrapassa o padrão de qualidade na foz dos rios Rocinha, Bonito e Tubarão, após a confluência.

Figura 15 - Variação da concentração de sulfatos na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência

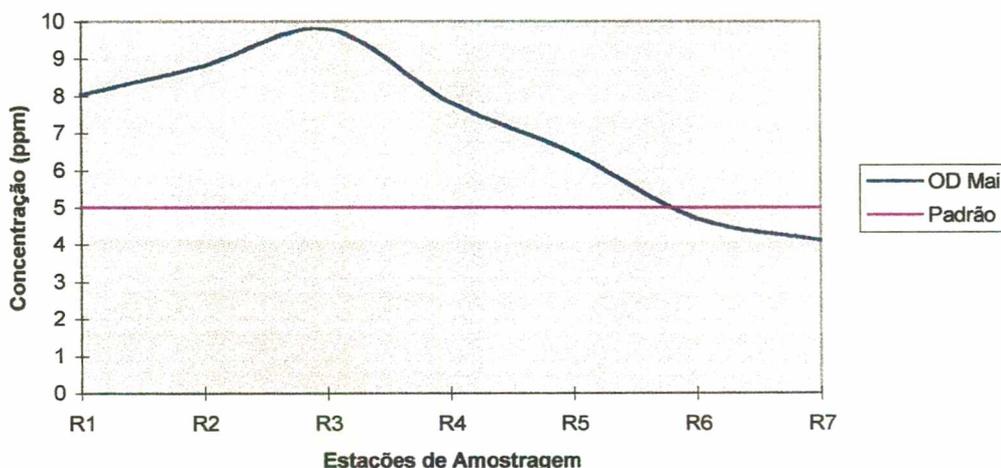


Oxigênio Dissolvido (OD): Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de auto-depuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática. O oxigênio dissolvido pode ser fornecido naturalmente pelo ar atmosférico e pelos vegetais verdes; cachoeiras e corredeiras em rios promovem sensível aumento na concentração do mesmo.

Em condições normais de oxigênio, as águas permitem a vida aquática e não há problema de odores. Entretanto, na sua ausência, os peixes e outros organismos aquáticos tendem a desaparecer, tendo-se assim condições sépticas com presença de odores e aspectos estéticos objetáveis.

Ao longo do Rio Rocinha constata-se um declínio na concentração de OD (figura 16) provavelmente resultante das reações de oxidação da pirita.

Figura 16 - Variação da concentração de OD ao longo do Rio Rocinha

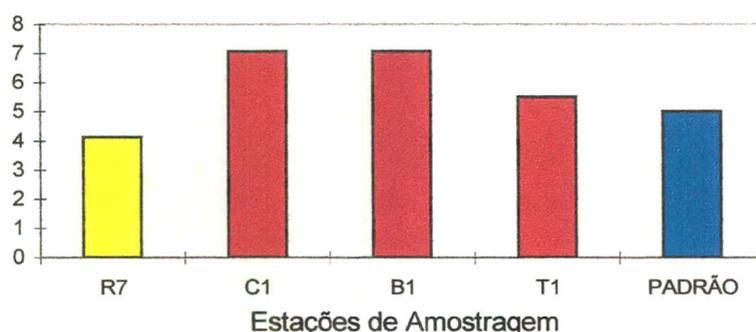


Tanto as legislações federais (Portaria MINTER 13/76 e Resolução CONAMA 20/86) como a estadual (Decreto Estadual 14250/81) estabelecem que para águas de classe 2, o oxigênio dissolvido não deve ser inferior a 5 ppm, o que não se verificou nas estações R6 e R7 (tabela 11). Nestas, a condição de qualidade está em desacordo com o enquadramento, porém acima do limite estabelecido para a classe 3 que é de 4 ppm.

A correlação entre OD e os demais parâmetros selecionados para análise apresentou índices sempre negativos, com exceção de pH x OD, o que significa que à medida em que as reações químicas se processam, o oxigênio dissolvido vai sendo consumido, liberando ácido sulfúrico e alguns metais para o ambiente. A figura 17 apresenta a concentração de OD nas amostras coletadas na foz dos rios Rocinha, Bonito, Carvão e Tubarão, após a confluência.

É possível observar a baixa concentração de OD nas amostras das estações R6 e R7, denotando a qualidade destas águas, bem como sua influência sobre o Rio Tubarão.

Figura 17 - Variação da concentração de OD na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito, e Tubarão após a confluência



Sólidos Suspensos (SS) e Dissolvidos (SD): Nas águas naturais os sólidos dissolvidos são constituídos principalmente por carbonatos, cloretos e sulfatos. Elevadas concentrações de sólidos dissolvidos são indesejáveis pelos efeitos fisiológicos (laxativos, irritações na vesícula, intestinos,...), sabor e também pelas conseqüências econômicas, conforme comentado pela ELETROSUL (1990). Usualmente os limites recomendados variam em torno de 500 ppm para águas de abastecimento. Este é o padrão fixado pela Resolução CONAMA 20/86 para águas de classe 1, 2 e 3. A legislação estadual não fixa limites para sólidos em sua classificação.

Quando em suspensão, os sólidos aumentam a turbidez da água, interferindo na penetração da luz e na produção fotossintética aquática, além da vida da fauna aquática, conforme comentado pela ELETROSUL (1990). O lodo oriundo da sedimentação dos sólidos em suspensão também pode interferir na vida aquática do leito do rio, principalmente se o material for de origem orgânica, pois consumirá oxigênio dissolvido na sua decomposição.

Teoricamente o teor de sólidos dissolvidos é menor durante períodos mais chuvosos, porque as águas pluviais permanecem menos tempo em contato com as pilhas de rejeitos, ou seja, a relação sólidos dissolvidos x chuva é inversamente proporcional. É conveniente salientar, que inicialmente as águas pluviais diminuem a concentração dos elementos presentes na água, mas em função da percolação destas pelas pilhas de rejeitos, carreando sólidos para o rio, o processo poluidor continua.

As figuras 18 e 19 mostram que na coleta realizada em maio, que correspondia a um período de estiagem, a concentração de sólidos dissolvidos foi elevada e a concentração de sólidos suspensos foi baixa e que, na segunda coleta (outubro/95), após um período de precipitação, houve uma inversão dos valores. Percebe-se que o comportamento destes dois parâmetros ao longo do Rio Rocinha é semelhante, ou seja, as concentrações sofrem pequenas variações a montante da poluição da área e uma elevação abrupta à jusante.

Figura 18 - Variação da concentração de sólidos suspensos ao longo do Rio Rocinha

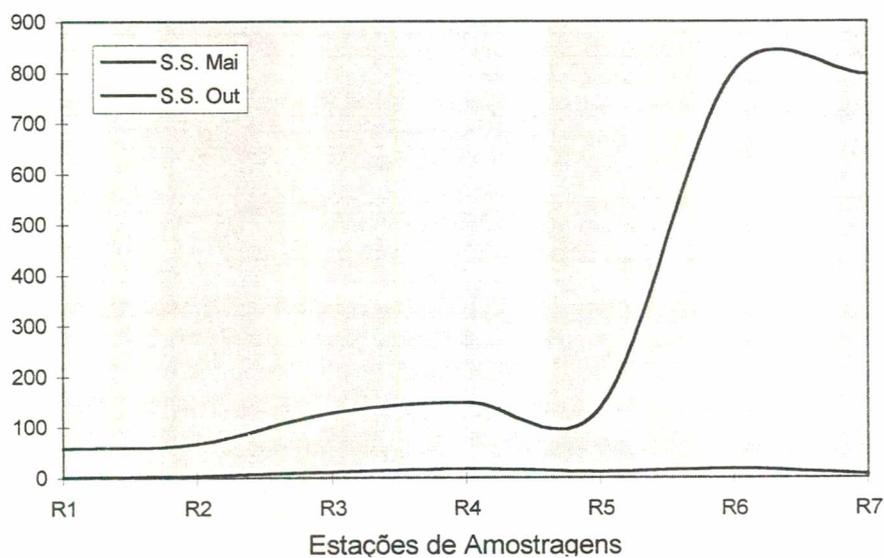
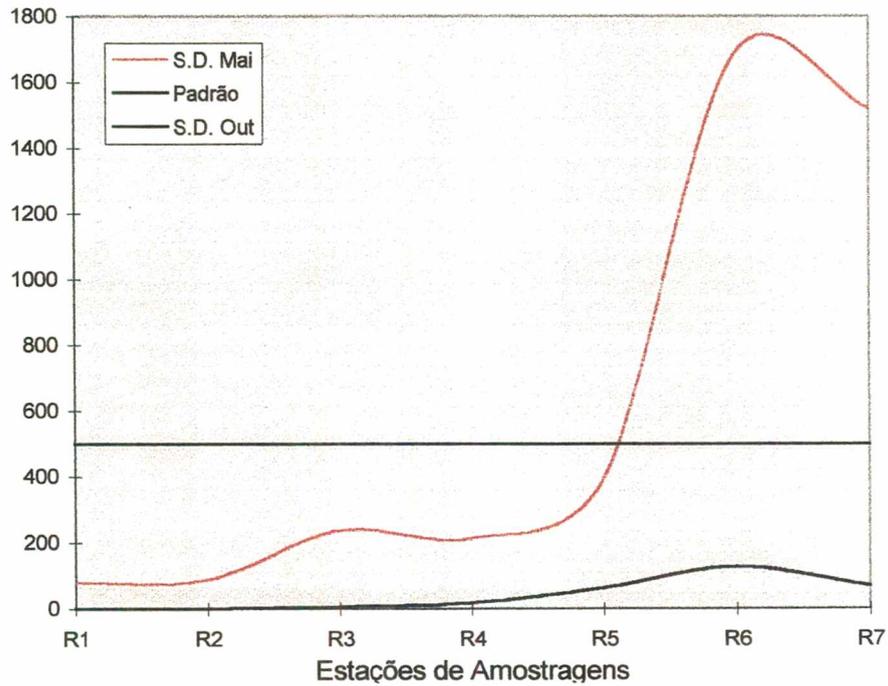


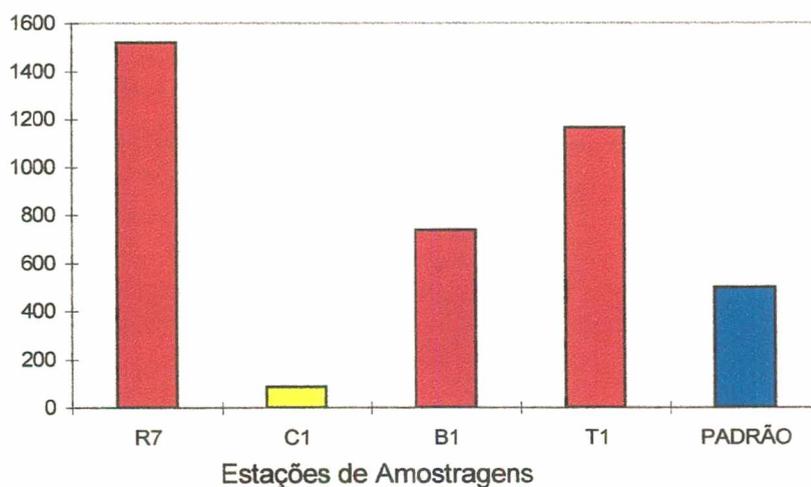
Figura 19 - Variação da concentração de sólidos dissolvidos ao longo do Rio Rocinha



Os sólidos dissolvidos apresentaram uma forte correlação positiva com ferro, zinco, manganês, cromo, níquel e sulfatos, ao contrário dos sólidos suspensos que mostraram índices de correlação inferiores.

A figura 20 mostra a concentração de sólidos dissolvidos em amostras coletadas em maio de 95 nos rios Rocinha, Bonito, Carvão e Tubarão. O padrão foi ultrapassado na foz dos rios Rocinha e Bonito, em função dos processos produtivos desenvolvidos nestas sub-bacias, carreando consequentemente um teor de sólidos dissolvidos acima do permitido para as águas do Rio Tubarão (estação T1).

Figura 20 - Variação da concentração de sólidos dissolvidos na foz dos Rios Rocinha, Carvão, Bonito e Tubarão após a confluência



Os resultados apresentados neste capítulo mostraram que os recursos hídricos apresentam qualidade bastante diferenciada a montante e a jusante do principal processo poluidor da sub-bacia. A montante, as águas apresentam condição de qualidade compatível com o enquadramento proposto pela legislação estadual; já a jusante a qualidade das águas está comprometida pela poluição provocada pela mineração e pelo beneficiamento do carvão mineral, sendo classificadas para abastecimento público como impróprias para tratamento convencional.

CAPÍTULO 4 - ZONEAMENTO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 - Análise Ambiental - Uma rápida revisão

O estudo do meio-ambiente requer uma análise complexa das variáveis envolvidas em sua dinâmica, pois além da necessidade de se conhecer o funcionamento da paisagem natural, deve-se também levar em consideração a intervenção do homem nesta paisagem. Desta forma surgem algumas propostas metodológicas de estudo do meio ambiente, entre elas PENTEADO-ORELLANA (1983); CARDOSO DA SILVA (1986), MONTEIRO (1995) e HIDALGO (1985). Também merecem destaque os enfoques de modelagem desenvolvidos graças à rápida evolução da informática, como as metodologias de análise desenvolvidas por PAREDES (1994) e XAVIER-DASILVA e CARVALHO F^o (1990).

De acordo com PENTEADO- ORELLANA (1983), um estudo ambiental tem que partir de um diagnóstico de problemas que são muitos e complexos. A seleção destes problemas levando em conta as prioridades evita que o estudo se torne muito extenso e também que os principais problemas não recebam o devido destaque.

É preciso que se delimite o sistema a ser estudado para que se possam estabelecer os elementos componentes e as relações existentes entre eles, o que para BERTALANFFY (1973), constitui um ato mental que procura abstrair o referido sistema da realidade que o envolve. O nível de aprofundamento ou generalização que se obtém disto, segundo este autor, depende substancialmente da capacidade intelectual e da percepção de cada pesquisador.

Neste mesmo sentido afirma TRICART (1977:19):

“O conceito de sistema (...) é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise - que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação - e a necessidade, contrária, de

uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente.”

Segundo GOTHE (1993:10), “...não existe uma receita técnica calcada numa concepção teórico-metodológica pronta para ser seguida. A própria tomada de consciência quanto à questão ambiental, sem dúvida tardia, faz com que as análises ambientais encontrem-se mais no campo da experimentação do que em metas plenamente atingidas.”

A bacia hidrográfica por razões de ordem conceitual e prática vem sendo tratada como unidade básica dos estudos. É considerada como um modelo de sistema natural e aberto, onde se podem interpretar as trocas de energia e de materiais que ali se realizam.

Como diz LANNA (1994:05),

“A complexidade de considerar (...) um espaço geográfico demasiadamente amplo (...) determina a busca de uma delimitação geográfica mais restrita que contenha a maioria das relações causa-efeito, sem se tornar de complexa operacionalidade. Existe a tendência de adotar a bacia hidrográfica como a unidade ideal de planejamento e intervenção devido ao papel integrador dos recursos hídricos, nos aspectos físico, bioquímico e sócio-econômico.”

O estudo de bacias hidrográficas passa, dessa maneira, a constituir objeto de estudo para diferentes profissionais de diversas áreas, pois como salienta ROSA (1995:21),

“Uma bacia hidrográfica constitui um espaço ambiental delimitado por linhas divisórias de água que dirigem seus fluxos a uma rede de drenagem tributária natural, com uma desembocadura única e identificável. Representa o resultado de um trabalho integrado da ação antrópica e de eventos do meio físico, constituindo-se em uma unidade geográfica ideal para o planejamento e manejo integrado dos recursos naturais no ecossistema por ela envolvido.”

No caso do presente estudo, a partir da definição do sistema surgiram questionamentos acerca da estratégia que melhor permitisse a execução do diagnóstico necessário.

Neste sentido, a partir da avaliação dos recursos hídricos da área de estudo, tem-se como objetivo propor um zoneamento ambiental, com vistas a reduzir os conflitos de interesse na utilização das águas da sub-bacia do Rio Rocinha, bem como contribuir para uma melhor ordenação do espaço a fim de permitir o desenvolvimento das atividades em harmonia com o meio ambiente.

Como o ambiente, natural ou modificado pelo homem, constitui-se de diversos componentes, é necessário para entender o funcionamento do todo, compreender o mecanismo funcional de cada um dos componentes em relação aos demais (ROSS,1990).

O conceito de meio ambiente segundo PENTEADO-ORELLANA (1983), espelha muito bem esta interação entre os diversos componentes do ambiente, uma vez que deixa claro que cada setor do espaço deve ser analisado como uma unidade sistêmica homogênea ou heterogênea, dependentes entre si, constituindo, na maioria das vezes, subsistemas articulados uns aos outros em relações de cascata.

Segundo BERTRAND (1972),

“(...) o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável em perpétua evolução. É preciso frisar bem que não se trata somente da paisagem natural, mas da paisagem total integrando todas as implicações da ação antrópica.”

Os elementos (rocha, relevo, solo, águas, vegetação e fauna) estão dispostos de maneira a que subsistem desde o todo, e o todo subsiste desde os elementos, com conexões harmônicas tanto na estrutura quanto na função e não caoticamente misturados (MATEO RODRIGUEZ et al, 1994).

Estes componentes serão, então, elos da cadeia da qualidade de vida, de maneira que rompendo-se um deles por diferentes motivos, inicia-se o processo de deterioração e portanto a perda da qualidade de vida, que é a base fundamental para o desenvolvimento integral do homem e da sociedade (HIDALGO,1985).

Conforme frisa CARDOSO DA SILVA (1986), o estado de equilíbrio do conjunto depende da manutenção das variáveis do sistema. Qualquer modificação em uma das variáveis reflete-se nas demais. Considerando-se que as interferências são, na maioria das vezes, derivadas de ações antrópicas, cujo resultado é a degradação da cobertura vegetal, do solo, do relevo e da qualidade da água, conclui-se ser necessário um planejamento para evitar prejuízos ecológicos e econômicos.

Segundo PENTEADO ORELLANA (1983), é necessário levar em conta a sensibilidade do meio a certos tipos de intervenção, pois há uma capacidade limite de suportar agressões. Se estes limites forem ultrapassados o sistema pode entrar em colapso.

Problemas ambientais, obviamente, ocorrem dentro das dimensões básicas do mundo físico, ou seja, têm expressão territorial (espaço) e uma dinâmica (tempo). Para XAVIER DA SILVA e CARVALHO F^o (1990) usando registros de ocorrências passadas como base para identificação da dinâmica de ocorrência territorial de fenômenos ambientais, é possível apreender, em certa medida, o direcionamento da evolução do fenômeno, conhecimento este, utilizável na previsão de futuras possíveis ocorrências.

De acordo com ROSS (1990), não se podem estabelecer limites territoriais com precisão, pois são muito complexos tanto os ambientes naturais como os alterados pelo homem. Isto porque não se tem modificações bruscas de uma condição ambiental para outra. Sendo também importante o infinito fracionamento do quadro ambiental, pode-se identificar quantas unidades de paisagem se queira em um determinado território, por menor que este seja. Basta para isso definir o grau de detalhamento da pesquisa e da geração de informação, o que passa obrigatoriamente pela escala de trabalho.

Apesar das fundamentais diferenças de abordagem e escala e das divergências de ótica, a análise integrada tem como denominador comum a questão natural sob prisma antropocêntrico (MONTEIRO, 1978, apud PENTEADO-ORELLANA, 1983).

“Quanto menor a unidade espacial a ser estudada, maior detalhe se pode obter da análise dinâmica, que deverá ser apoiada na cartografia à base de fotografias aéreas, na escala de 1:25 000 a 1:40 000, para elaboração do mapa ambiental. Quanto maior a escala mais se atingem os detalhes como setores de encosta, ou setores de planícies aluviais, ou setores de cidades. Essas sub-unidades servem de base para zoneamentos com indicação de otimização de usos” (PENTEADO-ORELLANA, 1983).

Nas palavras de ROSS (1990),

“Nesse panorama enormemente diversificado de ambientes naturais, o homem, como ser social, interfere criando novas situações ao construir e reordenar os espaços físicos (...).”
(p.12)

“ (...) as ações elaboradas pelo homem no ambiente deveriam ser precedidas por um minucioso entendimento do ambiente e das leis que regem seu funcionamento, e para isso é necessário elaborar-se diagnósticos ambientais adequados.”(p.12)

Tal ‘radiografia ecológica’ deve fornecer diretrizes as quais permitam imprimir modificações que minimizem os efeitos negativos através de medidas técnicas preventivas e ou corretivas (...). (p.12)

O zoneamento ambiental resulta de pesquisas através das quais torna-se possível setorizar o espaço selecionado e diagnosticar cada unidade identificada e assim configurar uma estratégia de planejamento global. Permite precisar os objetivos, selecionar os critérios, normas e padrões necessários para definir a execução do plano.

Desde 1981, com a promulgação na Lei nº 6983, o zoneamento ambiental é tido como um dos instrumentos de controle e regulamentação das terras, de forma a coibir a predação e degradação ambiental, possibilitando a conservação dos recursos naturais.

O diagnóstico integrado de uma área tem como objetivo interpretar as relações entre os subsistemas que constituem a realidade estática e dinâmica do território; inclui características, tendências, potencialidades e restrições do sistema geral e os principais desafios ambientais.

4.2 - O Sistema de informação geográfica (SIG) como instrumento de análise

“O sistema de informação geográfica é um conjunto de ferramentas para a coleta, o armazenamento, a recuperação, transformação e reprodução gráfica dos dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de finalidades (Clarke, 1986 apud PAREDES, 1994:23).

Nas palavras de ROSA (1996:10),

“Os SIG's incluem-se no ambiente tecnológico que se convencionou chamar de geoprocessamento, cuja área de atuação envolve a coleta e tratamento da informação espacial, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações.”

Segundo este autor, um dos objetivos de um sistema de informação geográfica é integrar em uma única base de dados informações representando vários aspectos do estudo de uma região.

Ao invés de apenas automatizar a função de desenho como no sistema CAD (Computer Aided Design), o SIG associa atributos gráficos e não-gráficos de recursos cartográficos (PAREDES, op cit).

De acordo com ROSA (1996):

“Um CAD é um instrumento de desenho digital que possui funções que permitem a representação precisa de linhas e formas, podendo ser utilizado na digitalização de mapas e cartas. No entanto, apresenta restrições no que diz respeito à atribuição de outras informações às entidades espaciais.”(p.9)

Os CAD's podem ser utilizados em conjunto com os SIG's, quando se deseja usar o desenho produzido em um CAD como a base onde são lançados os atributos dos elementos temáticos estudados no SIG (TEIXEIRA et al, 1992).

“Essencialmente, um SIG dá ao usuário a habilidade de associar informações com uma entidade sobre o mapa e criar novos relacionamentos que podem determinar a disponibilidade de vários lugares para o desenvolvimento, avaliação de impactos ambientais (...) e assim sucessivamente.” (PAREDES,1994:46)

Um novo aporte instrumental para o estudo do meio ambiente, foi possível graças ao crescimento e à difusão das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas décadas de 80 e 90. Isso permitiu aliar a análise teórica à manipulação de uma maior quantidade de variáveis, e também uma expressiva redução no tempo de trabalho com a possibilidade de monitoramento da paisagem em intervalos menores.

Nesse contexto, o SIG usado no gerenciamento e planejamento é também uma ferramenta de suporte para muitas funções de decisão, ou seja, um instrumento de programação das ações integradas, de controle e de gestão do meio ambiente.

O uso do geoprocessamento nos estudos de análise ambiental tem permitido um ganho considerável, tanto na diminuição do tempo de trabalho, como no aumento da complexidade das análises, principalmente quando se trata de trabalhos que envolvam o zoneamento ambiental, já que a possibilidade de estabelecer cruzamentos entre mapas temáticos, até então

feitos manualmente, aumenta consideravelmente com o uso do computador e de softwares especialmente desenvolvidos para este fim (FIGUEIRÓ,1997).

De acordo com ASSAD (1993:180, apud FIGUEIRÓ, op cit),

“A utilização de SIG's, sob suporte informático, vem permitindo o zoneamento de áreas de forma mais adequada e eficiente, substituindo os métodos tradicionais de análise que são, quase sempre, mais onerosos e de manipulação mais difícil.”(p.109)

Para se entender o que é um sistema de informação geográfica é necessário conhecer a definição de alguns conceitos.

Existem duas formas básicas de representação dos dados espaciais: a forma “raster” (conjunto de linhas horizontais compostas de pixels individuais, utilizadas para formar a imagem de vídeo), via varredura por Scanner e a forma vetorial, via mesa digitalizadora.

Para TEIXEIRA (1992), a representação vetorial de um elemento é uma tentativa de reproduzi-lo o mais exatamente possível. Na forma vetorial, qualquer elemento pode ser reduzido a três formas básicas: pontos, linhas e áreas ou polígonos.

Segundo ROSA (1996):

“Os elementos poligonais têm por objetivo descrever as propriedades topológicas de áreas como por exemplo a forma, vizinhança e hierarquia (...).Na representação por polígonos, cada elemento tem área, perímetro e formato individualizado.” (p.14)

“Os elementos lineares são um conjunto de pelo menos dois pontos. Além das coordenadas dos pontos que compõem a linha, deve-se armazenar informações que indiquem de que tipo de linha se está tratando.” (p.14)

Os elementos lineares são representados por redes hidrográficas, rodovias ou outras feições lineares.

“Os elementos pontuais abrangem todas as entidades geográficas que podem ser perfeitamente posicionadas por um único par de coordenadas x,y.” (ROSA, 1996:14)

Um sistema é um conjunto de entidades (elementos) relacionadas entre si, de tal forma que constituem um todo organizado. Os atributos são características que dão significado às entidades, fornecendo a base para o cruzamento de informações.

No presente trabalho, a área escolhida para estudo representa um sistema. As entidades, as variáveis responsáveis pela dinâmica do sistema (por exemplo, hidrografia, geologia e geomorfologia). Os atributos são as características de cada entidade (por exemplo, as formações geológicas ocorrentes na área). Os dados disponíveis sobre os atributos representam a riqueza de informações.

4.3 - Metodologia empregada para o zoneamento da área de estudo

A metodologia empregada para delimitar o zoneamento ambiental da sub-bacia do Rocinha parte da confecção de mapas temáticos e do cruzamento destes, os quais permitem uma visão espacial das variáveis de interesse para o zoneamento ambiental e de suas interrelações mais diretas.

A execução de estudos visando diagnósticos ambientais, passa evidentemente por uma série de mecanismos operacionais que possibilitam atingir resultados interpretativos. É claro que a elaboração de estudos implica no conhecimento de teoria, no domínio de metodologia, bem como na capacidade de operacionalizar o instrumental técnico de apoio, com objetivos claramente definidos.

De acordo com ROSS (1990:32):

“A metodologia deve representar a ‘espinha dorsal’ de qualquer pesquisa. Para a aplicação de uma determinada metodologia é preciso, por um lado, dominar o conteúdo teórico e conceitual e, por outro, ter habilidade de manuseio do instrumental técnico de apoio, e não confundir, como

habitualmente acontece nas atividades de pesquisa, técnicas operacionais com método.”

A metodologia adotada para estabelecer o zoneamento ambiental neste trabalho pode ser expressa na seguinte ordem:

- seleção dos temas a serem utilizados na análise;
- compilação e ou elaboração dos mapas temáticos;
- digitalização dos mapas temáticos a partir de um programa CAD;
- exportação dos mapas temáticos para o Sistema de Informações Geográficas escolhido;
- avaliação da qualidade das águas da sub-bacia;
- manipulação dos mapas temáticos como tratamento prévio ao cruzamento;
- cruzamento dos mapas temáticos, segundo uma ordem previamente estabelecida;
- reclassificação dos mapas temáticos;
- reclassificação do produto dos cruzamentos;
- delimitação do mapa final de Unidades Ambientais;
- análise dos processos atuantes dentro da sub-bacia e de cada uma das unidades identificadas;

O trabalho tem como base cartográfica as cartas topográficas, na escala 1:50 000, executadas pelo IBGE. Esta base foi digitalizada a partir das cartas de Orleães e Bom Jardim da Serra, folhas SH.22-X-B-I-3 (MI-2924-3) e SH-22-X-A-III-4, respectivamente. A digitalização foi realizada na Divisão de Geoprocessamento da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico, e Integração ao Mercosul (SDE), utilizando o Editor Maxi CAD, versão para ambiente operacional Windows.

Esta secretaria também efetuou os mapas temáticos de geologia, geomorfologia e solos que correspondem ao Gerenciamento Costeiro II^a fase), na escala 1:100.000, em elaboração. Estes mapas foram ampliados para a escala 1:50.000 para uniformização.

Os demais mapas - declividade, hipsometria e uso do solo - foram elaborados como parte do presente trabalho.

O mapa de declividade foi elaborado manualmente, a partir de curvas de nível com eqüidistância de 100 metros. O mapa de declividade, constitui importante instrumento auxiliar na definição da setorização do espaço físico, assim como o caso específico do zoneamento ambiental. Para a construção deste tipo de mapa os intervalos de classe utilizados são distintos para diferentes autores (tabela 14).

Tabela 14 - Classes de Declividade segundo Brunet (1963), Cazabat (1968) e Chiarini & Donzeli (1973)

Brunet (1963)	Cazabat (1968)	Chiarini & Donzeli (1973)
menos de 3,0%	0 - 5,0%	até 12%
3 - 5,0%	5 - 15,0%	12 - 20,0%
5 - 8,0%	15 - 25,0%	20 - 40,0%
8 - 11,0%	25 - 35,0%	acima de 40%
11 - 15,0%	35 - 45,0%	
15 - 20,0%	mais de 45,0%	
mais de 20,0%		

As classes utilizadas no presente trabalho (tabela 15) representam uma adaptação dos dados de literatura, definidas em função das características topográficas da sub-bacia. As classes de declividade até 12,0% de modo geral, não apresentam restrições à lavoura mecanizada. Entre 12 e 20,0% ocorrem certas restrições; entre 20,0% e 30%, as terras podem ser destinadas à lavoura não-mecanizada, ao reflorestamento ou a pastagem; e, acima de 45%, à preservação.

Tabela 15 - Classes de Declividade utilizadas neste estudo

inferior a 5,0%	menos de 3°
de 5 a 12,0%	de 3° a 7°
de 12 a 20,0%	de 7° a 11°
de 20 a 30,0%	de 11° a 17°
de 30 a 45,0%	de 17° a 25°
superior a 45,0%	acima de 25°

O mapa de uso e ocupação do solo foi realizado através de fotointerpretação a partir das fotografias aéreas preto e branco, escala 1:25.000, resultantes do levantamento efetuado pela Aerofoto Cruzeiro S.A., em 1978, e, após, reduzida à escala 1:50.000 e plotada na base cartográfica, utilizando o aparelho Aeroesketmaster. Para este mapa utilizou-se, também, dados da IIª fase do Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina - SDE/IBGE (em elaboração), mapa de áreas degradadas do Município de Lauro Müller, escala 1:50.000, realizado em 1993 e observações de campo.

A utilização do geoprocessamento no zoneamento ambiental da sub-bacia do Rio Rocinha, foi efetuada através de três etapas sucessivas: entrada e armazenamento dos dados, manipulação dos dados (como por exemplo, cálculos de área, cruzamentos e reclassificação) e, por fim, saída do produto final.

Os dados contidos nas cartas digitalizadas na forma vetorial, através da utilização do Maxi CAD foram convertidos, a fim de possibilitar o uso do software Microstation, específico para tratamento via geoprocessamento. As variáveis selecionadas foram mapeadas como camadas independentes, e submetidas a um processo de cruzamento, de modo a interrelacioná-los geograficamente.

Para o cruzamento dos mapas temáticos as informações foram importadas do software Microstation, versão 5.0, para o software Idrisi para ambiente windows, versão 2.06.

O Idrisi é um programa de processamento de imagem, destinado a fornecer ferramentas para pesquisa geográfica a nível profissional, baseado no formato raster de representação de dados, cobrindo um espectro completo de necessidades de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto.

Optou-se pela utilização deste programa devido ao fato de que o mesmo já se encontrava instalado no Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geociências da UFSC e era de domínio dos professores responsáveis por este.

O programa Idrisi, entre suas inúmeras funções, permite realizar a reclassificação de mapas e o cruzamento entre mapas temáticos, ferramentas que foram muito utilizadas nesta pesquisa.

Segundo ROSA (1997),

“A reclassificação é feita geralmente quando se necessita melhorar a apresentação visual dos dados ou quando os atributos dos dados originais não são apropriados para a análise do problema em questão.”(p.63)

Por exemplo, as categorias dos tipos de modelados de mapas geomorfológicos podem ser muito detalhadas para um determinado propósito, podendo ser reagrupadas em menor número, de acordo com critérios pré-estabelecidos.

O Idrisi realiza o cruzamento de dois mapas através do comando CROSSTAB. Como o programa trabalha apenas com análise binárias, os mapas temáticos só podem ser cruzados de dois em dois. O tipo de saída mais comum do CROSSTAB é a tabela de cruzamento, que lista a frequência com que cada possível combinação de categorias de duas imagens ocorre. A ordem em que os valores aparecem na legenda obedece a ordem de cruzamento dos mapas temáticos. Assim, uma legenda 4: 1/6, significa que a classe 4 resulta do cruzamento da classe 1 do primeiro mapa com a classe 6 do segundo mapa. Além desta tabela, CROSSTAB também tem a

possibilidade de criar uma imagem de correlação de cruzamentos. Esta imagem tem novas categorias que ilustram todas as combinações existentes de dois mapas de entrada, estando, desta maneira, diretamente relacionada com a tabela de cruzamento.

Para esta pesquisa foi realizado, primeiramente, o cruzamento entre os mapas de geologia e geomorfologia, uma vez que para a área de estudo a configuração estrutural é de suma importância pelo fato de parte desta situar-se nas escarpas da Serra Geral.

Entretanto, como cada unidade de um mapa determina um polígono, o cruzamento da geologia com a geomorfologia gerou um mapa com um número muito grande de polígonos.

Considerando que esta técnica utilizada nos mapas temáticos geraria um fracionamento muito grande da área em estudo, e tendo em vista o objetivo geral deste trabalho, optou-se por reclassificar os polígonos em cada mapa temático.

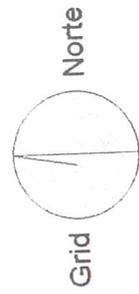
No mapa de geologia, tendo por base a unidade em que ocorrem os depósitos de carvão e que o material geológico apresenta-se estratificado e aflorante de acordo com a topografia, optou-se pelo agrupamento em três classes (mapa 12), a primeira englobando a Formação Rio Bonito e as unidades que estão em cotas topográficas mais baixas que esta, Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Área Degradada e Sedimentos Quaternários. A segunda classe engloba o restante do Grupo Tubarão e o Grupo Passa Dois (conforme classificação de Bortoluzzi et al, 1987): Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto. A terceira agrupa as unidades mais elevadas pertencentes ao Grupo São Bento, Formações Botucatu e Serra Geral.

No mapa de geomorfologia (mapa 13), a reclassificação foi realizada de acordo com os processos erosivos e de deposição que ocorrem na área. Desta forma, nos modelados de dissecação, onde predominam os processos erosivos sobre os de deposição, obtivemos duas classes. A primeira agrupa os modelados de dissecação escarpado e montanhoso, constituídos pela escarpa da Serra Geral e pelas elevações próximas a esta, e que correspondem a áreas com cotas altimétricas em torno de 1100m.

MAPA 12 - GEOLOGIA (CLASSES AGRUPADAS)



- 1
- 2
- 3



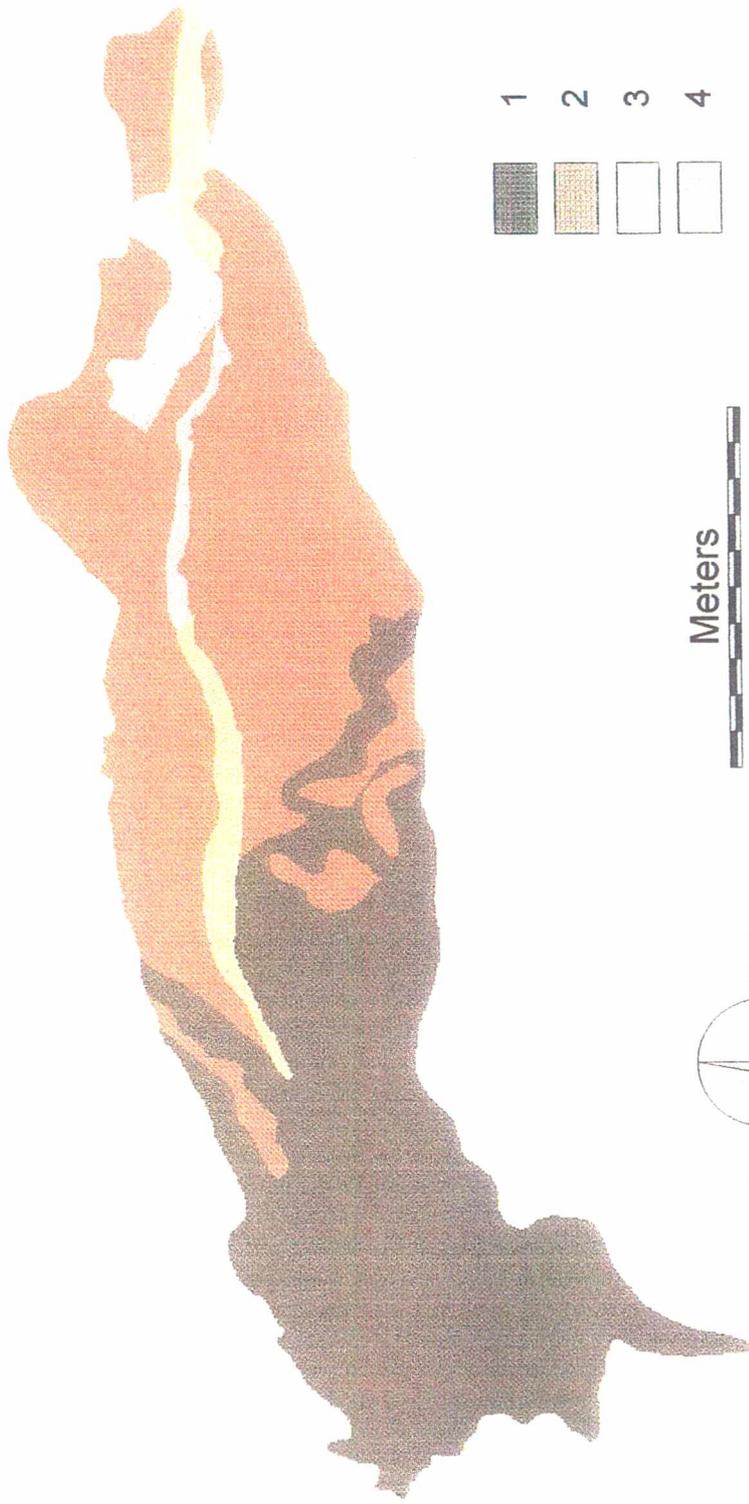
Legenda do Mapa 12 – Geologia (classes agrupadas)

1- Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras

2 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto

3 – Formações Botucatu, Serra Geral

MAPA 13 - GEOMORFOLOGIA (CLASSES AGRUPADAS)



- 1
- 2
- 3
- 4

Meters
4000.00

Grid
Norte

Legenda do Mapa13 – Geomorfologia (classes agrupadas)

1 – Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso

2 – Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria

3 – Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial

4 – Área Degradada pela Mineração de Carvão

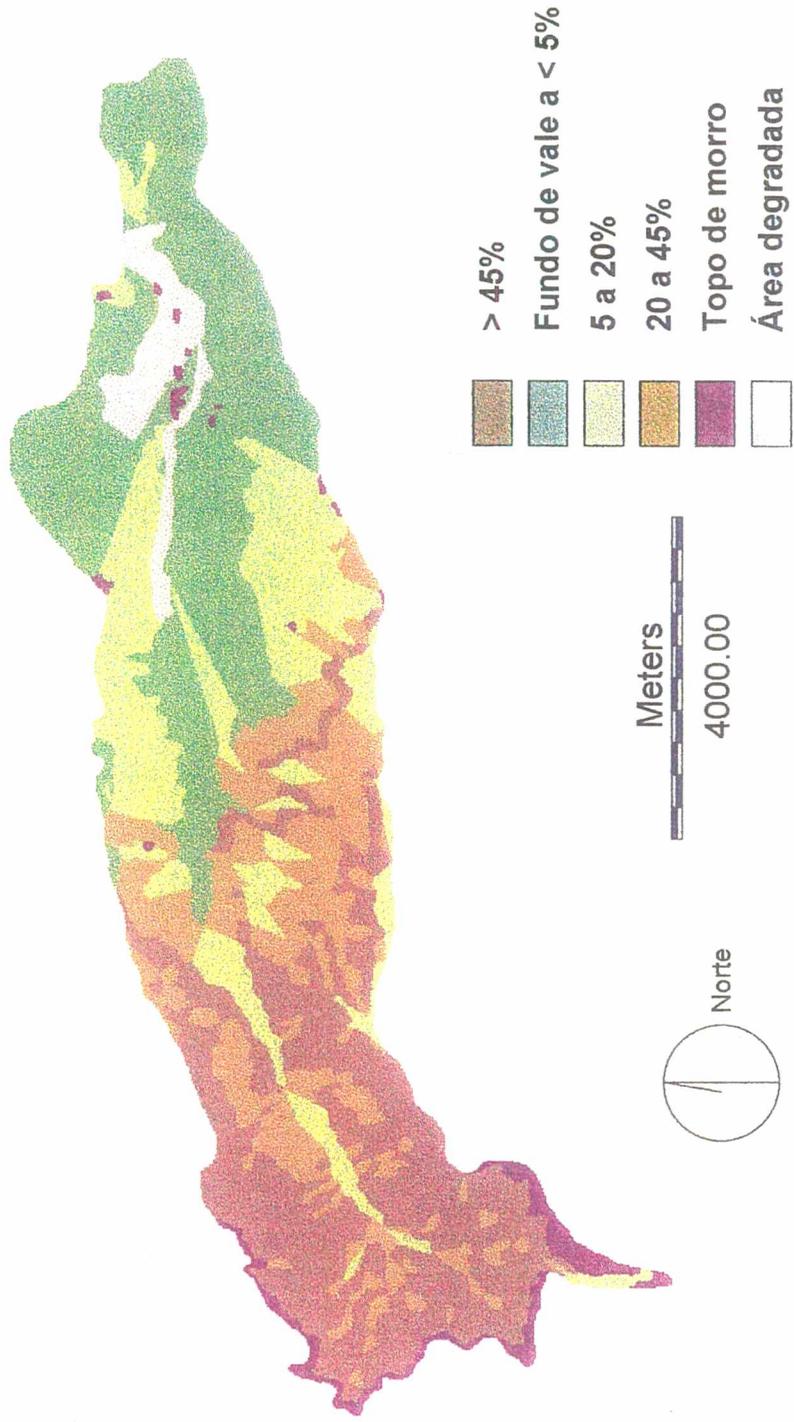
A segunda agrupa os modelados de dissecação morraria e colinoso, que estão presentes nas áreas mais dissecadas e rebaixadas do médio e baixo vale do Rio Rocinha. A terceira reúne os modelados de acumulação torrencial e fluvial, que se caracterizam pelo predomínio dos processos deposicionais sobre os erosivos. A quarta e última classe engloba a área degradada pela mineração de carvão, incluída em todos os mapas temáticos para que seja apenas cruzada com ela mesma.

Desta forma, o mapa de geologia agrupado expressa a redução de 10 para 3 classes (mapa 12) e o de geomorfologia de 7 para 4 classes (mapa 13).

No mapa de declividade, a reclassificação obedece as características topográficas da área e, a primeira classe corresponde ao fundo de vale e declividades inferiores a 5%, a segunda corresponde a declividades entre 5 e 20%, a terceira corresponde ao intervalo de 20 a 45%, a quarta a valores superiores a 45%, a quinta a área degradada pela mineração de carvão; e, finalmente a sexta ao topo de morro. A redução foi de 8 para 6 classes. O agrupamento das classes de declividade é apresentado no mapa 14. Embora com apenas 6 classes, o mapa de declividade agrupado devido ao grande número de polígonos gerou com aquele derivado do cruzamento 1 (geologia x geomorfologia) uma fragmentação extremamente grande da área.

Salienta-se que apesar da importância do mapa de declividade em fornecer informações sobre a intensidade de atuação dos processos erosivos e destacar as formas adequadas e inadequadas de utilização do solo, sua utilização em cruzamentos gera o aparecimento de classes muito diminutas, que são resultado das pequenas diferenças na geometria dos polígonos e da descontinuidade espacial de suas classes. Os mapas hipsométrico e de solos também não foram utilizados para o cruzamento por entender-se que os mesmos, a grosso modo, já estavam contemplados nos de geologia e geomorfologia. A utilização de mais esses mapas geraria um fracionamento demasiado da área de estudo, obtendo inúmeras unidades e dificultando a setorização do espaço.

MAPA 14 - DECLIVIDADE (CLASSES AGRUPADAS)



Assim, os mapas de geologia e geomorfologia representam a base física e o de uso do solo foi escolhido porque demonstra a atividade humana na área.

Salienta-se que o fato de alguns mapas não terem sido selecionados para cruzamento, não significa de forma alguma que os mesmos não foram utilizados na análise de cada uma das unidades identificadas.

No mapa de uso do solo foi feita uma reclassificação com base na predominância de determinados tipos de uso (mapa 15). Desta forma, foram agrupadas as classes onde predomina a vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos (capoeirão), aquelas onde predomina a vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento (capoeira e capoeirinha), e as onde ocorrem associações entre diversos tipos de uso (lavouras temporárias, reflorestamento, vegetação rasteira com predomínio de gramíneas e vegetação secundária tipo capoeirão, capoeira e capoeirinha). Foram sete as classes resultantes a saber:

1 - Floresta primária e vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos; 2 - Área degradada pela mineração de carvão; 3 - Área com predominância de vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos; 4 - Área com predominância de vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento; 5 - Áreas onde ocorrem associações entre os diversos tipos de uso; 6 - Área de mineração de argila; 7 - Área urbanizada.

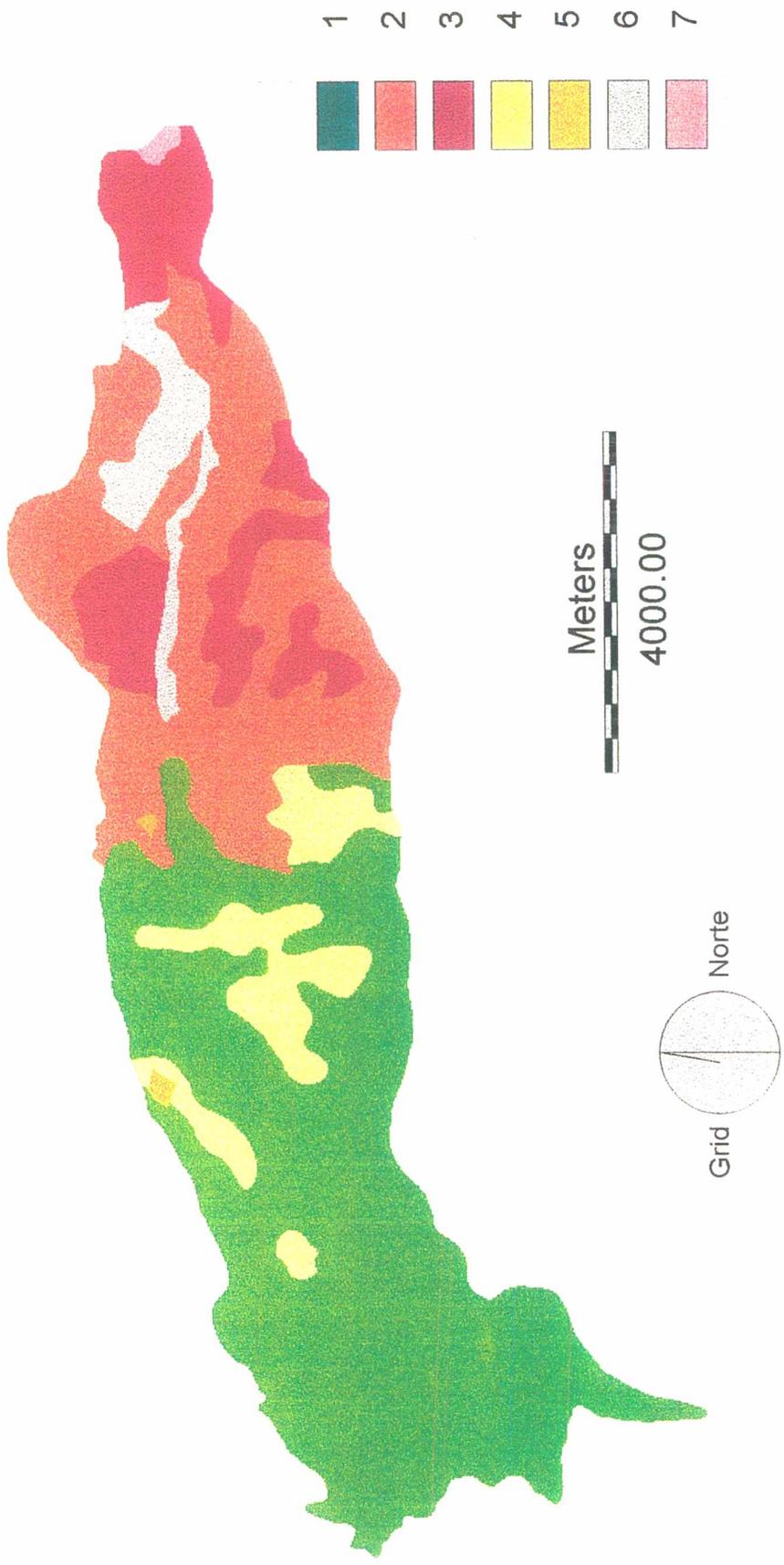
A ordem para a realização dos cruzamentos foi a seguinte:

- cruzamento 1: geologia reclassificada x geomorfologia reclassificada (mapa 16)
- cruzamento 2: cruzamento 1 x uso do solo reclassificado (mapa 17)

O cruzamento 2 foi reclassificado, procedendo a generalização de algumas classes, a fim de eliminar pequenos polígonos cujas características apresentavam afinidades com a classe vizinha.

A delimitação das Unidades Ambientais foi feita com base no uso do solo atual e nas potencialidades e/ou limitações do espaço geográfico, levando em consideração a avaliação dos recursos hídricos da sub-bacia.

MAPA 15 - USO DO SOLO (CLASSES AGRUPADAS)



Legenda do Mapa 15 – Uso do Solo (classes agrupadas).

- 1 – Floresta primária e vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos – para fins de cruzamento será denominada de floresta primária

- 2 - Vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos, vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento, vegetação rasteira com predomínio de gramíneas, reflorestamento de eucalipto e lavouras temporárias – para fins de cruzamento será denominada de usos múltiplos

- 3 - Vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos, vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento e reflorestamento de eucalipto – para fins de cruzamento será denominada de vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos

- 4 - Vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento e vegetação rasteira com predomínio de gramíneas – para fins de cruzamento será denominada de vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento

- 5 – Mineração de argila

- 6 – Área degradada pela mineração de carvão

- 7 – Área Urbana

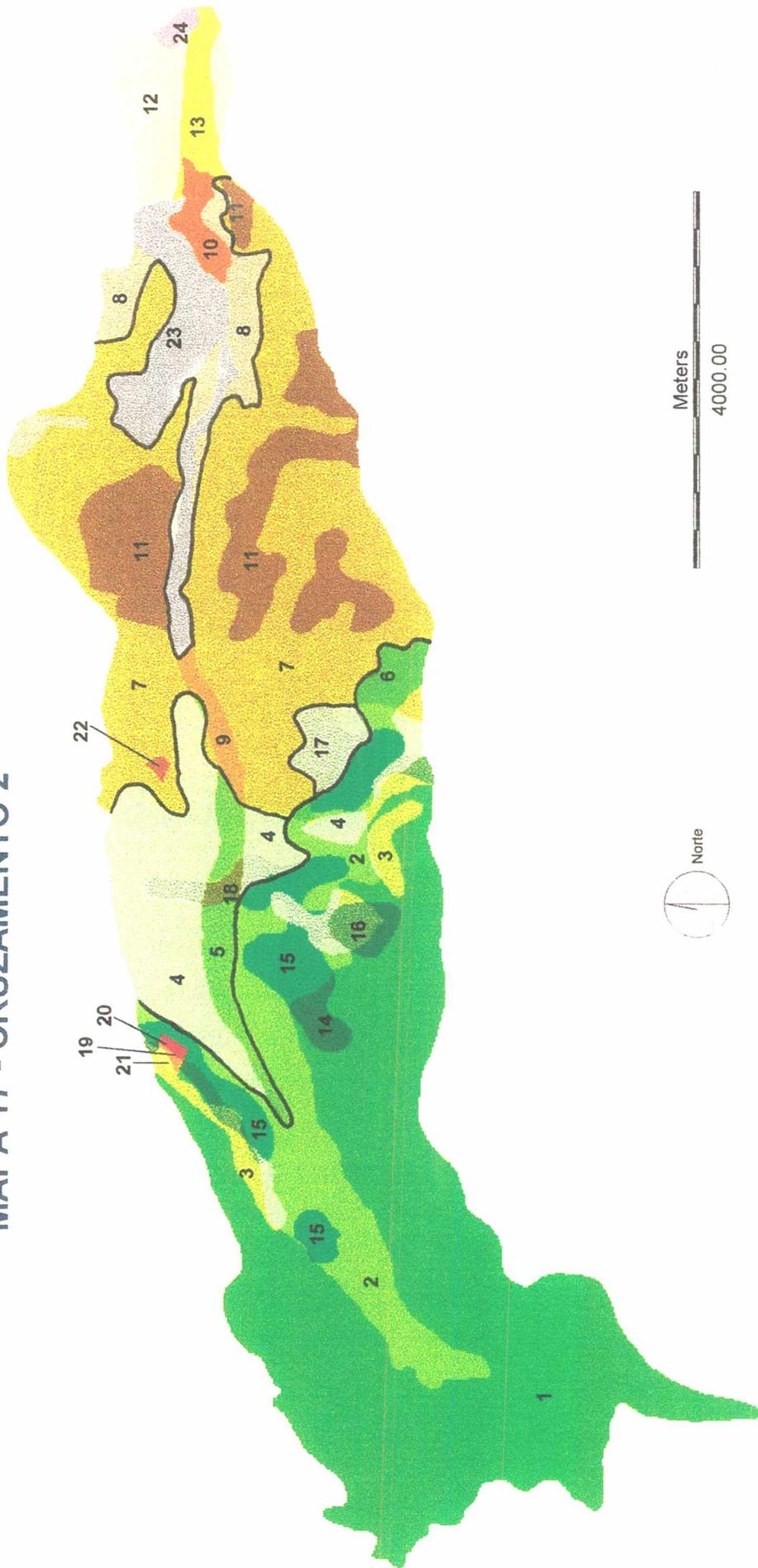
MAPA 16 - CRUZAMIENTO 1



Legenda do Mapa 16 – Cruzamento 1

- 1 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso
- 2 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso
- 3 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria
- 4 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria
- 5 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria
- 6 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial
- 7 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial
- 8 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Área Degradada pela Mineração de Carvão.

MAPA 17 - CRUZAMIENTO 2



Legenda do Mapa 17 – Cruzamento 2

- 1 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x Floresta Primária
- 2 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x Floresta Primária
- 3 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x Floresta Primária
- 4 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x Floresta Primária
- 5 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial x Floresta Primária
- 6 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x Usos Múltiplos
- 7 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x Usos Múltiplos
- 8 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x Usos Múltiplos
- 9 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial x Usos Múltiplos
- 10 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial x Usos Múltiplos
- 11 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos
- 12 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos
- 13 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial x vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos

- 14 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento
- 15 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento
- 16 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento
- 17 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento
- 18 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Acumulação Torrencial e Fluvial x vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento
- 19 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x mineração de argila
- 20 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Escarpado e Montanhoso x mineração de argila
- 21 - Formações Botucatu, Serra Geral x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x mineração de argila
- 22 - Formações Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina, Rio do Rasto x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x mineração de argila
- 23 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Área Degradada pela Mineração de Carvão x Área Degradada pela Mineração de Carvão
- 24 - Suíte Intrusiva Pedras Grandes, Formação Rio Bonito, Área Degradada, Sedimentos Aluvionares, Siltico-argilosos, Areias e Cascalheiras x Modelados de Dissecação Colinoso e Morraria x Área Urbana

O mapa de Unidades Ambientais (mapa 18) é composto por 5 classes que foram denominadas de Preservação Permanente, Preservação com Uso Restrito, Ocupação Controlada, Uso Condicionado e Mata em Regeneração, que serão detalhadas a seguir.

4.4 - Caracterização das Unidades

Unidade de Preservação Permanente

Esta unidade corresponde ao alto vale do Rio Rocinha, compreendendo toda a faixa situada entre o limite oeste, em altitude próxima a 1500 metros, até aproximadamente à cota topográfica dos 500 metros, perfazendo 22,44 Km² que representam 47,2% da área total.

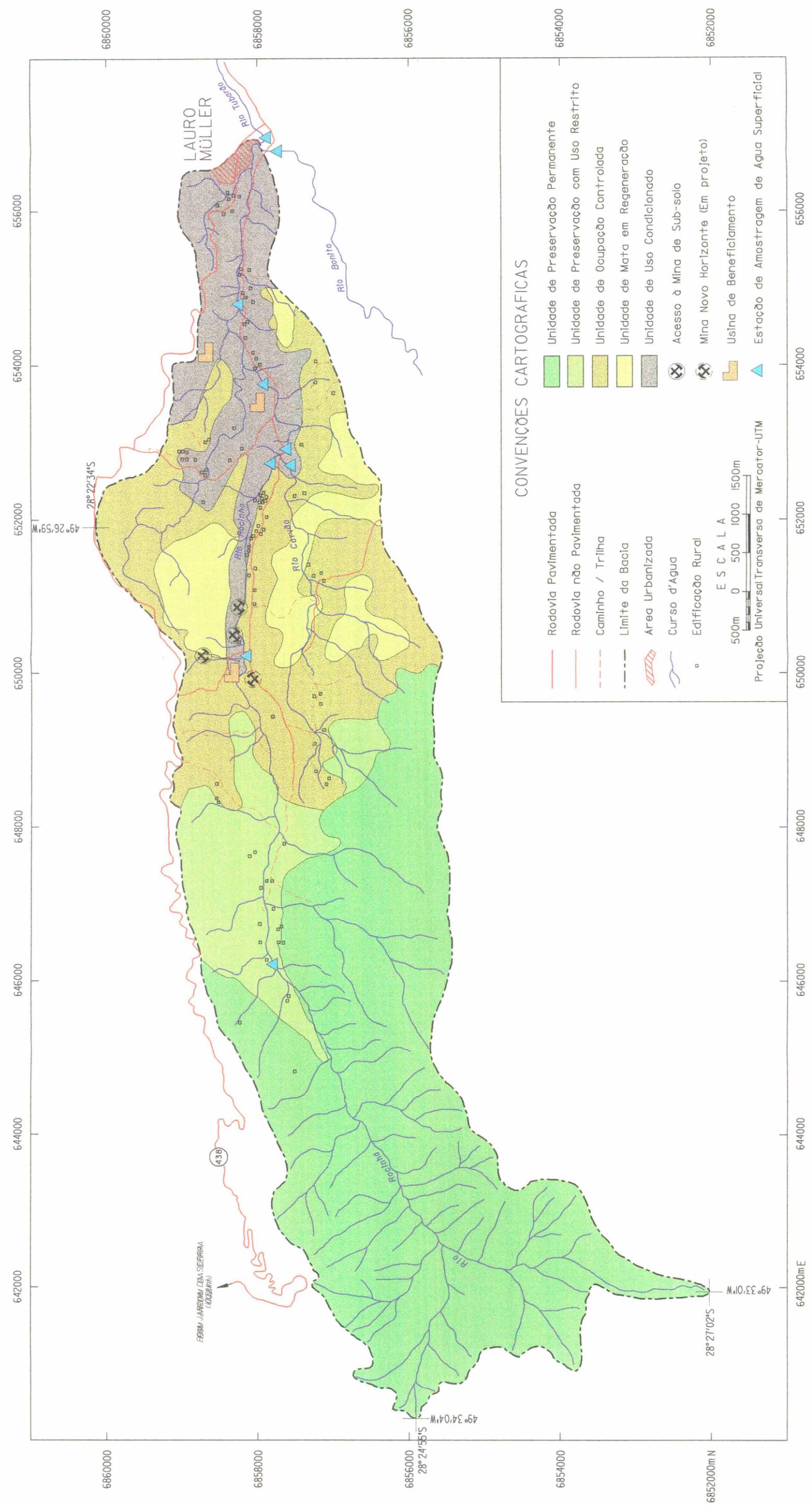
Predomina nesta unidade o modelado de dissecação escarpado, resultante de declividades preferencialmente maiores que 45%, sobre o Arenito Botucatu e as vulcânicas da Formação Serra Geral, localizadas a altitudes maiores que 700 metros e que correspondem as unidades do topo da Bacia do Paraná. A feição mais característica deste modelado são os paredões verticais (foto 19) que podem ser vistos ao longo da Estrada do Rio do Rasto (SC438).

Em locais próximos ao Rio Rocinha este modelado também se desenvolve sobre os argilitos e siltitos das Formações Teresina e Rio do Rasto, pertencentes ao grupo Passa Dois, denotando o caráter extremamente encaixado do trecho que corresponde ao alto vale deste rio com declividades variando entre 30 e 45% e cotas topográficas entre os 700 e os 500 metros.

Outros modelados presentes na Unidade de Preservação Permanente são os de dissecação montanhoso e colinoso. Estes modelados estão ligados à ocorrência das rochas sedimentares finas das Formações Teresina e Rio do Rasto, em declividades compreendidas entre 12 e 30%, predominando na porção sul da área.

Sub-bacia do Rio Rocinha (Rio Tubarão-SC)

Mapa de Unidades Ambientais



Autoria: Marisa Bender, 1998.

Fontes: Base Cartográfica-Carta Topográfica do Brasil, Escala 1:50000, IBGE, 1976.
 Levantamento da Situação das Minas e Concessões da Bacia Carbonífera de Santa Catarina, Escala 1:20000, MME-DNPM, 1984.
 Integração de Mapas Temáticos Através do Software IDRISI, dez/97.
 Trabalho de Campo

Digitalização/Edição: Geóg. José Henrique Villela
 Jan/98

**FOTO 19 - Escarpas da Serra Geral delimitando a área nas porções
oeste e sul da sub-bacia do Rio Rocinha**



Os solos que predominam nesta unidade são os do tipo litólico em associação com cambissolo álico, o qual se individualiza de modo mais marcante sobre os modelados colinoso e montanhoso, nas rochas sedimentares do Grupo Passa Dois. Apresentam perfis pouco desenvolvidos em função dos relevos muito íngremes, característicos destes modelados, predominando os processos erosivos sobre os intempéricos ou pedogenéticos.

A vegetação presente é predominantemente floresta primária (floresta ombrófila densa) e vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos, com características diferenciadas segundo o gradiente de altitude: nas cotas mais elevadas, onde os solos são pouco desenvolvidos, a vegetação representada por espécies arbóreas e arbustivas, torna-se mais esparsa, sendo denominada de campos litólicos. Em menores quantidades ocorre vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento (capoeiras e capoeirinhas) e, em associação com gramíneas, correspondendo às áreas desmatadas para cultivo pelos moradores da localidade da Rocinha de Cima.

No mapa de uso do solo (mapa7) constata-se, nesta unidade, a presença de uma mineração de argila, na porção norte e algumas construções.

Com exceção da área ocupada pelas nascentes principais do Rio Rocinha, situadas a oeste, o restante faz parte de requerimentos da Carbonífera Metropolitana desde 1972.

Os cursos d'água desta unidade estão acima da curva hipsométrica de 500 metros, que a grosso modo acompanha a delimitação da unidade e que é uma das referências para o enquadramento dos rios do Estado de Santa Catarina, como classe 1, Portaria GAPLAN 024/79, com usos destinados ao abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, ou seja, a lei praticamente inviabiliza qualquer tipo de uso e ocupação do solo.

Unidade de Preservação com Uso Restrito

Esta unidade corresponde a 4,7 Km², representando 9,89% do total da sub-bacia, onde se encontra a localidade de Rocinha de Cima (foto 20), incluindo algumas nascentes da vertente norte do Rio Rocinha e parte das nascentes do Rio Carvão.



Foto 20- Localidade da Rocinha de Cima. No segundo plano vista da Serra Geral. Foto obtida em 1998.

Predomina na unidade o modelado de dissecação morraria, resultante de declividades preferencialmente entre 20 e 30%, com cotas altimétricas entre 400 e 500 metros, sobre as rochas sedimentares do Grupo Passa Dois, onde se desenvolvem solos do tipo podzólico vermelho álico em associação com cambissolo álico.

Em locais próximos ao leito principal do Rio Rocinha aparecem os modelados de acumulação fluvial e torrencial, que se caracterizam pelo predomínio dos processos deposicionais sobre os erosivos, com cotas altimétricas inferiores a 400 metros acompanhando o fundo de vale.

A vegetação presente nesta unidade é bem conservada, floresta primária e vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos; como consequência da interferência antrópica aparecem algumas manchas

resultantes de desmatamento e atualmente com vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento e vegetação rasteira com predomínio de gramíneas, próximo às casas da Rocinha de Cima (foto 21). Os moradores desta localidade usam sua propriedade para criação de animais, principalmente gado de corte para abate no açougue, e agricultura para consumo familiar, sendo alguns produtos comercializados na cooperativa.



Foto 21 - Localidade da Rocinha de Cima, com predomínio de vegetação rasteira. Foto obtida em 1998

Nesta unidade, cujo acesso é feito por meio de caminhos e trilhas, localiza-se a estação de amostragem R1, situada nas proximidades da interceptação da curva de 400m com o rio, a montante da poluição provocada pela extração e beneficiamento do carvão mineral. A estação é próxima da captação de água para o Distrito de Guatá e apresenta águas sem presença visível de turbidez e sólidos em suspensão (foto 16) e de boa qualidade para abastecimento público, de acordo com o cálculo do IQA.

Os metais analisados apresentaram concentrações sempre inferiores aos limites estabelecidos pelas legislações estadual e federal, sendo que manganês, níquel e chumbo não foram detectados. Os demais parâmetros também apresentaram valores compatíveis com os usos previstos para águas de classe 2, com valores de pH em torno de 6,4, ou seja, dentro dos

padrões estabelecidos por lei, entre 6 e 9. As águas de classe 2 destinam-se ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário. Percebe-se, portanto, que os usos previstos admitem alguns tipos de atividade humana e também fixação de população na área.

Salienta-se que uma pequena porção do sub-solo foi minerado pela CNMBB, que requereu grande parte da unidade para exploração do carvão mineral desde 1936.

Unidade de Ocupação Controlada

Esta unidade corresponde a uma faixa de direção norte-sul, com cotas altimétricas entre 300 e 400 metros, perfazendo 14,69 Km² que representa 30,9% do total da sub-bacia e englobando a localidade de Rocinha do Meio.

Os modelados são do tipo colinoso e morraria, com declividades inferiores a 12% que se desenvolvem sobre os siltitos das Formações Palermo, Irati e Serra Alta. Em quantidades reduzidas, aparecem os sedimentos quaternários, predominantemente aluviais, preenchendo os fundos de vale; de modo esporádico ocorrem rochas da Formação Rio Bonito.

Nas observações de campo, constatou-se nesta unidade uma falésia com afloramentos de carvão mineral justapostos por camadas de folhelhos e de arenito que corresponde ao ponto 5A do Roteiro da Coluna White.

Os solos que se desenvolvem sobre os modelados desta unidade são do tipo podzólico e apresentam fertilidade natural baixa em função da pequena quantidade de nutrientes derivada das rochas de origem, como siltitos, arenitos e folhelhos.

A vegetação natural nesta unidade foi sendo substituída pelas atividades agrícolas. O uso do solo atual caracteriza-se por apresentar predomínio de vegetação rasteira, vegetação secundária nos primeiros estágios de desenvolvimento, granja de suínos, lavouras temporárias e áreas

de reflorestamento, sendo comum encontrar-se associações entre estes tipos.

A mata ciliar tem largura menor àquela especificada na Lei 4771/65 do Código Florestal; em grandes extensões das margens do Rio Rocinha a mata ciliar deixa de existir, sendo substituída por pastagem ou agricultura. Em observações de campo, constata-se que algumas encostas de maior declividade encontram-se bastante ocupadas com agropecuária.

Os moradores da Rocinha do Meio usam sua propriedade para criação de animais, principalmente gado de corte para abate no açougue e suínos. A agricultura é para consumo familiar, sendo alguns produtos comercializados na cooperativa. Existe uma granja de suínos com aproximadamente 400 porcos em sistema integrado com a CEVAL. Segundo informações do proprietário, os dejetos são canalizados para uma bioesterqueira.

O acesso à localidade é através de estradas não pavimentadas, cuja base são os rejeitos do beneficiamento do carvão mineral.

A porção norte da unidade está toda minerada pela Companhia Nacional de Mineração Barro Branco, que tem concessão para lavra desde 1936 e há muito tempo minera carvão ao longo do vale do rio, devido as condições geológicas e topográficas, que permitem um fácil acesso à camada de carvão. A entrada da mina de sub-solo Novo Horizonte, localiza-se nesta unidade, na margem direita do Rio Rocinha, nas proximidades da mina de sub-solo 3G; o perímetro da mina abrange áreas nos dois lados do rio e delimita uma área de aproximadamente 210 hectares, compreendendo parte do sub-solo desta unidade e parte daquele referente à Unidade de Preservação com Uso Restrito.

A unidade de Ocupação Controlada inclui as nascentes principais do Rio Carvão, considerado o principal afluente do Rio Rocinha, que é enquadrado como classe 2, com usos destinados ao abastecimento doméstico após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas e à recreação de contato primário.

Unidade de Mata em Regeneração

É formada por enclaves de áreas de mata em regeneração, com vegetação secundária nos estágios mais desenvolvidos associada a reflorestamento de eucalipto (FOTO 22) dentro da Unidade de Ocupação Controlada, no médio vale do Rio Rocinha, que correspondem a respectivamente 0,62 Km², 1,52 Km², 1,31 Km² e 0,16 Km², totalizando 3,61 Km². Algumas das nascentes principais do Rio Carvão situam-se sobre um destes enclaves que se localiza na porção sul da sub-bacia.



Foto 22 - Reflorestamento de eucalipto na Unidade de Mata em Regeneração, médio vale do Rio Rocinha. Foto obtida em 1998.

Os modelados da unidade são do tipo morraria e colinoso, resultantes de declividades inferiores a 12%, preferencialmente sobre as rochas sedimentares da Formação Palermo, com solos predominantemente do tipo podzólico vermelho-amarelo álico.

A unidade está concedida para lavra do carvão mineral desde 1936, sendo que o sub-solo da mancha localizada mais a norte está todo minerado pela CNMBB.

Unidade de Uso Condicionado

Esta unidade se localiza na porção leste da sub-bacia, englobando parte da cidade de Lauro Müller, no baixo vale do Rio Rocinha, com cotas altimétricas entre 200 e 300 metros, perfazendo 5,69 Km² que representam 4,08% da área total.

O substrato é constituído por rochas graníticas da Suíte Intrusiva Pedras Grandes, que encontram-se nas porções mais baixas da unidade, na área urbana da cidade de Lauro Müller e arredores. À medida que aumentam as cotas altimétricas aparecem as rochas sedimentares da Bacia do Paraná, começando com a Formação Rio Bonito do Grupo Guatá que engloba as camadas de carvão conhecidas como Barro Branco, Irapuá e Bonito. Estão também presentes na unidade os sedimentos quaternários, predominantemente aluviais, preenchendo os fundos de vale.

Esta unidade engloba a área degradada pela mineração/beneficiamento de carvão (foto 23), com 1,94 Km² e depósitos de rejeitos de até 4 metros de altura, e porções com modelados do tipo colinoso, morraria e o de acumulação fluvial, que encontra-se preenchendo os fundos de vale, principalmente onde as planícies aluviais são mais desenvolvidas.



Foto 23 - Área degradada pela mineração de carvão, na Localidade de Rocinha de Baixo. Foto obtida em 1993.

Predomina o solo tipo podzólico vermelho-amarelo álico em parte coberto pelos rejeitos da mineração e do beneficiamento do carvão mineral.

A vegetação natural foi substituída pelas atividades agrícolas, e de exploração do carvão mineral (foto 11). Estágios de sucessão ecológica do tipo mata secundária, capoeirão, capoeira e capoeirinha são encontrados nas terras que não estão sendo utilizadas pelas atividades econômicas já citadas. Os reflorestamentos de pinus e eucaliptos também estão presentes em algumas porções desta unidade.

A estas formas de ocupação, que incluem as casas da Rocinha de Baixo, soma-se a criação de suínos, com uma média de 400 porcos em cada uma das duas granjas.

A unidade está toda concedida para lavra do carvão mineral desde 1936, e nela localizam-se as minas de sub-solo da Companhia Nacional de Mineração Barro Branco, hoje desativadas, conhecidas como 3A, 3B, 3C, 3D, 3E, 3F e 3G. Além destas a companhia minerou a céu aberto, em uma área que corresponde a um triângulo equilátero com aproximadamente 200 metros de lado, com um dos vértices localizando-se na bifurcação da estrada da Rocinha com a que dá acesso à localidade de Guatá; de acordo com o DNPM, a área já foi recuperada. Localizam-se também nesta unidade duas usinas de beneficiamento desativadas, conhecidas como Rocinha e Boa Vista, além de um novo lavador construído próximo ao local de acesso à mina 3G, para beneficiar o carvão que será extraído da mina Novo Horizonte.

As agressões ao ambiente tornam-se mais marcantes a jusante da mina de sub-solo 3G, onde há, além da disposição de grandes volumes de rejeitos da mineração/beneficiamento do carvão, locais onde o rejeito foi usado como base para o leito de estradas, caminhos e aterros, imprimindo em parte da unidade uma morfologia própria (foto 24).

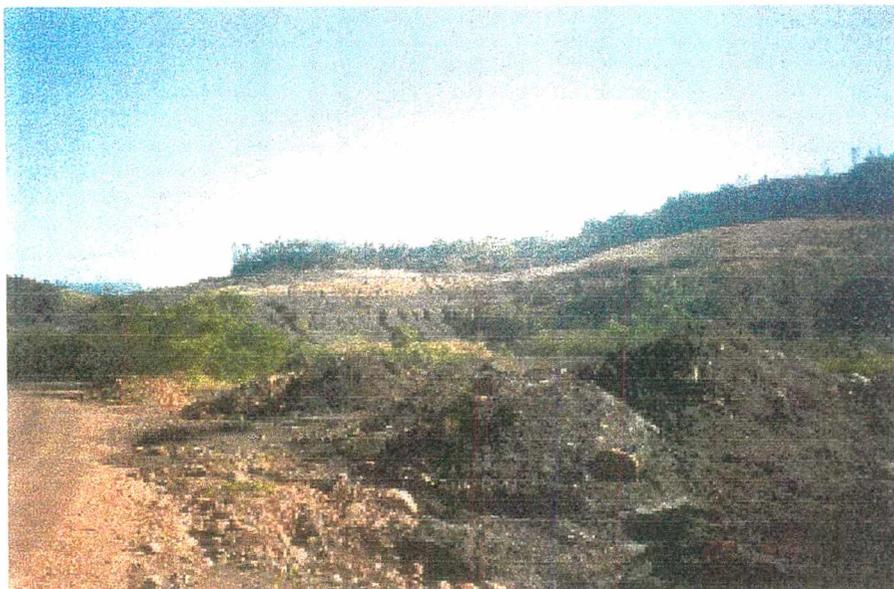


Foto 24 - Disposição de rejeitos da mineração/beneficiamento do carvão mineral, na Localidade da Rocinha de Baixo. Foto obtida em 1993.

A compactação das pilhas foi somente obtida pelo tráfego dos caminhões que transportavam o material para o depósito. Em alguns locais foram plantados eucaliptos como forma de minimizar a erosão. Os cortes de taludes e encostas e a instalação de atividades relativas à mineração alteraram, de modo substancial, a qualidade das águas (foto 25).

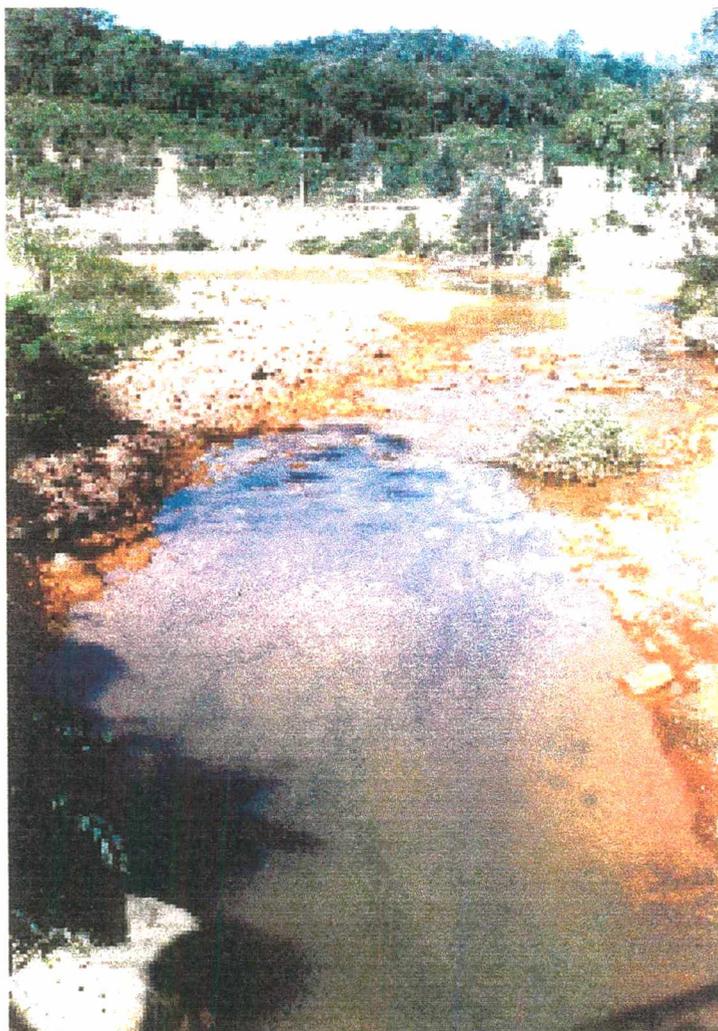


Foto 25 - Rio Rocinha próximo à Cidade de Lauro Müller, com água de coloração amarelada. Foto obtida em 1998.

Foram demarcadas na unidade 7 estações de amostragem para avaliar a qualidade das águas e os resultados mostraram que os problemas de poluição do Rio Rocinha são evidenciados por baixos índices de pH e elevada acidez, e altas concentrações de metais, como ferro, zinco, manganês, níquel, cromo e cobre. As águas do Rio Rocinha apresentam coloração amarelada decorrente da precipitação do ferro insolúvel, que gera uma cobertura castanho-amarelada nos seixos depositados no leito e nas margens do rio (foto 26).

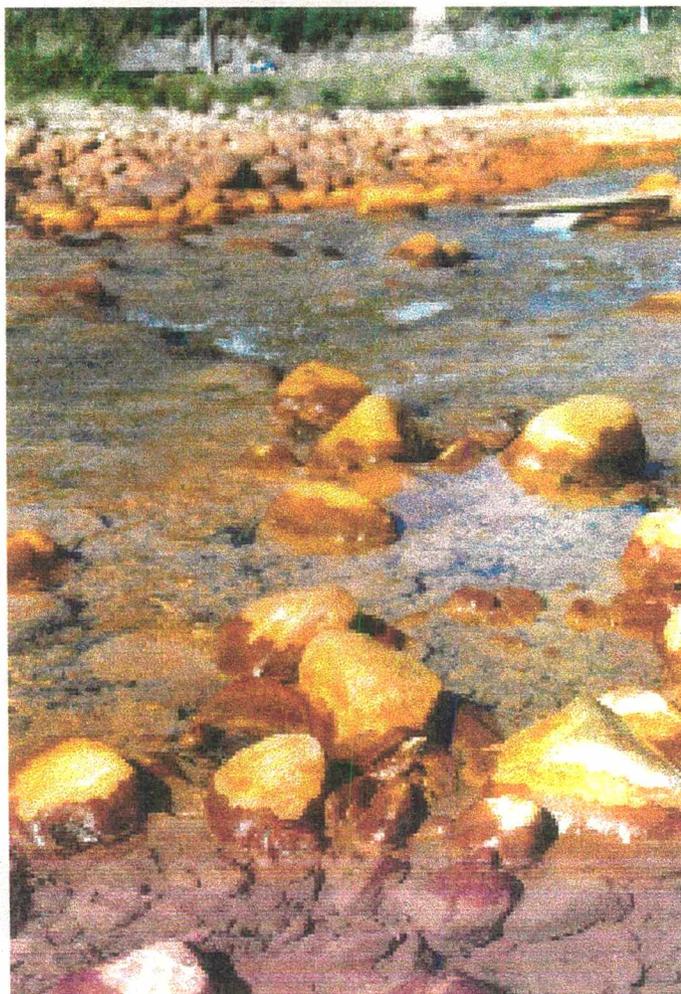


Foto 26 -Detalhe da foto anterior

A qualidade das águas do Rio Carvão, principal afluente do Rio Rocinha, ameniza um pouco o tipo de poluição provocada pela mineração/beneficiamento do carvão mineral; ressalta-se, entretanto que este rio, assim como o Rocinha, drenam áreas com algumas pocilgas. Na porção urbanizada, os problemas de poluição são agravados pelo lançamento de esgotos domésticos e material não aproveitado do posto de gasolina. Amontoados de lixo doméstico e pneus velhos são vistos nas margens do rio, muitas vezes junto ao cano que conduz as águas residuárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclusões

Neste estudo buscou-se alcançar uma visão da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio Rocinha, que tem como principal agente de degradação ambiental a extração e o beneficiamento do carvão mineral. O processo de industrialização do carvão acelerou o desenvolvimento industrial da região sul do estado como um todo, porém trouxe severos impactos ambientais e sociais, dentre os quais os mais sérios parecem ser o elevado grau de poluição hídrica das bacias que drenam a região carbonífera, com sérios reflexos na saúde das pessoas.

A qualidade dos recursos hídricos da área estudada está comprometida pela mineração e pelo beneficiamento do carvão. Outras fontes de poluição presentes, como esgotos, lixo, suinocultura e agrotóxicos são conhecidas, porém não foram objeto de análise.

Pelos resultados encontrados, constata-se um aumento na poluição derivada das atividades de mineração/beneficiamento, de montante para jusante, ou de R1 para R7, conforme tabela 16. Pode-se constatar um aumento na carga poluente resultante da não assimilação do corpo receptor, superando, em muito, os limites máximos estabelecidos pelos padrões de qualidade.

Tabela 16- Carga Poluente nas Estações R1 e R7

Estação	Rio Rocinha (nascente)		Rio Rocinha (foz)	
	Estiagem (maio/95)		Estiagem (maio/95)	
Vazão (l/s)	2060		2956	
	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (g/s)	Concentração (mg/l)	Carga Poluente (g/s)
ferro	0,084	0,173	87,84	259,65
manganês	0,002	0,004	5,352	15,82
acidez	9,6	19,77	694,8	2053,8
s. dissolv.	78,5	161,7	1520	4493,1
sulfatos	ND	-	882,9	2609,8
zinco	0,017	0,035	1,695	5,01

Pode-se deduzir, através dos cálculos apresentados na tabela 16, que as atividades de mineração/beneficiamento localizadas na área de estudo utilizam água de boa qualidade e que seu impacto sobre esta é muito grande, em virtude do rio ser utilizado como escoadouro de descargas poluentes.

Os cálculos do Índice de Qualidade de Água (IQA), efetuados a partir da determinação de oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes fecais, nitrogênio total, fosfato total, turbidez, sólidos totais e temperatura, revelam que a estação R1 apresenta um IQA entre 52 e 79, classificando-se como **BOA** para abastecimento público (tabela 17), enquanto que na estação R7, o índice, entre 20 e 36, classifica a mesma como **IMPRÓPRIA PARA TRATAMENTO CONVENCIONAL** (tabela 18).

Tabela 17 – Índice de Qualidade de Água da Estação R1

100 80	Ótima
79 52	Boa
51 37	Aceitável
36 20	Imprópria para Tratamento Convencional
19 0	Imprópria

Tabela 18 – Índice de Qualidade de Água da Estação R7

100 80	Ótima
79 52	Boa
51 37	Aceitável
36 20	Imprópria para Tratamento Convencional
19 0	Imprópria

A legislação federal diz em seu artigo 16 que não há impedimento no aproveitamento de águas de melhor qualidade em usos menos exigentes, desde que tais usos não prejudiquem a qualidade estabelecida para essas águas. Na sub-bacia do Rio Rocinha, as providências legais que visam atenuar a degradação ambiental, não surtiram resultados práticos.

Apesar das unidades produtivas estarem atualmente desativadas, a degradação continua. Os depósitos de rejeitos do beneficiamento do carvão apresentam espessuras de 4 metros ou mais, ocupando trechos da margem esquerda do rio, o que imprimiu a parte da área de estudo uma morfologia própria. Os cortes de taludes e encostas e a instalação de atividades relativas à mineração alteraram a qualidade das águas. A ação da chuva sobre estes depósitos, abandonados sem controle ou proteção, propicia a formação de águas ácidas, provenientes da percolação, que continuam a poluir o Rio Rocinha para o qual são drenadas.

As áreas de disposição de rejeitos possuem como importante componente de comprometimento ambiental o material piritoso que, em contato com a água e o oxigênio, libera para o meio ambiente gases sulfurosos, compostos de ferro e ácido sulfúrico. Já o material em suspensão carregado para o rio pode provocar o assoreamento e o aumento dos efeitos de transbordamento, acarretando prejuízos ao abastecimento público, ao setor agrícola e as demais atividades de jusante, que necessitam das águas da sub-bacia como insumo ou como matéria-prima.

Os problemas de poluição do Rio Rocinha, no seu baixo curso, são evidenciados por índices de pH abaixo do permitido pela legislação em vigor, o que propicia a solubilização de alguns metais, conforme foi constatado nas análises agora realizadas.

Segundo GOTHE (1993), a grande massa de carvão e rejeitos extraídos, beneficiados, lixiviados e/ou queimados pode provocar teores relativamente elevados de alguns elementos no ambiente.

O principal afluente do Rio Rocinha é o Rio Carvão que, apesar do nome, não apresenta atividades relacionadas à mineração e ao beneficiamento do carvão. As análises realizadas para este estudo mostraram que a qualidade de suas águas ameniza um pouco a poluição do

Rio Rocinha. É relevante salientar que o Rio Carvão não é isento de poluição, uma vez que em sua área de drenagem localizam-se algumas pocilgas, que certamente contribuem com poluição de natureza orgânica, como DBO, nitrogênio e coliformes fecais.

Na confluência do Rio Rocinha com o Rio Bonito, na área urbanizada da sub-bacia, os problemas são agravados em razão do lançamento de esgotos domésticos no leito do rio e de material não aproveitado do posto de gasolina, como óleo queimado, água de lavagem e pneus velhos. Amontoados de lixo doméstico podem ser vistos às margens do rio, muitas vezes junto ao cano que conduz as águas residuárias para o rio. Naturalmente são focos de mosquitos e de organismos patogênicos diversos.

Com relação ao lançamento de efluentes domésticos na foz do Rio Rocinha deve-se considerar que, por se tratar de matéria degradável, os resíduos dos esgotos são fonte de alimento para microorganismos diversos. No entanto, a acidez da água dos rios que recebem rejeitos da mineração pode impedir a vida bacteriana, uma vez que os microorganismos exigem um pH em torno de 7 (INHOFF & INHOFF 1986). Ao se alimentarem da matéria orgânica em decomposição, as bactérias auxiliam o rio a se autodepurar. Portanto, a vida microbiana nas águas é de fundamental importância. Na sua ausência, não há decomposição orgânica e as águas residuárias descem a corrente intactas.

Segundo KLEIN (1972, apud VEADO, 1989), a erradicação de microorganismos em rios ácidos traz problemas para os ecossistemas fluviais, pois a capacidade autodepuradora é em muito reduzida. Neste ambiente é de se esperar que somente bactérias que utilizem o enxofre e o ferro como fonte de energia para seus processos metabólicos reúnem condições para se manter em águas ácidas.

Após percorrer a sub-bacia do Rio Rocinha, no trecho compreendido entre as proximidades da nascente e a foz, conclui-se que os impactos ambientais sobre a qualidade das águas afetadas pela mineração e pelo beneficiamento do carvão mineral comprometem os usos previstos no enquadramento das águas deste rio, como o abastecimento público.

A captação de água, por exemplo, não pode ser feita nas proximidades da área urbana, em função da poluição local. Na época em que foi feito o estudo para a localização da captação de água para o Distrito de Guatá, em meados de 1995, a prefeitura realizou levantamentos de viabilidade técnica para escolha de um local que apresentasse águas com qualidade compatível com os usos previstos.

Recomendações

A partir do acima exposto, pode-se sugerir algumas recomendações para uma melhor gestão e recuperação da área estudada, a sub-bacia do Rio Rocinha.

Sugere-se a demarcação de uma **Unidade de Preservação Permanente** nas encostas da Serra Geral, para proteger as nascentes principais do rio Rocinha e excluir atividades poluidoras como, por exemplo, mineração de carvão e argila.

Segundo SCHEIBE et al (1993), é de suma importância a preservação das florestas nas áreas com maior vigor de relevo, para que se mantenham os recursos hídricos e não venham a se desencadear processos erosivos de caráter catastrófico.

A unidade de **Preservação com Uso Restrito** apresenta certas restrições devido à declividade, porém alguns espaços podem ser destinados à lavoura não-mecanizada com manejo adequado, ao reflorestamento ou a pastagem. A diretriz nesta unidade é compatibilizar a manutenção da cobertura vegetal com os espaços já ocupados pela população local, orientando os moradores no sentido de preservar as potencialidades do ambiente e replantar espécies nativas nas margens do Rio Rocinha e nas áreas desmatadas com declividade acentuada. Para isto é necessário um trabalho de educação ambiental junto à comunidade que contribua para uma mudança de atitudes, viabilizando alternativas de uso que não comprometam o equilíbrio ambiental, como o extrativismo e atividades ligadas ao turismo e ao lazer, desde que não afetem os mananciais.

Na **Unidade de Ocupação Controlada** a diretriz é compatibilizar os usos do solo com a qualidade da água para classe 2 e instruir os criadores de suínos a tratar de forma adequada os dejetos produzidos nas granjas. Neste sentido, a prefeitura do município pode firmar convênios com a EPAGRI para transferência de tecnologias de manejo agrícola e incentivo a outras formas de desenvolvimento.

Na **Unidade de Mata em Regeneração** a diretriz é de preservar para dar continuidade ao processo de recuperação da vegetação e também para garantir a qualidade e a quantidade das nascentes do Rio Carvão que se situam na unidade.

De modo geral a **Unidade de Uso Condicionado** não apresenta restrição à lavoura mecanizada em função da baixa declividade, onde predomina o fundo de vale, porém as restrições são referentes à utilização dos cursos d'água para uso, uma vez que a instalação de atividades relativas à mineração/beneficiamento alteraram a sua qualidade. A unidade pode se destinar a mineração com restrições, desde que os rejeitos e as águas utilizadas no processo sejam adequadamente tratadas, não comprometendo ainda mais a sua qualidade.

Sugere-se que a área atualmente degradada pela mineração/beneficiamento do carvão mineral seja recuperada para atividades de lazer da comunidade local, e que seja implantado um programa de monitoramento das águas superficiais, que deve ser executado pela Prefeitura Municipal/FATMA/DNPM com participação da comunidade.

De forma resumida a caracterização das unidades e as restrições de uso são apresentadas na tabela 19 e as diretrizes gerais por categoria de uso na tabela 20.

Tabela 19 – Restrições de Uso por Categoria de Zoneamento

Unidades	Caracterização	Agropecuária		Extrativismo Vegetal	Mineração		Reflorestamento	Ecoturismo
		manter incompatível	expandir incompatível		manter incompatível	expandir incompatível		
Preservação Permanente	<ul style="list-style-type: none"> - Porção oeste da sub-bacia - Alto vale do Rio Rocinha - No substrato predomina o Arenito Botucatu e as vulcânicas da Formação Serra Geral - O solo apresenta perfis pouco desenvolvidos - Predomina o modelado de dissecação escarpado - Declividades superiores a 45% (a feição mais característica são os paredões verticais de 50 a 100 metros de altitude) - Dominio de floresta ombrófila densa - Raras construções, praticamente não tem moradores - Rios enquadrados como classe 1 - Ocupa 22,44 km² que correspondem a 47,2% da área total da sub-bacia 	manter incompatível	expandir incompatível	incompatível	manter incompatível	expandir incompatível	incompatível	compatível
Preservação com uso restrito	<ul style="list-style-type: none"> - Porção norte da sub-bacia - Alto vale do Rio Rocinha - Inclui as nascentes de parte da vertente norte do Rocinha - Rochas sedimentares do grupo Passa Dois - Predomina modelado de dissecação morraria - cotas altimétricas preferencialmente entre 400 e 500 metros, com declividades entre 20 – 30% - Presença de vegetação bem conservada, mas que já sofreu algum tipo de interferência antrópica - Corresponde a localidade da Rocinha de Cima - Rios enquadrados como classe dois - Águas com qualidade boa para abastecimento público de acordo com o IQA - Ocupa 4,7 km², correspondendo a 9,89% da área total 	compatível com restrições	incompatível	compatível	incompatível	incompatível	Compatível, com restrições	compatível
Ocupação controlada	<ul style="list-style-type: none"> - Médio vale do Rio Rocinha - Inclui as nascentes principais do Rio Carvão - No substrato, os siltitos das F. Palermo, Irati e Serra Alta - Modelados tipo colinoso e morraria - Cotas altimétricas entre 300 e 400 metros, onde predominam declividades inferiores a 12% - A vegetação natural foi substituída pelas atividades agrícolas - Corresponde a localidade da Rocinha do Meio - Rios enquadrados como classe 2 - Localiza-se a mina Novo Horizonte, em fase de projeto - Ocupa 14,69 km², representando 30,9% da área total 	compatível	compatível	compatível	incompatível	incompatível	compatível	compatível

Tabela 19 (Continuação)

Unidades	Caracterização	Agropecuária		Extrativismo Vegetal	Mineração		Reflorestamento	Ecolurismo
		manter	expandir		manter	expandir		
Mata em regeneração	<ul style="list-style-type: none"> - Médio Vale do Rio Rocinha - Enclaves de áreas de mata em regeneração dentro da unidade de ocupação controlada - No substrato, as rochas sedimentares da F. Palermo - Modelados do tipo colinoso e morreria - Declividades inferiores a 12% - Presença de mata secundária, capoeirões e reflorestamento de eucalipto entre áreas bastante desmatadas e ocupadas 	incompatível	incompatível	incompatível	incompatível	Compatível com restrições	Compatível com restrições	compatível
Uso Condicionado	<ul style="list-style-type: none"> - Porção leste da sub-bacia - Baixo vale do Rio Rocinha - O substrato é constituído por rochas graníticas e pelas sedimentares da Formação Rio Bonito - Modelados do tipo colinoso, morreria e acumulação fluvial - Cotas altimétricas entre 200 e 300 metros - Vegetação substituída pelas atividades agrícolas e de exploração do carvão - Corresponde a localidade da Rocinha de Baixo - Engloba a área degradada pela mineração e beneficiamento do carvão mineral; - A área degradada pela mineração possui 1,94 km² e representa 34,09 % da unidade - Localizam-se as minas de sub-solo e as usinas de beneficiamento, ambas desativadas - As águas apresentam coloração amarelada, baixos índices de pH e elevada acidez, solubilizando alguns metais - Águas poluídas, impróprias para abastecimento público - Ocupa 5,69 km² que representam 4,08% da área total 	Compatível com restrições	Compatível com restrições	incompatível	Compatível com restrições	Compatível com restrições	Compatível	Compatível

Tabela 20 - Diretrizes Gerais por Categoria de Uso

Unidades	Diretrizes Gerais	Sugestões
Preservação Permanente	<p>- Demarkação da Área de Preservação Permanente nas encostas da Serra Gerai, de acordo com o estabelecido no Código Florestal.</p>	<p>- Turismo disciplinado</p>
Preservação com Uso Restrito	<p>- Apresenta certas restrições ao uso devido à declividade, porém alguns espaços podem ser destinados a lavoura não-mecanizada com manejo adequado, ao reflorestamento ou a pastagem;</p> <p>- Compatibilizar a manutenção da cobertura vegetal com os espaços já ocupados pela população local;</p>	<p>- Realizar um trabalho de educação ambiental junto à comunidade da Roonha;</p> <p>- Incentivar o extrativismo;</p> <p>- Agricultura com manejo adequado nos espaços já ocupados;</p> <p>- Incentivar o turismo e o lazer;</p> <p>- Nas áreas já desmatadas incentivar o replantio de espécies nativas.</p>
Ocupação Controlada	<p>- Compatibilizar os usos do solo com a qualidade da água para classe 2;</p> <p>- Acompanhar a operação da Mina Novo Horizonte e do Lavador 3G</p>	<p>- Recuperar a mata ciliar de acordo com o Código Florestal;</p> <p>- Agricultura com manejo adequado;</p> <p>- Estimular a utilização de adubos orgânicos;</p> <p>- Instruir os criadores de suínos a tratar os dejetos produzidos nas granjas;</p>
Uso Condicionado	<p>- Não apresenta restrição à lavoura mecanizada em função da baixa declividade, porém as restrições são referentes à utilização dos cursos d'água que estão poluídos;</p> <p>- A unidade pode se destinar a mineração/beneficiamento com restrições</p>	<p>- Implantar programa de monitoramento da qualidade da água</p> <p>- Recuperação da área degradada para áreas de lazer</p>
Mata em Regeneração	<p>- Preservar a mata em processo de regeneração</p>	

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENDER, M. et al. Implicações ambientais da mineração na bacia do Rio Rocinha. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 5, 1995, Cuba. Anais...
- BERTALANFFY, L. V. Teoria geral dos sistemas. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico Caderno de Ciências da Teoria (São Paulo), n.3, 1972.
- BORTOLUZZI, C.A., AWDZIEJ, J., ZARDO, S.M. Geologia da bacia do Paraná em Santa Catarina. In: TEXTO EXPLICATIVO PARA O MAPA GEOLÓGICO DE SANTA CATARINA. Florianópolis: Distrito do DNPM, 1987. p.____, 216 p.
- BRADY, N. C., BUCKMAN, H. O. Natureza e propriedades dos solos: compêndio universitário sobre edafologia. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 594 p. il.
- BRASIL . DNPM. Informativo anual da indústria carbonífera. 1979. Brasília: DNPM, 1980. 121 p.
- _____ . Informativo anual da indústria carbonífera. 1980. Brasília: DNPM, 1981. 176 p.
- _____ . Informativo anual da indústria carbonífera. 1983. Brasília: DNPM, 1984. 212 p.
- _____ . Informativo anual da indústria carbonífera. 1984. Brasília: DNPM, 1985. 254 p.

BRASIL . DNPM. Informativo anual da indústria carbonífera. 1987. Brasília: DNPM, 1988. 250 p.

_____ . Informativo anual da indústria carbonífera. 1993. Brasília: DNPM, 1994. 267 p.

_____ . Informativo anual da indústria carbonífera. 1994. Brasília: DNPM, 1995. 254 p.

_____ . CARVÃO NO ESTADO DE SANTA CATARINA. Brasília: DNPM, 1981. 210p. (série geologia n.13, seção geologia econômica, 2).

_____ . PERFIL ANALÍTICO DO CARVÃO. Boletim n.6, p.140, 1987. Porto Alegre. Edição ver.

BRASIL . DNPM, AGES, UFSC. ROTEIRO DO MUSEU GEOLÓGICO DA SERRA DO RIO DO RASTO. s.n.t. (folder)

BRASIL . PORTARIA n.13 de 15.01.76. Regulamenta a classificação dos corpos d'água superficiais, com respectivos padrões de qualidade e os padrões de emissão para efluentes. Diário Oficial, Brasília. 16.01.78.

BRASIL. Resolução n.20 de 18.06.86. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Diário Oficial, Brasília. 30.07.86.

BRUNET, R. Les cartes de pentes. *Révue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*. (Toulouse). V.34, n.4, 1963.

CASTRO, J. C. et al. Coluna White: estratigrafia da bacia do Paraná no sul do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente, 1994. 68p.il. (texto básico de geologia e recursos naturais de Santa Catarina, 4).

CABAZAT, C. L'aide apportée par les photographies aériennes a l'elaboration des cartes de zones de Pente. In: CONGRÉS INTERNATIONAL DE PHOTOGRAMETRIE. Lousane, 1968.

CETESB. Guia de coleta e preservação de amostras de água. São Paulo: CETESB, 1987. 150p.

_____. Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo - 1972. São Paulo: CETESB, 1973. 251p.il (relatórios/secretaria do meio ambiente).

CHIARINI, J. V., DONZELI, P. L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. Campinas: Secretaria da Agricultura, 1973 (Boletim técnico, 3).

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia fluvial. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

DALL'ALBA, J. L. Colonos e mineiros no Grande Orleães. Florianópolis: Instituto São José, 1986. 408p.il.

DUARTE, G. M. A bacia de drenagem do Rio Tubarão-SC. Florianópolis: s.n., 1977. 101p. (relatório, resultados parciais).

ELETROBRÁS. Plano decenal de expansão 1998/2007. Rio de Janeiro: GCPSE, s.n. 240p.

ELETROSUL. DET. Monitoramento ambiental na região de Tubarão-1987/1988. Florianópolis: ELETROSUL, 1990. 269p.

FIGUEIRÓ, A. S. Aplicação do zoneamento ambiental no estudo da paisagem: uma proposta metodológica. Florianópolis: UFSC, 1997, 242p. Dissertação (mestrado em geografia).

FUNDATEC. Relatório de impacto ambiental da usina termelétrica Jorge Lacerda IV. Porto Alegre: FUNDATEC, 1997, (5v).

GOTHE, C. A. de V. Avaliação dos impactos ambientais da indústria carbonífera nos recursos hídricos da região Sul Catarinense. Florianópolis: UFSC, 1993. 123p. Dissertação (mestrado em geografia).

_____. Diagnóstico ambiental da região carbonífera catarinense. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 1989. Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1989. P 62-93. V.3. 341p.

HIDALGO, P. Metodología de planificación y manejo de cuencas hidrográficas. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE EXPERIÊNCIAS DE PLANIFICACIÓN Y MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. Florianópolis, 1985. Anais...

HIDROQUÍMICA: Relatório sobre caracterização do carvão mineral e das cinzas do complexo termelétrico Jorge Lacerda quanto aos riscos ao meio ambiente e saúde pública. Rio de Janeiro, 1989. (não publicado).

INHOFF, K. & INHOFF, K. Manual de tratamento de águas residuárias. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

LANNA, A. E. Instrumento de gestão ambiental: métodos de gerenciamento de bacias hidrográficas. Brasília: IBAMA, 1994. 164p.

MARANHÃO, R. J. L. Introdução à pesquisa mineral. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1982. 752p.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. et al. Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental. São Paulo: UNESP, 1994. 49p.

MONTEIRO, C. A. de F. Geossistemas: a estória de uma procura. Florianópolis: UFSC, 1995. 141p. (mimeog.).

PAREDES, E. A. Sistema de informação geográfica: princípios e aplicações. São Paulo: Érica, 1994. 675p.

PENTEADO, M. M. Fundamentos de geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, 1974. 158p.il.

PENTEADO-ORELLANA, M. Metodologia integrada do estudo do meio ambiente. In: SIMPÓSIO SOBRE QUESTÕES AMBIENTAIS E A SITUAÇÃO DE BELO HORIZONTE, 1983. Mato Grosso. Anais... Mato Grosso: Instituto de Geociências da UFMG, 1983.

ROSA, R. O uso de SIG's para o zoneamento: uma abordagem metodológica. São Paulo: USP, 1995. 214p. v.1. Tese (Doutorado em geografia).

ROSA, R., BRITTO, I. L. S. Introdução ao geoprocessamento: sistema de informação geográfica. Uberlândia: s.n., 1986. 104p.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990. 84p. (coleção repensando a geografia).

RS.SOPHS. Avaliação quali-quantitativa das disponibilidades e demandas de água na bacia hidrográfica do Rio Pardo-Pardinho: s.n., 1997.

RS. UFRGS. ESTUDOS SOBRE O IMPACTO ECOLÓGICO DA MINERAÇÃO E DO BENEFICIAMENTO DO CARVÃO NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Porto Alegre: NIDECO, 1978.

SANTOS, E. Contribuição ao estudo de poluição ambiental por metais pesados: a área do banhado da estiva dos pregos. Florianópolis: UFSC, 1992. 122p. Dissertação (mestrado em geografia).

SC. Decreto estadual n.14250 de 05.06.1981. Regulamenta dispositivos da lei n.5793 de outubro de 1980, referente a proteção e a melhoria da qualidade ambiental.

SC.FATMA. Estudos de viabilidade da recuperação das áreas mineradas na região sul de Santa Catarina. S.l.; s.n. 1997. 63p. (relatório setorial mineração do carvão em Santa Catarina).

SC. Portaria. GAPLAN. N.0024 de 19.09.1979. Enquadra os cursos d'água do Estado de Santa Catarina na classificação estabelecida pela Portaria MINTER n.0013 de 15.01.76.

SCHEIBE, L. F. et al. Diagnóstico preliminar da qualidade ambiental do Município de Lauro Müller. Revista do Departamento de Geociências. Florianópolis: CFH, n.16, p. 99-143, 169p., 1993.

SCHNEIDER, R. L. et al. A revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In: Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre: SGB, Anais...v.1. p.41-65, 1974.

SECRETARIA DO ESTADO DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E INTEGRAÇÃO AO MERCOSUL (SDE). 2ª Fase do Gerenciamento Costeiro de Santa Catarina (em elaboração).

SHINOBE, A., SRACEK, A. Drenagem ácida e seu impacto ambiental. Revista de Saneamento Ambiental, n.48, p.20-22, 1998.

SILVA, J. X. da., CARVALHO FILHO, L. M. Sistema de informação geográfica: uma proposta metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

GEOPROCESSAMENTO, 1990. São Paulo. Anais... São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1990. 13p.

SILVA, T. C. da. Et al. Proposta metodológica de estudos integrados para o diagnóstico dos recursos naturais e problemas ambientais-Salvador, 1986. 14p. (não publicado).

_____. Proposta metodológica de estudos integrados para o zoneamento ecológico-econômico-Salvador, 1987. 19p. (não publicado).

TEIXEIRA, A. L. de et al. Introdução ao sistema de informação geográfica. Rio Claro: s.n., 1992.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 97p.

VILLELA, R. Mineração de carvão em Santa Catarina e o meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 1989. Florianópolis. Anais... Florianópolis:UFSC, 1989. P. 50-61. V.3. 341p.

VOLPATO, T.G. A pirita humana: os mineiros de Criciúma. Florianópolis: UFSC, 1984. 160p.

WAGNER, R. Análise ambiental e a qualidade das águas na bacia do Rio Urussanga. Florianópolis: UFSC, 1989. Dissertação (mestrado em geografia).

WHITE, I. C. Relatório final da comissão de estudos das minas de carvão de pedra do Brasil: Com. Estudos do carvão de pedra do Brasil. Rio de Janeiro: DNPM, 1988. (parte I e II).

ZETA ENGENHARIA E PLANEJAMENTO LTDA. Projeto de preservação do meio ambiente na região carbonífera. Criciúma: s.n., 1985. 15v.

ANEXOS

Questionário

Objetivo: Identificar as possíveis relações sócio-econômicas existentes no vale do rio Rocinha e suas possíveis implicações no que se refere à organização deste espaço.

1. Nome: _____

2. Localidade: _____

- Alto vale
 Médio vale (próximo da área de mineração)
 Baixo vale (próximo da cidade)

3. Naturalidade: _____

4. Descendência:

- alemã italiano outros

5. Sexo:

- masculino feminino

6. Idade: _____

7. Estado Civil: _____

8. Religião: _____

9. Escolaridade: _____

10. Profissão: _____

11. Qual a área da propriedade: _____

12. Qual o uso? _____

agricultura criação de animais outros (especifique)

Se a resposta assinalada for (agricultura) responda:
Que tipo de plantação? Qual a área cultivada e como é comercializado?

Se a resposta assinalada for (criação de animais) responda:
Que tipo de criação e como é comercializado?

13. Qual a mão-de-obra utilizada:

diarista mensalista familiar

Se diarista,

temporário permanente

14. Que tipo de insumos utiliza?

adubo orgânico adubo químico defensivos outros

15. Quantas pessoas moram na casa?

16. Quantas pessoas freqüentam a escola? Onde fica a escola? localidade
 bairro

17. Quantas pessoas contribuem para a renda familiar?

18. Qual a renda familiar:

menos de 1 salário
 de 1 a 3 salários
 de 3 a 5 salários
 mais de 5 salários

19. Título de posse da propriedade:

proprietário inquilino outros

20. Tipo de moradia:

- alvenaria mista madeira outra

21. Tempo de residência:

- menos de 1 ano
 de 1 a 3 anos
 de 3 a 5 anos
 de 5 a 10 anos
 mais de 10 anos

22. Indique os três últimos lugares em que morou:

Cidade: _____
Estado: _____
Motivo da mudança: _____
Bairro/localidade: _____

Cidade: _____
Estado: _____
Motivo da mudança: _____
Bairro/localidade: _____

Cidade: _____
Estado: _____
Motivo da mudança: _____
Bairro/localidade: _____

23. Como é o abastecimento de água:

- rede pública
 rede própria
 fonte ou poço
 arroio
 outra:

24. Quais as vantagens que você encontra em morar aqui?

1. _____
2. _____
3. _____

25. E as desvantagens?

1. _____
2. _____
3. _____

25. Tem alguém que trabalha ou trabalhou na mineração? Por quanto tempo? Aonde? Qual a função?

Caso tenha parado: Porque parou? Há quanto tempo? Trabalha em outra atividade? Qual?

Se negativo: Porque?

26. Qual a sua opinião sobre a mineração de carvão?

Pontos positivos:

Pontos negativos:

27. Seria interessante que a mineração de carvão aumentasse?

() sim () não () não sabe Porque?

28. Quais os problemas de poluição que ocorrem por aqui?

29. Dá para melhorar? Como?

O questionário respondido deverá ser enviado para Prof. Sandra Arruda Furtado, FAX 2319751.



RESULTADO DE ANÁLISE

Número: 013/95

Amostra: Água

Interessado: Mariza Bender

Responsável pelo pedido: Mariza Bender

Data de entrada: 19/05/95

RESULTADO

	Pto 1	Pto 2	Pto 3	Pto 4	Pto 5	Pto 6	Pto 7	Pto 8	Pto A	Pto B
Fe	0,084	0,560	0,124	21,796	148,50	87,840	20,640	63,080	8,078	7,204
Zn	0,017	0,034	0,035	0,335	1,697	1,695	-	1,219	0,075	0,160
Mn	0,002	0,024	0,015	1,864	5,296	5,352	-	4,036	0,656	0,552
Cr	0,006	0,004	0,004	0,006	0,012	0,012	-	0,007	0,006	0,005
Cu	0,002	0,008	0,005	0,017	0,019	0,015	-	0,017	0,004	0,006
Ni	0,005	0,006	0,005	0,028	0,158	0,160	-	0,127	0,023	0,026
Pb	ND	ND	0,006	ND	ND	ND	-	0,022	ND	ND
SO ₄ ⁻	ND	6,1	3,4	240,3	934,7	882,9	483,7	705,7	302,9	263,4
pH	7,61	7,20	7,50	3,71	3,01	2,76	3,08	2,99	4,41	4,92
S. S.	1,0	4,0	4,0	12,0	18,0	7,0	13,0	12,0	11,0	18,0
S. D.	78,5	86,0	88,7	392,0	1690,0	1520,0	739,0	1164,0	237,0	215,0
Acidez Total	9,6	19,3	12,1	111,0	670,7	694,8	299,8	516,2	28,9	19,3

Obs.: - As amostras onde os valores estão abaixo do limite de detecção, foram concentradas 5 (cinco) vezes.

- Conc.: Fe, Zn, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb, S.S., S.D. e SO₄⁻ - ppm

- Conc.: Acidez total - mg/l (CaCO₃).

- S. D. - Sólido Dissolvido.

- ND - Não Detectado.

- S. S. - Sólido Suspenso.

- Comp. de onda: Fe - 148,3 nm, Cu - 324,7 nm, Cr - 357,9 nm,

Mn - 279,5 nm, Ni - 232,0 nm, Pb - 217,0 nm, Zn - 213,0 nm.

- Limite de detecção: Fe - 0,007, Cu: 0,008, Cr - 0,02, Mn - 0,003, Ni - 0,01,

Pb - 0,02, Zn - 0,008 (conc. ppm).

Florianópolis, 20 de junho de 1995.

Jucélia Beatriz Dário
Jucélia Beatriz Dário
CRQ 13100014



RESULTADO DE ANÁLISE

Número: 040/95

Amostra: Água

Interessado: Mariza Bender

Responsável pelo pedido: Mariza Bender

Data de entrada: 19/10/95

RESULTADO

	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Zn (ppm)	SO ₄ (ppm)	S. D. (ppm)	S. S. (ppm)	Acidez (ppm de CaCO ₃)
Amostra 1	0,024	N.D.	N.D.	0,009	N.D.	N.D.	59,0	3,7
Amostra 2	0,290	0,038	N.D.	0,020	N.D.	N.D.	68,0	3,7
Amostra 3	2,983	0,292	0,009	0,055	54,9	5,0	128,0	10,0
Amostra 4	3,187	0,295	0,010	0,051	62,9	18,0	149,0	9,0
Amostra 5	9,122	0,463	0,011	0,113	92,8	63,0	137,0	37,0
Amostra 6	96,400	2,450	0,100	1,125	519,3	127,0	799,0	437,0
Amostra 7	81,900	2,409	0,095	1,115	505,0	69,0	795,0	446,0
Amostra 8	66,225	1,980	0,077	0,840	425,1	35,0	692,0	335,0

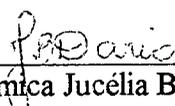
Obs.: 1- A amostragem foi realizada pela interessada.

2- S.D. - Sólidos dissolvidos.

3- S.S. - Sólidos suspensos.

4- N.D.- Não detectado.

Florianópolis, 12 de dezembro de 1995.


Química Jucélia Beatriz Dario
CRQ 13100014