

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

**APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NO MONITORAMENTO DE
ÁREAS SUJEITAS À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO SANGÃO - SC**

ANA MARIA BENCCIVENI FRANZONI

**ORIENTADOR : PROF. DR. PAULO FERNANDO LAGO
CO-ORIENTADORA: PROF.^a M. ENG. ÉDIS MAFRA LAPOLLI**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO
DE RECURSOS NATURAIS**

**FLORIANÓPOLIS - SC
AGOSTO/1993**

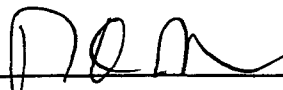
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA

**APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NO MONITORAMENTO DE
ÁREAS SUJEITAS À DEGRADAÇÃO AMBIENTAL: O CASO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO SANGÃO - SC**

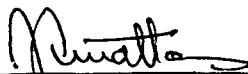
ANA MARIA BENCCIVENI FRANZONI

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

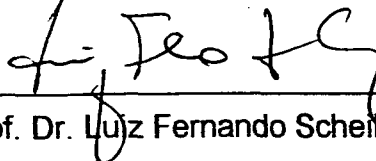
APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 30/08/1993.



Prof. Dr. Paulo Fernando Lago - Presidente (UFSC)



Prof. Dr. Juécio Tavares de Mattos - Titular (INPE)



Prof. Dr. Luiz Fernando Scheibe - Titular (UFSC)



Profª M. Sc. Walquíria Krüger Corrêa - Suplente (UFSC)

À minha mãe,
Hilta T. Benciveni,
com muito amor e
à memória de meu
inesquecível pai,
José Benciveni

AGRADECIMENTOS

Agradeço com especial apreço ao Prof. Dr. Paulo Fernando Lago, o qual, através de sua orientação, paciência e carinho, próprios de sua qualidade de grande mestre que é, possibilitou a conclusão deste trabalho.

Um agradecimento especial ao professor e amigo Alceu Ribeiro Alves pela inestimável colaboração.

À professora e amiga Lia Caetano Bastos, pelas sugestões e incansável colaboração.

Aos professores e amigos, Flávio Rubens Lapolli, Rogério Cid Bastos e Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, pelo apoio e constante incentivo.

Aos pesquisadores do Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto/SC, Francisco Kazue Takeda, Mauro Ribeiro Martins, Ricardo Wagner ad-Víncula Veado, Rosana Maria Rodrigues, Victor José Philippi Luz e em especial à Mariane Alves Dal Santo e Soraia Marinon Zardo.

Aos professores Dr. Juércio Tavares de Mattos, Dr. Luiz Fernando Scheibe e M. Sc. Walquíria Krüger Corrêa, membros da comissão examinadora deste trabalho, pela participação e sugestões apresentadas.

Às professoras Dra. Thelma Krug e Dra. Maria de Lourdes Kurkdjian, pesquisadoras do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pelas valiosas sugestões.

Ao meu marido Carlos Augusto, pela abnegação, incentivo e colaboração prestada ao longo deste trabalho.

Aos meus filhos, Michelle, Christine e Rodrigo, pela compreensão da minha ausência nos momentos que mais precisaram de mim.

À minha mãe Hilda, pelo amor, apoio e atenção dispensada à minha família.

Às minhas irmãs, Renata e Fernanda, pelo carinho e apoio recebidos.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Geografia pelos ensinamentos.

À Marli Terezinha Costa, pela sua eficiência e dedicação.

Ao Dalmocir Mafra, pela contribuição nos trabalhos fotográficos.

Ao Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto/SC pela oportunidade de treinamento na área de processamento digital de imagens.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela concessão das imagens de satélites.

À Secretaria de Planejamento e Fazenda pelo empréstimo das fotografias aéreas.

Ao Prof. Dr. Carlos Loch, tendo em vista que este trabalho foi iniciado em 1990, sob a sua orientação, sendo mais tarde substituído pelo Prof. Dr. Paulo Fernando Lago. Desta forma, o trabalho preliminar foi adequado à nova orientação e apresentado em um novo seminário de qualificação realizado em junho último.

À Universidade Federal de Santa Catarina por permitir a realização do curso.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À professora e amiga Édis Mafra Lapolli que, com sua experiência profissional, dedicação, incentivo e perseverança, possibilitou o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

Édis, o valor das coisas não está no tempo que elas duram, nem nos objetivos que elas traçam, mas sim na intensidade de saber corresponder no instante em que elas acontecem.

Muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho teve como objeto de estudo a Bacia Hidrográfica do Sangão, com aproximadamente 196 Km², situada na região sul do estado de Santa Catarina, mais precisamente na Região Carbonífera Catarinense, abrangendo parte dos municípios de Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga.

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de proceder o levantamento do uso do solo da Bacia do Sangão, bem como conhecer a realidade do processo de alteração do meio ambiente, de forma a permitir o registro e a representação das modificações ocorridas na área e, para tanto, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto, sustentadas com o imprescindível apoio de campo.

Nesta pesquisa, os produtos de Sensoriamento Remoto utilizados foram, principalmente, fotografias aéreas pancromáticas e imagens digitais do satélite LANDSAT 5/TM.

As fotografias foram interpretadas com o auxílio da visão estereoscópica com base nos elementos de reconhecimento. Para o tratamento e classificação das imagens digitais foi utilizado o Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150). Esses resultados foram geo-referenciados no Sistema Geográfico de Informações (SGI), onde as informações manipuladas permitiram a elaboração dos mapas de uso do solo.

Os mapas de uso do solo, das três épocas distintas (1978,1984 e 1990) permitirão proceder uma análise das alterações ocorridas, e essas servirão como subsídios a uma futura análise ambiental da área.

ABSTRACT

The aim of this work is to study the Sangão River Hydrographic Basin, with about 196 Km², located at the southern zone of state of Santa Catarina, more precisely in the Santa Catarina Coal Region, embracing the municipal districts of Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis and Urussanga.

The study was done looking at the land use survey of Sangão River Basin, as well as to know the real conditions of the environmental alteration process, in order to allow the record and the representation of the transformations verified within the area, and to reach it, the remote sensing technics were utilized, supported with the necessary field work.

In this study the remote sensing products used were, mainly, panchromatic aerial photographs and Landsat 5/TM satellite digital images.

The photographs were interpreted by using stereoscopic vision, supported on the recognizing elements. The treatment and classification of the digital images demand the use of the Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM-150). The outcomes were geo-referenced in the Sistema Geográfico de Informações (SGI), in which the processed data permitted to create land use maps.

The land use maps, on the distinct periods (1978, 1984 and 1990) will allow to proceed an analysis on the alterations and these ones will attend to a future analysis environmental of the studied area.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OCUPAÇÃO DA BACIA DO SANGÃO: INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ALTERAÇÃO AMBIENTAL	5
3. ÁREA DE ESTUDO	15
3.1 Introdução	15
3.2 Localização	15
3.3 Caracterização da Área como Subsídio à Análise Ambiental	17
3.4 Atividades Econômicas	20
3.4.1 Agropecuária	21
3.4.2 Indústrias de Transformação	24
3.4.3 Carvão Mineral	25
3.4.3.1 Aspectos Gerais da Mineração	30
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
4.1 Sensoriamento Remoto	34
4.2 Degradação Ambiental	45
4.3 Monitoramento	51

4.4	Sistemas de Informações Geográficas	53
5.	METODOLOGIA UTILIZADA	57
5.1	Introdução	57
5.2	Material	57
5.2.1	Fotografias Aéreas	58
5.2.2	Imagens de Satélite	58
5.2.3	Documentos Cartográficos	59
5.2.4	Equipamentos	59
5.3	Metodologia	60
5.3.1	Reconhecimento de Campo	60
5.3.2	Aquisição e Seleção dos Materiais	66
5.3.3	Geração do Mapa-Base	66
5.3.4	Interpretação das Fotografias Aéreas e das Imagens de Satélites	67
5.3.4.1	Definição das Classes de Uso do Solo	67
5.3.5	Transferência das imagens	68
5.3.6	Registro das Imagens	69
5.3.7	Realce das Imagens	71
5.3.8	Classificação das Imagens: Método da Máxima Verossimilhança	72
5.3.9	Agrupamento das Classes da Fotointerpretação	73
5.3.10	Transferência das Informações Obtidas para o Mapa-Base	74
5.3.11	Geração dos Mapas de Uso do Solo	75
5.3.12	Cálculo das Áreas das Classes de Uso do Solo	76
5.3.13	Análise das Alterações Ocorridas na Área de Estudo	76
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
6.1	Considerações Iniciais	77
6.2	Quanto à Interpretação Visual de Fotografias Aéreas	78

6.3	Quanto ao Processamento Digital de Imagens	82
6.4	Quanto ao Processo de Alteração Ocorrido na Área	116
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	124
	BIBLIOGRAFIA	129
	RELAÇÃO DE SIGLAS	xiv
	SUMÁRIO DE FIGURAS	xv
	SUMÁRIO DE TABELAS	xviii
	SUMÁRIO DE MAPAS	xix

RELAÇÃO DE SIGLAS

LANDSAT - Land Satellite

SPOT - Système Probatoire d'Observations de La Terre

ERTS - Earth Resources Technology Satellite

RBV - Return Beam Vidicon

MSS - Multispectral Scanner Subsystem

TM - Thematic Mapper

HRV - Haute Resolution Visible

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

SIG - Sistema Geográfico de Informações

SITIM - Sistema de Tratamento de Imagens

SIG - Sistema de Informações Geográficas

CEPCAN - Comissão Executiva do Plano de Carvão Nacional

CPL - Carvão Pré-Lavado

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral

LARS/SC - Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Santa Catarina

SUMÁRIO DE FIGURAS

FIGURA 3.1	Localização da Área de Estudo	16
FIGURA 5.1	Fluxograma de Trabalho	62
FIGURA 5.2	Vista Parcial da Bacia do Sangão	63
FIGURA 5.3	Margens do Rio Sangão na Localidade de Verdinho	63
FIGURA 5.4	Proximidades da Foz do Rio Sangão	64
FIGURA 5.5	Mina da Companhia Carbonífera Urussanga	65
FIGURA 5.6	Vista Parcial das Instalações da Mina da Companhia Carbonífera Urussanga	65
FIGURA 6.1	Resultado da Interpretação das Fotografias Áreas 78/79	81
FIGURA 6.2	Imagem/84 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 3	84
FIGURA 6.3	Imagem/84 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 4	85
FIGURA 6.4	Imagem/84 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 5	86
FIGURA 6.5	Composição Colorida da Imagem/84 do Satélite LANDSAT 5/TM	87
FIGURA 6.6	Imagem/88 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 3	88
FIGURA 6.7	Imagem/88 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 4	89
FIGURA 6.8	Imagem/88 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 5	90
FIGURA 6.9	Composição Colorida da Imagem/88 do Satélite LANDSAT 5/TM	91
FIGURA 6.10	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/84	95

FIGURA 6.11	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/84	95
FIGURA 6.12	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/84	96
FIGURA 6.13	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/88	96
FIGURA 6.14	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/88	97
FIGURA 6.15	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/88	97
FIGURA 6.16	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste	98
FIGURA 6.17	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste	98
FIGURA 6.18	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste	99
FIGURA 6.19	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/88 com Ampliação de Contraste	99
FIGURA 6.20	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/88 com Ampliação Linear de Contraste	100
FIGURA 6.21	Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/88 com Ampliação Linear de Contraste	100
FIGURA 6.22	Resultado da Classificação da Imagem/84	112
FIGURA 6.23	Resultado da Classificação da Imagem/88	115
FIGURA 6.24	Evolução das Áreas das Classes de Uso do Solo	121

SUMÁRIO DE TABELAS

TABELA 3.1	Principais Produtos Agrícolas dos Municípios: Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga	22
TABELA 3.2	Principais Produtos Pecuários dos Municípios: Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga	23
TABELA 4.1	Satélites da Série LANDSAT	36
TABELA 4.2	Características dos Sensores a Bordo dos Satélites da Série LANDSAT	39
TABELA 4.3	Principais Aplicações Potenciais das Bandas TM do LANDSAT 5	40
TABELA 4.4	Faixas Espectrais do Modo Multiespectral do Sensor HRV a Bordo do SPOT	42
TABELA 6.1	Dados da Precisão do Registro da Imagem/84	92
TABELA 6.2	Dados da Precisão do Registro da Imagem/88	93
TABELA 6.3	Análise de Amostras da Classe Cultura/Pastagem/84	104
TABELA 6.4	Análise de Amostras da Classe Banana/84	104
TABELA 6.5	Análise de Amostras da Classe Área Urbanizada/84	105
TABELA 6.6	Análise de Amostras da Classe Reflorestamento/84	105
TABELA 6.7	Análise de Amostras da Classe Área de Mineração/84	106
TABELA 6.8	Análise de Amostras da Classe Vegetação Arbórea/84	106
TABELA 6.9	Matriz de Classificação da Imagem/84	107
TABELA 6.10	Análise de Amostras da Classe Cultura/Pastagem/88	107
TABELA 6.11	Análise de Amostras da Classe Banana/88	108

TABELA 6.12	Análise de Amostras da Classe Área Urbanizada/88	108
TABELA 6.13	Análise de Amostras da Classe Reflorestamento/88	109
TABELA 6.14	Análise de Amostras da Classe Área de Mineração/88	109
TABELA 6.15	Análise de Amostras da Classe Vegetação Arbórea/88	110
TABELA 6.16	Matriz de Classificação da Imagem/88	110
TABELA 6.17	Área das Classes de Uso do Solo (Km ²)	120
TABELA 6.18	Área das Classes de Uso do Solo (%)	120

SUMÁRIO DE MAPAS

Mapa de Uso do Solo/78	117
Mapa de Uso do Solo/84	118
Mapa de Uso do Solo/90	119

1. INTRODUÇÃO

A situação ambiental do Estado de Santa Catarina vem merecendo crescente preocupação por parte de muitos setores da sociedade. Inclusive entre integrantes da comunidade universitária, muitos estudos têm sido desenvolvidos, principalmente com dissertações de mestrado.

A gravidade da situação ambiental em Santa Catarina é diferenciada, em virtude de características diversas das relações entre as atividades humanas e as distintas regiões do Estado.

Em termos gerais, a situação ambiental de Santa Catarina necessita de procedimentos alternativos para o seu controle, pois vem acarretando sérios e graves problemas quanto às formas e intensidade de degradação de recursos naturais. Dessa forma, torna-se necessário ao Estado adotar uma política de meio ambiente objetivando à conservação e ao uso adequado do seu potencial, em proveito do homem.

Qualquer política de controle envolve uma análise ambiental, que, de acordo com LOMBARDO (1983), deve considerar o espaço aéreo, o solo e o subsolo.

O campo de pesquisa da análise ambiental encontra-se em franca utilização, principalmente (as chamadas ciências ambientais, e esta análise tende a) por algumas das chamadas ciências ambientais, e esta análise tende a erigir-se em utilíssimo instrumento de investigação interdisciplinar (SILVA e SOUZA, 1989).

A questão ambiental se refere à forma como a sociedade se relaciona com a natureza. Incluí tanto as relações sociais como as complexas relações entre o mundo físico-químico e orgânico. Na realidade, não existe nenhuma área de conhecimento específico com competência para decidir sobre essa questão, embora muitas tenham o que dizer a seu respeito. Em vista disso, pode-se concluir que essa questão é mais que um campo interdisciplinar, pois engloba o conhecimento técnico-científico, o de normas e valores e o estético-cultural guiados por razões diferenciadas, mas não dicotômicas.

A análise ambiental nesta concepção abrangente aponta precisamente para a superação da dicotomia entre o físico e o humano, entre a natureza e a sociedade. Essa dicotomia que reflete uma visão dualista, ou seja, que estabelece duas categorias, é subjacente não apenas na Geografia mas ao pensamento científico como um todo (SILVA e SOUZA, 1989), herdeiro de tradições conceituais que, modernamente vem sendo repensada na direção de uma visão monista.

A visão monista se fundamenta no princípio de que homem e natureza são indissociáveis, isto é, homem é natureza e natureza é homem.

Infere-se que a análise ambiental exige procedimentos de investigação que, sem excluir a importância de uns, pode se orientar por outros que se valem de especiais recursos de técnicas e de conhecimento.

A análise do contexto ambiental procura esclarecer o papel do homem e, ao mesmo tempo, os resultados que trazem expressões paradoxais, isto é, um modelo de desenvolvimento ambivalente, contraditório.

Para a análise ambiental de uma determinada área é necessário conhecer o seu dinamismo, isto é, conhecer não somente a sua situação em um determinado momento, mas, também, a identificação das diversas modificações nele ocorridas, durante um certo período de tempo. Torna-se, portanto, necessário que se possa avaliar o impacto das ações decorrentes de fenômenos naturais e de fenômenos antrópicos, com utilização de meios seqüenciais que se valem de técnicas que permitem a análise temporal de fatos.

A utilização de dados de sensoriamento remoto no levantamento e monitoramento ambiental é viável tecnicamente, e extremamente importante do ponto de vista ecológico, considerando que a aplicação de dados de sensores orbitais permite a obtenção de informações, em várias épocas, de fundamental importância para o estudo e acompanhamento das alterações ambientais (VALERIANO e REIS, 1985).

Este trabalho tem como objetivo proceder levantamento do uso do solo da Bacia do Sangão, bem como conhecer a realidade do processo de alteração do meio ambiente, de forma a permitir o registro e a representação das modificações ocorridas na área.

A Bacia Hidrográfica do Sangão, objeto deste estudo, é uma das áreas mais degradadas da região, tendo em vista, principalmente, a exploração do minério do carvão. A exploração subterrânea, a lavra do carvão a céu aberto, bem como o lançamento do rejeito na bacia vêm modificando a topografia local, reduzindo grande parte da área agrícola da região, provocando poluição das águas, assoreamento nos leitos dos rios e contribuindo para o problema de inundações.

O sistema hídrico está comprometido de tal forma que o abastecimento

das comunidades, com água potável, se aproxima dos níveis críticos, face à contaminação dos mananciais remanescentes disponíveis. As medidas de controle e recuperação ambiental têm caráter "urgente" (FATMA,1982e).

Praticamente toda a área ribeirinha do Rio Sangão está contaminada pelos finos do carvão (LOCH 1991b). Essa situação é observada, igualmente, em outros vales da região carbonífera, cujos corpos hídricos apresentam extrema acidez, destituídos de condições para comportar vida aeróbica e, em alguns trechos, até mesmo a deterioração eliminou o sistema de vida anaeróbica. A deterioração dos recursos hídricos alcança, além disso, conforme as fontes mencionadas, o lençol subterrâneo.

O trabalho tem grande relevância, tendo em vista que visa aplicar uma metodologia para levantar os problemas de desequilíbrio ambiental, além de servir de subsídio a projetos futuros de planificação e pesquisas que venham a ser desenvolvidos na área.

Este trabalho será respaldado na tecnologia de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, cuja utilização vem se destacando, com grande eficiência, como ferramenta fundamental na avaliação da degradação ambiental e desequilíbrio ecológico válida para as pesquisas em Climatologia, em Geografia, em Engenharia, em Urbanismo e em outras disciplinas.

A utilização de dados obtidos por Sensoriamento Remoto permite conhecer a realidade do processo de degradação e representar as modificações ocorridas na área.

2. OCUPAÇÃO DA BACIA DO SANGÃO: INFLUÊNCIA NO PROCESSO DE ALTERAÇÃO AMBIENTAL

A ocupação humana da Bacia do Sangão com a finalidade de se desenvolver atividades do uso do solo agrícola é um dos muitos episódios da política de imigração estrangeira do Brasil e da tentativa de formação de espaços geográficos colonizados por grupos familiares, tendo por base a pequena propriedade.

Particularmente, é um dos muitos episódios deste processo que se desenvolveu de modo muito expressivo em áreas do atual Estado de Santa Catarina, desde o exemplo da ocupação de áreas litorâneas pelos açorianos, a partir de 1748, identificada como a fase do povoamento português, conforme apontam historiadores como PIAZZA (1982), CABRAL (1987), LAGO (1988) e outros.

É bem verdade que os colonos açorianos não são considerados "estrangeiros", já que a vinda dos mesmos ocorreu em épocas do Brasil Colonial, antes, portanto, de sua independência política. Além disso, os açorianos e outros luso-brasileiros não ocuparam, pelo menos sob a organização de grandes grupos de pessoas, as áreas interiores da região sul catarinense, limitando-se, em geral, aos espaços costeiros ou a iniciar atividades criatórias que, inclusive, resultaram pequenos povoados e vilas como Tubarão e Criciúma.

A entrada de imigrantes europeus nos ambientes litorâneos catarinenses, principalmente germânicos e italianos, a partir do ano de 1827, foi

decorrente do compromisso assumido pelo Governo Brasileiro com o Governo Inglês que já nesta época exercia pressão para o cessamento do tráfico de escravos africanos.

Embora tenha sido iniciado, em 1828, o processo de colonização estrangeira em Santa Catarina - São Pedro de Alcântara, Angelina - sob administração direta do governo, o movimento imigratório, tornou-se expressivo somente mais tarde, principalmente após o estabelecimento de condições jurídico-institucionais que permitiram o direito de posse de terras e quando as Províncias receberam delegação de competência para organizar núcleos de colonização em terras devolutas - Ato Adicional de 1834 - conforme assinala LAGO (1988).

Nos vales do Litoral Central e Norte do Estado, foram implantadas muitas colônias, principalmente com imigrantes alemães, desde 1850. Nos vales sulinos da vertente atlântica a ocupação por grupos estrangeiros foi, mais tarde, principalmente por grupos vindos da península itálica.

Mas, antes da vinda de grupos estrangeiros para ocupar os vales do Tubarão, Urussanga, Araranguá e seus tributários, ocupantes de origem luso-brasileira formaram propriedades agrícolas e criatórias. Esses vieram de muitas partes, como da região de Laguna, um dos mais antigos povoados de Santa Catarina, e do Planalto, onde se desenvolviam estâncias criatórias. Alguns dos antigos ocupantes da área ficaram dispersos nas faixas litorâneas de Santa Catarina e, mesmo, isolados, ao longo dos rios. Outros participaram do processo de colonização do Estado, inclusive como organizadores de empresas.

A formação de núcleos litorâneos decorreu das vantagens de articulação da grande via, o mar.

"Em Santa Catarina, as condições do litoral eram mais favoráveis, pela abundância de enseadas de formas elípticas, drenadas por rios que alcançaram áreas mais amplas por entre as cristas mais ou menos oblíquas à linha da costa, além de mais fácil captura de peixes, crustáceos e moluscos devido à numerosidade de pontos de grande piscosidade" LAGO (1968:87).

A interiorização do povoamento foi, de início, muito lenta. Foi acelerada após as medidas que estimularam a imigração estrangeira e que, nos Vales do Sul ocorreu depois de meados da década de 50, do século XIX.

O maranhense, engenheiro Joaquim Ferreira, com sua família em 1877, chegou ao vale do Tubarão, via Laguna, instalando-se às margens dos rios Pedras Grandes (que mais tarde seria sede de colônia), Canela Grande e Armazém. Seu objetivo era dirigir o povoamento das cabeceiras do rio Tubarão com imigrantes italianos, abrindo-se picadas para facilitar o assentamento das famílias de colonos (FERREIRA, 1939).

A colonização agrícola em Santa Catarina se manifestou em terras cobertas de mata, onde os solos eram mais férteis e os colonos poderiam dispor de muitos recursos naturais como a lenha e madeira, além de animais que caçavam para obtenção de carne.

Analisando-se a literatura anteriormente apresentada, pode-se perceber uma seqüência de fixação de grupos humanos que foram ocupando diversas áreas, abrangendo partes das bacias do sudeste catarinense. Pode-se perceber, também, uma ação continuada de alterações de ambientes, principalmente pela supressão de áreas cobertas de floresta, isto é, para formação de precários agrossistemas, do ponto de vista da economia.

"A medida que o vale do Tubarão vai se estreitando à montante da vila, a clareira aberta nas duas margens pelos seus povoadores, com sucessivas derrubadas, ia diminuindo sensivelmente de largura.... Quando alcançou o lugar escolhido para a séde da colônia, derrubou-se o mato nas margens de Pedras Grandes, a montante de um morro acuminado que se eleva à esquerda pouco depois de se passar uma agoazinha nascida em suas vertentes" (FERREIRA, 1939:40,42).

PICHETTI (1970) e CABRAL (1987) dizem que, já por volta de 1774, o território de Urussanga havia sido descoberto pelo Capitão de Ordenanças da Vila de Laguna, Manoel Sousa Pôrto, que, junto com escravos, teria desbravado e até mesmo habitado a área, mas com o seu falecimento a região foi abandonada.

Com a chegada dos imigrantes italianos provenientes de Teluso, Verona e Mantua, a 28 de abril de 1877, foi fundada a Colônia Azambuja (CABRAL, 1987). Urussanga foi uma espécie de extensão da Colônia de Azambuja, tendo recebido seus primeiros ocupantes em 1878, conforme aponta FERREIRA (1939). Oriundos de Beluno, conforme observa CABRAL (1987), os colonos italianos que fundaram Urussanga, tiveram ajuda em víveres dos colonos de Azambuja, até que suas lavouras pudessem garantir subsistência.

Conforme PICHETTI (1970), os imigrantes trouxeram envoltos em musgos, bacelos de vinhas da Itália, razão das parreiras de Urussanga.

FERREIRA (1939) diz que os colonos, assentados nos vales dos rios Pedras Grandes, Canela Grande e Armazém, em 1878 tiveram sua primeira colheita de feijão, arroz e milho e que no ano seguinte houve participação dos imigrantes de Urussanga e Rancho dos Bugres. A agricultura foi enriquecida com

plantações de abóboras, morangas, chuchus e melancias, e cultura de fumo em pequena escala. Também a suinocultura se fez presente, bem como a avicultura, com a criação de galinhas, patos, marrecos, gansos, perus, pombos e pavão.

Novos italianos chegaram à região em 1879, fixando-se em Rio dos Bugres, Rio Maior, Urussanga Baixa, Rio Americano, Salto e Caeté.

No ano de 1880, outros imigrantes italianos, reunidos por Demétrio Dario, procedentes de Veneza, Beluno e Treviso, fundaram o núcleo de Criciúma, a vinte e cinco quilômetros ao sul de Urussanga. Em Criciúma os imigrantes, desde o início, dedicaram-se à agropecuária, criando suínos, bovinos e aves, e cultivando feijão, milho, arroz, aipim, mandioca, batata inglesa, batata doce, cebola, cana-de-açúcar, trigo, amendoim, abóbora, café, uva e banana.

"Completamente entregues à sua própria sorte, começaram os imigrantes italianos, sem o conhecimento da técnica devida, a derrubar as matas, abrir clareiras e construir seus ranchos fechados de madeira rachada e coberta de palha" (ARNS, 1985:49).

Em 1890, conforme FABRE(1976) e ARNS(1985), chegaram via Laguna, Pedras Grandes e Urussanga, diversas famílias de imigrantes teuto-russos, juntamente com o primeiro grupo de imigrantes poloneses. Anos mais tarde, imigraram mais dois grandes grupos de poloneses.

Os imigrantes poloneses, além da agricultura, dedicavam-se à criação de abelhas, fixando-se nas localidades de Cocal, Linha Cabral, Linha Torrens, Linha Ferreira Pontes, Linha Espanhola e Linha Batista.

ARNS(1985), diz que os teuto-russos fixaram-se em Linha Anta e Três Ribeiros e que a sua colonização foi de curta duração, abrangendo o período de 1890 a 1917, ficando, apenas, no local a família de Roberto Meier. As dificuldades encontradas pelos colonizadores na nova comunidade foram a causa do êxodo destes colonizadores.

Ainda no ano de 1890, segundo CABRAL(1985), Ângelo Fiorita obteve uma concessão de trinta mil hectares de terras a sudoeste de Urussanga, com o objetivo de assentar uma nova corrente de imigrantes italianos. Deste assentamento resultaram os núcleos de Nova Veneza, Nova Treviso, Nova Beluno e Belvedere.

Segundo o mesmo autor, Azambuja em 1891, abrangia quatro centros: Azambuja, Urussanga, Acioli Vasconcelos e Presidente Rocha. Acioli Vasconcelos iniciou seu núcleo em 1885, às margens do rio Cocal e incluía o território de Criciúma. Em 1891, às margens do rio Sangão, instalava-se o núcleo Torrens.

FABRE(1976) e ARNS(1985) dizem que os imigrantes alemães da região de Mozele, que se instalaram em 1828 na localidade de Palhoça e vizinhanças atraídos por melhores condições de vida, chegaram por volta do ano de 1912 à Criciúma, fundando a localidade de Forquilha. Esses imigrantes, assim como os outros, dedicaram-se à agropecuária.

Em 1891, Urussanga foi elevada à categoria de distrito e em 1900, no dia 6 de outubro desmembrou-se de Tubarão e passou a constituir um novo município (Lei Estadual nº 476).

De Urussanga tiveram origens os municípios de Siderópolis e Morro da Fumaça.

O município de Criciúma foi criado pela Lei Estadual nº 1.516, de 4 de novembro de 1925, com terras desmembradas de Araranguá.

Siderópolis, antiga Colônia de Beluno, passou a município em 19 de dezembro de 1958 (Lei Estadual nº 380), quando então, foi desmembrado de Urussanga.

O município de Maracajá desmembrou-se de Araranguá em 12 de maio de 1967 (Lei Estadual nº 1.063).

Forquilha, distrito de Criciúma, teve sua emancipação em 26 de abril de 1989, através da Lei Estadual nº 7.587.

Conforme o exposto, onde se fez referência a alguns fatos do processo de ocupação colonizadora dos vales meridionais da vertente atlântica de Santa Catarina, pode-se sentir que os espaços geográficos se destinavam à organização de atividades extrativistas vegetais, de uso policultor do solo, de criação de animais de portes diferentes, como os bovinos, eqüinos, ovinos, caprinos, suínos e aves. O uso do solo, na medida em que excedentes da produção fossem formados, começavam a propiciar condições para processos manufatureiros domésticos.

O subsolo não estava nos planos dos ocupantes colonizadores, a não ser pelo uso de materiais argilosos para produção oleira e cerâmica, e pedra e brita como materiais de construção.

No entanto, conforme iam sendo instaladas as colônias, a exploração de um combustível mineral foi vista como promissora, mas não pelos colonos e sim

pelas autoridades brasileiras e por empresários que poderiam obter concessão de lavras. Não poderia ser de modo diferente, pois nessa época, o carvão mineral era consagrado como o grande responsável pela industrialização que se consolidava na Europa e nos Estados Unidos.

Conforme aponta LAGO (1988), o Brasil buscava expandir fronteiras agrícolas e extrativistas conectáveis com os portos litorâneos pelas ferrovias a carvão e buscava atingir mercados consumidores de café, açúcar, madeira, por embarcações movidas a vapor, por queima de carvão. O mundo girava em torno do precioso mineral fóssil.

Assim, a descoberta de um tipo de carvão nas bacias meridionais de Santa Catarina começou a desviar o rumo da história da região e o rumo das relações entre o homem e os ambientes.

A exploração do carvão mineral, conforme VILLELA (1989) teve início em 1876, antes mesmo da vinda de grande parte de colonos. Mas, era executada sem recursos mecânicos e o transporte do produto era feito em carros de boi e, também, em canoas, em busca do porto de Laguna. Sendo o destino final dessa produção incipiente mais para averiguação de sua possibilidade para uso em usinas siderúrgicas.

Embora os processos de lavra e transporte fossem muito primitivo, acreditou-se que o carvão era um recurso importante, pois foi em função desta perspectiva que o Governo Imperial decidiu construir uma ferrovia e estudar outras medidas para intensificar as lavras e o escoamento, já que o porto de Laguna apresentava limitações para atracagem de navios de maior calado.

O início da industrialização do carvão, aconteceu a partir de 1884,

quando entrava em operação a estrada de ferro Donna Thereza Cristina Railway Company Limited, usando desde então o carvão mineral como combustível e servindo para o transporte deste minério até o porto de Laguna.

Conforme ficou evidenciado, a paisagem dessa região, a partir da colonização, foi marcada pelas opções entre a atividade agrícola e a mineração do carvão.

Em outros termos, com o desenvolvimento dessas atividades, solo e subsolo começaram, simultaneamente, a serem alterados pelas atividades humanas e, decorrentemente, outros aspectos dos recursos naturais, como os vegetais e os hídricos.

Cumprе ressaltar que, a efetiva exploração deste bem econômico do subsolo, aliada às atividades agrícolas, pastoris e extrativistas vegetais, trouxeram reais benefícios econômicos para a região, estimulando investimentos externos para muitos fins, como por exemplo, a expansão da malha viária, a implantação de usina de beneficiamento, a implantação de usinas termelétricas e outros. Até mesmo imigrantes foram atraídos para as lavras, a exemplo de grupos alemães e poloneses, que viviam em regiões carboníferas européias.

Apesar dos benefícios econômicos advindos da exploração do carvão, os ecossistemas foram alterados não apenas segundo os processos de substituição de sistemas florestais para agrossistemas, mas ocasionando resultados mais graves, como a degradação de recursos hídricos, o revolvimento de materiais da estratigrafia e transferência desses materiais para locais de aterros, pavimentação de vias e outras formas de situações que podem ser interpretadas como impactos ambientais.

A Bacia do Sangão é, dentre outras que integram a chamada bacia carbonífera, uma das mais beneficiadas e das mais afetadas pela mineração do carvão. Não obstante, essa bacia preserva atividades de uso do solo, delineadas pela política de ocupação colonizadora que se consolidou nos meados do século XIX.

Os mapas que foram obtidos, com base em informações de anos diferentes, permitem visualizar melhor a tipologia e extensão da complexa atividade humana na região.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 Introdução

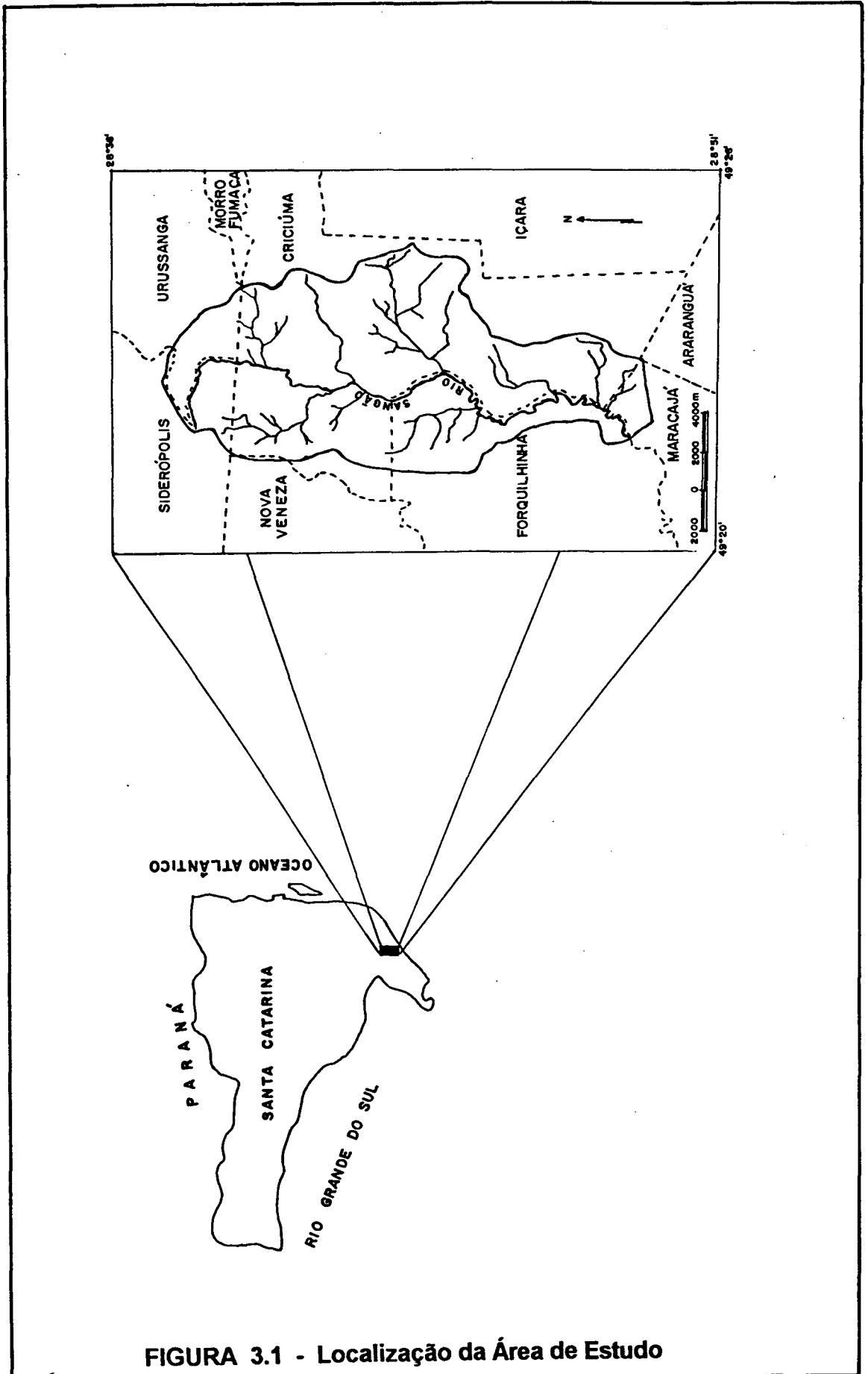
Para testar a metodologia, comprovando sua viabilidade prática, escolheu-se para área de estudo uma bacia hidrográfica do Estado de Santa Catarina.

A área escolhida foi a Bacia Hidrográfica do Sangão, por apresentar problemas de degradação ambiental. A quase totalidade da degradação ambiental nesta bacia deve-se à intensa exploração de carvão que se desenvolve na área (FATMA,1982e).

3.2 Localização

A Bacia Hidrográfica do Sangão, com uma área de 196,703 Km², situa-se entre os paralelos 28° 36' e 28° 51' Sul e entre os meridianos 49° 20' e 49° 28' Oeste de Greenwich, na região sul de Santa Catarina, conforme pode ser observado na FIGURA 3.1.

Essa bacia desenvolve-se no sentido Norte-Sul e abrange parte das áreas dos municípios de Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga.



3.3 Caracterização da Área como Subsídio à Análise Ambiental

A área se localiza, predominantemente, sobre terrenos de estrutura sedimentar gonduânica, do permiano, constituídos de depósitos de planícies costeiras onde ocorrem camadas ou estratos de siltitos, folhelhos, argilitos e arenitos finos, com intercalações de lentes e camadas de calcário e carvão.

A região de estudos apresenta o relevo com feições marcantes. De Siderópolis para o Sul do Estado, as formas são côncavas-convexas, com vales abertos. Disseminados nessa área encontram-se relevos residuais de topo plano, mantidos por rochas mais resistentes e remanescentes de antiga superfície de aplanamento.

Os rios que drenam a bacia apresentam-se geralmente encaixados, embora em alguns trechos existam terraços.

O rio Sangão tem suas nascentes próximas a Siderópolis e desemboca no rio Mãe Luzia, próximo a Maracajá. As altitudes variam de 30m ao sul e 300m ao norte. Sua sinuosidade é bastante acentuada, com uma extensão aproximada de 48,20Km. Apresenta uma alta concentração de poluentes, detectadas por análises realizadas ao longo de seu curso, conforme relatado no PROJETO SANGÃO - CORREÇÃO DA POLUIÇÃO DO SISTEMA HÍDRICO (FATMA,1982e). Seus principais afluentes são, pela margem direita, o rio Maina e, pela margem esquerda, o rio Criciúma.

Os recursos hídricos da região encontram-se comprometidos pela poluição por metais pesados, agrotóxicos, e efluentes urbanos e industriais,

depósitos de lixo urbano e outras fontes de poluição.

O rio Criciúma apresenta-se comprometido, principalmente, devido a cargas provenientes de curtumes, cerâmicas, áreas de mineração desativadas e áreas de rejeitos. Enquanto que o rio Maina também está comprometido, devido as várias empresas mineradoras da região.

O rio Sangão já não apresenta mais vida aquática e está conduzindo à mesma situação o rio Mãe Luzia, no qual desemboca, de tal forma que os efeitos negativos são sentidos em toda a região.

Pesquisas realizadas (FATMA,1982e), revelam que apesar de a bacia do Sangão estar sujeita a extravasamentos relativamente freqüentes, devido a sua sinuosidade, não apresenta uma tendência para grandes picos de cheias.

No que se refere ao solo, segundo GAPLAN (1986), predominam na área: Terra Roxa Estruturada distrófica, Podzóico Vermelho-Amarelo álico e Glei Pouco Húmico distrófico.

A terra Roxa Estruturada distrófica são solos minerais argilosos, profundos (1 a 2 metros) e bem drenados. Situam-se preferencialmente em relevos suave ondulado e ondulado, ocorrendo também em relevo forte ondulado. Possuem fertilidade alta e média e são utilizados, na áreas, para pastagem, fruticultura e plantio milho.

Podzóico Vermelho-Amarelo álico são solos profundos (1 a 2 metros) e bem drenados, têm como característica principal a marcante diferenciação entre a camada superficial (horizonte A) mais arenosa ou menos argilosa e a camada

subsuperficial (horizonte B) , mais argilosa, devido a migração da argila da A para B. São utilizados principalmente para pastagem natural e cultura de subsidência. Situam-se em relevo ondulado e forte ondulado. Possuem altos teores de alumínio trocável e baixos teores de bases trocáveis. o que atribui a esses solos uma fertilidade baixa.

Glei Pouco Húmico distrófico são solos com elevado teor de matéria orgânica , desenvolvidos num ambiente com excesso de umidade temporária ou permanente, fazendo com que apresentem cores acinzentadas. Possuem média e alta fertilidade natural e ocorrem em relevo praticamente plano, margeando os rios ou os locais de depressão, sujeitos a inundações. Possuem má drenagem e são utilizados para o plantio de arroz irrigado, hortaliças e cana de açúcar.

Para a área em estudo, o clima classifica-se, segundo a metodologia de Köppen, como mesotérmico com verões quentes (Cfa) e distribuição regular de chuvas. A temperatura média anual é de 19,2° C, e o índice de precipitação anual atinge de 1300 a 1500 mm. A umidade relativa do ar oscila entre 70 % e 82 %.
(SEPLAN,1990)

A cobertura vegetal original classifica-se como Floresta Tropical Atlântica, formada por uma cobertura densa, luxuriante, com árvores de porte variável, mas raramente, atingindo 40 metros de altura, e rica em espécies (LAGO,1968).

Atualmente, predomina na região uma cobertura vegetal formada, principalmente, por Floresta Nativa Densa e Rala e reflorestamento com *Eucalyptos spp.*

A atividade mineradora exerce muitos efeitos na cobertura vegetal. Implica, por um lado, na supressão da vegetação, principalmente nas frentes de exploração a céu aberto. Nesses locais se torna inevitável a brusca e radical mudança, com a remoção do solo e camadas geológicas do subsolo, em seus estratos superiores. Por outro lado, a mineração efetuada em minas galerias representa fator de consumo de massa lenhosa, para as escoras de sustentação das galerias e dormentes para os trilhos.

A vegetação nativa não é muito abundante em madeira que se prestam para tais finalidades, pois as árvores são, geralmente de lenhas tortuosas.

Em razão disso, há muito tempo os empresários mineradores procuram efetuar plantios de espécies adequadas, encontrando no gênero *Eucalyptos* vantagens consideráveis, inclusive, pelo seu rápido crescimento. Em alguns casos, ocorreu desmatamento para a formação de bosques dessas espécies que se originaram na Austrália, e cujo lenho se presta, também, para a construção de cercas, postes e residências de mineiros.

Até mesmo para resgatar a paisagem profundamente alterada pela mineração a céu aberto, tem sido plantada espécies de *Eucalyptos*, mas, geralmente, sob métodos pouco convincentes para as finalidades propostas.

3.4 Atividades Econômicas

A agropecuária, as indústrias de transformação e a mineração de

carvão são as atividades econômicas mais representativas da região, sendo que a mineração de carvão é o alicerce da economia local.

3.4.1 Agropecuária

Dos produtos agrícolas que se destacam na área, cita-se: arroz, banana, batata-inglesa, cana-de-açúcar, fumo, mandioca e milho.

A TABELA 3.1 apresenta os principais produtos agrícolas, sendo que a quantidade de banana produzida foi transformada de mil cachos para tonelada, estimando-se o peso de cada cacho igual a 17,5 Kg e a quantidade produzida de laranja foi transformada de mil frutos para tonelada, estimando-se 6,5 laranjas por quilo. Os dados apresentados referem-se às quantidades produzidas pelos municípios de Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga, mostrando a importância dessas culturas na área de estudo.

A TABELA 3.2 mostra os principais produtos pecuários dos municípios de Criciúma, Forquilha, Maracajá, Siderópolis e Urussanga.

**TABELA 3.1 - PRINCIPAIS PRODUTOS AGRÍCOLAS DOS MUNICÍPIOS:
CRICIÚMA, FORQUILHINHA, MARACAJÁ, SIDERÓPOLIS
E URUSSANGA (em toneladas)**

PRODUTOS	ANOS			
	1978	1984	1988	1990
Arroz	4.643	11.365	19.250	18.063
Banana	23.064	33.424	57.837	56.822
Batata-inglesa	2.597	2.605	4.520	4.020
Cana-de-açúcar	10.120	4.450	15.050	15.950
Cebola	452	297	142	104
Feijão	990	1.869	1.947	2.846
Fumo	4.444	5.886	6.669	5.466
Laranja	236	189		188
Mandioca	21.740	22.050	32.500	27.840
Milho	10.613	12.905	12.856	13.044
Tomate	357	522	782	412
Uva	1.374	802	1.288	1.357

Fonte: IBGE - Produção Agrícola Municipal/SC

1978 - 1984 - 1988 - 1990

**TABELA 3.2 - PRINCIPAIS PRODUTOS PECUÁRIOS DOS MUNICÍPIOS:
CRICIÚMA, FORQUILHINHA, MARACAJÁ, SIDERÓPOLIS
E URUSSANGA**

PRODUTOS	ANOS			
	1978	1984	1988	1990
Bovinos *	39.322	36.078	33.858	36.620
Leite **	5.555	5.689	5.110	6.476
Suínos *	25.446	44.839	43.710	55.330
Caprinos *	334	900	571	588
Eqüinos *	790	1.060	763	767
Ovinos *	2.073	2.210	1.992	1.190
Aves *	237.193	351.540	398.400	480.650
Ovos ***	613	935	1.262	1.461

Fonte: IBGE - Pesquisa da Pecuária Municipal/SC

1978-1984-1988-1990

* cabeças

** 1.000 litros

*** 1.000 dúzias

Obs: A criação de aves inclui galinhas, galos, frangos, pintos, patos, marrecos, gansos e perus

3.4.2 Indústrias de Transformação

Conquanto a base da economia esteja centrada na mineração do carvão, e portanto, na indústria extrativa mineral, atividades industriais de transformação vem sendo desenvolvidas, principalmente, a cerâmica, a alimentar e a de vestuário.

A diversificação das indústrias de transformação é importante pois exige modernização tecnológica de processos produtivos e, conseqüentemente, aplicação de investimentos e ampliação de mercado de trabalho, dessa forma, libertando a região da extrema dependência da mineração.

O município de Criciúma, segundo SEPLAN(1989), através da Lei Municipal nº 2.161/86, concede incentivos econômicos e fiscais às empresas que se estabelecem no Município ou nele ampliem suas atividades. Tal medida é eloqüente demonstração do receio que se tem em relação ao futuro econômico do município, quando a atividade mineradora for reduzida.

Uma das mais importantes conseqüências destes incentivos reside no desenvolvimento do ramo de vestuário no município citado, que ampliou consideravelmente o mercado de trabalho.

Lideranças políticas da região vêm defendendo a necessidade de incremento turístico na faixa litorânea da região. A construção da rodovia "interpraias" é idealização que já assume consideração de projeto.

Acreditam que o desenvolvimento do turismo litorâneo estimulará

atividades de produção alimentar e a indústria de construção civil que se expande com o turismo, estimulará as atividades cerâmicas, além de atividades de prestação de serviços.

Para resumir, o setor industrial de transformação é avaliado como essencial para libertar a economia regional da extrema dependência da mineração e beneficiamento do carvão.

3.4.3 Carvão Mineral

MÜLLER et al (1987) dizem que o conhecimento da existência do carvão mineral, pelo homem, data de muitos anos antes de Cristo e que muitos séculos passaram-se até que se descobrisse as suas propriedades como fonte energética e, como outras aplicações nos vários setores da atividade humana. Na Europa, no século XII, os ingleses já utilizavam o carvão como fonte de aquecimento doméstico.

À partir dos meados do século XVIII, os problemas das forjas se agravaram, devido o escasseamento e aumento de custo da madeira e da lenha. Nesta época o uso do carvão era muito limitado, devido às suas impurezas, tais como cinzas, sulfetos e o grau de umidade.

Na Inglaterra foi usado o método da coqueificação com sucesso, e que consiste numa pré-queima do mineral bruto. O produto resultante, o carvão coque é de poder calorífico muito superior. Desde então, o uso do carvão coqueificável se

tornou disseminado devido as vantagens muito superior à lenha e ao carvão bruto.

As fundições começaram a se multiplicar e com isso produção de ferro aumentou extraordinariamente, reduzindo os custos por tonelada e abrindo o caminho para viabilizar as modernas siderúrgicas produtoras de aço.

Ademais, o carvão coqueificado passou a ter uso nas máquinas a vapor, tornando-se a matriz energética do mundo moderno, um verdadeiro patamar sobre o qual se assentaram as nações que se industrializaram .

O século XIX foi considerado o século do carvão, pois se tornou matéria prima energética dos transportes terrestres e aquáticos, das fundições e usinas metalúrgicas e das caldeiras das indústrias diversas.

O uso do carvão como fonte de energia térmica, elétrica e química coloca-o como fator dos mais relevantes no desenvolvimento material da humanidade (ABREU,1978).

Conforme BUGIN et al (1989), os depósitos carboníferos ocorrem na faixa de sedimentos gonduânicos, especificamente na formação Rio Bonito. Segundo MÜLLER et al (1987) o primeiro afloramento de carvão mineral do Brasil foi descoberto no ano de 1795.

Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, detêm as maiores reservas brasileiras de carvão. Santa Catarina detém 11% das reservas, apresentando-se como o principal produtor de carvão mineral, correspondendo a 76% da produção nacional.

A Região Carbonífera Catarinense, abrange uma área de 9.553 Km² e é formada pelos municípios de Araranguá, Criciúma, Içara, Jacinto Machado, Lauro Müller, Maracajá, Meleiro, Morro da Fumaça, Nova Veneza, Praia Grande, São João do Sul, Siderópolis, Sombrio, Timbé do Sul, Turvo, Urussanga, Forquilha, Armazém, Braço do Norte, Grão - Pará, Gravatal, Imaruí, Imbituba, Laguna, Orleães, Pedras Grandes, Rio Fortuna, Santa Rosa de Lima, São Ludgero, São Martinho, Treze de Maio, Tubarão e Jaguaruna.

As camadas de carvão da região sul de Santa Catarina encontram-se na parte superior da Formação Rio Bonito, mais precisamente no Membro Siderópolis.

As camadas de carvão encontradas na área são em número de doze, com as seguintes designações, do topo para a base: Treviso, Barro Branco, Irapuá, "A", "B", Ponte Alta, Bonito Superior, Bonito Inferior, Pré-Bonito Superior, Pré-Bonito Inferior, "C" e "D" (BRASIL, 1981).

Dos doze horizontes estratigráficos existentes destacam-se pela constância lateral, espessura e recuperação de carvão metalúrgico, as camadas Barro Branco, Irapuá e Bonito Inferior.

Das camadas citadas, a que apresenta maior importância, é a camada Barro Branco, em razão de sua ampla e persistente distribuição geográfica e com propriedades coqueificantes, sendo o único atualmente explorado no Brasil com fins metalúrgicos. Essa camada é constituída por leitos de carvão intercalados com siltitos e folhelhos, em proporções aproximadamente equivalentes.

Em Santa Catarina a exploração do carvão mineral, conforme VILLELA

(1989), teve início em 1876 e era executada manualmente, sendo o seu transporte até o porto de Laguna feito em carros de bois e canoas. Esses fatos, foram os principais causadores do insucesso da exploração desse minério no período.

A exploração industrial do carvão reiniciou, quando em 1884 entrou em operação a estrada de ferro "Donna Thereza Cristina Railway Company Limited", usando desde então o carvão mineral como combustível e servindo para o transporte desse até o porto de Laguna.

Com o início da primeira Guerra Mundial e o bloqueio europeu a importação, a indústria do carvão tomou impulso, sendo estruturada através do uso de plantas de beneficiamento, construção do porto de Imbituba e criação de mercado para o carvão.

Na década de 20, a indústria carbonífera nacional sofreu um grande impacto, pois foi restabelecida a importação do carvão europeu, carvão este de melhor qualidade e de menor custo.

Em 1931 e 1937, o governo brasileiro implantou leis que obrigavam o consumo de 10 a 20% respectivamente do carvão nacional, isso somado com o advento da segunda Guerra Mundial, proporcionou um aumento significativo da demanda do carvão mineral.

No ano de 1954, foi criada a Comissão Executiva do Plano de Carvão Nacional - CEPCAN, que segundo VILLELA (1989), tinha como objetivo aproveitar as potencialidades energéticas do carvão mineral buscando melhorar a sua lavra, beneficiamento e usos, sendo essa comissão subordinada diretamente a Presidência da República. Nesta década apesar da instalação da Usina

Termelétrica Jorge Lacerda no município de Tubarão, a produção do carvão permaneceu inalterada.

Na década seguinte, é extinta a CEPCAN. O carvão continuou merecendo o interesse nacional, no entanto, as atenções se voltaram mais para o petróleo.

Por essa época cresceu a perspectiva de descoberta de lençóis de petróleo, por exemplo de positivas prospecções na região do Recôncavo Bahiano e, logo depois, de Nova Olinda em Sergipe.

Paralelamente, desenvolviam-se grandes projetos da indústria automobilística nacional, fato que estimulava a abertura de grandes rodovias. Muitas ferrovias iniciaram o processo de dieselização, acompanhando o que já se tornava imperativo em relação aos transportes marítimos.

Em suma, o Brasil se entusiasmava com as possibilidades de ingressar como grande produtor de petróleo, cujas formas de utilização eram amplas e cada vez mais valorizadas desta matéria prima.

Pode-se, conseqüentemente, afirmar que a década de 50, no Brasil foi muito mais a década do petróleo do que a do carvão.

A partir de 1973, com a crise do petróleo, o carvão nacional passou a assumir um importante papel no cenário brasileiro, como fonte energética alternativa para o petróleo. Isso, aliado ao desenvolvimento da Indústria Siderúrgica Nacional e instalação de novas usinas termelétricas, teve como consequência a expansão da indústria carbonífera e o seu desenvolvimento tecnológico.

Com a necessidade de aumentar a capacidade de produção do carvão a partir da década de 70, a indústria carbonífera catarinense cresceu, pois foram implantadas minas de grande porte com o uso de mecanização na lavra e a adoção, por parte do governo federal, de uma política de subsídios ao carvão.

Com as medidas adotadas pelo governo, na década de 70, houve um aumento significativo na produção de carvão mineral, culminando em 1985, com o nível de 4.528.777 ton de carvão pré-lavado.

Em 1988, o nível de produção diminuiu e vem diminuindo até hoje, devido a retirada total do subsídio por parte do governo, queda no consumo, política de preços defasados, descaso do governo através da falta de uma política para o setor. (VILLELA,1989)

3.4.3.1 Aspectos Gerais da Mineração

O ciclo do carvão mineral compreende tipos de lavra, técnicas de beneficiamento, transporte e uso final.

Todas as atividades de desmonte - que constituem um conjunto de operações - representam alterações de condições ambientais. Essas alterações, que no caso da mineração a céu aberto representam no tipo de "paisagem lunar", com revolvimento de camadas do subsolo, eliminação da cobertura vegetal e formação de águas empoçadas pelo afloramento do lençol freático, são acrescidas de deposições diversas, desde os estéreis abandonados ou usados para aterros e

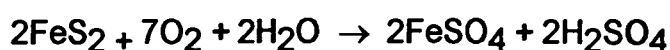
revestimentos, às emanações de coqueiras e deposições de partículas finas.

Em função do jazimento do leitos de carvão, que interpolam estratos de materiais diversos, comumente chamados de estéreis, a mineração pode ser desenvolvida a céu aberto, expondo-se o subsolo por equipamentos especiais de dragagem, ou no interior do subsolo por construção de tipos de galerias e intenso uso de explosivos para desmonte de materiais.

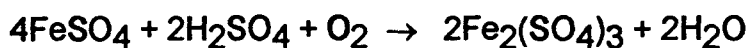
Conforme MÜLLER et al (1987), o beneficiamento do carvão tem por objetivo promover a redução de cinza, o aumento do teor da matéria carbonosa, e conseqüentemente, o poder calorífico, a redução do teor de enxofre e obtenção de granulometria adequada às especificações industriais, visando a sua utilização em função das necessidades do mercado consumidor.

O beneficiamento do carvão mineral tem como consequência a degradação do meio ambiente, gerada principalmente pelos rejeitos sólidos e efluentes líquidos.

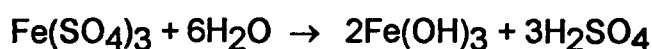
O processo de formação das águas ácidas de mina é geralmente ilustrado pelas equações a seguir (FATMA,1982e). A reação inicial, que ocorre quando os sulfetos de ferro (pirita e/ou marcassita) são expostos ao ar e água, produz sulfato ferroso e ácido sulfúrico:



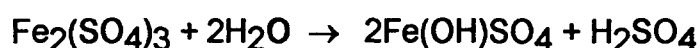
Oxidação subsequente do sulfato ferroso produz sulfato férrico:



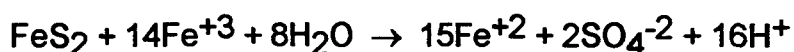
Dependendo das condições físico-químicas, a reação pode evoluir de modo a formar hidróxido de ferro ou sulfato básico de ferro:



e/ou



A pirita pode também ser oxidada pelo íon férrico :



Essas equações são muito úteis para ilustrar a produção de acidez nas camadas de pirita, contudo a impressão dada é que apenas compostos de ferro e ácido sulfúrico estão presentes. Reações secundárias ocorrem entre os sulfatos de ferro, ácido sulfúrico e compostos presentes nas argilas, calcários, arenitos, siltitos e outros extratos associados aos veios de carvão. Não são levados em consideração os microorganismos presentes, a forma de ocorrência dos minerais e nada se deduz acerca da cinética das reações envolvidas.

As águas ácidas provenientes da mineração e do beneficiamento do carvão podem ser consideradas como uma solução de vários sais, na maioria

sulfatos. Ainda, que estudos recentes indicam a presença de metais tóxicos como alumínio, cobre, zinco e manganês (FATMA, 1982e).

Conforme sumariamente foi focalizado, a região carbonífera é ambiente de profundas alterações, em seu aspecto fisionômico, isto é, em sua paisagem mais evidente, como em seus aspectos de qualidade, em relação, sobretudo, aos recursos hídricos.

É óbvio que mudanças fisionômicas da paisagem, principalmente manifestadas pela supressão de cobertura vegetais originais, estão correlacionadas com alterações faunísticas, com as características de solos, do ponto de vista agrícola.

Estas alterações obedecem não apenas à atividade de mineração, pois representam processos também inerentes às atividades de formação de agrossistemas.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Sensoriamento Remoto

STEFFEN et al (1981) conceituam Sensoriamento Remoto como um conjunto de atividades cujo objetivo reside na caracterização das propriedades de alvos naturais, através da detecção, registro e análise do fluxo de energia radiante, por eles refletido ou emitido.

Os mesmos autores dizem que a metodologia do Sensoriamento Remoto pode ser dividida em duas fases: a de Aquisição e a de Análise. A primeira está relacionada com os processos de detecção e registro da informação e a segunda, constituída do tratamento e da interpretação dos dados obtidos.

NOVO (1989) define Sensoriamento Remoto como sendo a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar o ambiente terrestre, através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações.

Existem duas categorias de sensores remotos, quanto à fonte de energia: os ativos e os passivos. Os sensores ativos são os que possuem fonte própria de energia e os passivos são os que necessitam de fontes externas de energia.

Quanto ao tipo de produto, os sensores remotos podem classificar-se em não-imageadores e imageadores. Como sensores não-imageadores temos os radiômetros de banda e os espectrorradiômetros, enquanto os sensores imageadores classificam-se em sensores fotográficos e não fotográficos.

Um dos produtos obtidos do sensor fotográfico são as chamadas fotografias aéreas. Essas podem ser adquiridas a partir de filmes: pancromático, colorido, infravermelho preto e branco, infravermelho colorido.

O filme pancromático tem a capacidade de registrar, em variações de tons de cinza, a maioria das cores do espectro visível.

O filme infravermelho preto e branco em conjunto com um filtro vermelho escuro, é projetado para registrar somente os raios de luz infravermelhos refletidos.

Os filmes coloridos são disponíveis em dois tipos: positivos e negativos. Os filmes positivos, após processados, produzem transparências que representam a cena com a mesma aparência que terá ao ser observada sob a luz solar. Os filmes negativos permitem a reprodução de cópias positivas em papel.

Os filmes infravermelhos coloridos reproduzem os objetos da natureza com cores diferentes das naturais.

As imagens dos satélites LANDSAT (Land Satellite) e SPOT (Système Probatoire d'Observation de la Terre) incluem-se nos produtos gerados pelos sensores não-fotográficos.

O sistema LANDSAT, desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), compõe-se, até o presente, de uma série de 5 satélites (TABELA 4.1), com o objetivo de permitir a aquisição de dados espaciais, espectrais e temporais, sobre a superfície da terra de forma global, sinóptica e repetitiva.

TABELA 4.1 - SATÉLITES DA SÉRIE LANDSAT

NÚMERO DO SATÉLITE	DATA DE LANÇAMENTO	TÉRMINO DE OPERAÇÃO
LANDSAT 1	23/07/72	05/01/78
LANDSAT 2	22/01/75	27/07/83
LANDSAT 3	05/03/78	07/09/83
LANDSAT 4	16/07/82	-
LANDSAT 5	01/03/84	-

Quando do lançamento, em 1972, do primeiro satélite, este recebeu o nome de Earth Resources Technology Satellite 1 (ERTS-1), passando a ser chamado LANDSAT no ano de 1975.

O LANDSAT 1 e o LANDSAT 2 conduziram a bordo dois tipos de sensores com resolução espacial de 80 m, o subsistema MSS (Multispectral Scanner Subsystem), com imageamento do terreno por varredura de linhas, operando em 4 faixas espectrais, e o subsistema de câmeras de televisão RBV (Return Beam Vidicon) com imageamento instantâneo de toda a cena, operando com três câmeras em três faixas do espectro (CURRAN,1985).

Para o LANDSAT 3, o sensor RBV foi modificado, passando a operar com duas câmeras em apenas uma faixa do espectro e com resolução espacial de 80m, e ao sensor MSS foi acrescentada uma faixa espectral para operar na região do infravermelho termal, com resolução espacial de 240 m.

Nos satélites LANDSAT 4 e 5, o sensor RBV e MSS foram substituídos pelo sensor TM (Thematic Mapper) de varredura multiespectral, com resolução espacial de 30 m para as bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7 e de 120 m para a banda 6 (termal).

A resolução espacial é a menor distância entre dois objetos que um sensor pode distinguir. A resolução espectral de um sistema sensor é determinada pelas faixas do espectro eletromagnético dos canais utilizados. Assim, uma alta resolução espectral é obtida por estreitas amplitudes de bandas, as quais agregadamente servem para fornecer uma assinatura espectral mais precisa dos objetos.

As características dos sensores a bordo dos satélites da série LANDSAT estão apresentadas na TABELA 4.2.

Na TABELA 4.3, são apresentadas as principais aplicações potenciais das bandas TM do Landsat 5.

**TABELA 4.2 - CARACTERÍSTICAS DOS SENSORES A BORDO DOS
SATÉLITES DA SÉRIE LANDSAT**

Sensor	SISTEMA DE VARREDURA MULTIESPECTRAL			CÂMERAS DE TELEVISÃO	
	MSS	MSS	TM	3 câmeras RBV	2 câmeras RBV
Nº de canais	4	5	7	3	1
Resolução espacial	80m	80m 240m	30m 120m	80m	30m
LANDSAT 1	X	-	-	X	-
LANDSAT 2	X	-	-	*	-
LANDSAT 3	-	X	-	-	X
LANDSAT 4	-	-	X	-	-
LANDSAT 5	-	-	X	-	-

Legenda:

X → operando a bordo do satélite

* → desativado logo após o lançamento

- → ausente

TABELA 4.3 - PRINCIPAIS APLICAÇÕES POTENCIAIS DAS BANDAS TM DO LANDSAT 5

BANDA	INTERVALO ESPECTRAL (μm)	APLICAÇÕES POTENCIAIS
1	0,45 - 0,52	Estudos batimétricos em regiões litorâneas de água limpa, até profundidade de 20 a 40 m; mapeamentos de superfície de água e análise de materiais em suspensão. É denominada de banda azul. Diferenciação solo/vegetação. Sensitividade à concentração de carotenos e clorofila. Alguma possibilidade de identificação de Fe^{+3} e Mn^{+3} .
2	0,52 - 0,60	Mapeamento de vegetação sadia pela reflectância verde cujo pico se situa em 0,55 μm .
3	0,63 - 0,69	Banda de absorção da clorofila; significativa na diferenciação de espécies vegetais. Distinção de variações de densidades urbanas. Estudo do uso do solo.
4	0,76 - 0,90	Estudos de volume da biomassa e delimitação de corpos d'água.
5	1,55 - 1,75	Estresses de vegetação por desequilíbrio de água na cobertura foliar. Expectativa na identificação de mineralizações superficiais, sobretudo com os dados da divisão da banda 5 pela banda 1. Estudo de estrutura urbana.
6	10,4 - 12,5	Propriedades térmicas de solo, rocha, vegetação e água. Estudos de contraste térmico entre litologias de rochas silicáticas. Estudos micro-climáticos.
7	2,08 - 2,35	Esta é considerada estritamente uma banda geológica, selecionada para identificar minerais com íons hidroxilas. Potencialmente favorável à discriminação de produtos de alteração hidrotermal. Neste intervalo estão presentes algumas importantes bandas de absorção de rochas carbonáticas.

Fonte: Adaptado de INPE(ATUS - Atendimento ao Usuário) e PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989)

O satélite do sistema SPOT foi lançado em 22/02/86 e leva a bordo dois sensores de alta resolução (HRV- Haute Resolution Visible). Esse sistema foi concebido pelo Centre National d'Etudes Spatiales e construído em consórcio com indústrias francesas.

Os sensores HRV operam nos modos: multiespectral (XS), em três faixas do espectro eletromagnético (TABELA 4.4) e no pancromático (PAN), com resoluções espaciais, respectivamente, de 20 e 10m. Os dados do satélite SPOT são encontrados em canais individuais ou composições coloridas formadas por duas bandas no visível e uma no infravermelho.

Do ponto de vista temático, a resolução espacial dos sistemas sensores tem sido um fator limitante, tendo em vista a dimensão de alvos de interesse. Dessa forma, alvos de dimensões inferiores ao poder de resolução espacial desses sistemas sensores podem não ser discriminados, tanto nas imagens fotográficas como nas digitais. Por outro lado, as imagens digitais (no formato de fitas compatíveis com computador - CCT) podem ser submetidas a processamentos ou tratamentos, através de sistemas computadorizados, que podem melhorar o poder de discriminação entre os alvos contidos em uma cena imageada (PINTO,1991).

TABELA 4.4 - FAIXAS ESPECTRAIS DO MODO MULTIESPECTRAL DO SENSOR HRV A BORDO DO SPOT

CANAIS	FAIXAS ESPECTRAIS (μm)
1	0,50 - 0,59
2	0,61 - 0,68
3	0,79 - 0,89

Fonte: INPE (ATUS - Atendimento ao Usuário)

NASCIMENTO e THIBault in PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989) sugerem para levantamentos do uso do solo utilizando imagens de satélites uma composição colorida dos canais do TM que ocupe uma faixa bem ampla do espectro eletromagnético. Essa composição seria um canal visível (bandas 1,2 ou 3), um canal no infravermelho próximo (banda 4) e um canal no infravermelho médio (bandas 5 ou 7).

A utilização de fotografias aéreas para levantamentos do uso do solo é de fundamental importância, conforme LOCH e LAPOLLI (1989), LAPOLLI et al (1990), FRANZONI et al (1992) e outros. Através dos elementos de reconhecimento são identificadas as várias classes de uso do solo. De acordo com diversos autores, entre os quais pode-se citar: SILVA (1979), SANTOS (1986) e PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI(1989), os principais elementos utilizados são: forma, tamanho, sombra, tonalidade, padrão, textura, localização e relação de aspectos.

Em se tratando do uso de fotos aéreas em levantamentos do uso do solo, PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989) dizem que se deve selecionar a escala dessas fotos na fase do planejamento do trabalho, pois a escala depende do objetivo deste e dos recursos disponíveis.

Segundo ORTIZ et al (1990), para que uma microbacia seja usada criteriosamente, faz-se necessário, inicialmente um levantamento de suas características físicas. A utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto, por exemplo, aumenta o rendimento desses levantamentos, podendo-se fazer uso desde fotografias aéreas até imagens orbitais, dependendo do detalhamento exigido pelo projeto.

SILVA (1989) diz que o Sensoriamento Remoto é uma abordagem adequada às características das bacias hidrográficas, cujos dados são espaciais por natureza, uma vez que é uma técnica que lida com variabilidade espacial.

Os produtos obtidos por sensoriamento remoto orbital podem ser encontrados sob a forma de transparências positivas, papel fotográfico e, ainda, fitas compatíveis com computador. A extração de informações desses produtos podem se dar através de informações analógicas e digitais.

O processo de interpretação de imagens baseia-se em certos princípios de análise, que incluem métodos para detectar, identificar e medir objetos observados a partir de uma perspectiva.

As técnicas de análise digital de imagens podem ser classificadas em: técnicas de pré-processamento, técnicas de realce e técnicas de classificação. As técnicas de pré-processamento referem-se ao conjunto de programas que permitem

a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente. As técnicas de realce visam melhorar a qualidade "visual" da imagem. As técnicas de classificação visam o reconhecimento automático de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza.

SILVA (1987) diz que a classificação digital de imagem é um processo de transformação radiométrica que não visa eliminar distorções, nem realçar determinadas características desta. Seu objetivo é agrupar em uma única classe pontos da imagem que atendam a determinado conjunto de características. Ressalta o autor que, numa imagem classificada, todos os pontos de uma mesma classe têm o mesmo nível de cinza.

Conforme NOVO (1989), as técnicas de classificação de imagens podem ser aplicadas apenas a um canal espectral ou a vários canais espectrais, podendo ser classificação supervisionada, não supervisionada ou híbrida.

Na classificação supervisionada, o analista interage com o sistema de análise de imagens digitais. Também possui informações sobre a cena que serve de "treinamento" para o sistema. Essas informações são conhecidas como "áreas de treinamento" e representam o "comportamento" médio das classes que deverão ser mapeadas automaticamente.

Numa classificação não supervisionada, o analista tem pouco controle sobre a separação entre as classes e não necessita um conhecimento prévio da área de estudo.

Temos uma classificação híbrida, quando é realizada uma classificação não-supervisionada como base para a seleção de áreas de

treinamento, necessárias para uma classificação supervisionada.

4.2 Degradação Ambiental

A degradação de uma área pode ocorrer de duas formas. Devido a fenômenos que não tenham a intervenção humana (terremotos, maremotos, tempestades, etc), ou devido a fenômenos causados pela ação do homem (desmatamento, lançamento indevido de rejeitos piritosos, lançamentos de resíduos industriais e/ou urbanos, etc.).

Com base na ecologia, conceitua-se áreas degradadas, como todas as áreas que sofreram modificações feitas pelo homem, sem cogitação sobre finalidades, justificativas ou méritos, por mais necessários que tenham sido (MAGNANINI, 1990).

O acervo bibliográfico a respeito das alterações dos processos naturais pela ação do homem é vasto. São vários os estudos e pesquisas direcionados para as causas e consequências das alterações das áreas naturais. Entretanto, é bem menor o número de trabalhos e pesquisas dirigidas à recuperação dessas áreas.

A região sul catarinense, na qual o objeto desse estudo encontra-se inserido, apresenta-se como uma área em processo de degradação. Isso tem gerado a preocupação com os impactos futuros e alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para promover a sua recuperação. Entre esses, pode-se citar alguns

trabalhos desenvolvidos e/ou em desenvolvimento pela FATMA:

- Monitoramento Ambiental cujo objetivo é avaliar periodicamente a qualidade das águas, do solo e do ar na região sul catarinense, através da implantação de uma rede básica de monitoramento;

- Avaliação do Impacto Ambiental, com o objetivo de efetuar a avaliação global dos impactos físicos e biológicos dos principais tipos de degradações ambientais, atuais e futuras, bem como dos impactos sociais e econômicos que poderão ser provocados pela implantação de grandes empreendimentos econômicos na região;

- Avaliação e Controle de Fontes de Poluição, que apresenta como objetivos a caracterização de fontes de poluição e avaliação da sobrecarga recebida pelos rios das bacias hidrográficas do Araranguá, Urussanga e Tubarão;

- Recuperação de Áreas de Disposição de Resíduos de Mineração do Carvão, o qual apresenta como objetivo, promover a minimização dos efeitos ambientais negativos provocados pelas atividades de mineração do carvão através do confinamento de rejeitos piritosos de antigos depósitos e a recuperação do solo para aproveitamento com fins energético, agrícola e de urbanização;

- Projeto Sangão, cujo objetivo é desviar o rio Sangão e implantar lagoas de retenção e reduzindo a poluição remanescente das minerações de carvão localizadas à montante, protegendo assim, as atividades agrícolas e urbanas em Maracajá e agrícolas, pesqueiras e turísticas em Araranguá.

De acordo com KAMP et al (1988), é importante saber que cada

recurso natural é um suporte fundamental para uma melhor qualidade de vida. Ao desequilibrar um recurso natural (água, solo, subsolo, flora, fauna, atmosfera entre outros), por diversas razões ou formas, desencadeia-se o processo de degradação ambiental e, conseqüentemente, a perda da qualidade de vida, que é a base fundamental para o desenvolvimento integral do homem e da sociedade.

BIGARELLA (1985) diz que, acompanhada da degradação ambiental, vem a decadência e os graves problemas sociais.

Conforme o mesmo autor, para viabilizar o processo de conservação e uso da terra, é necessário o planejamento conservacionista da propriedade rural, bem como das "microbacias".

De acordo com MILARÉ (1990), as estratégias desenvolvimentistas têm privilegiado o crescimento econômico a curto prazo, às custas dos recursos naturais vitais, provocando impactos negativos ao meio ambiente em escala mundial. A paisagem natural está cada vez mais ameaçada pelas usinas nucleares, pelo lixo químico, pelos dejetos orgânicos, pelas chuvas ácidas, pelas queimadas e pelo indiscriminado uso de recursos naturais não renováveis. Em função disso, em todo mundo, o lençol freático se contamina, a água escasseia, a área florestal diminui, os desertos se multiplicam, o clima sofre profundas alterações, etc.

Ainda, segundo o mesmo autor, uma visão retrospectiva do nosso País mostra a degradação ambiental como decorrência da teia de relações sociais e econômicas.

No Brasil, a questão ambiental vem reproduzindo, em níveis e escalas diferentes, manifestações de formas específicas da organização do espaço.

Constata-se problemas ambientais, tanto em áreas já consolidadas como naquelas em processo de consolidação.

No estado de Santa Catarina, muitas são as atividades que levam à degradação ambiental. Entre elas, pode-se citar:

- a agroindústria de açúcar e álcool, papel e celulose, que tem como consequência a poluição dos cursos de água, a poluição dos solos e a poluição do ar;

- a agricultura mecanizada, o alto consumo de agrotóxicos, e as monoculturas que levam ao desmatamento de remanescentes floréstais, à compactação do solo, à erosão dos solos, à contaminação dos solos por agrotóxicos e ao assoreamento dos cursos d'água;

- as indústrias que utilizam madeira como matéria prima que por consequência geram a diminuição da capacidade de absorção da água pelo solo, a extinção de espécies nativas, o desequilíbrio ecológico e a destruição das florestas nativas;

- a extração de carvão mineral que ocasiona a degradação do meio ambiente através da poluição das águas, da poluição visual, da destruição de áreas naturais e dos prejuízos para a agricultura.

O minério, sendo um bem natural, conforme AMARAL in RUIVO (1989), sua exploração e beneficiamento devem merecer atenção pelas modificações que podem causar ao meio ambiente, pois, fazendo parte do solo, seu volume faz parte do relevo e sua capa superficial serve de sustentação à vida animal e vegetal.

Diz ANDRADE (1989) que a mineração degrada e polui o meio ambiente. Todavia, não há necessidade de se deixar de explorar, pois o problema

poderá ser resolvido se houver uma exploração racional, considerando tanto os interesses nacionais, como os interesses diretos da população. Explorar de forma racional significa, para o autor, levar em conta a limitação das reservas disponíveis, para que não se esgotem rapidamente, e a forma como elas podem ser exploradas sem provocar grandes impactos ao meio ambiente.

ALBUQUERQUE, COUTINHO e SELVA (1989) dizem que a retirada da vegetação natural nas áreas onde se desenvolvem as atividades cerâmicas e nas adjacentes, bem como em áreas com cobertura vegetal sem floresta, representa um alto risco de degradação ambiental, pois não existe reposição da vegetação com a finalidade de auto-sustentação das necessidades geradas por essas indústrias.

MÜLLER et al (1987) ressaltam a implicação da expansão da produção do carvão mineral na degradação crescente de áreas, no que se refere à integridade do meio ambiente, gerada principalmente pelos rejeitos sólidos e efluentes líquidos das unidades de beneficiamento, do transporte e da utilização do carvão pelos diversos segmentos industriais. Essa degradação é evidente, quando se detecta:

- comprometimento da rede hidrográfica, quanto à qualidade e usos;
- águas sulfurosas e ácidas procedentes das minas subterrâneas e a céu aberto, dos depósitos de rejeitos piritosos que poluem as águas de drenagem pluvial e de infiltração;
- assoreamento da rede hidrográfica, causado pela deposição de finos e ultrafinos de rejeitos de carvão, acentuando a turbidez e as concentrações de sólidos decantáveis;
- fenômenos de subsidência;
- a pirita e a marcassita, existentes nos rejeitos provenientes

do beneficiamento do carvão, sofrem, em consequência do contato com o ar e a água, liberando ao meio ambiente gases sulfurosos, compostos de ferro e ácido sulfúrico;

- a disposição de rejeitos de forma inadequada causa a degradação de extensas áreas rurais e urbanas;

- lavra a céu aberto ocasiona a remoção do solo vegetal, nas operações de descobertura da camada de carvão.

Percebe-se atualmente, por parte da população e dos poderes públicos (municipal, estadual e federal), bem como por parte dos empresários, uma grande preocupação com relação à exploração dos recursos minerais e seus impactos sobre o meio ambiente. Esta preocupação está clara na Constituição Federal de 1988, no seu artigo 225, parágrafo 2º, bem como nos estudos e planos de recuperação ambiental elaborados e/ou executados pelos órgãos governamentais, universidades, empresas, conselhos comunitários, etc.

Nos estudos e planos de recuperação ambiental, torna-se importante a definição da unidade de estudo.

Segundo ROCHA (1989), para a recuperação da degradação ambiental, deve-se escolher uma das tradicionais Unidades de Planejamento: propriedade rural (unidade de produção), sub-bacia hidrográfica (unidade física), município (unidade política), região fisiográfica (unidade natural) ou estado (unidade política).

4.3 Monitoramento

O monitoramento das variáveis do meio ambiente permite um acompanhamento dos fatores de poluição e degradação ambiental.

A implantação de um empreendimento mineiro deve ser planejada e tomadas medidas especiais, com o objetivo de eliminar e diminuir os problemas ecológicos, haja visto que esses problemas podem causar danos irreparáveis ao meio ambiente.

Os efeitos de degradação ambiental no meio físico, ocasionados por extração de carvão mineral provocam poluição das águas, poluição visual, destruição de áreas naturais e prejuízos para agricultura. Essa degradação apresenta como efeito a má qualidade de vida, e, em vista disso, torna-se necessário o monitoramento de áreas degradadas.

PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989) dizem que, face á dinâmica da ocupação e uso do solo, torna-se necessária a constante atualização dos mapas temáticos e que, através de um acompanhamento das alterações de uso do solo no tempo, pode-se avaliar os efeitos provenientes da atividade do homem na organização do espaço.

Conforme ESTES (1974), a tecnologia do Sensoriamento Remoto, por satélites, é uma técnica utilizada para o acompanhamento da capacidade de uso do solo de um modo seguro e rápido.

ALLAN (1984) diz que a utilização do Sensoriamento Remoto, no

monitoramento do uso da terra, é uma técnica eficiente, uma vez que permite interpretar a realidade da região de tempos em tempos. Essa tecnologia de ponta, pelo seu envolvimento com muitas disciplinas, favorece em muito a segurança, economia e rapidez na obtenção de resultados. Além disso, tendo como característica fundamental a periodicidade, resultam imagens de uma mesma área em curtos períodos, facilitando o monitoramento e estudos com vistas à preservação do ecossistema local.

Segundo BENSON et al (1976), as técnicas de Sensoriamento Remoto fornecem, com rapidez e facilidade, a detecção, identificação, quantificação ou monitoramento dos fenômenos específicos.

LOCH (1988), através da análise visual de imagens de satélites no estudo das alterações provocadas na estrutura fundiária, uso do solo e na rede viária do município de Porto Vitoria - Pr, concluiu que estas imagens apresentaram-se como excelentes ferramentas para o acompanhamento da evolução do município.

O monitoramento da expansão urbana necessita de instrumentos ágeis na obtenção de informações sobre sua realidade, devido à grande velocidade em que ocorrem as mudanças nos limites das áreas urbanas. As técnicas de Sensoriamento Remoto são instrumentos que possibilitam a execução deste monitoramento (VIEIRA et al 1990).

VALERIANO e REIS (1985) utilizaram técnicas de Sensoriamento Remoto para o mapeamento e monitoramento do solo da Região Carbonífera do Estado de Santa Catarina, (abril de 1978 a abril de 1983) com o objetivo de verificar as alterações ambientais provocadas pelo uso inadequado. Para tanto, realizaram

análise visual e comparação de dados multitemporais MSS - LANDSAT 2 e 4, definindo as seguintes classes de uso do solo: área agrícola, área florestal, área urbana, área de rejeito estéril e área de rejeito piritoso.

Para ZANETTE (1990), dentre as principais atividades exercidas na bacia carbonífera, as que contribuem em maior grau, para a poluição de seus recursos naturais (água, ar e solo), são: mineração de carvão, coquearias, usinas termelétricas, cerâmicas, indústrias químicas, fecularias e agroindústrias. Para esse autor, é evidente o prejuízo sócio-econômico transferido à comunidade pela exploração do carvão sem os devidos cuidados de proteção e controle ambiental dessas atividades. E que, portanto, em algumas áreas, o processo de degradação ambiental exige uma reversão inadiável e imediata.

Uma forma de avaliação global dos impactos físicos, químicos e biológicos dos principais tipos de degradação ambiental é o acompanhamento periódico das alterações ocorridas. Para tanto, uma forma de avaliação da área pode ocorrer através de seu monitoramento.

4.4 Sistemas de Informações Geográficas

Conforme BURROUGH (1986), um sistema de informações geográficas é "um conjunto de ferramentas para aquisição, armazenamento, recuperação, transformação e saída de dados espaciais" .

LAPOLLI et al (1991) dizem que estas ferramentas possibilitam a automatização de tarefas realizadas manualmente e facilitam a realização de

análises complexas, através da integração de dados de diversas fontes e da criação de bancos de dados geo-codificados.

De acordo com PARKER (1988), um sistema de informações geográficas é uma tecnologia de informações que armazena, analisa e apresenta informações espaciais ou não.

FELGUEIRAS (1990) salienta que os sistemas de informações geográficas são bancos de dados capazes de armazenar, recuperar e manipular informações digitais geo-referenciadas provenientes de imagens, mapas e modelos numéricos de terreno. Segundo este mesmo autor, esses sistemas também oferecem ferramentas computacionais que permitem analisar e integrar essas informações, com o objetivo de obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados com o comportamento espacial dos dados neles contidos.

Os sistemas de informações geográficas dividem-se em dois grandes grupos: os sistemas dedicados a projetos e os de inventários.

Nos sistemas dedicados a projetos, é feita uma análise única de um problema específico. Trata-se de tarefas que normalmente compreendem uma região limitada, mas que necessitam de uma grande variedade de dados para obter uma resposta adequada.

Os sistemas de inventários incluem levantamentos extensivos sobre certas porções do território, seja para um fim específico, (uso do solo, cobertura vegetal, etc.), seja para uma base de dados extensiva. Nesse caso, o número de cartas envolvidas pode ser da ordem de centenas ou milhares, dependendo do território e da escala de trabalho.

Os sistemas de informações geográficas apresentam as seguintes características:

- facilidade de recuperar informações, baseada em localizações específicas;
- capacidade de integrar informações provenientes de fontes e formatos distintos;
- disponibilidade de aplicativos gráficos para a edição de mapas e geração de símbolos.

Segundo a ENGESPACO (1987), o SGI (Sistema Geográfico de Informações) foi desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), com a finalidade de servir como um sistema de informações geográficas (SIG), que permite adquirir, armazenar, analisar e recuperar informações codificadas espacialmente.

Dentre os principais objetivos do SGI, cita-se:

- integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélites e modelos numéricos de terreno;
- combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- reproduzir, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geo-codificados.

Segundo ASTROTH, TRUJILLO e JOHNSON (1990), durante a última década tem havido a proliferação de pesquisas concernentes à incorporação dos dados de Sensoriamento Remoto dentro do sistema de informações geográficas.

Muitas destas pesquisas têm no sistema de informações geográficas, soluções dos problemas de gerenciamento dos recursos naturais, o que pode ser comprovado nos trabalhos de JOHSTON (1987); DAVIS e DOZIER (1990); MORSE, ZARRIELLO e KRAMBER (1990); REEVES, ZELI e YUNXUAN (1990); MIRANDA et al (1990); MEDEIROS e AMARO (1990); LAPOLLI et al (1991); RODRIGUES et al (1991).

5. METODOLOGIA UTILIZADA

5.1 Introdução

Este capítulo apresenta uma metodologia utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto no monitoramento de áreas sujeitas à degradação ambiental.

Com o objetivo de verificar a operacionalidade da metodologia apresentada comprovando a sua viabilidade, efetuou-se uma aplicação prática na Bacia Hidrográfica do Sangão.

5.2 Material

No desenvolvimento do presente trabalho, foram utilizados produtos de Sensoriamento Remoto (fotografias aéreas e imagens de satélite), documentos cartográficos e equipamentos.

5.2.1 Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas verticais pancromáticas utilizadas referem-se ao aerolevante executado em 1978/79 pelo Serviço Aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul referentes a cobertura aerofotogramétrica do Estado de Santa Catarina, na escala nominal 1:25.000 - Nos: 4391 a 4396, 3918 a 3924, 22477 a 22485, 3877 a 3884, 4285 a 4295, 22527 a 22535, 21298 a 21307, 21249 a 21253.

5.2.2 Imagens de Satélite

Foram usadas as seguintes imagens orbitais:

- imagem digital do Satélite LANDSAT 5/TM, órbita / ponto: 220/80, passagem 03.05.84, Bandas 3, 4 e 5;
- imagem papel fotográfico do Satélite LANDSAT 5/TM, órbita / ponto: 220/80, passagem 03.06.85, Banda 3, escala nominal 1:50.000;
- imagem digital do Satélite LANDSAT 5/TM, órbita / ponto: 220/80, passagem 06.11.88, Bandas 3, 4 e 5;
- imagem papel fotográfico do Satélite LANDSAT 5/TM, órbita / ponto: 220/80, passagem 01.03.90, Banda 3, escala nominal 1:50.000.

5.2.3 Documentos Cartográficos

Com o objetivo de apoiar a identificação e interpretação dos diversos alvos observados nas fotografias aéreas e nas imagens de satélite e para a confecção do mapa base foram utilizadas os seguintes documentos cartográficos:

- cartas topográficas - Folhas: Criciúma - SH.22-X-B-IV-1 e Araranguá - SH-22-X-B-IV-3 elaboradas pelo IBGE - escala 1:50.000, anos: 1976 e 1985;

- carta planialtimétrica / batimétrica - Folha: SH-22-X-B-IV elaborada pela Seplan - Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro - escala 1:100.000, ano: 1989;

- mapa político do Estado de Santa Catarina - elaborado pela SEPLAN - escala 1:500.000, ano: 1990.

5.2.4 Equipamentos

Nos trabalhos de fotointerpretação usou-se estereoscópio de espelhos marca Carl Zeiss, estereoscópio de bolso marca Sion e mesa de luz.

No tratamento digital de imagens utilizou-se o SITIM-150, (Sistema de Tratamento de Imagens) composto basicamente por um microcomputador PC/IBM e seus periféricos e uma unidade visualizadora de imagens (UVI) composta de um "hardware" especializado; monitor de imagens, além de "software" especializado.

Para a integração e saída dos dados espaciais utilizou-se o SGI (Sistema Geográfico de Informações), compatível com o SITIM - 150.

O SGI é composto basicamente por um microcomputador PC/IBM e seus periféricos, um terminal gráfico composto de um "hardware" especializado e um monitor colorido com resolução de 512 X 512 pontos, mesa digitalizadora, traçador gráfico, além de "software" especializado.

5.3 Metodologia

A metodologia, conforme mostrada no fluxograma de trabalho (FIGURA 5.1), compreende as seguintes etapas: Reconhecimento de Campo, Aquisição e Seleção dos Materiais, Geração do Mapa-base, Interpretação das Fotografias Aéreas e das Imagens de Satélites, Transferência das Imagens, Registro das Imagens, Realce das Imagens, Classificação das Imagens, Agrupamento das Classes da Fotointerpretação, Transferência das Informações para o Mapa-base, Geração dos Mapas de Uso do Solo, Cálculo das Áreas das Classes de Uso do Solo e Análise das Alterações Ocorridas na Área de Estudo.

5.3.1 Reconhecimento de Campo

Esta etapa foi realizada com o objetivo de aprofundar o conhecimento

da região, objeto de estudo desta pesquisa (FIGURAS: 5.2; 5.3; 5.4; 5.5; 5.6).

Nesse reconhecimento de campo, percorreu-se toda a área assinalando nas fotografias aéreas os pontos relevantes, principalmente aqueles que já mostravam alterações na época da obtenção das mesmas, bem como aqueles cujas alterações foram posteriores a essa data. De tal forma que esse conhecimento proporcionasse subsídios para a interpretação visual das fotografias aéreas e para as classificações automáticas das imagens orbitais.

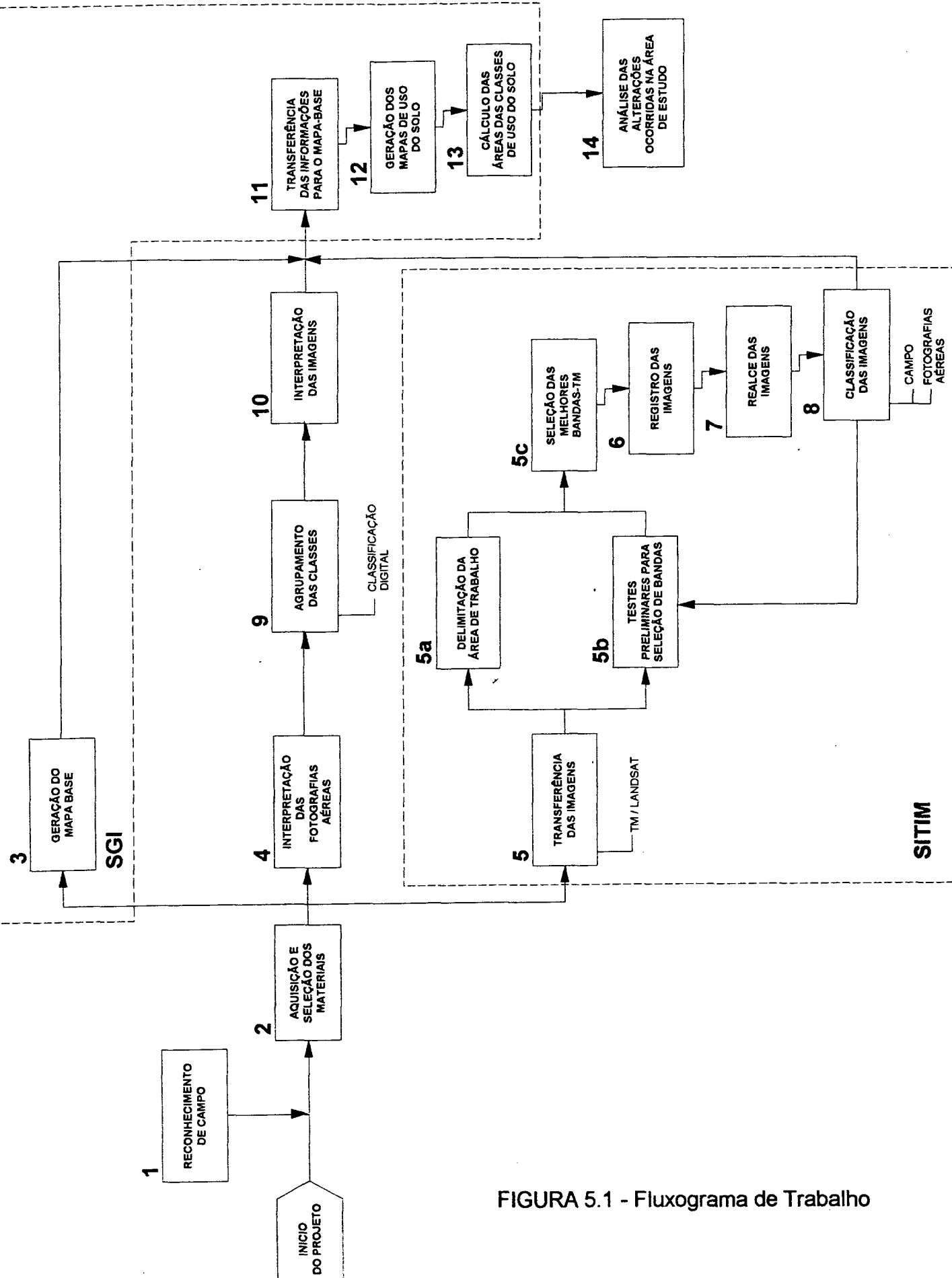


FIGURA 5.1 - Fluxograma de Trabalho

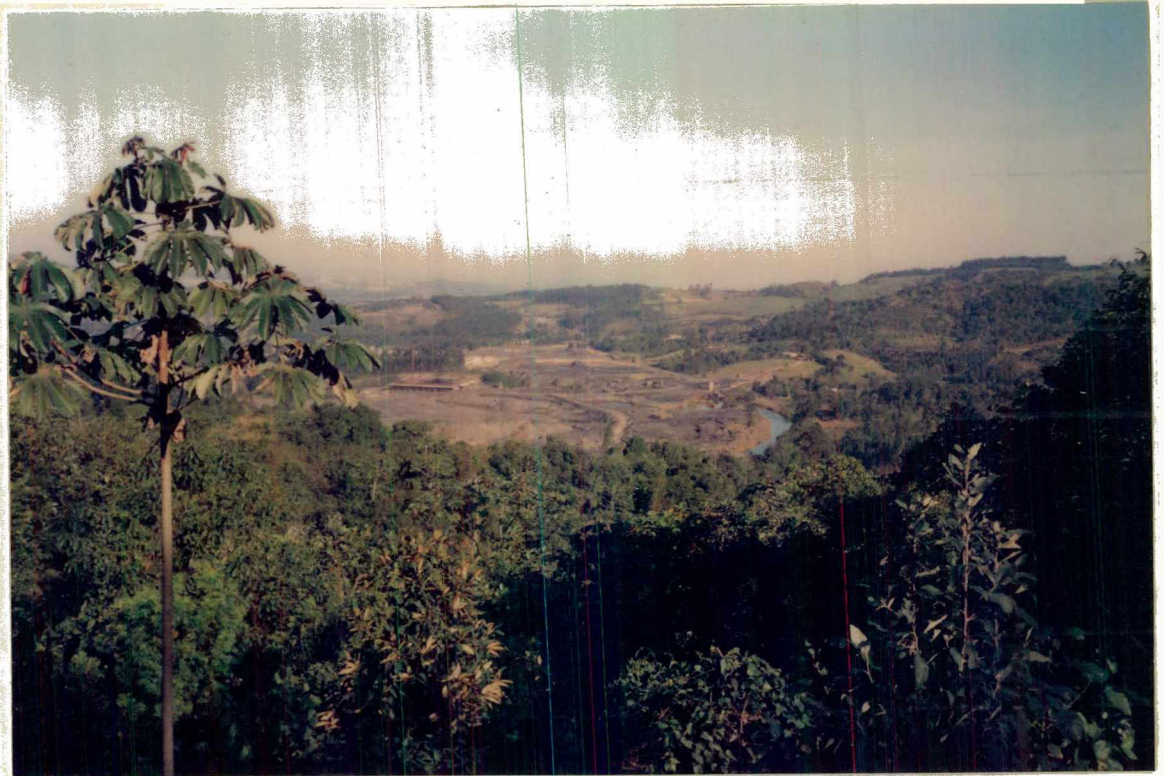


FIGURA 5.2- Vista Parcial da Bacia do Sangão - Destaca-se ao fundo o Município de Criciúma e ao centro área de mineração.



FIGURA 5.3 Margens do Rio Sangão na Localidade de Verdinho - Observa-se a degradação da área ribeirinha comprometida, principalmente pelos resíduos decorrentes da exploração do carvão, transportados pelo rio.



FIGURA 5.4 - Proximidades da Foz do Rio Sangão - Observa-se a coloração ferruginosa decorrente da alta concentração de ferro, apresentando turbidez, consequência dos valores elevados de partículas sólidas e metais pesados.



FIGURA 5.5 - Mina da Companhia Carbonífera Urussanga - Instalação industrial mostrando o beneficiamento do carvão mineral.



FIGURA 5.6 - Vista Parcial das Instalações da Mina da Companhia Carbonífera Urussanga - Lançamento de efluentes líquidos na área provenientes da lavação do carvão mineral.

5.3.2 Aquisição e Seleção dos Materiais

Para a aquisição e seleção dos materiais, visitou-se diversas instituições, como por exemplo, Serviço de Mineração (DNPM), FATMA, Prefeitura Municipal de Criciúma, SPF, LARS/SC entre outros, com o intuito de coletar o material existente. Além disso, foram adquiridas as imagens orbitais junto ao INPE.

De posse desses materiais, foram selecionados os relevantes para essa pesquisa, e encontram-se relacionados no item 5.2.

5.3.3 Geração do Mapa-Base

O mapa-base foi gerado através do SGI utilizando-se as cartas topográficas elaboradas pelo IBGE, em escala 1:50.000, onde todas as informações relevantes foram digitalizadas. Constam deste mapa-base as informações: limite da bacia, rede de drenagem, rodovias e ferrovia. Cada uma delas deu origem a um plano de informação: plano limite, plano rede de drenagem e plano rede viária, respectivamente.

5.3.4 Interpretação das Fotografias Aéreas e das Imagens de Satélites

A interpretação das fotografias aéreas foi realizada com o auxílio de visão estereoscópica e com base nos elementos convencionais de reconhecimento como: tonalidade, textura, forma, sombra, tamanho, padrão, localização e relação de aspectos, complementando-se com apoio de campo.

As classes de interpretação, bem como as chaves para a fotointerpretação, apresentadas a seguir, foram estabelecidas baseadas nos trabalhos de SANTOS (1986) e PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989).

A delimitação das classes foi feita sobre papel polyester fixado sobre a foto, sendo que a interpretação foi realizada na área útil da fotografia.

Para a interpretação das imagens de satélites, baseou-se na textura e tonalidade tendo como apoio as fotografias aéreas e os trabalhos de campo.

5.3.4.1 Definição das Classes de Uso do Solo

Definiram-se, inicialmente, as seguintes classes de uso do solo:

- Área Urbanizada: área construída caracterizada por edificações, jardins e arruamento;
- Área de Mineração: esta classe engloba as frentes de lavra

e áreas de rejeito;

- Reflorestamento: vegetação plantada, composta na grande maioria por *Eucalyptos* spp e com raras ocorrências de áreas de *Pinus* spp;
- Pastagem: áreas com vegetação rasteira;
- Cultura: áreas com vegetação de porte baixo, incluindo cultura temporária e permanente;
- Cultura de Banana: para o caso foram consideradas áreas com cultivo de banana nos diferentes estágios de desenvolvimento;
- Solo Exposto: áreas sem cobertura vegetal, solo desnudo;
- Mata Densa: vegetação densa, com espécies de porte variável;
- Mata Rala: vegetação rala, com espécies de porte variável.

Realizada a interpretação visual das fotografias foi feito o levantamento da verdade terrestre, para confirmar as classes, esclarecer elementos duvidosos da interpretação.

5.3.5 Transferência das Imagens

O procedimento descrito a seguir foi utilizado para as imagens dos anos de 1984 e 1988.

As imagens foram transferidas para o disco rígido do computador utilizando-se a função: Leitura de Fita - TM - Landsat - BSQ, implementada no sistema. O programa apresentou a imagem na tela do monitor de imagens e

procedeu-se, via cursor, à demarcação de uma área de trabalho que englobasse a área de estudo. Para tanto, fez-se uso do mapa político do Estado de Santa Catarina.

Analisadas visualmente as seis bandas espectrais das imagens, foram selecionadas as três bandas mais relevantes que atendessem aos objetivos do trabalho, ou seja, banda 3 (visível), banda 4 (infravermelho próximo) e banda 5 (infravermelho médio).

5.3.6 Registro das Imagens

Após a seleção das bandas, passou-se à fase de registro das imagens.

O registro das imagens consistiu na superposição da imagem / 84 com a base cartográfica e da imagem/84 com a imagem/88, de tal forma que pontos previamente selecionados coincidiram espacialmente, e por consequência ocorrendo um ajuste de toda a imagem.

A aplicação da opção registro foi feita em separado para as duas imagens e obedeceu à seqüência abaixo:

- escolha do tipo de processamento: neste item é definido o tipo de processamento desejado que, para o caso da imagem/84, é mapa x imagem e, para a imagem/88, é imagem x imagem;

- **definição das imagens:** este passo refere-se à montagem do arquivo descritor que contenha as várias imagens a serem ajustadas. Para o ajuste da imagem/84, foi tomada como referência a carta topográfica e, para o ajuste da imagem/88, serviu de referência a imagem/84;

- **aquisição de pontos de controle nas imagens:** consiste na seleção de pares de pontos que devem ser passíveis de identificação precisa na imagem de referência e na imagem a ser ajustada. Conforme LAPOLLI et al (1993), a quantidade de pontos de controle, bem como a distribuição desses pontos, são parâmetros fundamentais para que se possa alcançar bons resultados no procedimento de registro. O número de pontos de controle é em função do grau do polinômio a ser utilizado que, pode ser de graus 1 e 2, necessitando para o ajuste das imagens no mínimo 3 e 6 pontos, respectivamente, e de no máximo 30 pontos. Para o registro da imagem/84, foram selecionados 27 pontos de controle, e para o registro da imagem/88, foram selecionados 30 pontos;

- **geração das equações de mapeamento:** esta função permite calcular os coeficientes da equação de mapeamento, utilizando o método dos mínimos quadrados. Seleciona-se o grau do polinômio a ser aplicado, bem como os pontos de controle a serem utilizados para a definição da equação de mapeamento. Para ambas as imagens, foi selecionado o polinômio de grau 2 e utilizados para o cálculo do registro da imagem/84, 19 pontos de controle e para a imagem/88, 26 pontos de controle.

- **criação da matriz de reamostragem:** o sistema monta uma matriz dos pontos de controle considerados e aceitos para a realização do registro. Essa matriz refere-se a uma grade de pontos, através do qual as imagens se ajustam;

- cálculo da precisão do sistema de registro: o programa calcula o erro médio quadrático em X (direção dos pontos da imagem) e em Y (direção das linhas), assim como o erro médio quadrático total para os pontos de controle utilizados e também para os não utilizados nas equações de mapeamento. Quando os pontos de controle excedem o valor mínimo, as equações são resolvidas por mínimos quadrados, havendo, geralmente resíduos e erros médios quadráticos diferentes de zero.

- aplicação do registro: feita a composição de todo o arquivo de registro, entra-se efetivamente na aplicação do ajuste das imagens, que é feito na tela ou no disco do sistema.

5.3.7 Realce das Imagens

As técnicas de realce de imagens têm por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano. Considerando que a composição colorida escolhida apresentou baixo contraste entre seus diversos elementos, houve a necessidade da aplicação de técnicas de realce. Dessa forma, testou-se a técnica de filtragem espacial e a técnica de manipulação de contraste.

Das técnicas testadas escolheu-se a manipulação de contraste por ter apresentado um efeito visual melhor na imagem.

Para a realização do realce, inicialmente obteve-se o histograma dos

níveis de cinza de cada banda. A visualização do histograma permitiu identificar o intervalo de valores de cinza que apresenta frequências de ocorrência significativamente diferentes de zero. A seguir, foi aplicada uma transformação linear, de forma que o limite inferior desse intervalo passasse a ser zero e o limite superior assumisse o valor 255, com todos os níveis intermediários distribuídos de forma equidistante. A operação de realce realizada dessa forma faz com que se obtenha uma imagem com maior contraste.

5.3.8 Classificação das Imagens: Método da Máxima Verossimilhança

A classificação é um processo que procura segmentar um espaço característico em regiões que representam as diferentes classes. No caso de imagens digitais, o objetivo é associar cada pixel a uma classe, usando uma função discriminante. Procura-se particionar o espaço de atributos, de forma que os pontos pertencentes a uma dada classe sempre sejam atribuídos à partição correspondente.

Neste trabalho, foi usado o método de Máxima Verossimilhança, supervisionado. Como toda técnica supervisionada, o analista deve ter algum conhecimento a priori a respeito da área a ser classificada. O conhecimento da região, baseado no trabalho de campo, bem como a análise visual das imagens, determinada pela resposta espectral de cada uma das classes de uso do solo, resultou na definição das seis classes utilizadas na classificação automática, que são: área urbanizada, banana, reflorestamento, cultura e pastagem, mineração e vegetação arbórea. De cada uma dessas classes, foram fornecidas amostras com

base no conhecimento que se tinha da região. À medida que essas amostras eram fornecidas, iam sendo avaliadas, de forma que, no momento da implementação da classificação, se tivesse um conjunto de amostras que fosse realmente representativa de cada classe.

Após fornecidas as amostras, foi realizada a classificação pelo método de Máxima Verossimilhança. Para esse método, cada classe é considerada como tendo distribuição normal e, com base no vetor média e na matriz de covariância obtidas a partir das amostras fornecidas, é calculada a probabilidade de cada pixel pertencer a cada uma das classes. O pixel é atribuído à classe que apresenta maior probabilidade de pertencer.

5.3.9 Agrupamento das Classes da Fotointerpretação

Com o resultado da classificação digital das imagens, realizado o levantamento da verdade terrestre para confirmar as classes do mapeamento, as classes definidas durante a fotointerpretação foram revistas e agrupadas, como segue:

- Área Urbanizada: esta classe engloba as áreas construídas caracterizadas por edificações, jardins e arruamento e as áreas de solo exposto;

- Área de Mineração: esta classe engloba as frentes de lavra e áreas de rejeito;

- Reflorestamento: vegetação plantada, composta na grande maioria por *Eucalyptos spp*, aparecendo raras áreas de *Pinus spp*;

- Cultura e Pastagem : áreas com vegetação rasteira e porte baixo, incluindo pastagem e culturas: temporária e permanente;

- Cultura de Banana: foram consideradas áreas com cultivo de banana nos diferentes estágios de desenvolvimento;

- Vegetação Arbórea: esta classe engloba a vegetação densa e rala, com espécies de porte variável.

5.3.10 Transferência das Informações Obtidas para o Mapa-Base

O SGI é um sistema compatível com o "software" SITIM - 150. Desse modo, imagens do SITIM - 150 podem ser transferidas para o SGI, permitindo o cruzamento de imagens de satélite com dados cartográficos ou a geração de mapas temáticos a partir de imagens de satélites classificadas.

Como uma imagem de satélite tem usualmente um conjunto de bandas espectrais, cada uma destas bandas corresponderá a um Plano de Informação distinto no SGI e poderá ser tratada separadamente das demais (ENGESPAÇO, 1987).

A transferência das informações obtidas da interpretação das

fotografias aéreas para o mapa-base, também ocorreu através do SGI, sendo que as classes reagrupadas de uso do solo foram digitalizadas.

5.3.11 Geração dos Mapas de Uso do Solo

O mapa de uso do solo/78 foi elaborado com base no resultado da interpretação das fotografias aéreas e do apoio de campo, complementando com o auxílio de entrevistas e documentação existente.

Para a elaboração do mapa de uso do solo/84 foram utilizados o mapa de uso do solo/78, o resultado da classificação automática da imagem/84, bem como a interpretação visual dessa imagem e levando em consideração os dados e informações de campo.

O mapa de uso do solo/90 foi elaborado de forma similar, envolvendo o mapa de uso do solo/84, o resultado da classificação automática da imagem/88, sua interpretação visual e atualizado com a interpretação visual da imagem/90 e campo.

Esses mapas foram gerados no SGI, sendo as classes digitalizadas e posteriormente aplicadas as funções gerar carta e plotar carta.

Na fase de gerar carta além da seleção dos Planos de Informações que compõe o mapa no formato de saída desejado, foram definidas as legendas (textos e dados colocados na moldura do mapa) e a escala.

A função plotar carta permitiu a reprodução dos mapas no traçador gráfico semi-automático.

5.3.12 Cálculo das Áreas das Classes de Uso do Solo

As áreas foram determinadas utilizando-se o SGI, através da função "área". Pelo método da contagem de pixel, o programa calcula a área das classes de uso do solo, tanto da fotointerpretação como do resultado da classificação das imagens de satélite.

5.3.13 Análise do Processo das Alterações Ocorridas na Área de Estudo

De posse dos mapas de uso do solo, que mostram o registro e a representação das modificações ocorridas na área, far-se-á uma análise dessas alterações. Entendendo que essas possam servir para uma discussão mais ampla, agregando outros dados e informações. Desse modo servindo de subsídios à análise ambiental.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Considerações Iniciais

O conceito de uso do solo é muito genérico, pois as formas de interferência antrópica num determinado espaço geográfico assume especificidades e escalas muito distintas.

As diferenças entre um quadro de uso do solo decorrente das relações homem - meio, são óbvias, quando se compara as ações de uma população pré - agrícola, ativando a caça, a pesca e a extração vegetal, com as ações de grupos humanos que praticam a agricultura como principal modo de produção. É evidente, também, que são muitas as diferenças que aparecerão num quadro de uso do solo, quando se compara as atividades de grupos agricultores com outros que já atingiram etapas de desenvolvimento urbano e industrial.

Assim, numa sociedade econômica moderna o uso do solo se faz segundo muitas opções, mesmo quando num determinado espaço geográfico se observa especialização de atividades produtivas, como uma região agrícola policultora.

As fotografias aéreas permitem constatações de usos do solo, às vezes com objetivos de levantar a localização e distribuição de um fato.

Dos países mais desenvolvidos, as técnicas aerofotogramétricas e de

fotointerpretação se difundiram, sempre num sentido de utilização de novos aportes tecnológicos.

No Brasil se notabilizou, na década de 60, o Projeto Radam, inicialmente preocupado com a prospecção de recursos naturais da Amazônia.

Em pouco tempo, após os episódios pioneiros de colocação de satélites artificiais em órbita, promoveu-se um avanço da tecnologia de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento, tomando os levantamentos de uso do solo mais precisos e com maior abrangência, devido a possibilidade de melhoria na detecção de informações.

6.2 Quanto à Interpretação Visual de Fotografias Aéreas

Na identificação das classes de uso do solo, um aspecto que deve ser analisado é a escala das fotografias. No caso, foram utilizadas fotografias com escala aproximada 1:25000, que, também, é comprovada por AUDI, MORAES, OEA, ROSTOM, SHAXSON in SANTOS (1986), como a escala adequada para levantamentos de uso do solo.

Nesta escala foi possível a identificação, através das chaves para fotointerpretação, das seguintes classes: área urbanizada, área de mineração, reflorestamento, pastagem, cultura diversificada, cultura de banana, solo exposto, mata densa e mata rala. Essas classes, posteriormente, foram reagrupadas, com base nos resultados das classificações automáticas, em: área urbanizada, área de

mineração, reflorestamento, cultura e pastagem, cultura de banana e vegetação arbórea (FIGURA 6.1), de tal forma que os mapas apresentados tivessem as mesmas classes.

A classe área urbanizada foi facilmente identificada pois é caracterizada por áreas de contornos regulares, apresentando alternância de tons claros, correspondentes ao solo exposto, arruamento e edificações e, tons escuros, correspondentes à arborização de ruas, sombras e jardins.

A área classificada como de mineração abrange as frentes de minas e áreas de depósitos e aproveitamento de rejeitos. Essa classe apresenta forma irregular, textura rugosa e tonalidade cinza médio. Houve um certo grau de dificuldade na identificação dessas áreas, pois as atividades de mineração nem sempre são distinguidas nas fotografias aéreas, principalmente quando se trata de minas subterrâneas. Assim, tornou-se necessário uma verificação de campo mais detalhada.

As áreas classificadas de reflorestamento, de fácil identificação, apresentam-se em tons cinza escuro, textura aveludada e geralmente limites regulares.

A classe cultura e pastagem abrange áreas de cultura temporária e permanente e áreas de vegetação rasteira. Essa classe foi facilmente identificada pelo seu formato irregular, com tonalidade predominante cinza médio e textura lisa, sendo comprovada na verificação de campo.

A classe cultura de banana apresentou-se bem identificada pela rugosidade e pelo formato irregular, ocupando, principalmente, áreas de topografia

acidentada.

A área classificada como vegetação arbórea englobando a vegetação rala e densa com espécies de porte variável, predominando espécies arbóreas nativas. Apresenta predominância de tonalidade cinza escuro e textura rugosa definida pela diferença na altura das copas das árvores, o que difere das áreas de reflorestamento.

Salienta-se que para a interpretação das fotografias, preliminarmente, fez-se o reconhecimento de campo. Durante a interpretação, constatou-se a necessidade de verificação em campo, mais rigorosa, para determinadas áreas. Por tratar-se de fotografias aéreas obtidas em 78/79, essa verificação foi complementada com o auxílio de entrevistas e documentação existente.

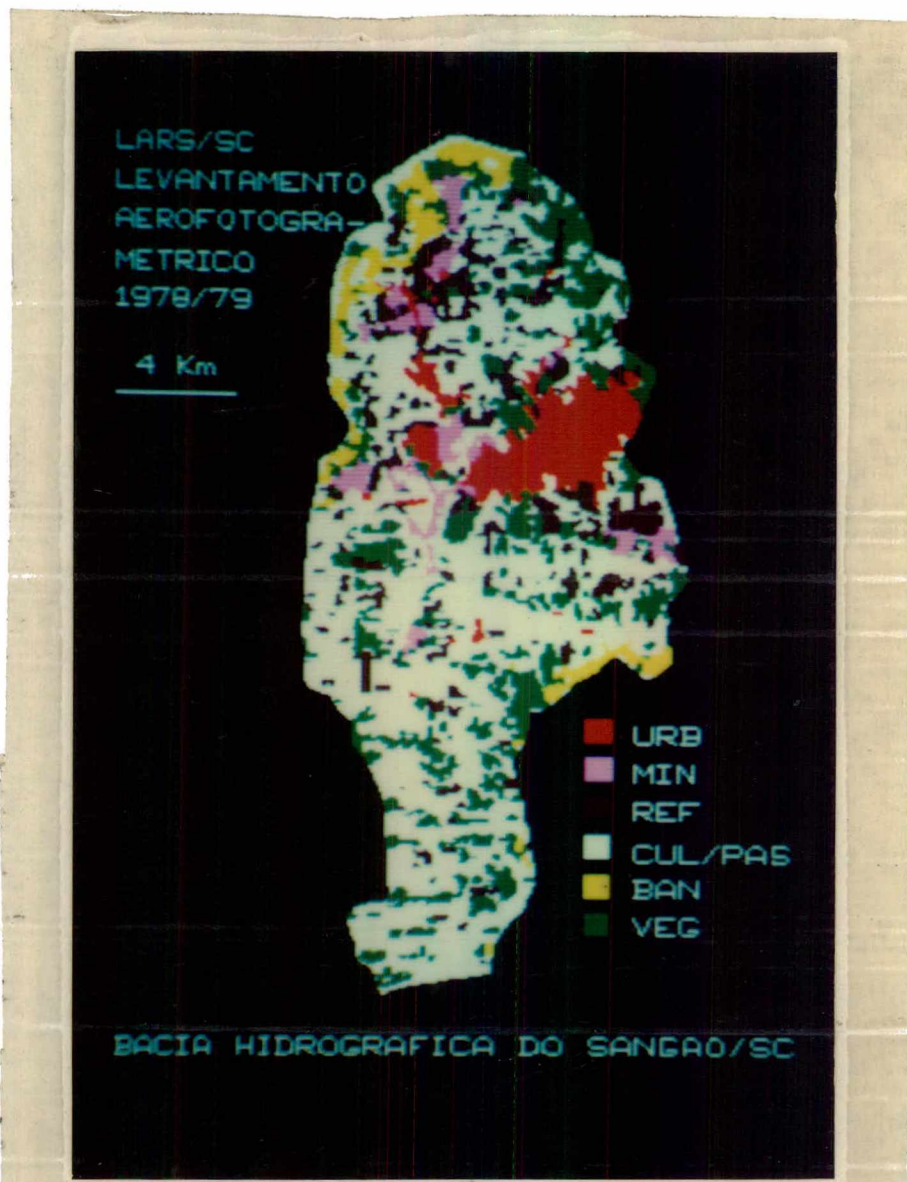


FIGURA 6.1- RESULTADO DA INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS 78/79 - Imagem obtida da Unidade Visualizadora mostrando a classificação dos tipos de uso de solo, através da interpretação das fotografias aéreas e posterior digitalização no SGI.

6.3 Quanto ao Processamento Digital de Imagens

Nesta etapa foram feitos vários testes para selecionar o melhor procedimento de tratamento digital que mostrasse um desempenho adequado para a caracterização da superfície.

A seleção de bandas se processou através da análise visual de diversas composições, considerando-se o poder de discriminação da variação do uso do solo apresentada pelas diferentes combinações visualizadas no SITIM-150, servindo de referência o conhecimento de campo e as fotografias aéreas. Foi selecionada a composição B5 (vermelho), B4 (verde) e B3 (azul) que pela análise visual e de acordo com NASCIMENTO e THIBAUT in PEREIRA, KURKDJIAN e FORESTI (1989), é a mais informativa para discriminar o uso do solo (FIGURAS 6.2 a 6.9).

Feita a seleção, procedeu-se a delimitação da área de trabalho (601X 934 pixels, num total de 561.334 pixels), de tal forma que essa área englobasse a área de estudo (Bacia do Sangão). Na seqüência, as bandas selecionadas foram submetidas ao procedimento de registro de imagens. Procedeu-se o registro da imagem/84 com a carta topográfica e o registro da imagem/88 com a imagem/84, dessa forma ajustando as imagens a um documento cartográfico. As bandas da imagem/84 foram ajustadas à carta topográfica, através dos pontos de controle e, da mesma forma, a imagem/88 à imagem/84, obtendo-se as imagens registradas.

Os registros executados (imagem X mapa e imagem X imagem) apresentaram desempenhos considerados satisfatórios, como pode ser observado no cálculo da precisão do registro, que consta das TABELAS 6.1 e 6.2

respectivamente. Essas tabelas mostram que o erro total, para os pontos utilizados no mapeamento, foi inferior a 0,9 pixel, enquanto o erro para os pontos não utilizados foi de aproximadamente 3,9 no registro da imagem/84 com a carta topográfica e de aproximadamente 2,1 para o registro da imagem/88 com a imagem/84. Ainda se pode observar o desempenho nos resíduos entre X e Y (RESX e RESY) para os pontos considerados.



FIGURA 6.2 - Imagem/84 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 3 - Nesta imagem destaca-se, em tons claros, áreas urbanizadas.





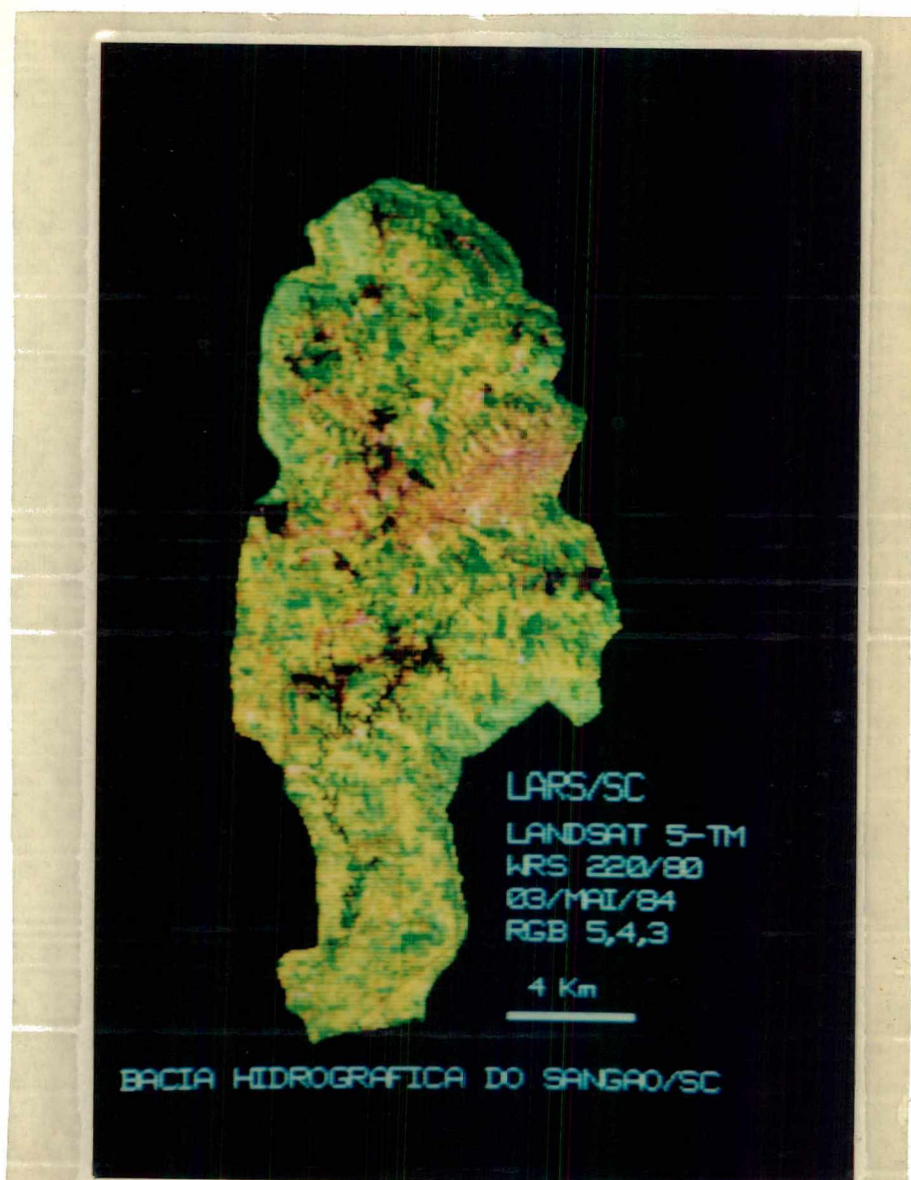


FIGURA 6.5 Composição Colorida da Imagem/84 do Satélite LANDSAT TM/5 - mostrando área urbanizada, área de mineração, reflorestamento, cultura e pastagem, cultura de banana, vegetação arbórea.







FIGURA 6.8 - Imagem/88 do Satélite LANDSAT 5/TM na Banda 5 - destaca-se os delineamentos das áreas de vegetação

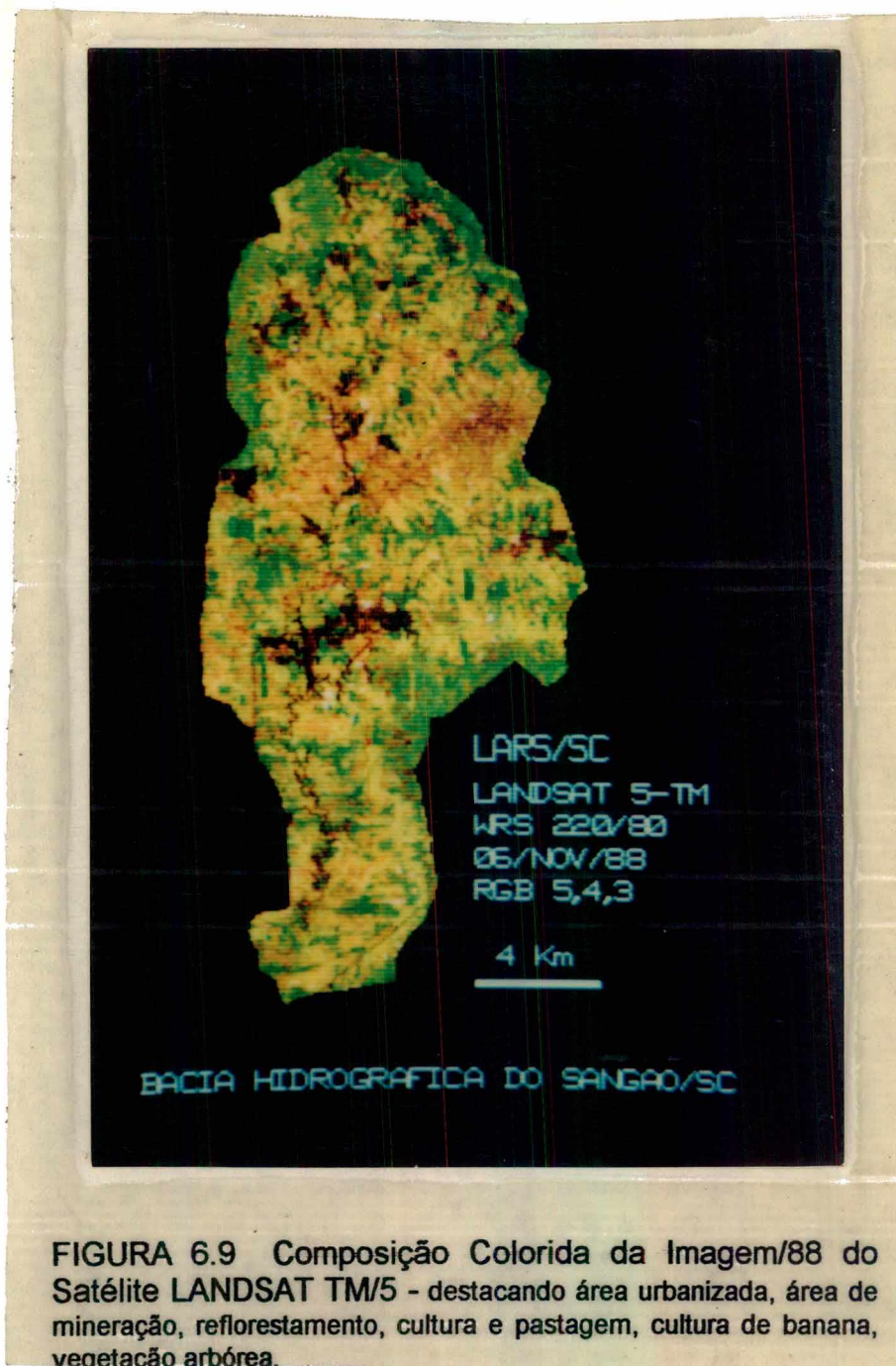


TABELA 6.1 - DADOS DA PRECISÃO DO REGISTRO DA IMAGEM/84

Erro interno para os pontos utilizados no mapeamento:
 Horizontal: 0,596 Vertical: 0,665 Total: 0,893

Erro interno para os pontos não utilizados no mapeamento:
 Horizontal: 1,916 Vertical: 3,365 Total: 3,872

Grau do Polinômio de Mapeamento: 2

Resíduo em módulo para cada ponto

NOME DO PONTO	FLAG	RESX	RESY
01	1	0,2	0,6
02	1	0,1	0,4
03	1	0,2	0,1
04	0	0,5	2,2
05	1	0,6	1,0
06	1	0,3	0,1
07	0	4,4	0,1
08	1	1,0	1,1
09	1	0,8	0,5
10	0	2,5	0,9
11	1	0,2	0,6
12	0	1,0	1,2
13	1	0,5	0,2
14	0	0,3	8,4
15	0	0,4	1,1
16	1	0,5	0,9
17	1	1,0	1,0
18	1	0,3	1,0
19	1	0,4	0,1
20	1	0,9	0,8
21	1	1,1	0,9
22	1	0,2	0,2
23	0	1,0	2,9
24	1	0,3	0,4
25	0	1,1	2,0
26	1	0,5	0,4
27	1	0,5	0,4

TABELA 6.2 - DADOS DA PRECISÃO DO REGISTRO DA IMAGEM/88

Erro interno para os pontos utilizados no mapeamento:
 Horizontal: 0,572 Vertical: 0,558 Total: 0,799

Erro interno para os pontos não utilizados no mapeamento:
 Horizontal: 1,353 Vertical: 1,505 Total: 2,024

Grau do Polinômio de Mapeamento: 2

Resíduo em módulo para cada ponto

NOME DO PONTO	FLAG	RESX	RESY
01	1	0,9	0,9
02	1	0,4	0,1
03	0	0,3	1,9
04	1	0,5	0,9
05	1	0,1	0,3
06	1	0,0	0,7
07	1	0,4	0,9
08	1	0,7	0,2
09	0	0,8	2,0
10	1	0,7	0,1
11	1	0,9	0,5
12	1	0,7	0,4
13	1	1,0	0,1
14	1	0,6	1,0
15	0	1,7	1,2
16	1	0,5	0,1
17	1	0,2	0,7
18	1	1,1	0,4
19	0	1,9	0,1
20	1	0,6	0,4
21	1	0,3	0,5
22	1	0,7	0,3
23	1	0,1	0,1
24	1	0,1	0,9
25	1	0,2	0,6
26	1	0,5	0,0
27	1	0,7	0,6
28	1	0,1	0,4
29	1	0,4	0,7
30	1	0,3	0,2

Após a aplicação do registro, as imagens foram submetidas ao procedimento de aumento linear de contraste. Aplicando-se a opção Geração de Tabelas disponível no SITIM - 150 foram adquiridos os histogramas das mesmas. A análise dos histogramas (FIGURAS 6.10; 6.11; 6.12; 6.13; 6.14; 6.15) mostrou que todas as bandas apresentavam baixa radiância, ou seja, com a concentração dos valores de brilho situada a esquerda, justificando os tons fortes das composições coloridas das imagens originais (sem realce). Essa técnica foi aplicada a cada banda, através da modificação do histograma frequência X nível de cinza (valor de brilho) da imagem, onde os níveis de cinza que na imagem original ocupam uma pequena faixa de valores, passam a ocupar os 256 níveis possíveis pelo aumento do contraste entre cada frequência de valores de brilho.

A técnica empregada permitiu um aumento do contraste entre os alvos em todas as bandas (FIGURAS 6.16; 6.17; 6.18; 6.19; 6.20; 6.21) e, de forma particularmente notável, nas bandas 3, 4 e 5 da imagem/84 e nas bandas 3 e 4 da imagem/88.

Na seqüência, as bandas selecionadas, registradas e manipuladas foram submetidas ao processo de classificação.

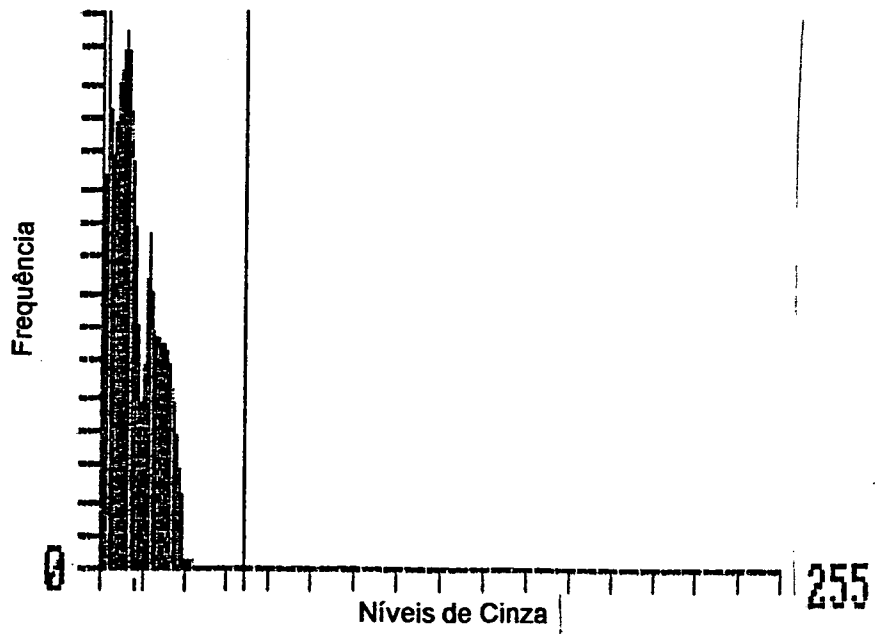


FIGURA 6.10 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 -
Imagem/84

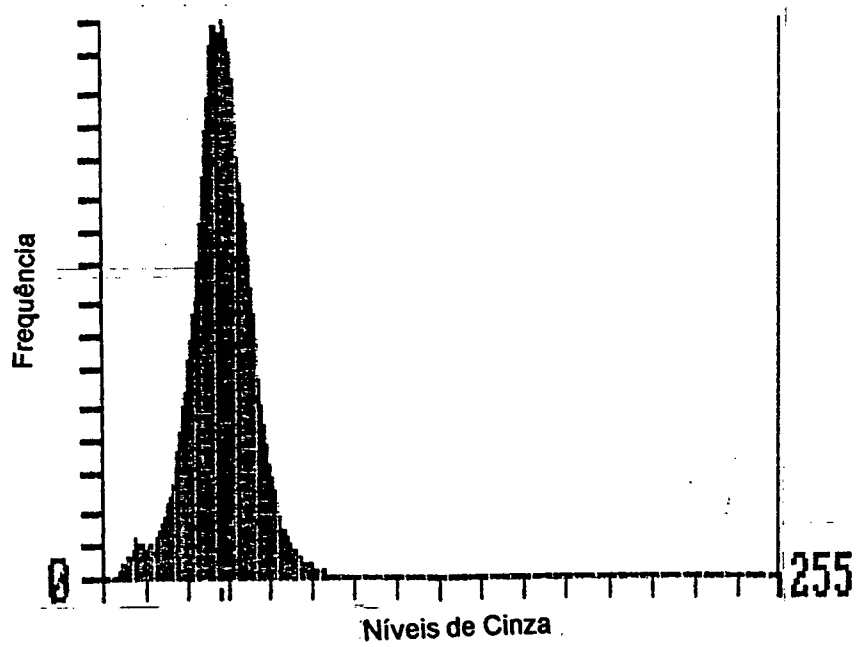


FIGURA 6.11 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 -
Imagem/84

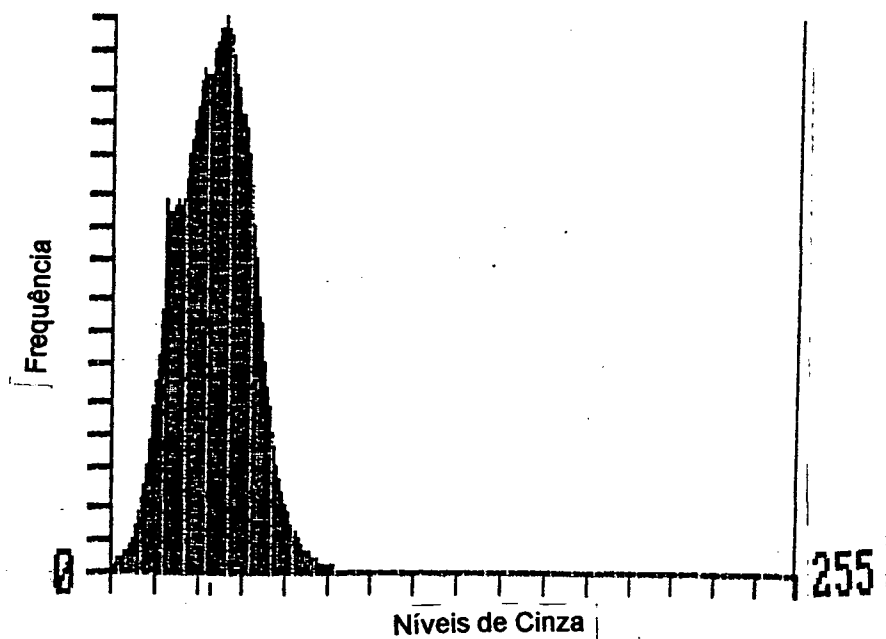


FIGURA 6.12 - Histograma Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/84

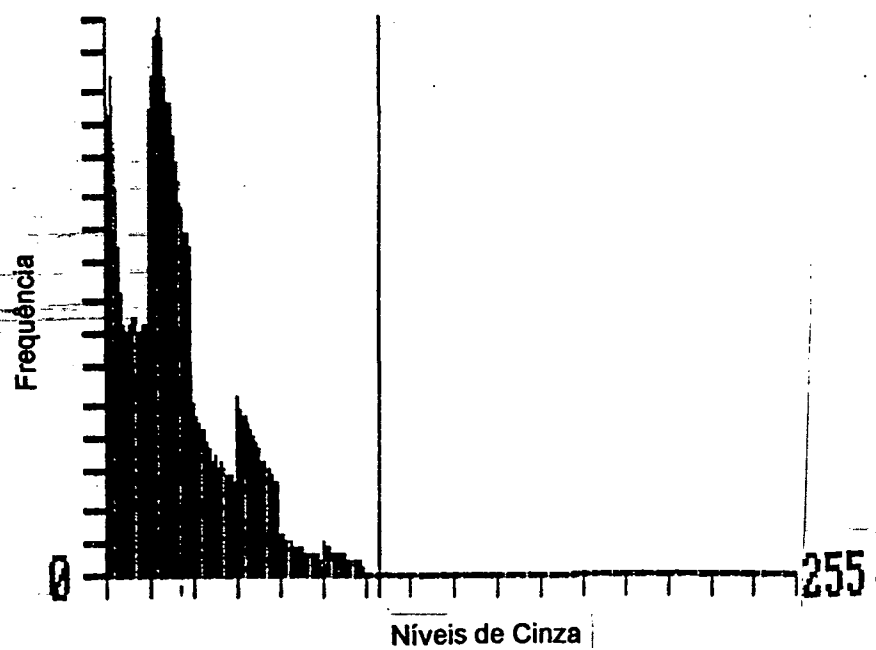


FIGURA 6.13 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/88

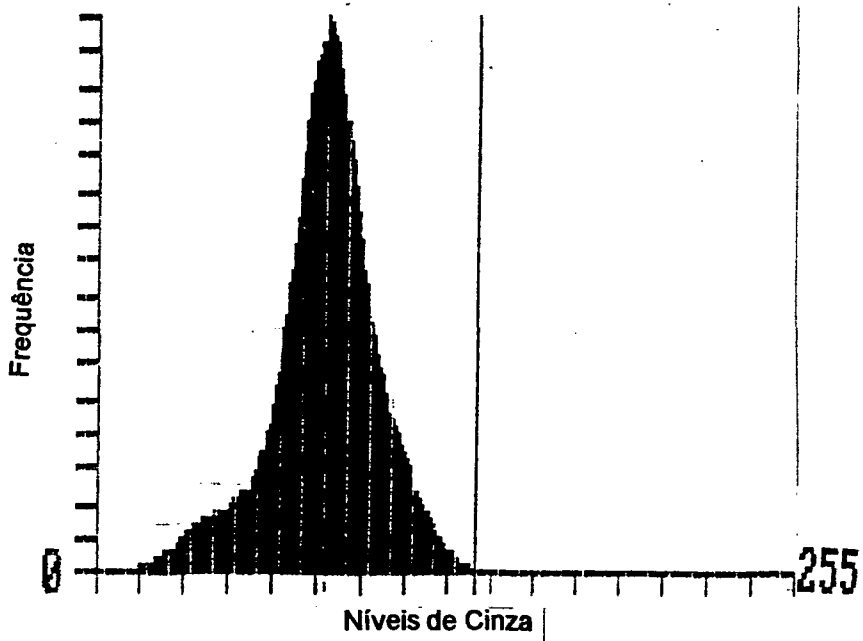


FIGURA 6.14 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/88

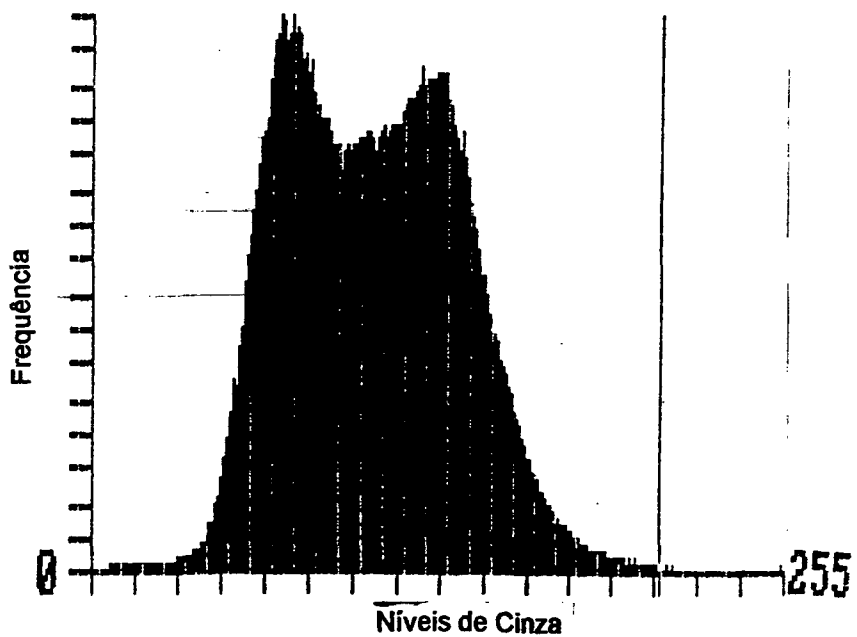


FIGURA 6.15 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/88

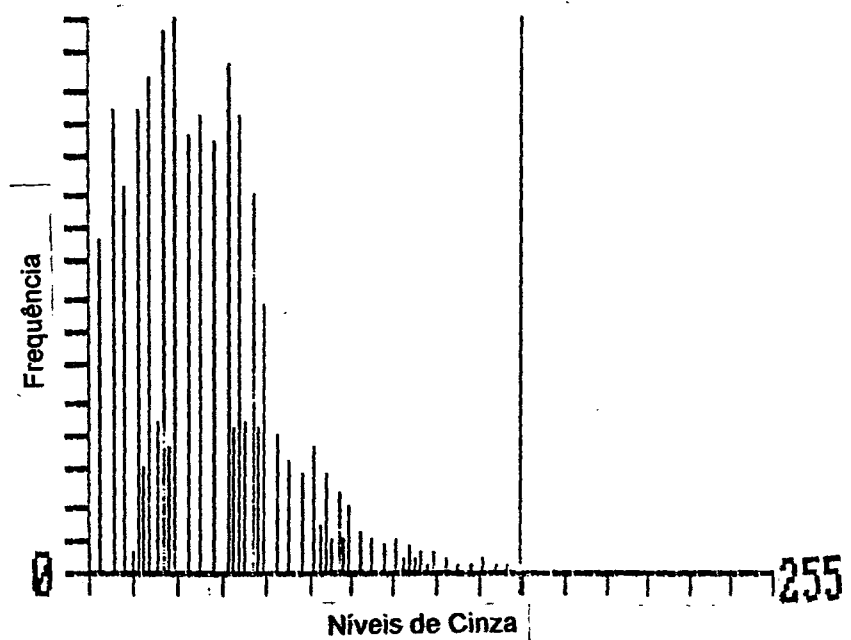


FIGURA 6.16 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste

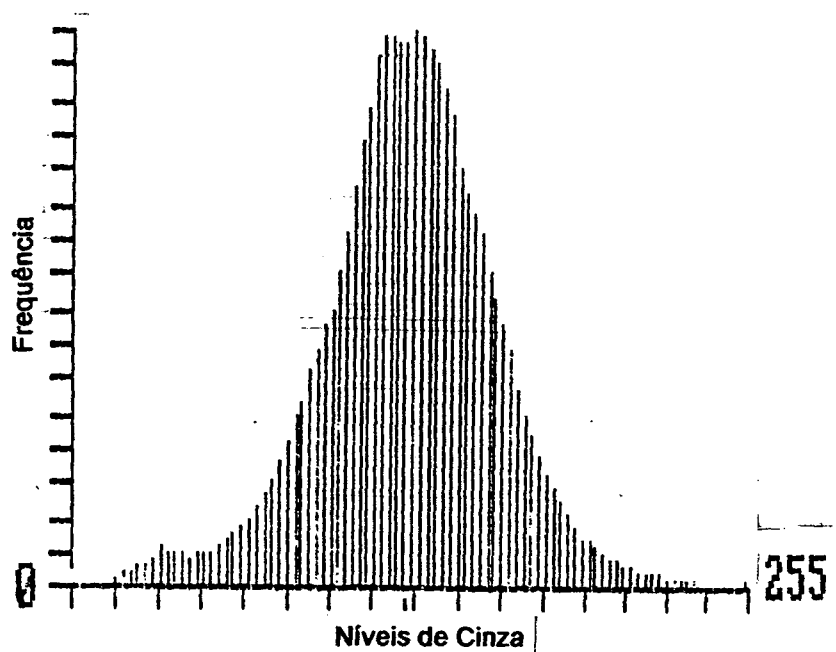


FIGURA 6.17 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste

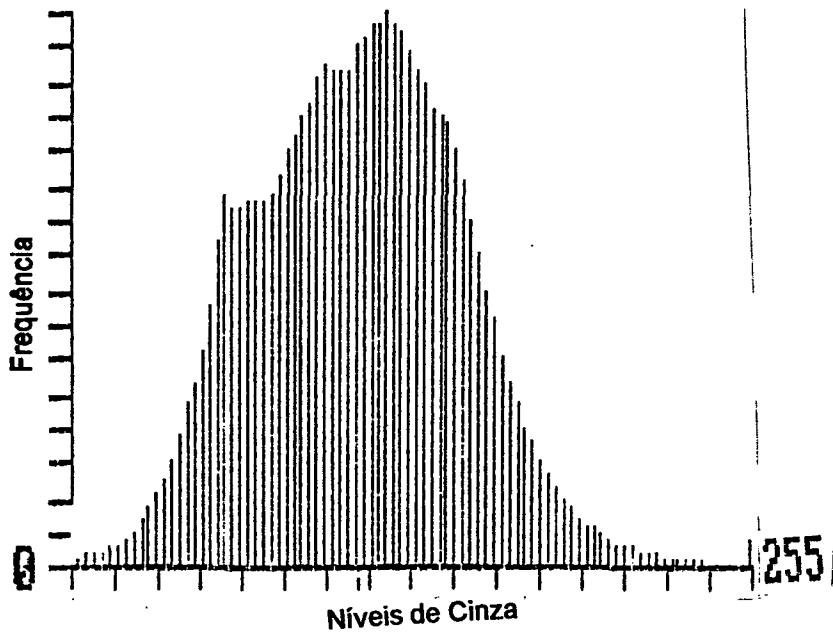


FIGURA 6.18 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/84 com Ampliação Linear de Contraste

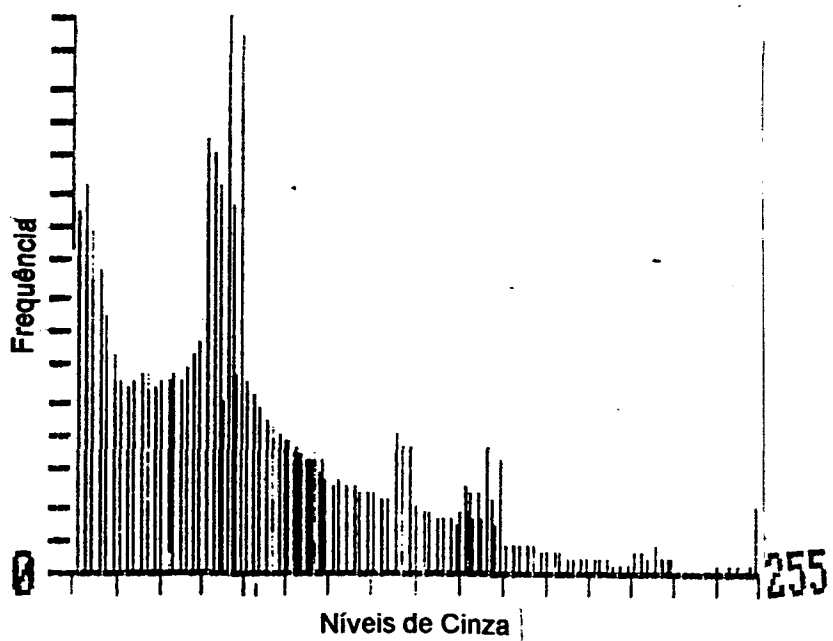


FIGURA 6.19 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 3 - Imagem/88 com Ampliação Linear de Contraste

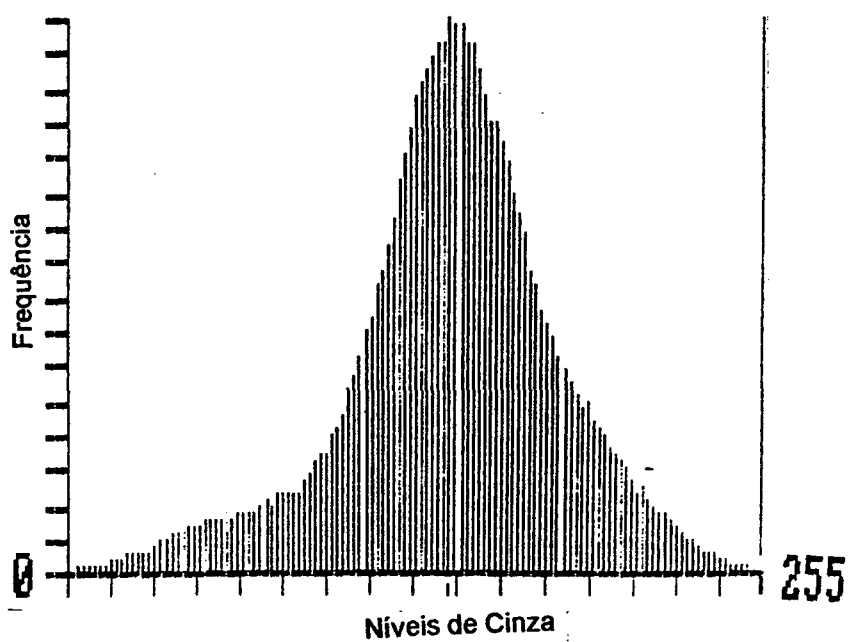


FIGURA 6.20 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 4 - Imagem/88 com Ampliação Linear de Contraste

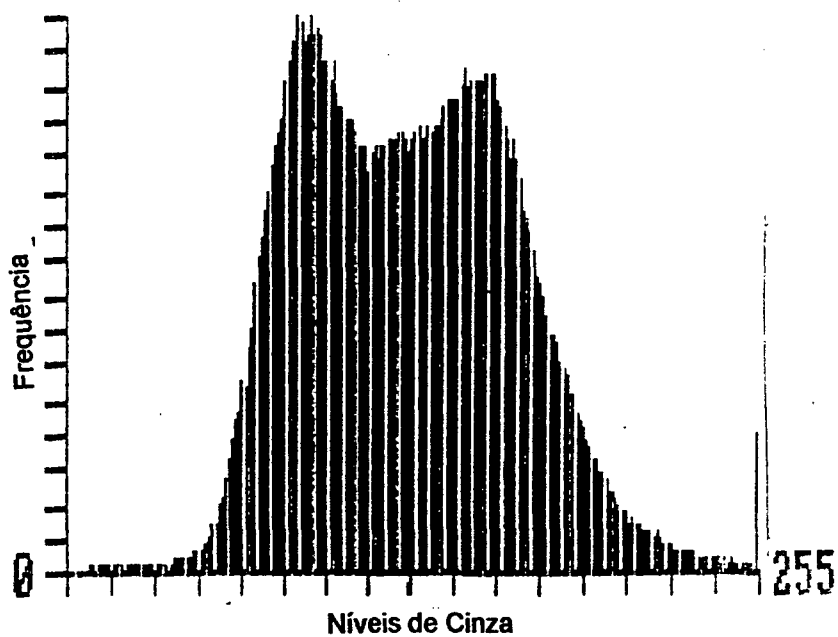


FIGURA 6.21 - Histograma de Frequência de Níveis de Cinza da Banda 5 - Imagem/88 com Ampliação Linear de Contraste

No método da máxima verossimilhança, a seleção das amostras é feita com base na verdade terrestre. Para o caso, as amostras foram selecionadas, adotando-se um processo iterativo que compreendeu duas análises: dentro da classe e entre as classes.

Analisando o comportamento das amostras dentro de cada classe da imagem/84, constatou-se que:

- as amostras da classe cultura/pastagem (TABELA 6.3) podem ser consideradas bem representativas da classe, pois com exceção da amostra de nº 1 que teve, somente, 70,3% dos elementos classificados corretamente, todas as demais estavam acima de 90%;

- todas as amostras da classe banana (TABELA10) são bem representativas, apresentando mais de 90% de elementos corretamente classificados;

- as amostras da classe área urbanizada (TABELA11), como era de se esperar, devido a heterogeneidade dos seus elementos, apresentou, na grande maioria das amostras, uma certa confusão com as demais classes;

- as amostras da classe reflorestamento (TABELA 6.6) demonstram que das seis adquiridas, cinco delas apresentam uma leve confusão com outras classes, principalmente, vegetação arbórea. A outra amostra apresenta somente 40,8% de elementos classificados corretamente;

- das amostras apresentadas na TABELA 6.7 (classe área de mineração), a maioria delas teve seus elementos classificados corretamente (acima de 90%). Somente a amostra de nº 5 teve uma percentagem de acertos baixa (64,35);

- as amostras da classe vegetação arbórea (TABELA 6.8) apresentaram uma grande confusão, principalmente, em relação a classe reflorestamento.

Através da análise do comportamento das amostras entre as diversas classes da imagem/84 (TABELA 6.9) constatou-se que:

- houve ligeira confusão das amostras da classe cultura/pastagem com as da classe área urbanizada;

- as amostras da classe banana e da classe área de mineração foram muito representativas, não havendo confusão dessas amostras com as outras;

- houve um maior grau de confusão entre as amostras da classe vegetação arbórea e as amostras da classe reflorestamento e vice-versa.

Para a imagem/88 analisando o comportamento das amostras dentro de cada classe, verificou-se que:

- das sete amostras adquiridas da classe cultura/pastagem (TABELA 6.10), apenas duas delas não são bem representativas da classe;

- o comportamento das amostras da classe banana (TABELA 6.11) dessa imagem, foi idêntico ao das amostras da imagem/84;

- das amostras selecionadas da classe área urbanizada (TABELA 6.12), quatro delas tiveram seus elementos classificados corretamente (mais de 90%); das restantes, duas confundiram-se com a classe cultura/pastagem e duas com a classe área de mineração;

- as amostras da classe reflorestamento (TABELA 6.13) tiveram uma baixa percentagem de elementos classificados corretamente (em torno de 45%). A confusão apresentada ocorre, principalmente, com as amostras da classe de vegetação arbórea;

- a maioria das amostras adquiridas da classe área de mineração (TABELA 6.14), foram bem representativas, duas delas com 100% de elementos classificados corretamente;

- o comportamento das amostras da classe vegetação arbórea (TABELA 6.15) tomadas da imagem/88 é similar ao das amostras da imagem/84.

Analisando o comportamento das amostras entre as diversas classes da imagem/88 (TABELA 6.16), observa-se que esse corresponde ao mesmo comportamento ocorrido com as amostras da imagem/84.

TABELA 6.3 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE CULTURA/PASTAGEM/84

CLASSES	AMOSTRAS (%)				
	1	2	3	4	5
não classes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1. cultura/pastagem	70.3	91.4	93.6	98.8	98.8
2. banana	3.5	5.3	1.6	1.3	0.0
3. área urbanizada	5.9	0.5	2.7	0.0	1.3
4. reflorestamento	11.3	1.1	1.1	0.0	0.0
5. área de miner.	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
6. veg. arbórea	7.4	1.6	1.1	0.0	0.0

TABELA 6.4 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE BANANA/84

CLASSES	AMOSTRAS (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
não classes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.cultura/pastagem	0.0	8.8	4.0	8.0	0.0	4.6	1.2
2.banana	100.0	90.0	96.0	90.0	100.0	91.3	92.4
3.área urbanizada	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.5	0.0
4.reflorestamento	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.2
5.área de miner.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6. veg. arbórea	0.0	1.30	0.0	0.0	0.0	1.5	5.3

TABELA 6.5 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE ÁREA URBANIZADA/84

CLASSES	AMOSTRAS (%)					
	1	2	3	4	5	6
não classes	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	5.6
1.cultura/pastagem	5.3	18.8	7.1	3.6	4.6	13.0
2.banana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.área urbanizada	84.7	77.6	86.9	96.4	94.4	80.6
4.reflorestamento	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.área de miner.	8.8	0.0	6.0	0.0	0.9	0.0
6. veg. arbórea	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.9

TABELA 6.6 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE REFLORESTAMENTO/84

CLASSES	AMOSTRAS (%)					
	1	2	3	4	5	6
não classes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.cultura/pastagem	1.4	0.0	0.0	1.5	1.7	8.3
2.banana	0.0	0.6	8.2	0.0	0.0	0.0
3.área urbanizada	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0
4.reflorestamento	87.5	87.8	86.4	95.5	78.9	40.8
5.área de miner.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.veg. arbórea	11.1	11.5	5.5	1.5	19.4	50.8

TABELA 6.7 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE ÁREA DE MINERAÇÃO/84

CLASSES	AMOSTRAS (%)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
não classes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.cultura/pastagem	1.8	0.0	4.0	0.0	19.6	5.8	0.0	0.0
2.banana	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0
3.área urbanizada	1.2	0.0	0.0	0.0	12.5	9.7	0.6	2.6
4.reflorestamento	0.0	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
5. área de miner.	97.1	100.0	88.1	97.6	64.3	81.8	99.4	97.4
6. veg. arbórea	0.0	0.0	7.1	1.6	1.8	2.6	0.0	0.0

**TABELA 6.8 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE VEGETAÇÃO
ARBÓREA/84**

CLASSES	AMOSTRAS (%)			
	1	2	3	4
não classes	0.0	0.0	0.0	0.0
1.cultura/pastagem	7.1	0.6	0.9	0.0
2.banana	4.5	0.0	2.7	0.0
3.área urbanizada	0.6	0.0	0.0	0.0
4.reflorestamento	35.7	27.8	50.0	46.4
5. área de miner.	3.2	3.4	3.6	0.9
6. veg. arbórea	48.7	68.2	42.7	52.7

TABELA 6.9 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM /84

CLASSES	PERCENTAGEM (%)						
	N	1	2	3	4	5	6
1.cultura/pastagem	0.0	86.6	2.9	2.8	4.2	0.5	3.0
2.banana	0.0	3.3	93.9	0.3	0.8	0.0	1.8
3.área urbanizada	0.9	9.0	0.0	86.4	0.3	2.8	0.5
4.reflorestamento	0.0	2.1	1.3	0.3	79.5	0.0	16.9
5. área de miner.	0.0	2.6	0.1	2.7	0.2	92.9	1.5
6. veg. arbórea	0.0	2.4	1.8	0.2	38.2	2.9	54.5

Desempenho médio: 84.28

Abstenção média: 0.17

Confusão média: 15.55

Limiar: 16.30

TABELA 6.10 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE CULTURA/PASTAGEM/88

CLASSES	AMOSTRAS (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
não classe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.banana	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.área urbanizada	0.0	0.0	0.0	4.1	60.7	0.0	3.3
3.área de miner.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7
4.cultura/pastagem	100.0	97.6	100.0	95.9	39.3	100.0	66.7
5.veg. arbórea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.reflorestamento	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3

TABELA 6.13 - ANÁLISE DE AMOSTRA DA CLASSE REFLORESTAMENTO/88

CLASSES	AMOSTRAS (%)	
	1	2
não classe	6.3	0.0
1.banana	0.0	0.0
2.área urbanizada	0.0	0.0
3.área de miner.	0.0	0.0
4.cultura/pastagem	12.5	0.0
5.veg. arbórea	35.4	55.6
6.reflorestamento	45.9	44.4

TABELA 6.14 - ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE ÁREA DE MINERAÇÃO/88

CLASSES	AMOSTRAS (%)					
	1	2	3	4	5	6
não classe	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0
1.banana	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0
2.urbana	6.7	0.9	0.0	8.3	0.0	7.8
3.área de miner.	70.0	99.1	100.0	70.8	100.0	92.2
4.cultura/pastagem	23.3	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
5.veg.arbórea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6.reflorestamento	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0

TABELA 6.15-ANÁLISE DE AMOSTRAS DA CLASSE VEGETAÇÃO ARBÓREA/88

CLASSES	AMOSTRAS (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
não classe	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.banana	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.área urbanizada	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.área de miner.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.cultura/vegetação	1.3	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.veg. arbórea	88.3	50.0	100.0	61.9	75.0	86.7	50.0
6.reflorestamento	2.6	42.5	0.0	38.1	25.0	13.3	50.0

TABELA 6.16 - MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM/88

CLASSES	AMOSTRAS (%)						
	N	1	2	3	4	5	6
1.banana	0.0	96.7	0.0	0.0	0.8	0.8	1.7
2.área urbanizada	0.6	0.0	89.0	4.2	6.2	0.0	0.0
3.área de miner.	0.3	0.3	2.6	94.3	2.3	0.0	0.3
4.cultura/pastagem	0.0	0.0	8.4	3.3	87.4	0.0	0.8
5.veg. arbórea	0.2	3.0	0.0	0.0	1.0	75.6	20.2
6.reflorestamento	2.5	0.0	0.0	0.0	5.0	47.5	45.0

Desempenho médio: 84.38

Abstenção média: 0.46

Confusão média:15.17

Limiar: 16.30

Na identificação e mapeamento das diferentes categorias de uso do solo, a época da tomada das imagens é um fator muito importante para o bom desempenho do trabalho, pois deverá estar diretamente relacionada com o calendário agrícola da região e as variações sazonais que ocorrem com as diferentes espécies vegetais, principalmente, as culturas.

A classificação obtida da imagem/84 (passagem 03/maio) em âmbito geral pode ser considerada boa (FIGURA 6.22).

Apresentou uma ligeira confusão da classe área urbanizada com a classe área de mineração. Conforme VALERIANO (1987), tanto as áreas de mineração, como as de ocupação urbana são espacialmente heterogêneas, dificultando a definição de limites dessas classes, porque, ambas apresentam materiais semelhantes como carvão e asfalto, terraplenagem e solo exposto, propiciando, neste caso, respostas espectrais semelhantes.

Houve, também, confusão entre as classes área urbanizada e cultura/pastagem. Nas primeiras fases do seu período vegetativo, logo após o plantio até a fase de completo desenvolvimento, quando a cultura cobre totalmente o solo, a resposta espectral é grandemente influenciada pela superfície de fundo. Variações nessa superfície, tais como: tipos de solo, presença de ervas daninhas, diferentes percentagens de umidade do solo, tipos diferentes de aradura e gradagem, etc. vão provocar alterações na energia refletida pela área cultivada, propiciando a confusão com a área urbanizada.



A classe cultura de banana foi muito bem classificada, não havendo praticamente confusão dessa classe com nenhuma outra, devido ao alto grau de reflectância que apresenta.

Detectou-se um maior grau de confusão entre a classe vegetação arbórea e a classe reflorestamento. O reflorestamento pode apresentar a mesma resposta espectral da classe vegetação arbórea dependendo de seu estágio de desenvolvimento e do local onde se encontra plantado, pois a diferença entre essas duas classes decorre basicamente de o reflorestamento compor-se de vegetação homogênea e com formato regular.

Da mesma forma, a classe cultura e pastagem pode apresentar a mesma resposta espectral da classe vegetação arbórea, pois quando a cultura atinge o seu completo desenvolvimento, cobrindo totalmente o solo, a influência desse se torna bem menor, havendo uma predominância da energia refletida pela própria vegetação.

A classificação resultante da imagem/88 (FIGURA 6.25) (passagem 06/novembro) como um todo foi, também, considerada boa. Nesse caso, a classe área urbanizada apresentou uma maior confusão com a classe cultura e pastagem, confusão já esperada, pois segundo FORESTI (1978), existem alguns problemas que dificultam a identificação e delimitação das áreas urbanas. Quando a franja rural-urbana é ocupada pela agricultura, há problemas de delimitação, pois as respostas espectrais dos usos podem ser semelhantes em determinados períodos do ano. MURAY (1974) recomenda, para minimizar esse problema, que se utilizem imagens de período chuvosos, o que justifica, neste caso, o uso da imagem/84, pois a mesma foi tomada numa época de maior ocorrência de chuvas.

A classe área de mineração nessa data, praticamente não apresentou confusão com nenhuma outra classe.

A classe reflorestamento foi confundida com a classe vegetação arbórea. Essa confusão já era esperada conforme visto e justificado na classificação da imagem/84.

Houve um maior grau de confusão com a classe banana e as classes cultura/pastagem e vegetação arbórea. Em novembro aparecem certas culturas como por exemplo fumo e milho, que devido ao seu vigor vegetativo e cobertura folhear apresentam um alto índice de reflectância.

Neste período, mais seco que o anterior, a cobertura vegetal apresenta com maiores variações espectrais, pois muitas espécies sofrem "stress" devido a falta de água, podendo apresentar a mesma resposta espectral da classe banana.

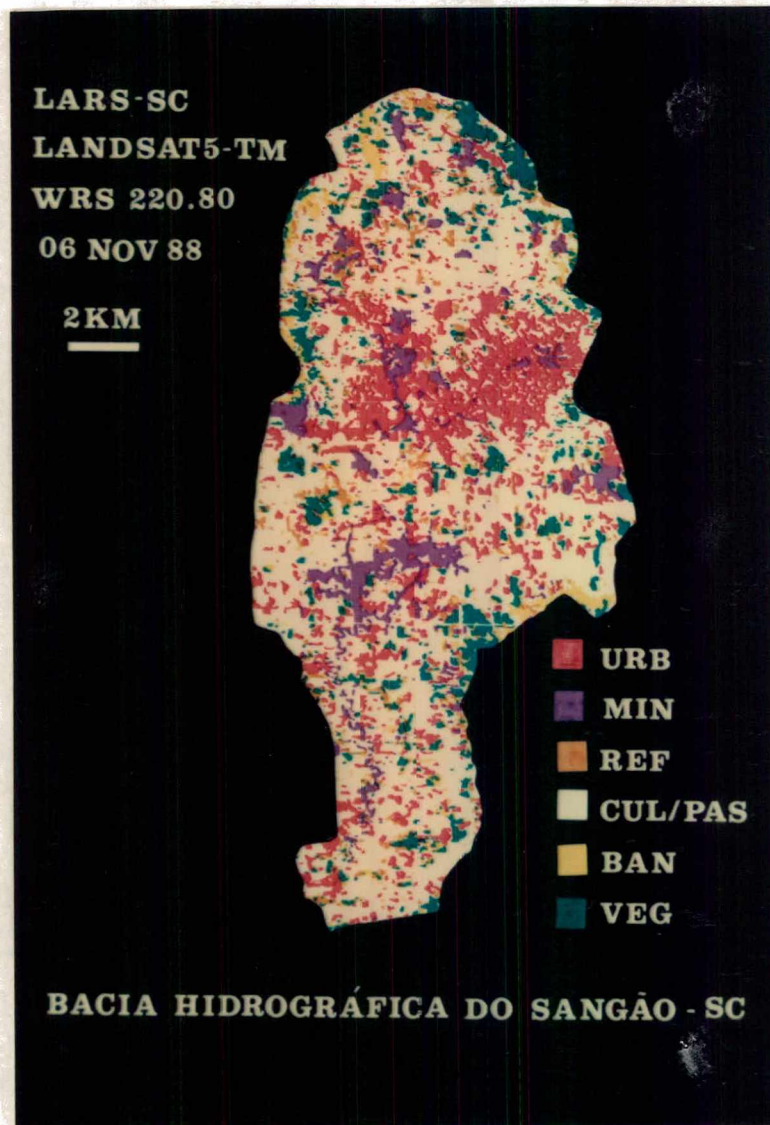


FIGURA 6.23 - Resultado da Classificação da Imagem/88 - obtido pelo método da Maxima Verossimilhança, identificando os tipos de uso do solo.

6.4 Quanto ao Processo de Alteração Ocorrido na Área

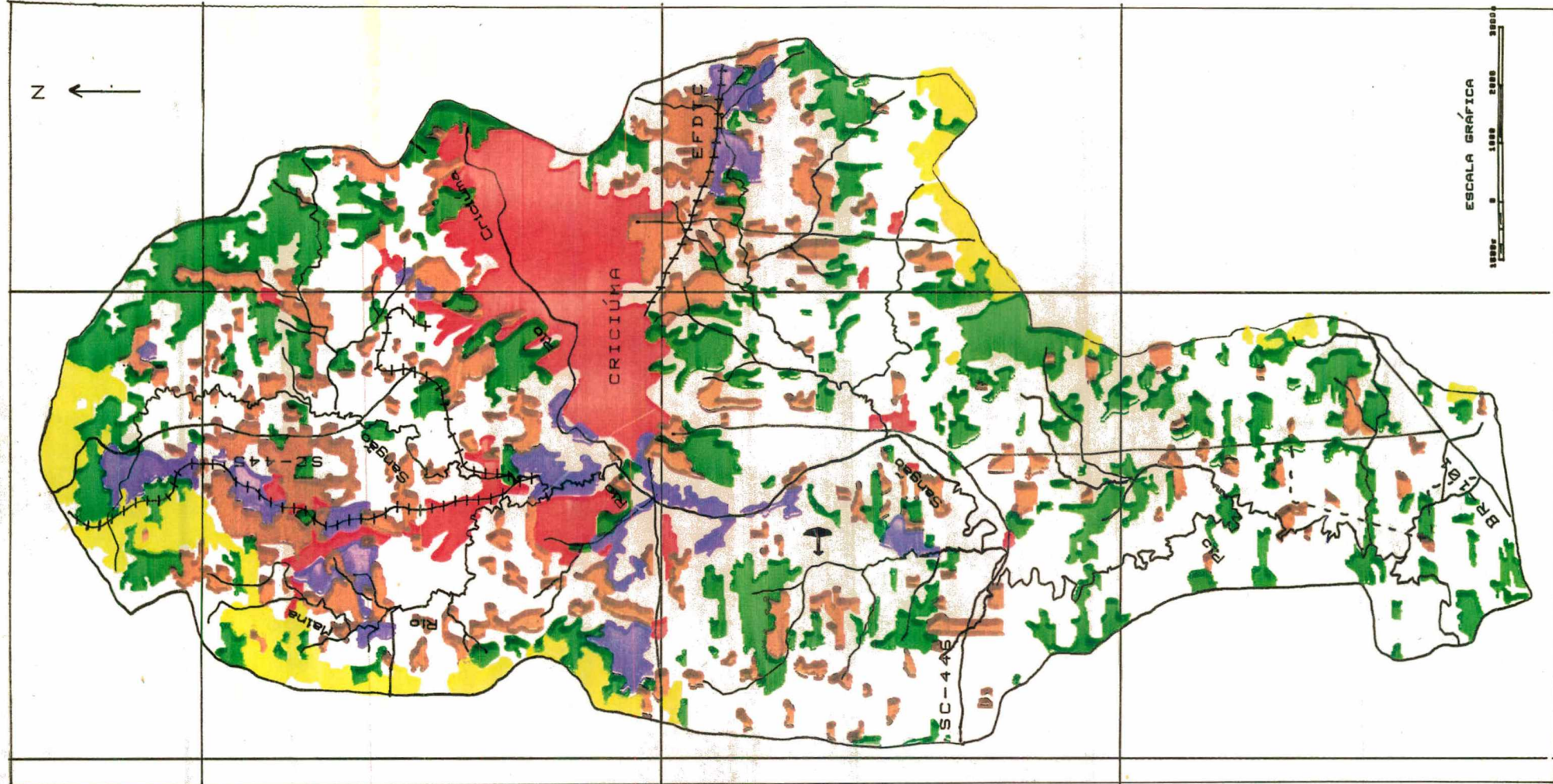
Através da identificação e mapeamento das diferentes classes de uso do solo, foi caracterizado um dinamismo generalizado na região. Os dados obtidos por interpretação de fotografias aéreas e de imagens de satélites, pela classificação automática de imagens de satélites e por verificação de campo estão agrupados de três formas:

1. mapas de uso do solo em três épocas distintas: 1978, 1984 e 1990 (Mapa de Uso do Solo/78, Mapa de Uso do Solo/84, Mapa de Uso do Solo/90);
2. tabelas que mostram as diversas classes de uso do solo nas diferentes épocas, em quilômetros quadrados (km²) e em percentagens (%) (TABELAS 6.17 e 6.18).
3. gráfico de barras mostrando a evolução das diversas classes de uso do solo no período estudado (FIGURA 6.24).

MAPA DE USO DO SOLO

BACIA HIDROGRÁFICA DO SANGÃO - SC

1978



LEGENDA

- ÁREA URBANIZADA
- ÁREA DE MINERAÇÃO
- REFLORESTAMENTO
- CULTURA E PASTAGEM
- CULTURA DE BANANA
- VEGETAÇÃO ARBÓREA

CONVENÇÕES

- HIDROGRAFIA
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA SEM PAVIMENTAÇÃO
- FERROVIA
- AEROPORTO
- LIMITE DA BACIA

MAPA ELABORADO POR ANA MARIA BENNICIVINI FRANZONI
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
FLORIANÓPOLIS - 1992

APOIO TÉCNICO:
MARIANE ALVES DAL SANTO
MAURO RIBEIRO MARTINS
RICARDO WAGNER AD VINICOLA VEADO
VICTOR JOSÉ PHILIPPI LUZ

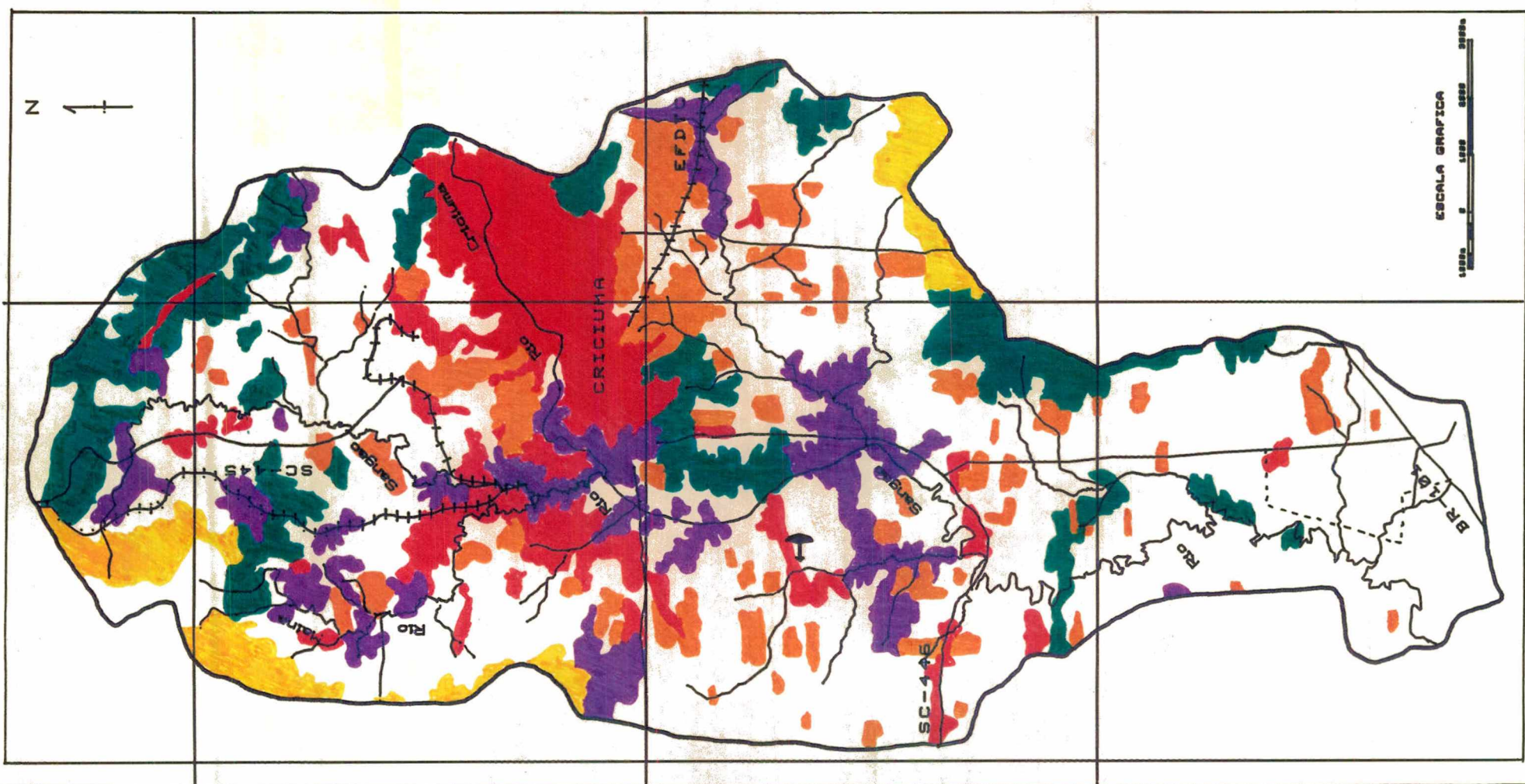
PREPARADO E IMPRESSO NO LARS/SC (LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE SANTA CATARINA), UTILIZANDO-SE O SGI (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS), A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE FOTOGRAFIAS AÉREAS DOS ANOS DE 1978/79.

BASE CARTOGRÁFICA ELABORADA ATRAVÉS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS DO IBGE - ESCALA 1:50.000 - FOLHAS SH-22-X-B-IV-1 E SH-22-X-B-IV-3, IMPRESSAS EM 1976/85 E ATUALIZADA PELA CARTA PLANIALTIMÉTRICA/BATIMÉTRICA DA SEPLAN - FOLHA SH-22-X-B-IV - ESCALA 1:100.000 - DO PROGRAMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO, IMPRESSA EM 1989.

ESCALA GRÁFICA



MAPA DE USO DO SOLO BACIA HIDROGRÁFICA DO SANGÃO - SC 1984



LEGENDA

- ÁREA URBANIZADA
- ÁREA DE MINERAÇÃO
- REFLORESTAMENTO
- CULTURA E PASTAGEM
- CULTURA DE BANANA
- VEGETAÇÃO ARBÓREA

CONVENÇÕES

- HIDROGRAFIA
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA SEM PAVIMENTAÇÃO
- FERROVIA
- AEROPORTO
- LIMITE DA BACIA

MAPA ELABORADO POR ANA MARIA BENNICIVENTI FRANZONI
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
FLORIANÓPOLIS - 1993

APOIO TÉCNICO:
ALCEU RIBEIRO ALVES
MARIANE ALVES DAL SANTO
MAURO RIBEIRO MARTINS
ROSANA MARIA RODRIGUES

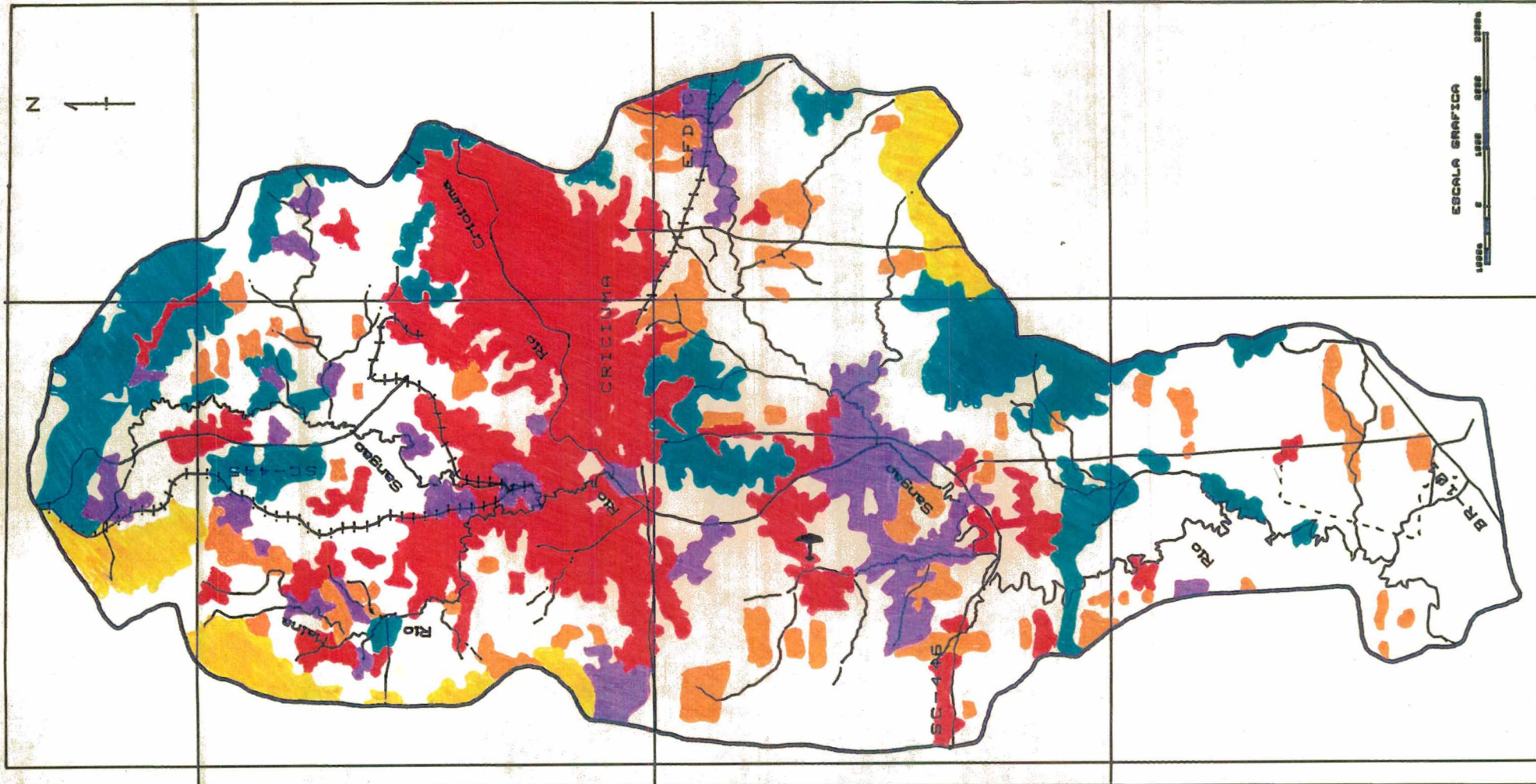
PREPARADO E IMPRESSO NO LARS/SC (LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE SANTA CATARINA), UTILIZANDO-SE O SGI (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS), A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT TMS - BANDAS 3, 4 E 5, DE 03 DE MAIO DE 1984.
BASE CARTOGRÁFICA ELABORADA ATRAVÉS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS DO IBGE - ESCALA 1:50.000 - FOLHAS SH-22-X-B-IV-1 E SH-22-X-B-IV-2, IMPRESSAS EM 1976/85 E ATUALIZADA PELA CARTA PLANIALTIMÉTRICA/BATIMÉTRICA DA SEPLAN - FOLHA SH-22-X-B-IV - ESCALA 1:100.000 - DO PROGRAMA NACIONAL DE SERENCIAMENTO COSTEIRO, IMPRESSA EM 1989.

ESCALA GRÁFICA
1000 0 1000 2000 3000 4000

MAPA DE USO DO SOLO

BACIA HIDROGRÁFICA DO SANGÃO-SC

1990



LEGENDA

- ÁREA URBANIZADA
- ÁREA DE MINERAÇÃO
- REFLORESTAMENTO
- CULTURA E PASTAGEM
- CULTURA DE BANANA
- VEGETAÇÃO ARBÓREA

CONVENÇÕES

- HIDROGRAFIA
- ESTRADA PAVIMENTADA
- ESTRADA SEM PAVIMENTAÇÃO
- FERROVIA
- AEROPORTO
- LIMITE DA BACIA

ELABORADO POR ANA MARIA BENCCIVENI FRANZONI
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
FLORIANÓPOLIS - 1993

APOIO TÉCNICO:
ALCEU RIBEIRO ALVES
MARIANE ALVES DAL SANTO
MAURO RIBEIRO MARTINS
ROSANA MARIA RODRIGUES

PREPARADO E IMPRESSO NO LARS/SC (LABORATÓRIO ASSOCIADO DE SENSORIAMENTO REMOTO DE SANTA CATARINA), UTILIZANDO-SE O SGI (SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS), A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM LANDSAT TMS - BANDAS 3, 4 E 5, DE 06 DE NOVEMBRO DE 1988 E ATUALIZADA ATRAVÉS DA IMAGEM LANDSAT TMS - BANDA 3 - DE 01 DE 03 DE 1989.

BASE CARTOGRÁFICA ELABORADA ATRAVÉS DE CARTAS TOPOGRÁFICAS DO IBGE - ESCALA 1:50.000 - FOLHAS SH-22-X-B-IV-1 E SH-22-X-B-IV-3, IMPRESSAS EM 1976/85 E ATUALIZADA PELA CARTA PLANIALTIMÉTRICA/BATIMÉTRICA DA SEPLAN - FOLHA SH-22-X-B-IV - ESCALA 1:100.000 - DO PROGRAMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO COSTEIRO, IMPRESSA EM 1989.

TABELA 6.17 - ÁREA DAS CLASSES DE USO DO SOLO (km²)

CLASSES	1978	1984	1990
Área urbanizada	16,467	23,625	30,418
Área de mineração	8,400	14,438	12,978
Reflorestamento	25,368	14,775	11,676
Cultura e pastagem	99,368	115,563	113,767
Cultura de banana	8,847	7,749	7,518
Veg. Arbórea	37,812	20,553	20,349
TOTAL	196,703	196,703	196,703

TABELA 6.18 - ÁREA DAS CLASSES DE USO DO SOLO (%)

CLASSES	1978	1984	1990
Área urbanizada	8,37	12,01	15,46
Área de mineração	4,27	7,34	6,60
Reflorestamento	13,12	7,51	5,94
Cultura e pastagem	50,52	58,75	57,84
Cultura de banana	4,50	3,94	3,82
Veg. Arbórea	19,22	10,45	10,34
TOTAL	100,00	100,00	100,00

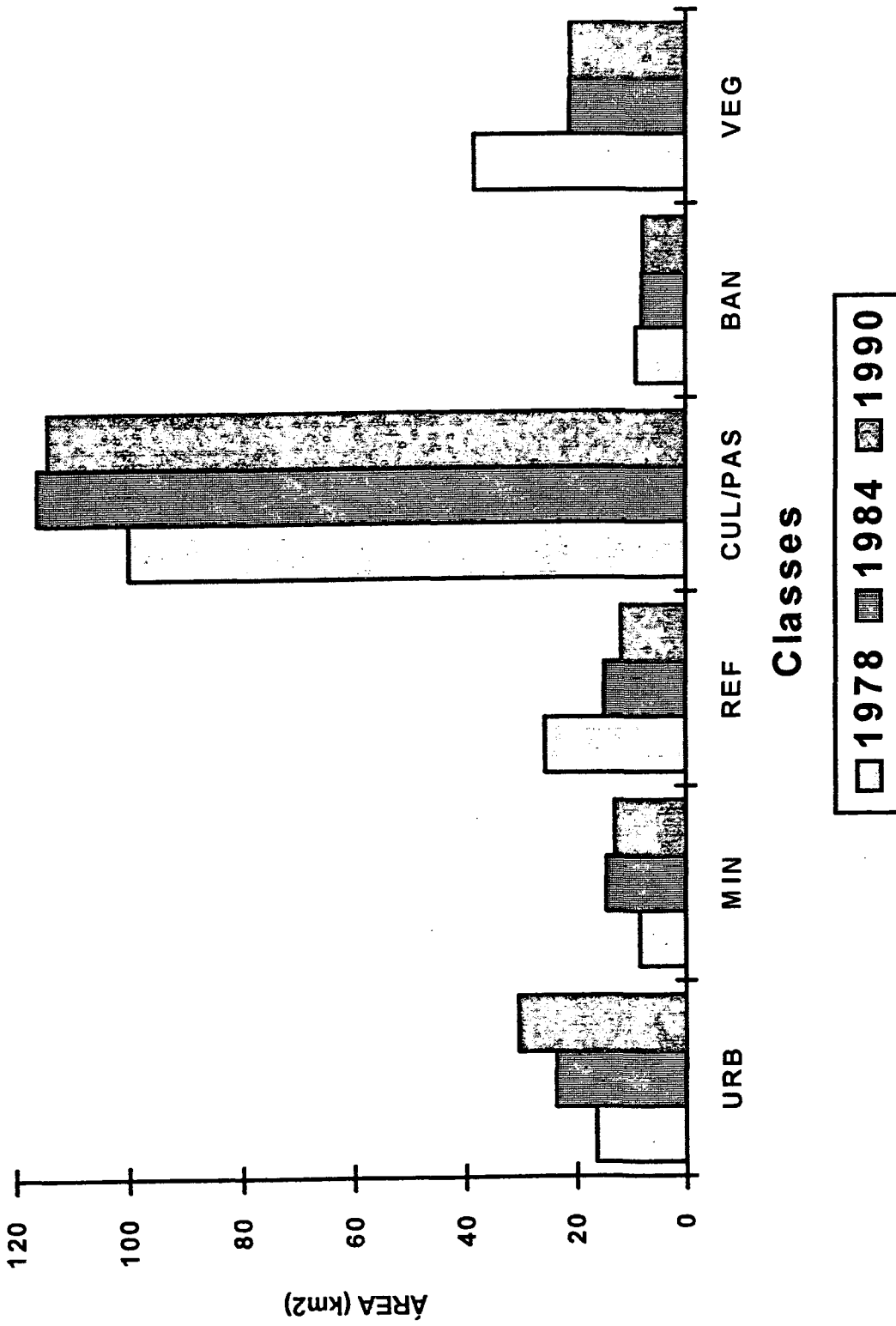


FIGURA 6.24 - Evolução das Áreas das Classes de Uso do Solo

Analisando-se os mapas de uso do solo, bem como as TABELAS 6.17 e 6.18, verifica-se que a área urbanizada passou de 8,37% da área total, em 1978, para 12,01% em 1984 apresentando um acréscimo de 43,49%, e em 1990, 15,46%, caracterizando um acréscimo de 28,73%. Totalizando nos doze anos estudados, 84,71%.

A área de mineração que em 1978 correspondia a 4,27% da área total, em 1984 passou para 7,34% correspondendo a um acréscimo de 71,90%. Essa mesma área em 1990 correspondia a 6,60% do total, mostrando um decréscimo de 10,00%.

Durante o período analisado (1978 - 1990), destaca-se uma diminuição continuada de 42,76% no período de 1978 a 1984 e de 20,90% no período de 1984 a 1990, na classe reflorestamento.

A área de cultura e pastagem teve um acréscimo de 16,29% no primeiro período de estudo e um decréscimo de 1,55% no segundo período.

Praticamente, manteve-se a área ocupada pela cultura de banana, correspondendo a 4,70% em 1978, 3,94% em 1984 e 3,82% em 1990.

A classe vegetação arbórea apresentou uma retração de 45,63 % no período de 1978 a 1984, e mantendo-se praticamente a mesma para 1990 (retração de 1%).

Levando-se em consideração, tanto os mapas de uso do solo quanto as observações realizadas em campo verifica-se que houve um avanço da área

urbanizada sobre as áreas de antigos depósitos de rejeito e de minas subterrâneas, principalmente, na região de Criciúma.

Se considerarmos o período total de estudo, constata-se que são grandes as mudanças ocorridas nas classes de reflorestamento e vegetação arbórea. No entanto, isso não caracteriza um desmatamento intenso. Isso acontece, principalmente, porque a recuperação das áreas por plantio de Eucalyptos ou por sucessão secundária não é suficiente para caracterizar a cobertura vegetal da área.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dentre os objetivos propostos nesta pesquisa, é apresentada uma abordagem metodológica para o levantamento do uso do solo da Bacia do Sangão, enfocando: os procedimentos de análise de produtos de Sensoriamento Remoto, visando ao monitoramento de áreas sujeitas à degradação ambiental; a importância da utilização de imagens convencionais e orbitais em mapeamentos e; a evolução do uso do solo, no período de 1978 a 1990.

Analisando os mapas obtidos e a metodologia aplicada, conclui-se que:

- no período em estudo (1978/1990), a mineração a céu aberto foi intensamente desenvolvida;
- a recuperação das áreas mineradas consiste apenas no plantio de Eucalyptos, conforme observações de campo;
- os resultados obtidos evidenciam o efetivo desempenho do emprego das tecnologias de Sensoriamento Remoto, na coleta de informações para a determinação dos tipos de uso do solo;
- dada a grande dispersão das áreas de mineração de carvão no sul do estado de Santa Catarina, esta metodologia é adequada pois permite um monitoramento para melhor acompanhar a expansão das atividades mineradoras;
- os resultados obtidos poderão subsidiar os planejadores e as ações futuras da área de controle ambiental;
- as informações coletadas poderão servir para a criação de um banco de dados ambientais;
- a abordagem metodológica utilizada permite que seja feita

uma análise da dinâmica de ocupação do solo através da avaliação dos dados multitemporais;

- o uso de imagens multiespectrais associado aos trabalhos de campo, no estudo de uso do solo, apresenta resultados satisfatórios no delineamento das diferentes unidades de mapeamento;

- as bandas 3, 4 e 5 do TM/LANDSAT 5 quando analisadas simultaneamente oferecem elementos indispensáveis na caracterização das áreas homogêneas.

Em considerações gerais pode-se aduzir o seguinte:

- Os procedimentos metodológicos, utilizados para retratar o uso do solo na região selecionada, mostram inegáveis vantagens para se obter conhecimento de um processo de atividades humanas e também permitem sugerir sua validade para aplicações em outras regiões do estado, com suas peculiaridades próprias.

- É importante ressaltar que os elementos tecnológicos disponíveis e os métodos de trabalho adotados não excluem a necessidade de investigações diretas no campo, conforme foi freqüentemente referido no texto de capítulos desta dissertação.

- É preciso considerar que os resultados obtidos não esgotam, como não se pretendeu, esclarecimentos que se fazem necessários para mais profundo conhecimento das atividades humanas e suas implicações no que se refere aos aspectos do meio ambiente, como a cobertura vegetal, o solo, os recursos hídricos, a fauna e até mesmo os elementos climáticos.

Os resultados obtidos podem ser, à primeira vista, considerados como superficiais, se for exigido aprofundamento das complexas interações que comandam um sistema de atividades humanas na região estudada.

Nem por isso, todavia, os resultados serão tidos como preliminares, como ensaios simplistas, se se atentar para as muitas dificuldades que persistem no tratamento das informações do Sensoriamento Remoto.

Os resultados revelam tipologias de alterações e, pela comparação entre as épocas, mostram ou sugerem a velocidade do processo de mudanças, pelo menos em sua aparência mais externa, que pressupõe outras ordens de alterações.

O trabalho não permite avaliar e melhor aferir o grau de degradação que ocorre com os recursos hídricos, mas pode-se observar o aumento da extensão da área classificada como urbanizada, indicativa não apenas de edificações., mas a uma espaço ocupado por aterros, pela malha viária, pela ordenação de loteamentos. A urbanização por si só reflete processos de transferência de materiais, deslocados de suas origens.

O espaço urbanizado reflete efeitos do poder de transformação da mineração, que não se restringe aos locais de desmonte de camadas do subsolo.

Por outro lado, a expansão da área, na classe de urbanizada, indica a existência de estímulos em relação ao uso do solo para fins agrícolas. A urbanização também representa ampliação de mercados locais de consumo de grande diversidade de matérias primas, principalmente alimentares, de lenha como combustível, de madeira para a indústria de construção, conjuntamente com bens das olarias e cerâmicas.

A explicação mais aprofundada dos resultados obtidos e marcados nos mapas apresentados é um nível de investigação que escapa à possibilidade dos instrumentos e métodos de trabalho utilizados.

Os resultados obtidos não pretenderam explicar como se organizam os agentes das transformações, as empresas investidoras, os recursos humanos atuantes em muitas atividades, os agentes que integram o Poder Público, enfim, o papel de muitos atores que moldam o quadro do uso do solo.

Mas se os resultados obtidos expressos nas representações cartográficas contidas na dissertação, não se colocam como informações completas sobre a questão do uso do solo, abrem oportunidades para investigações em níveis mais profundos e mais específicos.

Se assim for, acredita-se que os resultados obtidos representam contribuições, exatamente o que se pretendeu nesta dissertação.

Finalmente, cabem algumas recomendações:

- estudar os impactos ocorridos, em função das alterações verificadas, com o objetivo de estabelecer diretrizes para a recuperação das áreas, buscando uma melhor qualidade de vida para os habitantes daquela região;
- realizar a análise ambiental, visando o planejamento da área estudada;
- aplicar essa abordagem metodológica em outras áreas degradadas ou sujeitas à degradação, permitindo estabelecer a sua operacionalidade;
- aplicar classificações digitais híbridas, método não

supervisionado seguido de método supervisionado ,para verificação dos resultados obtidos.

BIBLIOGRAFIA

ABREU, S.F., (1978). Recursos Minerais do Brasil, Ed. Edgar Blucher, São Paulo-SP. 2 ed. 2v. 753 p.

AHEARN, S.C. e WEE, C., (1991). Data Space Volumes and Classification Optimization of SPOT and LANDSAT TM Data, in: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, v57. nº 01. p. 61-65.

ALBUQUERQUE, D.M. de; COUTINHO, S.F.S. e SELVA, V.S.F., (1989). Considerações sobre os Problemas Ambientais - Derivados - da Atividade Cerâmica - Caso do Município de Paudalho/PE, in: Anais do 2º Encontro de Estudos Sobre o Meio Ambiente. Fpolis-SC. v1. p. 22-28.

ALLAN, J.A., (1984). Monitoring changes in land cover in Semiarid Region by Remote Sensing Techniques, in: Anais do Congresso Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, Rio de Janeiro-RJ. v25. p. 1-6.

ALVES, A.R. et al, (1993). Integração de Imagens Multiespectral e Pancromática Spot visando ao Estudo de Áreas Urbanas, in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba-PR, v.1, p.01-06.

AMERICAN SOCYTE OF FHTOGRAMETRY, (1983). Manual of Remote Sensing. Falls Church, Va. 2a. edição. 2v. p.

ANDRADE, M.C. de, (1989). Mineração e Meio Ambiente, in: Anais do 2º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, Fpolis-SC. v3. p. 40-49.

ARNS, O., Coordenadora, (1985). **Criciúma 1880-1980 "A Semente Deu Bons Frutos"**, Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina S.A., Florianópolis-SC. 266 p.

ASTROTH J.R., J.H.; TRUJILLO J. e JOHNSON, G.E., (1990). **A Reptrospective Analysis of GIS Performace: The Umatilla Basin Revisited**, in: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v56. nº 3. p. 359-363.

Barsa, (1977). *Enciclopédia Barsa. Encyclopaedia Britannica Editores Ltda, RJ/SP. v.4.*

BENSON, A.R. et al, (1976). **Low-cos aerial photographis for vegetation analysis**, Society of Photographis Scientistis an Engineers, (technical notes).

BIGARELLA, J.J., (1985). **Visão Integrada da Problemática da Erosão**, in: III Simpósio Nacional de Controle de Erosão, Associação de Defesa e Educação Ambiental e Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, Maringá-PR. 332 p.

BORJA, J.F.C. e BARAJÁS, R.L., (1991). **Fotointerpretation de Imagens in infrarrojo de la Geocodinamica de la Laguna de Nichupte Cancun, Quintana Roo Mexico**, in: *Anais do II Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal, Serra Negra-SP. p. 157-168.*

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral, (1981). **Carvão do Estado de Santa Catarina**, Brasília-DF. 205 p.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral, (1985). Coletânea de Trabalhos-Técnicos sobre Controle Ambiental na Mineração, Brasília-DF, 376p.

BRASIL. Ministério do Interior. Subsecretaria de Desenvolvimento Urbano, (1982). Sistema de Planejamento à Nível Municipal, Brasília-DF. 3v. Versão preliminar.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral - Manual de Orientação às Prefeituras e Mineradores - Imposto Único sobre Minerais-IUM, Fortaleza-CE, 69p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, (1987). Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas. EMBRAER, Brasília-DF. 32 p.

BUGIN, A. et al, (1989). Controle Ambiental na Mineração de Carvão -Mina de Butiá Leste, in: Congresso Brasileiro de Carvão, Porto Alegre-RS. p. 708-723.

BURROUGH, P.A., (1986). Principles of Geographical Information Systems for Land Resource Assessment, Oxford University Press, New York. 193 p.

CABRAL, O.R., (1987). História de Santa Catarina, Editora Lunardelii, Florianópolis-SC, 3ª ed. 504 p.

CHAVEZ JR, P.S. e KWARTENG A. Y., (1989). Extracting Spectral Contrast in Landsat Thematic Mapper Image Data Using Delective Principal Component Analysis, in: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v55. nº 3. p. 339 - 348.

CURRAN, P.J., (1985). *Principies of Remote Sensing*, Longman, London.

DAL'ALBA, J.L.,(1986). *Colonos e Mineiros no Grande Orleães*, Fpolis-Sc, Edição do Autor/Instituto São José, Orleães-SC, 408p.

DAVIS, F.W. e DOZIER, J., (1990). *Information Analysis of a Spatial Database for Ecological Land Classification*, in: *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v56. nº 5. p. 605 - 613.

ENGESPAÇO, (1987). *Manual do Usuário do Sistema de Informações Geográficas - SITIM-150*, São José dos Campos-SP.

ESTES,J.L., (1974). *Remote Sensing, Techniques for Enviroment Analysis*, Santa Bárbara, Hamilton. 340 p.

FATMA/Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1982a). *Monitoramento Ambiental; programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina*. Fpolis-SC. 3v.

FATMA/ Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1982b). *Avaliação do Impacto Ambiental; programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina*. Fpolis-SC. 3v.

FATMA/Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1982c). *Manual de Manejo da mineração e uso do carvão; programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina*. Fpolis-SC. 2v.

FATMA/Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1982d). **Avaliação e controle de fontes de poluição; programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina. Fpolis-SC. 2v.**

FATMA/Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1982e). **Sangão. Correção da poluição do sistema hídrico; programa de conservação e recuperação ambiental da região sul de Santa Catarina. Fpolis-SC. 2v.**

FATMA/Engenheiros Consultores Projetistas S.A.,(1984). **Tratamento e recuperação de águas residuárias de lavador de carvão mineral. Fpolis-SC.**

FABRE, A., Coordenador, (1976). **Criciúma em Dados.** Monografia, Fundação Educacional de Criciúma, Criciúma-SC. 103 p.

FELGUEIRAS, C.A. et al, (1990). **Metodologias de Integração de Dados em Sistemas de Informações Geográficas,** in: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus-AM. v3. p. 732-735.**

FERRARI, C., (1977). **Curso de Planejamento Municipal Integrado,** Livraria Pioneira Editora, São Paulo-SP. 631 p.

FERREIRA, L.F.V., (1939). **Azambuja e Urussanga,** Oficina Gráficas do Diário Oficial, Niterói-RJ. 107 p.

FRANK, B. et al, (1988). **Projeto Itajaí - Setorização da Bacia do Itajaí,** in: **II Seminário do Projeto Itajaí, Apostila, Blumenau-SC, não publicado.**

FRANZONI, A.M.B.; LAPOLLI, É.M. e LOCH, C.; (1991). **Uma Proposta de Metodologia para Monitoramento de Bacias Hidrográficas Utilizando-se Técnicas de Sensoriamento Remoto**, in: Anais do II Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto aplicado ao Planejamento Municipal, Serra-Negra-SP.

FRANZONI, A.M.B.; LAPOLLI, É.M. e SANTO, M.A.D., (1992). **O Uso do Sensoriamento Remoto no Monitoramento de Áreas de Mineração de Carvão na Bacia Hidrográfica do Sangão/SC**, in: Simpósio Latino Americano de Agrimensura, Foz do Iguaçu-PR, no prelo.

FRANZONI, A.M.B. et al, (1992). **Evolução da Área Urbana do Município de Criciúma-SC**, in: Simpósio Latino Americano de Agrimensura, Foz do Iguaçu-PR, no prelo.

GAPLAN - GABINATE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL/SC, (1986). **Atlas de Santa Catarina, Aerofoto Cruzeiro do Sul, Rio de Janeiro-RJ e Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 173 p.**

GÖTTE, C.A.V., (1989). **Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera Catarinense**, in: Anais do 2º Encontro Sobre o Meio Ambiente, Florianópolis-SC. v1. p. 182-191.

GUERRA, A.T., (1989). **Dicionário Geológico e Geomorfológico**, IBGE, Rio de Janeiro, 7a.ed. 3a.imp. 446 p.

HERAS, R., (1976). **Hidrologia y Recursos Hidráulicos**, Madrid, Servicio de Edicion Del C.E.H. y D.G. de O.H.,2v. Tomo 1.839 p.

HIDALGO, P., (1985). Metodologia de Planificacion y Manejo de Cuencas Hidrograficas, in: I Seminário Nacional Sobre Experiências de Planificacion y manejo de Cuencas hidrograficas, Apostila, Fpolis-SC, não publicado.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1978). Produção Agrícola Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1978). Pesquisa da Pecuária Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1984). Produção Agrícola Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1984). Pesquisa da Pecuária Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1988). Produção Agrícola Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1988). Pesquisa da Pecuária Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1990). Produção Agrícola Municipal.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (1990). **Pesquisa da Pecuária Municipal.**

JOHSTON, K.M., (1987). **Natural Resource Modeling in the Geographic Information System Environment**, in: **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v53. nº 10. p. 1411-1415.

KAMP H. et al, (1988). **Projeto Itajaí - Importância dos Recursos Naturais da Bacia do Itajaí e seus respectivos fatores de degradação**, in: **II Seminário do Projeto Itajaí**, FURB, Blumenau-SC.

KLEIN, R., 1978. **Mapa fitogeográfico do Estado de Santa Catarina**, in: **Flora ilustrada Catarinense**, V parte, SUDESUL/FATMA, Itajaí-SC, p. 24 e 1 mapa.

LAGO, P.F., (1968). **SANTA CATARINA a Terra o Homem e a Economia**, Ed. da UFSC, Fpolis-SC. 378 p.

LAGO, P.F., (1988). **Gente da Terra Catarinense-Desenvolvimento e Educação Ambiental**, Ed. UFSC/FCC Edições/Ed. Lunardelli/UDESC, Florianópolis-SC, 352p.

LAPOLLI, É.M. et al, (1991). **Metodologia para Integração de Elementos do Meio Ambiente Utilizando-se o Sistema de Informações Geográficas - SGI**, in: **Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia**, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, v3. p. 575-577.

LAPOLLI, E.M., ALVES, A.R., BARCIA, R.M., (1993). **Classificação de Imagens Digitais: Comparação entre Vários Métodos**, in: **VII Simpósio Brasileiro de**

Sensoriamento Remoto, Curitiba-PR, V. II, p. 373-380.

LAPOLLI, É.M. et al, (1993). **Utilização de Filtros para o Realce de Áreas Urbanas**, in: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba-PR, v.I, p.75-82.

LISBOA, H. de M.L. et al, (1989). **Metodologia do Plano de Manejo da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão**, Apostila, UFSC, Fpolis-SC, não publicado.

LOCH, C., (1982). **Pesquisas de diversos sensores (Landsat, Radar e Fotos Aéreas), bem como estudo de suas potencialidades aplicadas à interpretação geológica**. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR. 118 p.

LOCH, C., (1988). **Monitoramento global integrado de propriedades rurais a nível municipal utilizando técnicas de sensoriamento remoto**. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR. 158 p.

LOCH, C. e KIRCHNER, F.F.,(1989). **Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Regional**. Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba-Pr. 67 p.

LOCH, C. e LAPOLLI, É. M., (1989). **Elementos Básicos da Fotogrametria e sua Utilização Prática**, Editora da UFSC, Fpolis-SC, 2a.ed. 87 p.

- LOCH, C., (1991 a). Integração entre Informações Obtidas de Fotografias Aéreas Convencionais e Imagens Orbitais Visando a implantação do Cadastro Técnico, in: Anais do II Encontro Nacional de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Planejamento Municipal, Serra Negra-SP. p. 03-10.**
- LOCH, R.E.N., (1991 b). Influência da Exploração Carbonífera nas Atividades Agrícolas e no Desenvolvimento Global de Criciúma - SC, Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geografia, UFSC, Fpolis-SC.**
- LOMBARDO, M.A. et al, (1983). Use of infrared images in the delimitation of São Paulo's heat island, in: Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Michigan, EUA.**
- MEDEIROS J.S. de e AMARO E.da S., (1990). Mapeamento da Alterações da Cobertura Vegetal Natural: Novo Procedimento Metodológico Utilizando-se os Sistemas SITIM/SIGI, in: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus-AM. v1. p. 91-96.**
- MILARÉ, É. , (1990). Legislação Ambiental, in: IV Seminário Nacional sobre Universidade e Meio Ambiente. Florianópolis-SC. UFSC. 361p.**
- MARZANO, L., (1985). Colonos e Missionários Italianos na Floresta do Brasil, tradução de João Leonir Dali' Alba, Fpolis-SC, Ed. da UFSC/Prefeitura Municipal de Urussanga, 200 p.**
- MIRANDA E.E. de et al, (1990). Estruturação de uma Base de Dados Informatizados sobre Recursos Naturais para o Estado do Acre, Apoiada em Sistema de Informações Geográficas, in: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus-AM. v3. p. 720-723.**

MOREIRA, M.E.S.A. e OLIVEIRA, E.M., (1988). Estuário do Sado: Identificação de Unidades Fisiográficas a partir de imagens Landsat, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. 47 p.

MORSE, A., ZARRIELLO, T.J. e KRAMBER, W., (1990). Using Remote Sensing and GIS Tecnology to Help Adjudicate Idaho Water Rights, in: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v56. nº 3. p. 365-370.

MÜLLER, A.A. et al, (1987). Perfil Analítico do Carvão, DNPM, Porto Alegre-RS, 2ª edição revisada e atualizada. 140 p.

MAGNANINI, A., (1990). Recuperação de Áreas Degradadas, in: Revista Brasileira de Geografia, v. 52, n.3, p. 25-40.

NIERO, M., (1978). Utilização dos Dados Orbitais do Landsat-1 na Classificação de Uso do Solo Urbano de São José dos Campos. Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos - SP, INPE. (INPE-1295-TPT/093).

NOVIK, J., (1982). Sociedad y Naturaleza, Ed. Progreso, Moscou.

NOVO, E. L. de M., (1989). Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo - SP. 308 p.

OLIVEIRA, C. de, (1987). Dicionário Cartográfico, Rio de Janeiro-RJ, IBGE, 645p.

- OREA, D.G.,(1978). El Médio Físico y ia Planificacion, Cuadernos del Centro Internacional de Formacion em Ciências Ambientales, Madri/CIFCA, 2v. 143 p. v1 , 163 p. v2.**
- ORTIZ, M.J. et al, (1990). Emprego de imagens TM/LANDSAT na Caracterização Morfométrica de Microbacias Hidrográficas, in: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus-AM. v2. p. 296-301.**
- PARKER, H.D., (1988). The Unique Qualiities of a Geographic Information System: A Commentary, in: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, v54, nº 11, p. 1547-1549.**
- PEREIRA, M.N.; KURKDJIAN, M. de L.N.O. e FORESTI C., (1989). Cobertura e uso da Terra através de Sensoriamento Remoto, São José dos Campos-SP.(INPE-5032-MD/042) 126 p.**
- PIAZZA, W.F., (1982). Colonização de Santa Catarina, Ed. BRDE, Florianópolis-SC.**
- PICHETTI, A., (1970). História de Santa Catarina, Gráfica Editora Paraná Cultural Ltda, Curitiba-PR, v4. 154 p.**
- PINTO, S. A. F., (1991). Sensoriamento Remoto e Integração de Dados Aplicados no Estudo da Erosão dos Solos: Contribuição Metodológica. Tese de Doutorado em Ciências/Geografia Física, INPE, São José dos Campos - SP. (INPE - 5311-TAE/09), 134p.**
- PONZONI, F.J., (1990). Sensoriamento Remoto Aplicado aos Recursos**

Naturais, São José dos Campos-SP.(INPE/FUEL) 31 p.

REEVES, C.V., ZELI, P.W. e YUNXUAN, Z., (1990). Interpretation of airborne geophysical surveys: Some potential applications of image processing techniques and geographic information systems in systematic exploration strategy, in: ITC Journal. p. 126-136.

ROCHA, J.S.M.da, (1989). Um Novo Método para Elaborar um Diagnóstico Físico-Conservacionista das Baías Hidrográficas, in: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado-RS. v3. p. 657.

RODRIGUES, R.M. et al, (1991). Utilização do Sistema de Informações Geográficas (SGI) no Mapeamento do Uso do Solo - Lagoa da Conceição, Florianópolis/SC, in: Anais do XV Congresso Brasileiro de Cartografia, USP, São Paulo-SP, v3. p. 617-618.

RUIVO, M. de L.P., (1989). Caracterização Morfológica Preliminar dos Solos Alterados da Mina de Bauxita de Porto Trombetas-Oriximiná (PA), in: Anais do 2º Encontro Sobre o Meio Ambiente, Fpolis-SC. v1. p. 182-191.

SANTOS, A.P. et al, (1981). Metodologia de Interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e Aplicações no Uso da Terra, São José dos Campos-SP. (INPE-2261-MD/016).

SANTOS, M.E. de L., (1986). Avaliação dos Sistemas de Manejo, com Base em Levantamento do Uso da Terra, através de Técnicas de Sensoriamento Remoto. Dissertação Mestrado. 187p.

SCHEIBE, L.F., (1986). **A Geologia de Santa Catarina**, in: Revista GEOSUL, nº 1, Editora da UFSC, Fpolis-SC. p. 7-38.

SEPLAN - SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO/SC, (1991). **Atlas de Santa Catarina**, Aerofoto Cruzeiro do Sul, Rio de Janeiro-RJ e Imprensa Oficial do Estado de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 135 p.

SEPLAN - SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO/SC, (1990). **Plano Integrado de Desenvolvimento Sócio-Econômico**.

SEWELL, G.H., (1978). **Administração e Controle da Qualidade Ambiental**, Editora USP, São Paulo-SP. 295 p.

SILVA, J.X. da e SOUZA, M.J.L., (1989). **Análise Ambiental**, Editora UFRJ, Rio de Janeiro-RJ. 196 p.

SILVA, M.R.L.F. da, (1989). **Umidade de Solo: Determinação Através de Sensoriamento Remoto**, in: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado-RS. v2. p. 307-315.

SILVA, A.J.F.M.e, (1987). **Sistema Geográfico Digital: Uma Síntese**, in: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Brasília-DF. p. 60-73.

STEFFEN, C.A. et al, (1981). **Sensoriamento Remoto: Princípios Físicos; Sensores e Produtos, e Sistemas LANDSAT**, São José dos Campos-SP. (INPE-2226-MD/013). 81p.

- VALERIANO, D. de M. e REIS, J.L.B.C., (1985). O Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto no Monitoramento Ambiental para Controle da Poluição Causada por Mineração de Carvão no Estado de Santa Catarina, in: Coletânea de Trabalhos Técnicos sobre Controle Ambiental na Mineração, Brasília-DF. 376p.**
- VALIATI,D., (1989). Controle Ambiental na Mineração de Carvão - SC,in: Anais do 2º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, Fpolis-SC. v1. p. 195-303.**
- VEADO, R.W. ad-V., (1989). Análise Ambiental e a Qualidade das Águas na Bacia do Rio Urussanga. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 171 p.**
- VILLELA, R., (1989). Mineração de Carvão em Santa Catarina e o Meio Ambiente,in: Anais do 2º Encontro Nacional de Estudos Sobre o Meio Ambiente, Fpolis-SC. v3. p. 50-61.**
- VIEIRA, I.M. et al, (1990). Utilização de Processamento Digital de Imagens na Análise e Monitoramento da Expansão Urbana, in: Anais do VI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Manaus-AM. v2. p. 395-403.**
- ZANETTE, A. , (1990). Legislação Ambiental, in: IV Seminário Nacional sobre Universidade e Meio Ambiente. Florianópolis-SC. UFSC. 361p.**