

**ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO**

**APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNOSE E DECISÃO  
NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil

Florianópolis (SC), Brasil

2000

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 10 / 03 / 2000,  
pela comissão examinadora:



---

Prof. Dr. Carlos LOCH (UFSC, Brasil)  
Orientador – Moderador



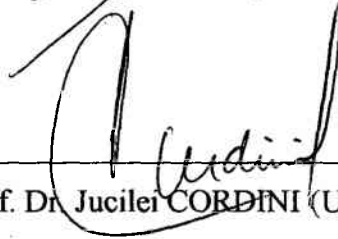
---

Prof. Dr. Hans-Peter BÄHR (Universität Karlsruhe, Alemanha)



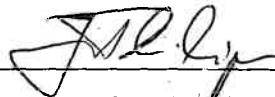
---

Prof. Dr. Diego ERBA (UNISINOS, Brasil)



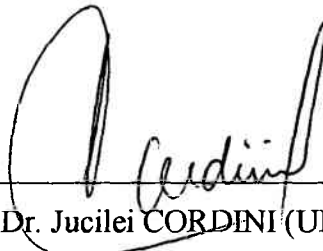
---

Prof. Dr. Jucilei CORDINI (UFSC, Brasil)



---

Prof. Dr. Jürgen PHILIPS (UFSC, Brasil)



---

Prof. Dr. Jucilei CORDINI (UFSC, Brasil)  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNOSE E DECISÃO  
NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE**

**ROQUE A. SÁNCHEZ DALOTTO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**Área de Concentração: Cadastro Técnico Multifinalitário**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Loch**

Florianópolis (SC), Brasil

2000

**Dedico este trabalho para minha esposa  
Claudia e meus filhos Cecilia Elena, Ale-  
jandra Mercedes e Roque Francisco**  
que souberam entender e acompanhar esta ex-  
periência no estrangeiro.

**Aos meus avós Roque, Cecilia, Francisco e  
Clotilde Elena (in memoriam)**  
que me orientaram desde criança na Argentina  
com exemplos de trabalho, ordem e constân-  
cia.

**Aos meus pais Roque e Susana**  
Sempre preocupados em oferecer as melhores  
possibilidades para minha formação.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Loch pela inestimável amizade e orientação pessoal e acadêmica;

À Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil;

Ao Departamento de Engenharia Civil da UFSC, Brasil;

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC, Brasil;

Ao Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto da UFSC, Brasil;

À Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC, Brasil;

À Fundação do Meio Ambiente (FATMA) de Criciúma, Brasil;

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística em Florianópolis, Brasil;

À Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Integração do Mercosul, Brasil;

À Universidad Nacional del Litoral (UNL), Argentina;

À Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas (FICH) da UNL, Argentina;

Ao Centro de Estudios Cartográficos y Fotointerpretación da FICH, Argentina;

À Secretaría de Ciencia y Técnica da FICH, Argentina;

À Secretaría de Extensión da FICH, Argentina;

À gestão 1995-1999 Ente Interprovincial Túnel Subfluvial “Hemandarias”, Argentina;

Ao Professor Dr. Jucilei Cordini da UFSC, Brasil;

Ao Professor Dr. Jürgen Philips da UFSC, Brasil;

Ao Professor Dr. Norberto Hochheim da UFSC, Brasil;

Ao Professor M.Sc. João Hélio Righi de Oliveira da UFSC, Brasil;

Ao Professor Dr. Diego Alfonso Erba da UNISINOS, Brasil;

Ao Professor Dr. Hans-Peter Bähr da Universität Karlsruhe, Alemanha;

Ao Professor Dr. Joachim Wiesel da Universität Karlsruhe, Alemanha;

Ao Professor Eng. Cristóbal Lozeco Decano da FICH, Argentina;

Ao Professor Eng. Romeo Miretti da FICH, Argentina;

Ao Professor Eng. M.Sc. Mario Schreider, co-orientador, da FICH, Argentina;

Ao Professor Eng. Héctor Picatto, co-orientador, da FICH, Argentina;

Ao Amigo e colega Rógis Juarez Bernardy;

À Professora Dra. Ruth Emilia Nogueira Loch da UFSC, Brasil;

Aos amigos e colegas Adhyles Bortot e Carlos Cruz, Brasil;

Aos amigos e colegas Aldo Paira, Carlos Volpato, Gabriel Cremona Parma, Héctor Gras, Héctor Massera, Mabel Strada, Roberto Lerena e Susana Vanlesberg, Argentina.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ESTEREOGRAMAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xiii
LISTA DE GRÁFICOS.....	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xvi
RESUMO.....	xvii
RESUMEN (ESPAÑOL).....	xviii
ABSTRACT (INGLÊS).....	xix

### CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

<b>1.1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.</b>	<b>JUSTIFICATIVA DO ESTUDO.....</b>	<b>3</b>
1.2.1.	JUSTIFICATIVA DA TEMÁTICA ANALISADA.....	3
1.2.1.1.	Prognose e modelagem dos fenômenos.....	3
1.2.1.2.	Estudos orientados à problemática rural.....	4
1.2.1.3.	Necessidade do desenvolvimento sustentável da região.....	5
1.2.1.4.	O carvão como variável de estudo.....	6
1.2.1.5.	Estradas vicinais como variável de estudo.....	7
1.2.2.	JUSTIFICATIVA DO MÉTODO UTILIZADO.....	7
1.2.2.1.	Fotointerpretação como ferramenta para identificação.....	7
1.2.2.2.	Utilização dos SIG como ferramenta de modelagem.....	8
1.2.2.3.	Uso da estatística na análise dos componentes ambientais interpretados.....	9
1.2.2.4.	Estudo da problemática aplicando técnicas de simplificação.....	9
1.2.2.5.	Estudo da problemática aplicando técnicas de prognose.....	10
1.2.2.6.	Estudo da problemática utilizando técnicas cartográficas na tomada de decisões.....	10
1.2.3.	JUSTIFICATIVA ACADÊMICA.....	11
<b>1.3.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
1.3.1.	OBJETIVO GERAL.....	12
1.3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>1.4.</b>	<b>SÍNTESE DO CAPÍTULO.....</b>	<b>13</b>

### CAPÍTULO II: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<b>2.1.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
2.1.1.	MARCO DE REFERÊNCIA.....	14
2.1.2.	BASE CONCEITUAL.....	14
2.1.3.	CARTOGRAFIA.....	14
2.1.3.1.	Projeção Mercator Transversa Universal.....	16
2.1.3.2.	Sistemas Mercator Transverso Regional e Local.....	19
2.1.4.	CARTOGRAFIA TEMÁTICA.....	20
2.1.5.	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	21
2.1.6.	CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO.....	23
2.1.7.	SENSORIAMENTO REMOTO.....	25

2.1.8.	FOTOGRAMETRIA.....	25
2.1.9.	SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL.....	27
2.1.10.	PLANEJAMENTO.....	27
2.1.11.	PROGNOSE.....	28
2.1.12.	MODELAGEM.....	29
2.1.13.	FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA MODELAGEM.....	31
2.1.13.1.	Bases de dados.....	31
2.1.13.2.	Aplicações estatísticas.....	32
2.1.13.3.	Sistemas de Informações Geográficas.....	32
2.1.13.4.	Tendências futuras de desenvolvimento.....	33
2.1.14.	DISSERTAÇÕES DE MESTRADO ANTECEDENTES.....	34
2.1.15.	TESES DE DOUTORADO ANTECEDENTES.....	35
2.1.16.	TRABALHOS ESPECÍFICOS POR PARTE DE INSTITUIÇÕES.....	35
2.2.	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	36

### **CAPÍTULO III: CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

3.1.	CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.1.1.	CARATERIZAÇÃO ANTRÓPICA.....	37
3.1.1.1.	Caraterização política e administrativa.....	37
3.1.1.2.	Caraterização populacional.....	41
3.1.1.3.	Caraterização geográfica.....	42
3.1.1.4.	Caraterização histórica.....	43
3.1.2.	CARATERIZAÇÃO NATURAL.....	43
3.1.2.1.	Caraterização pelo relevo.....	43
3.1.2.2.	Caraterização climática.....	45
3.1.2.3.	Caraterização edáfica.....	46
3.1.2.4.	Caraterização geológica.....	47
3.1.2.5.	Caraterização botânica.....	47
3.1.2.6.	Caraterização hidrográfica.....	48
3.1.2.7.	Caraterização ambiental.....	48
3.2.	CARATERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DOMINANTE.....	49
3.2.1	ASPECTOS DO CARVÃO NA ÁREA E SUA INSERÇÃO NACIONAL.....	49
3.2.2.	PROBLEMAS AMBIENTAIS.....	54
3.3.	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	55

### **CAPÍTULO IV: MATERIAL E MÉTODO**

4.1.	MATERIAIS UTILIZADOS.....	56
4.1.1.	MATERIAL CARTOGRÁFICO.....	56
4.1.1.1.	Cartografia utilizada na área de estudo.....	56
4.1.1.2.	Imagens de satélite.....	57
4.1.1.3.	Vãos fotogramétricos utilizados na área de estudo.....	58
4.1.1.3.1.	Vão fotogramétrico preto e branco ano 1957.....	59
4.1.1.3.2.	Vão fotogramétrico preto e branco ano 1966.....	59
4.1.1.3.3.	Vão fotogramétrico preto e branco ano 1978.....	59
4.1.1.3.4.	Vão fotogramétrico infravermelho colorido ano 1978.....	59
4.1.1.3.5.	Vão fotogramétrico preto e branco ano 1992.....	60

4.1.1.3.6.	Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1996.....	60
4.1.2.	MATERIAL TOPOGRÁFICO.....	61
4.1.2.1.	Caraterísticas do equipamento GPS.....	61
4.1.3.	MATERIAL COMPUTACIONAL.....	62
4.1.3.1.	Equipamento de processamento.....	62
4.1.3.2.	Programas de processamento.....	62
4.1.3.2.1.	Processamento numérico.....	62
4.1.3.2.2.	Processamento de imagens.....	62
4.1.3.2.3.	Processamento de dados geográficos.....	63
4.1.4	EQUIPAMENTO ADICIONAL.....	63
<b>4.2.</b>	<b>MÉTODO</b> .....	64
4.2.1.	REVISÃO DOS ANTECEDENTES.....	65
4.2.1.1.	Análise das fontes cartográficas.....	66
4.2.1.1.1.	Análise da qualidade temática da carta escala 1:50.000 do IBGE.....	66
4.2.1.1.2.	Condicionantes para o controle da qualidade métrica (Aerocarta JICA).....	67
4.2.1.1.3.	Análise da qualidade temática do levantamento Aerocarta – JICA.....	67
4.2.1.1.4.	Análise das fotografias aéreas.....	68
4.2.2.	DELIMITAÇÃO DA ÁREA VISANDO MODELAGENS.....	68
4.2.3.	IDENTIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES.....	69
4.2.3.1.	Reconhecimento das unidades da área por imagens de satélite.....	70
4.2.3.1.1.	Processamento falsa cor.....	70
4.2.3.1.2.	Processamento multiespectral.....	71
4.2.3.2.	Trabalhos de campo.....	73
4.2.3.3.	Fotointerpretação das séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996.....	73
4.2.3.3.1.	Fotointerpretação visual.....	74
4.2.3.3.2.	Processamento digital séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996.....	76
4.2.4.	INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL AO SIG.....	77
4.2.5.	CONTROLE DE QUALIDADE DOS DADOS DO SIG.....	79
4.2.5.1.	Controle de qualidade métrica dos dados do SIG.....	80
4.2.5.2.	Controle de qualidade temática dos dados do SIG.....	80
4.2.5.3.	Controle de qualidade funcional dos dados do SIG.....	80
4.2.6.	TÉCNICAS DE SIMPLIFICAÇÃO PARA ANÁLISE DE SITUAÇÕES.....	80
4.2.6.1.	Procedimento de obtenção dos modelos cartográficos para simplificação.....	81
4.2.7	TÉCNICAS DE PROGNÓSE PARA DETERMINAÇÃO DE TENDÊNCIAS.....	82
4.2.7.1.	Procedimento para obtenção dos modelos cartográficos para prognose.....	83
4.2.8.	MODELOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS A DECISÃO.....	84
4.2.8.1.	Procedimento para obtenção dos modelos cartográficos orientados a decisão.....	85
4.2.9.	ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DERIVADOS.....	86
<b>4.3.</b>	<b>SÍNTESE DO CAPÍTULO</b> .....	86

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS E DISCUSSÃO**

<b>5.1.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	88
5.1.1.	RESULTADOS DA REVISÃO DOS ANTECEDENTES.....	88
5.1.1.1.	Deformações da projeção em Sistema UTM.....	88
5.1.1.2.	Deformações da projeção em Sistema RTM.....	91
5.1.1.3.	Deformações da projeção em Sistema LTM.....	91



5.1.1.4.	Qualidade temática da carta do IBGE.....	92
5.1.1.5.	Qualidade métrica do levantamento Aerocarta-JICA.....	93
5.1.1.6.	Qualidade temática do levantamento Aerocarta-JICA.....	94
5.1.1.7.	Qualidade e disponibilidade das fotografias aéreas.....	95
5.1.2.	<b>RESULTADOS DOS PROCESSOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO.....</b>	96
5.1.2.1.	Reconhecimento das unidades da área por imagens de satélite.....	96
5.1.2.2.	Trabalhos de campo.....	107
5.1.2.3.	Fotointerpretação.....	109
5.1.3.	<b>RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO NO SIG.....</b>	117
5.1.3.1.	Controle de qualidade métrica dos dados no SIG.....	118
5.1.3.2.	Controle de qualidade temática dos dados no SIG.....	119
5.1.3.3.	Controle da qualidade funcional do SIG.....	120
5.1.4.	<b>RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA SIMPLIFICAÇÃO.....</b>	120
5.1.5.	<b>RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA PROGNOSE....</b>	123
5.1.6.	<b>RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS A DECISÃO.....</b>	129
5.1.7.	<b>RESULTADOS NA ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS DERIVADOS.....</b>	129

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

<b>6.1.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	131
6.1.1.	CONCLUSÕES GERAIS.....	131
6.1.2.	CONCLUSÕES PARTICULARES.....	132
<b>6.2.</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	133

## **ANEXO: MODELOS CARTOGRÁFICOS**

A.1	Situação dos componentes ambientais analisados na área de estudo em 1957.....	136
A.2	Situação dos componentes ambientais analisados na área de estudo em 1966.....	137
A.3	Situação dos componentes ambientais analisados na área de estudo em 1978.....	138
A.4	Situação dos componentes ambientais analisados na área de estudo em 1992.....	139
A.5	Situação dos componentes ambientais analisados na área de estudo em 1996.....	140
A.6	Evolução da cobertura arbórea na área de estudo (1957-1996).....	141
A.7	Evolução da mineração e lagos artificiais na área de estudo (1957-1996).....	142
A.8	Evolução da rede hidrográfica na área de estudo (1957-1996).....	143
A.9	Evolução da rede viária na área de estudo (1957-1996).....	144
A.10	Prognose de evolução dos componentes ambientais analisados na área de estudo período 1996 - 2006.....	145
A.11	Situação predominante nas vias de comunicação da área de estudo período 1957-1996.....	146
A.12	Situação predominante do uso do solo na área de estudo período 1957-1996.....	147
A.13	Relação entre vias de comunicação e unidades da área de estudo (1996).....	148
A.14	Área agropecuária e distância de acesso superior a 200m na área de estudo (1996).....	149

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## **APÊNDICES**

### BASE CARTOGRÁFICA DE REFERÊNCIA DA ÁREA DE ESTUDO (1996)

### GLOSSÁRIO

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	O conceito da projeção Mercator Transversa Universal.....	17
Figura 2	Cobertura do território continental brasileiro na projeção UTM	18
Figura 3	Fuso 22S aplicado ao Estado de Santa Catarina, Brasil.....	18
Figura 4	Sistema RTM para o Estado de Santa Catarina, Brasil.....	19
Figura 5	Sistema LTM para o Estado de Santa Catarina, Brasil.....	20
Figura 6	A estrutura <i>quadtree</i> de armazenamento de dados.....	22
Figura 7	Localização da área de estudo no Brasil.....	37
Figura 8	Localização da área de estudo no Estado de Santa Catarina.....	38
Figura 9	A área de estudo em Siderópolis.....	39
Figura 10	Localização da área de estudo no Mercosul.....	40
Figura 11	Localização da área de estudo na América do Sul.....	40
Figura 12	Articulação das folhas topográficas na área de estudo.....	43
Figura 13	Mapa das unidades de relevo.....	44
Figura 14	As unidades de relevo.....	45
Figura 15	Perfil topográfico típico na latitude 28°30'S.....	45
Figura 16	As Correntes Perturbadas do Sul.....	46
Figura 17	Exemplares nativos da área.....	48
Figura 18	Perfil geológico genérico formações carboníferas catarinenses.	50
Figura 19	Aplicações energéticas do carvão catarinense.....	51
Figura 20	Lavras a céu aberto e subterrânea em Siderópolis.....	53
Figura 21	Rejeitos de carvão.....	54
Figura 22	Bandas Landsat 5 originais - nov. 1996.....	57
Figura 23	Vãos fotogramétricos utilizados na área de estudo.....	58
Figura 24	Fluxo das atividades desenvolvidas no método.....	65
Figura 25	Área de modelagem delimitada dentro da área de estudo.....	69
Figura 26	Esquema do processo de fotointerpretação utilizado.....	70
Figura 27	Deformações da projeção aplicadas no fuso 22 S.....	89
Figura 28	Controle de qualidade temática. Áreas com ajuste cartográfico.	92
Figura 29	Controle de qualidade temática. Áreas sem ajuste cartográfico.	93
Figura 30	Controle de qualidade temática plano Aerocarta – JICA.....	94
Figura 31	Controle de qualidade temática plano Aerocarta – JICA.....	95
Figura 32	Imagem cor B=TM1 G=TM2 R=TM3. Escala $\approx$ 1:150.000.....	96
Figura 33	Imagem falsa cor B=TM4 G=TM5 R=TM7. Escala $\approx$ 1:150.000	97
Figura 34	Imagem falsa cor B=TM3 G=TM4 R=TM5. Escala $\approx$ 1:150.000	98
Figura 35	Componente principal 1. Escala $\approx$ 1:150.000.....	99
Figura 36	Componente principal 2. Escala $\approx$ 1:150.000.....	99
Figura 37	Componente principal 3. Escala $\approx$ 1:150.000.....	100

Figura 38	Imagem falsa cor a partir dos componentes principais 1, 2 e 3. Escala $\approx$ 1:150.000.....	100
Figura 39	Imagem falsa cor a partir dos componentes principais 2, 3 e 4. Escala $\approx$ 1:150.000.....	101
Figura 40	Imagem falsa cor a partir dos componentes principais 3, 4 e 5. Escala $\approx$ 1:150.000.....	101
Figura 41	Imagem falsa cor (1) utilizando índice de vegetação. Escala $\approx$ 1:150.000.....	102
Figura 42	Imagem falsa cor (2) utilizando índice de vegetação. Escala $\approx$ 1:150.000.....	103
Figura 43	Imagem falsa cor (3) utilizando índice de vegetação. Escala $\approx$ 1:150.000.....	103
Figura 44	Brilho dos solos. Escala $\approx$ 1:150.000.....	104
Figura 45	Umidade dos solos. Escala $\approx$ 1:150.000.....	105
Figura 46	Verdor dos solos. Escala $\approx$ 1:150.000.....	105
Figura 47	Evidência de sulfatos nos rios afetados por mineração. Escala $\approx$ 1:150.000.....	106
Figura 48	Unidades da área definidas. Escala $\approx$ 1:150.000.....	107
Figura 49	Espécies arbóreas nativas misturadas com exóticas.....	110
Figura 50	Reflorestamento homogêneo.....	111
Figura 51	Pioneiras sobre rejeitos e estéril.....	112
Figura 52	Cobertura superficial removida.....	113
Figura 53	Laguna artificial produto da mineração.....	114
Figura 54	Cursos da rede hidrográfica.....	115
Figura 55	Estradas principais da rede viária.....	116
Figura 56	Aspecto do SIG obtido.....	118
Figura 57	Situação genérica característica dos fenômenos estudados.....	128

## LISTA DE ESTEREOGRAMAS

Estereograma 1	Espécies arbóreas nativas misturadas com exóticas. Escala $\approx 1:13.000$ .....	110
Estereograma 2	Reflorestamento homogêneo Escala $\approx 1:12.000$ .....	111
Estereograma 3	Pioneiras sobre rejeitos e estéril. Escala $\approx 1:3.000$ .....	112
Estereograma 4	Cobertura superficial removida. Escala $\approx 1:10.000$ .....	113
Estereograma 5	Cobertura superficial preparada. Escala $\approx 1:10.000$ .....	113
Estereograma 6	Laguna artificial produto da mineração. Escala $\approx 1:12.000$ .....	114
Estereograma 7	Cursos da rede hidrográfica. Escala $\approx 1:11.000$ .....	115
Estereograma 8	Estradas principais da rede viária. Escala $\approx 1:20.000$ .....	116
Estereograma 9	Estradas secundárias da rede viária. Escala $\approx 1:11.000$ .....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição do carvão sub-betuminoso e betuminoso.....	50
Tabela 2	Bandas Landsat TM das imagens utilizadas.....	58
Tabela 3	Datas dos trabalhos de campo.....	73
Tabela 4	Resoluções espaciais das fotografias aéreas processadas.....	76
Tabela 5	Pontos de controle utilizados nas séries de fotografias aéreas.....	77
Tabela 6	Estrutura da vista principal do SIG.....	78
Tabela 7	Estrutura dos bancos de dados na vista principal do SIG.....	79
Tabela 8	Temas nas vistas dos modelos cartográficos para simplificação.....	81
Tabela 9	Temas nas vistas dos modelos cartográficos para prognose.....	84
Tabela 10	Temas nas vistas dos modelos cartográficos orientados a decisão.....	86
Tabela 11	Variação da cobertura do solo.....	121
Tabela 12	Variação da área afetada à mineração.....	121
Tabela 13	Variação do comprimento total da rede hidrográfica.....	121
Tabela 14	Variação do comprimento total da rede viária.....	122
Tabela 15	Índices indicadores da rede viária.....	122
Tabela 16	Variação relativa das feições quantificadas (1957=base 100).....	123

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Pirâmide da população urbana no município de Siderópolis.....	41
Gráfico 2	Pirâmide da população rural no município de Siderópolis.....	42
Gráfico 3	Produção de carvão no Brasil entre 1972 e 1997.....	52
Gráfico 4	Importações de carvão e produção no Brasil entre 1972 e 1997	52
Gráfico 5	Varição relativa da cobertura do solo (1957 = base 100).....	124
Gráfico 6	Varição relativa da área afetada à mineração (1957=base 100)	124
Gráfico 7	Varição relativa da rede hidrográfica (1957 = base 100).....	125
Gráfico 8	Varição relativa da rede viária (1957 = base 100).....	125
Gráfico 9	Tendências na variação relativa da cobertura do solo (1957 = base 100) período 1996-2006.....	126
Gráfico 10	Tendências na variação relativa área de mineração (1957 = base 100) período 1996-2006.....	127
Gráfico 11	Tendências na variação relativa da rede hidrográfica (1957 = base 100) período 1996-2006.....	127
Gráfico 12	Tendências na variação relativa da rede viária (1957 = base 100) período 1996-2006.....	128

## LISTA DE ABREVIATURAS

B	Canal azul das imagens compostas
FATMA	Fundação do Meio Ambiente, Brasil
FICH	Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Argentina
G	Canal verde das imagens compostas
GPS	Global Positioning System
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JICA	Japan International Co-operation Agency, Japão
LFSRG	Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
N.V.	Nome vulgar
R	Canal vermelho das imagens compostas
SEDEIM	Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul, Brasil
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TM	Banda espectral das imagens do satélite Landsat
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
UNL	Universidad Nacional del Litoral, Argentina
UTM	Projeção Mercator Transversa Universal

## LISTA DE SÍMBOLOS

h	Módulo de alteração linear sobre os paralelos projetados
ha	Hectare
i	Índice de deflexão de Fitzgerald
k	Módulo de alteração linear sobre os meridianos projetados
km	Quilômetro
m	Metro
mm	Milímetro
pH	Potencial hidrogênio
$\beta$	Índice de ligação de Kanski
$\gamma$	Índice de conectividade de Kanski
$\varphi_0$	Latitude transversa do ponto de interesse nas projeções cilíndricas transversas secantes
$\varphi_{0T}$	Latitude transversa do falso paralelo de secância nas projeções cilíndricas transversas secantes
$\varphi$	Latitude geográfica
$\lambda$	Longitude geográfica
$\mu\text{m}$	Micrômetro



## RESUMO

SÁNCHEZ DALOTTO, Roque Alberto. *Aplicação de modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais da Bacia Carbonífera Catarinense*. Florianópolis, 2000. 149p. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

A análise das vantagens e desvantagens científicas na aplicação de modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão nos estudos de situação ambiental define a linha de pesquisa deste trabalho. Como área de estudo elegeu-se um setor abrangendo 12km<sup>2</sup>, localizado no município de Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil, no qual conjugam-se antagonicamente situações ambientais críticas a partir da exploração de carvão mineral, com políticas firmes de recuperação da paisagem, exploração florestal e comunicação viária. Estas situações, combinadas com as seculares atividades rurais preexistentes na área, determinaram um âmbito interessante e complexo com características ideais para aplicação de estudos de prognose, apresentando um problema passível de ser investigado. O conhecimento desta unidade crítica envolvida nos estudos que utilizam variáveis espaciais é importante para o pesquisador mostrando uma visão condensada de uma realidade mais complexa, classificada no Brasil dentro das mais poluídas.

Palavras-chave: modelos cartográficos, simplificação, prognose, decisão, carvão.

## RESUMEN

SÁNCHEZ DALOTTO, Roque Alberto. *Aplicação de modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais da Bacia Carbonífera Catarinense*. Florianópolis, 2000. 149p. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

El análisis de las ventajas científicas en la aplicación de modelos cartográficos para simplificación, pronóstico y decisión en los estudios de diagnóstico ambiental define la línea de investigación de este trabajo. Como área de estudio se eligió un sector de 12km<sup>2</sup>, localizado en el municipio de Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil, en el cual se conjugan antagónicamente situaciones ambientales críticas a partir de la explotación de carbón mineral, con políticas firmes de recuperación del paisaje. Estas situaciones, combinadas con las seculares actividades rurales preexistentes en el área, determinaron un ámbito interesante y complejo con características ideales para la aplicación de estudios de pronóstico, presentando un problema factible de ser investigado. El conocimiento de esta unidad ambientalmente crítica envuelta dentro de los estudios que utilizan variables espaciales es importante para el investigador mostrando una visión condensada de una realidad más compleja, clasificada en el ámbito de Brasil dentro de las más contaminadas.

Palabras clave: modelos cartográficos, abstracción, pronóstico, decisión, carbón.

## ABSTRACT

SÁNCHEZ DALOTTO, Roque Alberto. *Aplicação de modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais da Bacia Carbonífera Catarinense*. Florianópolis, 2000. 149p. Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil.

The line of investigation of this work is defined by analysis of scientific advantages when cartographic models are applied in environmental studies for simplification, forecast and decision situations. It was chosen as study area a sector of 12km<sup>2</sup>, located in Siderópolis municipality, Santa Catarina State, southern Brazil. There, it can be seen a critical environmental situation related with mineral coal exploitation against landscape recovery policies. These situations, combined with secular local rural activities, determined an interesting and complex landscape with adequate characteristics for environmental forecast studies. The knowledge of this environmental area offers a condensed vision of a more complex reality, one of the most polluted in Brazil.

Keywords: cartographic models, abstraction, forecast, decision, coal.



# CAPITULO I

## INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

### 1.1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, é crescente a necessidade de quantificar e qualificar objetivamente os elementos da paisagem, utilizando técnicas eficientes que otimizem a relação benefício/custo e benefício/tempo alcançados. O monitoramento ambiental incrementou a sua presença e importância no último decênio na maior parte dos países ocidentais, participando nos projetos das atividades privadas ou nas linhas de decisão dos governos, quando não condicionadas à disponibilidade dos financiamentos internacionais.

A Cartografia aplicada naquele campo, e apoiada nas ferramentas computacionais disponíveis, possibilita atingir resultados ótimos deduzidos de interações complexas dos componentes ambientais. Neste contexto, analisar um problema ambiental concreto de explorações minerais e florestais na Bacia Carbonífera Catarinense mediante modelos cartográficos (ou simplificadamente “modelos” neste trabalho), visa comprovar estas atribuições, fornecendo uma pesquisa atualizada inserida nas linhas modernas desta Ciência.

O conteúdo do trabalho está resumido nesta dissertação, a qual está composta da justificativa da aplicação dos estudos sistemáticos do passado para prognosticar racionalmente o futuro; seguem a justificativa da aplicação sobre uma área rural, da necessidade da exploração racional do carvão e dos recursos naturais; do estudo da variável carvão; da rede básica de estradas vicinais; do uso das fotografias aéreas como resumo ideal em cortes históricos de diversos processos dinâmicos; da aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas na solução de problemas com critérios múltiplos; da aplicação da estatística descritiva univariada sobre os resultados de modelagem; e da utilização de modelos cartográficos nos estudos ambientais como técnica de representação quando aplicam-se critérios de simplificação, prognose e decisão.

Foi definido o objetivo principal, centrado na determinação das vantagens e desvantagens científicas da aplicação de modelos cartográficos na prognose ambiental,

e os secundários, que postulam: a utilização de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para realizar estudos de situação e prognose ambiental; a utilização de imagens obtidas por sensores remotos adequados; geração de modelos cartográficos para simplificação da situação dos fatores naturais e antrópicos interpretados; aplicação de técnicas e geração de modelos para prognose da ocupação espacial das estruturas naturais e antrópicas; geração de modelos cartográficos orientados a decisão para análise das estradas vicinais e exploração dos recursos mineiros; e a transmissão dos resultados mediante produtos em meios analógicos ou digitais.

A base conceitual está constituída sobre a revisão bibliográfica orientada à análise da cartografia incluindo as projeções Mercator Transversa Universal, Mercator Transversa Regional e Mercator Transversa Local; Cartografia Temática; Sistemas de Informações Geográficas e Sistema de Informações Territoriais; Cadastro Técnico Multifinalitário; sensoriamento remoto e fotogrametria; Sistema de Posicionamento Global; planejamento; prognose e modelagem.

Dentro das ferramentas disponíveis para prognose e modelagem cartográfica, foram analisadas as bases de dados, as aplicações estatísticas, os sistemas de informações geográficas, os sistemas especialistas, as redes neurais e outros sistemas.

Trabalhos antecedentes na área como dissertações de Mestrado e teses de Doutorado foram consideradas na revisão dos antecedentes. Finalmente, são detalhadas as atividades das instituições governamentais com presença na área.

Efetuiu-se a caracterização da paisagem atendendo características antrópicas e naturais. Como características antrópicas foram consideradas: a estrutura política e administrativa da área relacionada com o Estado de Santa Catarina, o Brasil, o Mercosul e a América do Sul; a população; a situação geográfica e a trajetória histórica. Dentro das naturais, consideraram-se as unidades de relevo, clima, solos, estrutura geológica, regiões fitogeográficas e redes hidrográficas.

Posteriormente descrevem-se as principais características técnicas, econômicas e ambientais da exploração do carvão pela sua incidência nas atividades da área e sua inserção no esquema nacional.

Para atingir os objetivos postulados, foi utilizado material cartográfico, aerofotográfico, topográfico, informático e material adicional.

Efetuiu-se o desenvolvimento metodológico da pesquisa em três etapas cronologicamente seqüenciais, integradas por:

a) ETAPA I: ENTRADA DE DADOS (INPUT)

- 1) Revisão dos antecedentes;
- 2) Delimitação da área de modelagem;

**b) ETAPA II: PROCESSAMENTO DE DADOS**

- 1) Processamento de imagens e fotointerpretação de séries históricas de fotografias aéreas apoiadas na delimitação das unidades da área e trabalhos de campo;
- 2) Integração da informação espacial ao SIG;
- 3) Controle da qualidade métrica, temática, e funcional dos dados do SIG;

**c) ETAPA III: SAÍDA DE DADOS (OUTPUT)**

- 1) Modelos cartográficos para simplificação da situação estudada;
- 2) Técnicas e modelos cartográficos para prognose da tendência na ocupação das unidades naturais e antrópicas analisadas;
- 3) Modelos cartográficos orientados a decisão para fornecer elementos destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária relacionada à produção florestal e mineira;
- 4) Elaboração dos produtos cartográficos derivados.

Posteriormente, apresentam-se os resultados acompanhados da discussão, conclusões e recomendações, incluindo-se uma base cartográfica de referência e um glossário de termos específicos para a melhor compreensão da temática estudada.

A extensão de muitos tópicos analisados, particularmente a revisão bibliográfica e a caracterização da área de estudo, obedece ao motivo que este material será utilizado no âmbito acadêmico da Argentina, país que não apresenta paisagens e problemáticas como a tratada.

## **1.2. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO**

### **1.2.1. JUSTIFICATIVA DA TEMÁTICA ANALISADA**

#### **1.2.1.1. Prognose e modelagem dos fenômenos**

A finalidade da investigação não pode reduzir-se a proporcionar uma espécie de vulgarização esquemática, e menos ainda, uma síntese rápida dos resultados de cada disciplina particular; para isso já existem os "tratados" ou as "introduções", os manuais

de ensino e outros, que têm sido publicados nos diversos ramos do saber (PIAGET, 1985).

Sem regras certas e fáceis cuja exata observância permite que ninguém aceite como verdadeiro algo falso (DESCARTES, 1629), não é possível desenvolver adequadamente uma pesquisa, e chegar, em definitivo, a adquirir ciência, seja por intuição intelectual, seja por dedução.

Aplicando estes conceitos adequadamente, será possível estudar e conhecer sistematicamente o passado para prognosticar racionalmente o futuro, prevendo, retardando ou acelerando o progresso segundo as circunstâncias (SARMIENTO, 1883), pontos de responsabilidade tanto técnica quanto social do pesquisador moderno.

O estudo dos fenômenos com dinâmicas persistentes no tempo utilizando simplificação e modelagem não é uma situação nova que apresenta-se aos pesquisadores atuais. O mesmo Descartes, já citado, na sua regra XIII do Discurso do Método, escreveu em Paris em 1629: "Se compreendemos perfeitamente uma questão, é preciso abstraí-la de todo conceito supérfluo, reduzi-la a sua maior simplicidade e dividi-la em partes tão miúdas como seja possível, numerando-as".

Dentro desse âmbito da prognose, as técnicas de análise espacial disponíveis na atualidade têm facilitado a simplificação, modelagem e decisão sobre complexas realidades geográficas, sociais, econômicas e políticas, entre outras.

Desde a perspectiva das técnicas e modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão, utilizando Sistemas de Informações Geográficas e representações, analisar-se-á neste trabalho a problemática de evolução passada e futura das atividades antrópicas.

#### **1.2.1.2. Estudos orientados à problemática rural**

A permanência da população no meio rural é uma problemática atual, mas não é um problema novo. Falando dos granjeiros e camponeses ingleses, Tomás Morus escreveu em 1516 que "eles partem miseravelmente, homens, mulheres, casais, órfãos, viúvas, pais com filhos pequenos, um grupo de familiares mais numeroso que rico, quando a terra tem necessidade de muitos trabalhadores. Partem para longe do núcleo familiar, onde tinham seus hábitos; e em nenhum lugar encontram onde se fixar" (MORUS, 1516).

Para GIACOMO (1992), a Geografia e suas ciências derivadas como a Cartografia, procuram satisfazer a necessidade de conhecer o território, o qual é teatro e ao mesmo tempo fator de desenvolvimento das atividades e das sociedades agrícolas. Além da necessidade de conhecer o dado técnico relativo às propriedades rurais, solos, clima, hidrologia e outros fatores, é preciso conhecer científica e sistematicamente uma realidade complexa na qual interagem os fatores naturais, econômicos, sociais, políticos e éticos.

O setor rural tem sido na história da humanidade a área de geração de alimentos e riqueza primária de uma comunidade organizada. A formação de núcleos urbanos não rompeu a dependência com as áreas rurais, pelo contrário aumentou a demanda de produtos primários de consumo. Países com alta urbanização, os quais baseiam o seu potencial econômico em atividades terciárias ou quaternárias (Itália, Alemanha, França), prestam especial atenção e fomento ao meio rural, atendendo essa relação fundamental.

Segundo LARSSON (1996), a subsistência de mais da metade da humanidade depende diretamente da agricultura. Neste sentido, a aplicação de técnicas e modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão, utilizando Sistemas de Informações Geográficas e representações sobre a área rural, visa atender a problemática integral de aquele setor estratégico, freqüentemente esquecido nos planejamentos e orçamentos atuais.

### **1.2.1.3. Necessidade do desenvolvimento sustentável da região**

Para Pomian in SACHS (1986a), não se conhece nenhum exemplo de declínio ou queda de civilização que se possa, com segurança, atribuir unicamente à degradação ambiental provocada por suas atividades anteriores. Não há razão para que se aceite a visão apocalíptica do iminente esgotamento dos recursos energéticos convencionais, nem para se anunciar um desastre ecológico imediato (SACHS, 1986a).

Estes conceitos, prévios à linha divisória da Eco'92 do Rio, têm que ser ajustados com as idéias do ecodesenvolvimento: este postula uma visão solidária a longo prazo, abrangendo toda a humanidade; mas é preciso interagir com os termos ecológicos dentro de diretrizes adequadas, evitando a queda em visões politicamente extremistas.

Na medida em que o conceito de ecodesenvolvimento está ligado à diversidade de contextos ecológicos e culturais, é natural que a pesquisa de estratégias concretas,



inspiradas por esse conceito, seja obra das populações interessadas. O ecodesenvolvimento não pode ser realizado sem uma ampla autonomia local (SACHS, 1986b).

Como contrapartida, não busca-se gerar e atrair empreendimentos indiscriminadamente, com iniciativas raramente associadas a pólos tecnológicos e científicos que reproduzam condições socioambientais regressivas, segundo a análise de Toledo Neder in HOGAN et al. (1995).

Uma das análises seria a das fontes de subsistência e desenvolvimento sustentável no tempo, que não pode ignorar o potencial dos recursos naturais da área de estudo. Dentro destes, a existência do carvão é uma situação altamente favorável tanto economicamente pela geração de recursos, quanto socialmente pela disponibilidade de fontes de trabalho.

A exploração adequada do carvão e dos recursos naturais dentro de esquemas não poluentes e sustentáveis, deve justificar-se desde o momento que as condições de vida da população relacionada a estas atividades melhore no percurso do tempo. Sem causar prejuízos de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana (BRASIL, 1998), as condições de desenvolvimento nacional superarão as situações de subexploração atual, gerando riqueza e estabilidade econômica.

#### **1.2.1.4. O carvão como variável de estudo**

Analisar os 34,9% de aumento da produção de carvão mineral em Santa Catarina entre 1996 e 1997 destinado à indústria metalúrgica e a geração de vapor, ou os 15,1% de aumento na produção nacional no mesmo período (WORLD ENERGY COUNCIL, 1997), justifica uma análise utilizando esta fonte energética como variável ambiental de estudo.

O carvão é uma das produções distintivas do Brasil na América do Sul. A disponibilidade desse produto permitiu em décadas anteriores, o desenvolvimento da indústria siderúrgica nacional de modo autônomo e diferente, por exemplo, da Argentina, país no qual a falta de carvão não originou indústria pesada em magnitude considerável.

As diretrizes nacionais em relação à política energética brasileira foram orientadas a partir da década de 1980 a outras fontes de geração, embora a exploração do carvão tem ainda gravitação econômica na Bacia Catarinense.

Na atualidade, a exploração do carvão é fonte de emprego e recursos para a população, por uma parte; e conforma uma atividade poluente, por outra. É por isso que pesquisas e estudos desde as mais diversas disciplinas e desde todos os âmbitos são necessárias para chegar, à brevidade, a explorar o carvão brasileiro com conseqüências ambientais minimizadas, em concordância plena com as necessidades sociais e econômicas de cada região.

#### **1.2.1.5. Estradas vicinais como variável de estudo**

Existe o princípio básico de liberdade de locomoção do homem, promovida em 1948 no artigo XIII da Declaração Universal dos Direitos do Homem das Nações Unidas (NAÇÕES UNIDAS, 1997). O conceito de livre locomoção aparece também no artigo XV da Constituição Federal do Brasil de 1988 (BRASIL, 1997).

Para ser possível essa locomoção, é necessária uma rede de estradas de hierarquia variável atendendo sua administração, fluxo de trânsito, importância estratégica, social, econômica, e outros fatores.

Na maior parte dos estudos brasileiros de planejamento contemplam-se as vias de comunicação desde a sua inserção federal até a parte urbana do município. As funções das estradas como vetores macroeconômicos e prestação de serviços são amplamente analisadas.

No entanto, poucos estudos abordam a rede básica de estradas vicinais, fonte primária de saída da produção local em qualquer país. Focalizar a atenção sobre os mesmos desde pesquisas orientadas ao conhecimento de sua dinâmica, ajudará à otimização dos investimentos e planejamentos na temática, hierarquizando como conseqüência as redes de maior importância com as quais interagem as estradas vicinais.

### **1.2.2. JUSTIFICATIVA DO MÉTODO UTILIZADO**

#### **1.2.2.1. Fotointerpretação como ferramenta para identificação**

A fotointerpretação, depois da fotoleitura e a fotoanálise, é o processo mais completo e adequado para obter informação confiável das fotografias tiradas com câmaras métricas. Segundo os conceitos clássicos, quando é possível identificar o que está sendo observado nas fotografias aéreas e comunicar essa informação aos outros usuários por diversos métodos, é feita a fotointerpretação (LILLESAND & KIEFER, 1987).

O conceito "identificar" tem uma implicância cultural, já que não é factível reconhecer sem conhecer, fato pelo qual a fotointerpretação precisa treinamento prévio no reconhecimento de padrões, formas, texturas, tonalidades e outras características, sendo esta uma das restrições ao seu uso.

Desde um ponto de vista ortodoxo, o propósito da fotointerpretação é identificar objetos e recompilar informações do mundo físico a partir da análise das imagens fotográficas, sendo um processo que facilita as respostas quando os objetivos são inacessíveis ou remotos (STRANDBERG, 1975). Estes conceitos, característicos da era analógica, tiveram grande apoio com o surgimento dos equipamentos digitais, possibilitando na atualidade, tarefas tais como a detecção automática de feições, a correlação digital de imagens e a classificação automática supervisionada (EBNER, FRITSCH & HEIPKE, 1991).

Existem muitos produtos provenientes de técnicas de sensoriamento remoto obtidos por sensores a diferentes alturas. Em particular, para a análise de situação e prognose ambiental, são de extrema utilidade as fotografias aéreas.

Estas contêm o registro detalhado de feições na superfície fotografada no momento da exposição; uma série de fotografias aéreas distribuídas no tempo serão o resumo ideal em cortes históricos de diversos processos dinâmicos. Este fato fundamental, acompanhado da análise de outros materiais tanto cartográficos quanto de outra natureza, ajudarão ao fotointérprete no entendimento de processos involutivos ou evolutivos na direção regressiva e progressiva.

A utilização das técnicas de fotointerpretação a partir do aproveitamento de fotografias aéreas, tiveram especial justificativa de utilização neste trabalho, pelo fato que as variações espaciais das feições analisadas para tarefas de modelagem foram obtidas a partir da análise multitemporal organizada utilizando a visual estereoscópica, e apoiada em trabalhos de campo.

#### **1.2.2.2. Utilização dos SIG como ferramenta de modelagem**

Os Sistemas de Apoio às Decisões Espaciais foram desenhados para ajudar aos responsáveis de decisões na resolução de problemas complexos com mais de uma meta por atingir. Os Sistemas de Informações Geográficas estão incluídos dentro do campo dos Sistemas de Apoio às Decisões Espaciais.

Estas ferramentas são ideais para analisar e solucionar problemas com critérios múltiplos (MÁRKUS, 1999) pela capacidade de combinar bases de dados com informação espacial e não espacial; pela capacidade ideal de visualização dos dados e até obtenção de soluções a partir da análise visual dos resultados; pela possibilidade interativa de modificação dos resultados para implementar análises de sensibilidade; e pela facilidade de efetuar medições de áreas, distâncias, simular corredores e superpor camadas de informação.

A inclusão dos Sistemas de Informações Geográficas neste trabalho como ferramenta principal, visou aproveitar estas capacidades de análise e modelagem dentro das linhas atuais de decisão baseadas em sistemas com alta autonomia operativa, mais atrelados ao domínio do especialista operador.

#### **1.2.2.3. Uso da estatística na análise dos componentes ambientais interpretados**

As ferramentas de estatística descritiva univariada fornecem a noção básica ou resumo do comportamento numérico e estatístico dos dados obtidos das estruturas naturais e antrópicas estudadas. É, em alguns casos, o único caminho para validar os resultados obtidos.

Estudos de probabilidade de ocorrência no tempo das variáveis analisadas são possíveis de realizar baseados nas leis probabilísticas que governam as mesmas. Situações mais complexas, tais como a retroalimentação das probabilidades a partir de experiências ajudam no refinamento dos resultados.

A aplicação da estatística descritiva univariada sobre os resultados das modelagens realizadas neste trabalho, forneceram indicadores para aceitar ou rejeitar com critério matemático os mesmos.

#### **1.2.2.4. Estudo da problemática aplicando técnicas de simplificação**

O propósito dos modelos, segundo Eppink in VAN DIJK et al. (1999), é substituir a realidade, permitindo medições e avaliações num modo barato e rápido quando os experimentos são impossíveis, caros ou temporalmente inacessíveis.

Para representar o âmbito de estudo podem ser utilizadas as técnicas dos modelos cartográficos para simplificação. Estes mostram a realidade sem predizer ou recomendar, sendo a cartografia a técnica mais utilizada na prática.

A realidade estudada é complexa, principalmente pela situação de apresentar-se o fenômeno de interesse com abrangência no tempo e no espaço. A possibilidade de simplificação e representação das variáveis estudadas mediante cartografia temática foi característica útil para apresentar os resultados conceitualmente resumidos num produto visual de uso direto.

#### **1.2.2.5. Estudo da problemática aplicando técnicas de prognose**

O relacionamento das variáveis dependentes e independentes para sugestão de hipóteses, analisadas mediante ferramentas adequadas, constituem as técnicas de prognose.

Incluir a sua utilização em estudos da dinâmica dos processos naturais ou antrópicos no meio rural possibilita a geração de informação derivada a partir daquele relacionamento das variáveis, para analisar tendências temporais que não estão evidenciadas explicitamente nos resultados dos modelos cartográficos para simplificação.

#### **1.2.2.6. Estudo da problemática utilizando técnicas cartográficas na tomada de decisões**

Decisão, no seu significado, significa “escolha entre alternativas”. Estas alternativas podem representar caminhos diferentes de ação ou hipóteses e opções diferentes sobre uma situação.

Na área de interesse deste trabalho, os modelos cartográficos orientados ao apoio decisional do SIG estão baseados na informação de vários mapas de prognose, um para cada objetivo. As soluções ou decisões multi-critério determinam uma solução de compromisso que tenta maximizar a conveniência por cada objetivo segundo os pesos de cada mapa.

Quando convergem vários fatores sobre uma situação a modelar -a maior parte dos casos-, as técnicas e modelos cartográficos orientados a decisão permitem operar com situações alternativas certas por parte do especialista usuário, provando hipóteses.

A modelagem das situações de interesse na área de estudo não está condicionada a uma variável. A multiplicidade de situações que podem se apresentar ao especialista estão contempladas adequadamente na estruturação de um modelo orientado a decisão baseado em análise multicritério.

A utilidade está orientada a analisar distâncias euclidianas e gerar zonas ou setores onde são cumpridas certas condições lógicas estabelecidas pelo especialista, as quais podem ser mudadas segundo critérios específicos. Esta mudança requer uma nova modelagem, sendo portanto cada produto gerado, estático e com validade reduzida a essa situação. Na área estudada, as técnicas e modelos cartográficos orientados à tomada de decisões foram utilizados para representar diversas situações de complexidade crescente, baseadas na operatória lógica de Boole e operadores euclidianos.

### 1.2.3. JUSTIFICATIVA ACADÊMICA

A temática está incluída dentro das linhas de interesse do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, área de Cadastro Técnico Multifinalitário, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.

É de interesse também na linha de pesquisa do Professor Orientador e do Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LFSRG) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.

A linha de pesquisa faz parte do Plano Sul de Desenvolvimento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil.

O desenvolvimento da temática no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil foi enquadrado dentro do convênio marco existente, assinado entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, e a *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina.

A temática da dissertação responde aos interesses do Projeto "*Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria FOMEC 825/97*", desenvolvido pela *Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas* da *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina, com financiamento do Banco Interamericano de Reconstrução e Fomento (BIRF), dos Estados Unidos.

O método utilizado responde aos interesses científicos do *Centro de Estudios Cartográficos y Fotointerpretación* (CECyF), da *Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas* da *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina.

Responde também aos interesses docentes do curso de Licenciatura em Cartografia, da *Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas* (FICH) da *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina.

Finalmente, a temática está inserida nos interesses técnicos das disciplinas Cartografia, Cartografia Temática e Sistemas de Informações Geográficas I e II no curso de Licenciatura em Cartografia, da *Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas* da *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina.

### **1.3. OBJETIVOS**

Para o trabalho foram estabelecidos dois tipos de objetivos: o geral ou determinante da linha principal de pesquisa, e os específicos, derivados ou dependentes do geral.

#### **1.3.1. OBJETIVO GERAL**

*Analisar* as vantagens e desvantagens científicas da aplicação de modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

*Postular* Sistemas de Informações Geográficas como ferramenta para realizar estudos ambientais de simplificação, prognose e decisão na Bacia Carbonífera Catariense;

*Utilizar* séries de fotografias aéreas da bacia do rio Fiorita obtidas em 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996;

*Gerar* para a área de estudo modelos para simplificação por cartografia temática, representando a situação dos componentes naturais e antrópicos interpretados em 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996;

*Prognosticar* a tendência na ocupação espacial das estruturas naturais e antrópicas analisadas na área, utilizando técnicas e modelos cartográficos baseados em prognose;

*Fornecer* elementos destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária da área de estudo relacionada à produção florestal e mineira, utilizando representações cartográficas orientadas a decisão;

*Transmitir* ao Município de Siderópolis e Fundação do Meio Ambiente (FATMA) os resultados obtidos mediante produtos cartográficos em meios analógicos ou digitais.

#### **1.4. SÍNTESE DO CAPÍTULO**

Justifica-se a temática a partir do estudo sistemático do passado para prognosticar racionalmente o futuro, a necessidade de conhecimentos sobre a área rural, a exploração racional do carvão e dos recursos naturais e a utilidade da rede básica de estradas vicinais.

As fotografias aéreas, os Sistemas de Informações Geográficas, a estatística descritiva univariada, as técnicas e modelos para simplificação, prognose e decisão são justificadas como ferramentas utilizadas no estudo.

Justifica-se academicamente o desenvolvimento da pesquisa pela inserção dentro da temática de interesse da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil, e da *Universidad Nacional del Litoral* (UNL), Argentina.

O objetivo geral do trabalho visa analisar as vantagens e desvantagens científicas da aplicação de modelos cartográficos de simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais.



## **CAPÍTULO II**

### **ANTECEDENTES**

#### **2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

##### **2.1.1. MARCO DE REFERÊNCIA**

Para MANDELBROT (1997), a Natureza representa um grau superior de complexidade nas suas formas e procedimentos, aos quais os matemáticos têm optado por fugir, ideando teorias que pouco ou nada tem relação com o que podemos ver ou sentir.

Coincidindo com este autor, a prognose e modelagem baseadas no estudo de séries temporais de produtos obtidos por sensoriamento remoto, são no entanto, ferramentas que aplicadas apropriada e responsavelmente no planejamento moderno das unidades administrativas de uma nação, podem tornar compatíveis as teorias matemáticas com os interesses sociais da comunidade.

##### **2.1.2. BASE CONCEITUAL**

Dentro da temática deste trabalho, para estabelecer a base conceitual, foram considerados os conceitos de cartografia incluindo as projeções Mercator Transversa Universal, Mercator Transversa Regional e Mercator Transversa Local; cartografia temática; Sistemas de Informações Geográficas e sistemas de informação territorial; cadastro técnico multifinalitário; sensoriamento remoto e fotogrametria; Sistema de Posicionamento Global; planejamento; prognose e modelagem.

##### **2.1.3. CARTOGRAFIA**

Entende-se modernamente que a Cartografia é o conjunto de conceitos, métodos e técnicas utilizados para representar parte da superfície da Terra (ou superfície de qualquer outro planeta) sobre um plano, para transmitir informação aos usuários medi-

ante essa representação, denominada "mapa" (CAUVIN, 1999). Concorde-se com esta definição moderna pelo fato de incluir conceitos e relações usuário produto atuais e necessárias para o desenvolvimento adequado da Cartografia.

Embora aceitando parcialmente os conceitos clássicos dos principais cartógrafos mundiais pela desatualização tecnológica própria das definições, concorda-se com JOLY (1988), quem define que a Cartografia é a arte de conceber, desenhar, compor e difundir os mapas. Para LIBAULT (1975), a representação da superfície da Terra no plano mediante uma projeção cartográfica é uma correspondência matemática entre as coordenadas planas retangulares da carta e as coordenadas esféricas da Terra. Alguns sistemas correspondem a combinações geométricas simples, mas, geralmente, trata-se de expressões puramente abstratas.

Com as mesmas restrições para o autor anterior, concorda-se com os estudos tradicionais de KÖRNER & AL. (1988). Estes autores resgatam definições conceituais da Cartografia, a sua natureza representativa e as cartas, segundo cartógrafos reconhecidos mundialmente: Raisz, Joly, Rimbart, Eckert, Robinson, Arnberger, Imhof e Nischan.

Segundo Raisz na obra citada, o objetivo da Cartografia é reunir e analisar dados e medidas das diversas regiões da Terra, e representá-los graficamente em escala reduzida, com todos os elementos e detalhes claramente visíveis.

Segundo Joly na mesma obra, a Cartografia é um sistema gráfico de transcrição logicamente ordenado sobre um plano representativo do espaço terrestre, de uma informação previamente recolhida, analisada e reduzida à suas relações essenciais.

Para Rimbart, a Cartografia tem por objetivos a concepção, preparação, redação e realização de todos os tipos de planos e cartas, implicando o estudo da expressão gráfica dos fenômenos a representar.

Eckert indica que o mapa tem uma excepcional importância científica, especialmente no que diz em relação aos seus métodos de representação e os seus propósitos. Para Robinson, a Cartografia não é uma ciência experimental como a química ou a física, e não procura a verdade à maneira das ciências sociais. Aplica o método científico na forma de raciocínio e lógica para obter os seus produtos.

Arnberger salienta que a Cartografia é a teoria da lógica, método e técnica da construção, confecção e interpretação das cartas e outras formas de expressão cartográfica próprias, para lograr uma correta representação espacial da realidade.

Para Imhof, a carta é um meio de trabalho, documentação, depósito de saber e, ante todo, uma forma de comunicação.

Nischan indica que atingir o maior desenvolvimento dos sistemas cartográficos de representação é a tarefa primordial da Cartografia.

Segundo CORTESÃO (1960), desde a antiguidade, a ciência cartográfica evoluiu, mais a grande parte dos conhecimentos científicos sobre o tema floresceu nos séculos XV e XVI no Portugal. Não concorda-se plenamente com esta afirmação pela sua parcialidade, pois grande aporte matemático aplicado á Cartografia foi desenvolvido por os árabes nos séculos XI e XII (Ibn Al'Idrisi). Nesta perspectiva, ressalta-se os ensaios e aportes dos holandeses e alemães no século XVI (Mercator) e a introdução do cálculo infinitesimal pelo alemão Leibniz e o inglês Newton no século XVII. Estes matemáticos forneceram a principal ferramenta da Cartografia Matemática (MIRETTI, 1991), utilizada por Gauss, Lambert, Albers, Eckert e outros cartógrafos.

Para LOCH (1994), o mapa é uma das mais antigas modalidades de comunicação gráfica da humanidade. A partir dos inícios do século XIX, a Cartografia foi utilizada sistematicamente no mapeamento dos territórios dos países e das propriedades tanto urbanas quanto rurais, apoiando os novos conceitos que surgiam a partir da implementação do Cadastro Napoleônico na França (embora sem aplicar mapas) e na Alemanha.

Atualmente, as definições s de Cartografia não podem ser completas sem a inclusão dos novos termos surgidos a partir da era eletrônica e informática, tais como banco de dados, análise topológica, sistemas de informações geográficas e territoriais, atributos, fotogrametria e sensoriamento remoto, entre outros.

A Cartografia precisa um sistema de representação plana para desenhar os elementos de interesse levantados. A simplificação que implica a passagem da superfície complexa da Terra ao plano requer das projeções cartográficas, ferramentas geométricas e analíticas que possibilitem essa transformação. Entre as mais utilizadas mundialmente está a projeção Mercator Transversa Universal.

### **2.1.3.1. Projeção Mercator Transversa Universal**

O Brasil, aceitando oficialmente por Decreto Federal de 1937 as normas que regulam a Cartografia mundial a partir da Carta Internacional do Mundo em escala 1:1.000.000, tem previsto o mapeamento sistemático do seu território.

A partir desta carta, realizada desde 1909 em projeção policônica, mas mudada desde 1962 para cônica conforme ou de Lambert entre as latitudes  $84^{\circ}\text{N}$  e  $80^{\circ}\text{S}$ , e estereográfica polar para latitudes maiores (ARAÚJO DUARTE, 1994) aproveitando a propriedade de conformidade, é feita a divisão das cartas para mapeamentos sistemáticos em escalas 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000 e 1:50.000, e alternativamente, 1:25.000 e 1:10.000.

Estes mapeamentos em escalas 1:500.000 até 1:25.000 são previstos para serem realizados em projeção Mercator Transversa Universal (Universal Transverse Mercator -UTM-). Essa projeção pertence à família das cilíndricas, no seu caso transversal secante (Figura 1). Escalas maiores de mapas sistemáticos ou aplicações específicas requerem o uso de projeções derivadas particulares que minimizam as deformações.

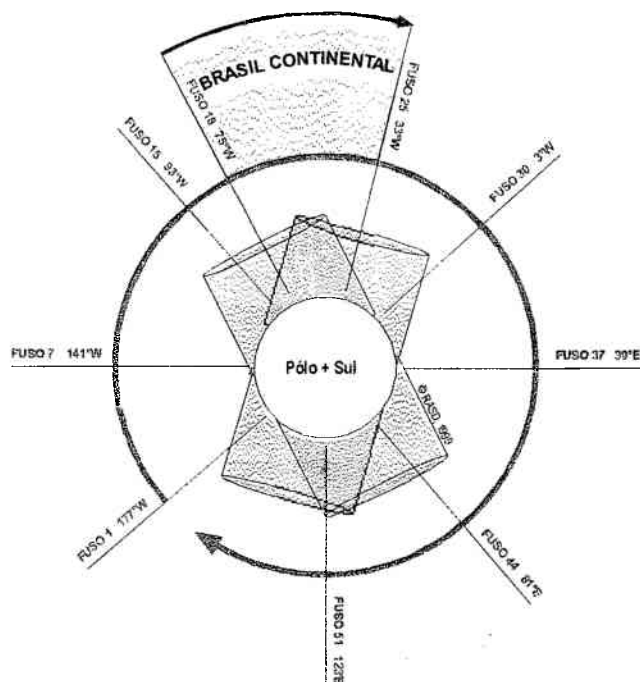


**Figura 1: O CONCEITO DA PROJEÇÃO MERCATOR TRANSVERSA UNIVERSAL**

A projeção tem propriedades de conformidade (REIGNIER, 1957), ou seja os ângulos representados na carta não apresentam deformação com a realidade dos seus homólogos na superfície da terra.

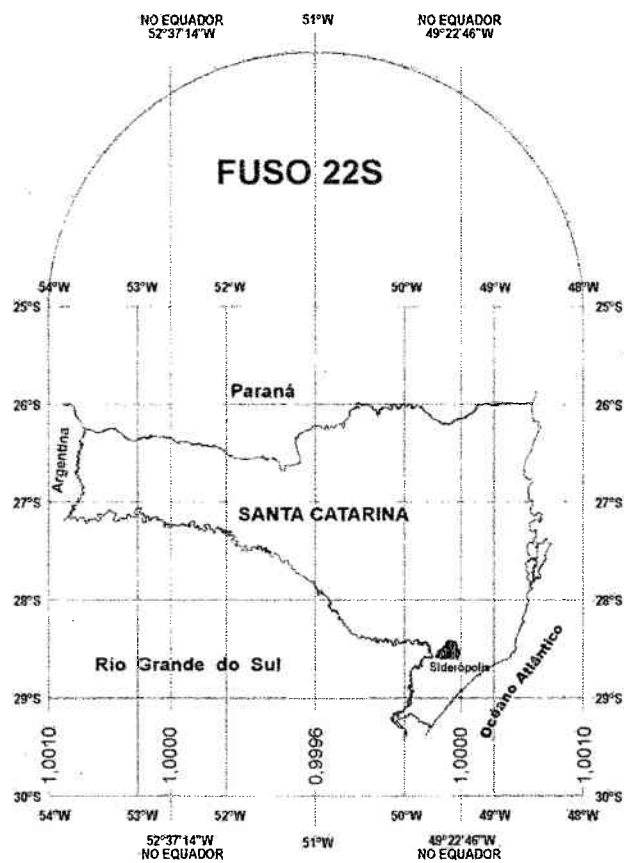
A projeção UTM está constituída por faixas de  $6^{\circ}$  de amplitude longitudinal, numeradas a partir do meridiano  $177^{\circ}\text{W}$  com sentido Oeste-Leste, utilizando um sistema de eixos coordenados cartesianos no plano, os quais designam a coordenada N (eixo y), coincidente com o meridiano central da faixa, e a coordenada E (eixo x), coincidente com o Equador. As deformações variam por zonas paralelas ao meridiano central entre 0,99960 no centro do fuso até 1,00097 nos cantos do mesmo.

O território continental brasileiro está coberto por oito fusos (Figura 2): 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25, aos quais correspondem os meridianos centrais de  $75^{\circ}\text{W}$ ,  $69^{\circ}\text{W}$ ,  $63^{\circ}\text{W}$ ,  $57^{\circ}\text{W}$ ,  $51^{\circ}\text{W}$ ,  $45^{\circ}\text{W}$ ,  $39^{\circ}\text{W}$  e  $33^{\circ}\text{W}$ .



**Figura 2: COBERTURA DO TERRITÓRIO CONTINENTAL BRASILEIRO NA PROJEÇÃO UTM**

Para o Estado de Santa Catarina, utiliza-se o fuso 22S, compreendido entre 48°W e 54°W, com meridiano central localizado em 51°W (Figura 3).



**Figura 3: FUSO 22S APLICADO AO ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL**

### 2.1.3.2. Sistemas Mercator Transverso Regional e Local

Nos casos em que a escala necessária de representação UTM é maior que 1:10.000 para usos específicos, como as cartas cadastrais, e segundo a posição da área no fuso, é possível definir sistemas regionais ou locais de fusos para minimizar as deformações projetivas a partir da divisão do fuso UTM de 6°, em amplitudes menores.

O uso de três fusos de 2° por cada um dos UTM utilizados, com secância aos 0°32'25" ao Leste e Oeste de cada meridiano central, e com as mesmas propriedades projetivas, define o sistema Mercator Transverso Regional (*Regional Transverse Mercator -RTM*). No caso de Santa Catarina, definem-se os fusos entre 48°W-50°W, com meridiano central 49°W; entre 50°W-52°W, com meridiano central 51°W; e entre 52°W-54°W, com meridiano central 53°W. As deformações variam por zonas paralelas ao meridiano central entre 0,99995 no centro do fuso até 1,00011 nos cantos do mesmo. (Figura 4).

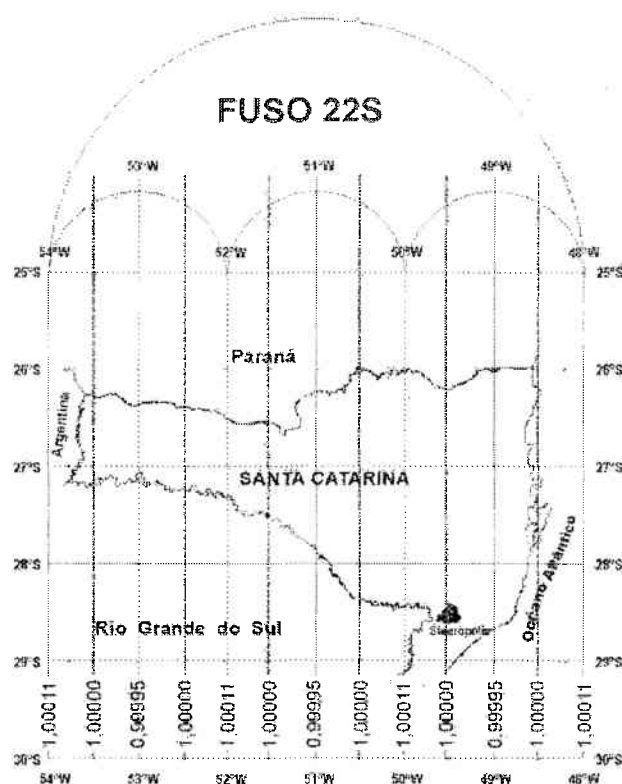


Figura 4: SISTEMA RTM PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL

O uso de seis fusos de 1° por cada um dos UTM utilizados, com secância aos 0°16'12" ao Leste e Oeste de cada meridiano central, e com as mesmas propriedades projetivas, define o sistema Mercator Transverso Local (*Local Transverse Mercator -LTM*). Para Santa Catarina, definem-se os fusos 48°W-49°W, com meridiano central

48°30'W; 49°W-50°W, com meridiano central 49°30'W; 50°W-51°W, com meridiano central 50°30'W; 51°W-52°W, com meridiano central 51°30'W; 52°W-53°W, com meridiano central 52°30'W; e 53°W-54°W, com meridiano central 53°30'W. As deformações variam por zonas paralelas ao meridiano central entre 0,99999 no centro do fuso até 1,00003 nos cantos do mesmo (Figura 5).

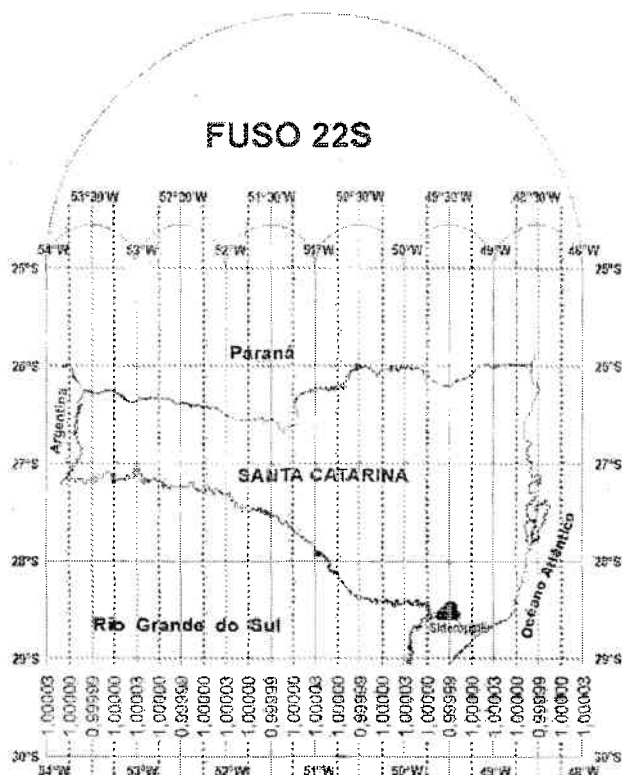


Figura 5: SISTEMA LTM PARA O ESTADO DE SANTA CATARINA, BRASIL

#### 2.1.4. CARTOGRAFIA TEMÁTICA

Dentro da ciência cartográfica podem identificar-se duas grandes tendências, coincidindo com KÖRNER & AL. (1988): a topográfica e a temática. Esta divisão gerou no seu tempo estéreis discussões, aceitando-se finalmente o conceito de cartografia temática.

O conceito clássico explanado no ponto CARTOGRAFIA corresponderia à tendência topográfica, sendo que a tendência temática pode ser definida como aquela destinada a representar um fenômeno particular, localizado ou distribuído no espaço geográfico, sendo estudado tanto pelas ciências da Terra quanto as ciências sociais.

A cartografia temática é tão antiga como a cartografia topográfica, sendo por este fato difícil reconhecer uma linha artificial de separação.

### 2.1.5. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os Sistemas de Informações Geográficas, técnica conhecida pela sigla SIG (em inglês *GIS: Geographic Information Systems*) são, concordando com IGAC (1995), o conjunto de métodos, ferramentas, e atividades que atuam coordenada e sistematicamente para processar informação, tanto gráfica quanto descritiva dos elementos considerados, com a finalidade de satisfazer múltiplos propósitos.

Segundo WOLF-SCHUMANN & VAILLANT (1996), os sistemas SIG, as bases de dados e os modelos cartográficos para simplificação têm provado ser ferramentas eficientes nas aplicações práticas, sendo vital a comunicação, integração e interação das mesmas. Para os mesmos autores, ter-se-ão que resolver muitas questões prévias antes que uma equipe de profissionais trabalhando em SIG possam dar respostas acertadas.

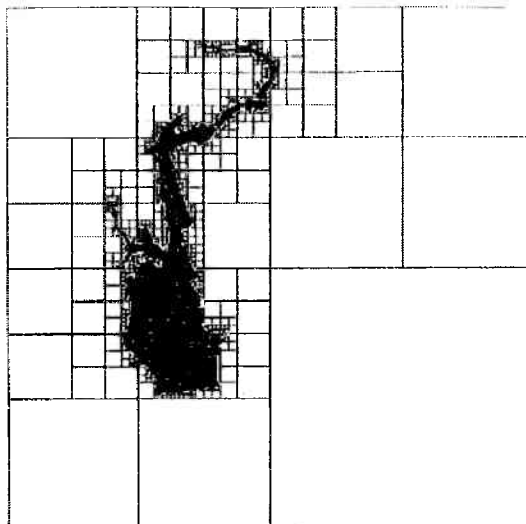
Segundo Cordini & Sá in SILVA NASCIMENTO (1994), o SIG é um sistema computacional que gerencia um banco de dados espaciais e descritivos, associados ao terreno, que a partir de quatro funções básicas como obtenção, gerenciamento, análise e exibição de dados, permite ao sistema produzir "n" informações, de acordo com os dados obtidos e fornecidos.

Os SIG podem armazenar dados em diferentes formatos, sendo esta uma característica não apenas descritiva, mas principalmente operativa, pois a versatilidade no manejo das situações de cálculo relativamente complicadas condicionadas à natureza de armazenamento, permitirá atingir resultados de maior ou menor complexidade.

Usualmente os dados nos SIG atuais são manejados a partir de formatos e subformatos vector e matricial ou *raster*. O primeiro apresenta a vantagem de precisar espaço reduzido para os seus arquivos, mas com informação limitada na área representada. O formato matricial ou *raster* requer mais espaço no suporte de armazenamento, mas com claras vantagens da qualidade dos dados armazenados.

Novos sistemas de armazenamento e codificação são estudados continuamente para incrementar as prestações e alcances dos SIG. Embora não seja recente, o sistema *quadtree* (Figura 6) tem obtido nos últimos tempos maior notoriedade e divulgação. Para KER-CHANG CHANG & AL (1996), o sistema *quadtree* é uma estrutura de dados que divide a imagem recursivamente em quatro subimagens, até que cada uma delas contém um único objeto, apresentando intensidade uniforme, otimizando o espaço de armazenamento e a eficiência computacional.





**Figura 6: A ESTRUTURA QUADTREE DE ARMAZENAMENTO DE DADOS**

Fonte: KER-CHANG CHANG & AL. (1996)

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

A formação de recursos humanos em SIG, as estratégias de implementação, o tipo de SIG, o tipo e custo dos dados são para WURTZ (1996), os tópicos principais que devem ser observados quando são utilizadas as técnicas SIG.

Não concorda-se com a visão de CHRISTIANSEN & AL. (1997) no que diz respeito à aplicação dos SIG em América Latina. Segundo estes autores, afirma-se que a relação entre SIG efetivamente desenvolvidos e SIG planejados é balanceada, estando o uso desta técnica avançando vantajosamente nos países de Ásia e África.

Estima-se que o real benefício na aplicação dos SIG não é um problema de competitividade numérica continental, estando a sua implementação orientada à resolução efetiva dos problemas a partir do conhecimento objetivo das realidades modeladas. Estas realidades são muito diferentes ante problemas iguais, o qual não torna comparáveis as situações de desenvolvimento e planejamento de SIG nos três continentes: não pode ser tratado do mesmo modo a reorganização fundiária em uma favela de Rio, uma *villa* de Buenos Aires ou nos bairros marginais de Beijing ou Johannesburg.

Os Sistemas de Informações Territoriais, conhecidos pela sigla LIS (Land Information System) podem considerar-se conceitualmente dentro dos SIG. Sua unidade mínima de estudo é a parcela no caso do Cadastro napoleônico, ou o lote. Os LIS são, concordando com a *Federation Internationale des Geomètres* (FIG) in LARSSON (1996), uma ferramenta para a tomada de decisões legais, administrativas e econômicas, e uma ajuda ao planejamento e desenvolvimento, consistindo, por uma parte, em um

banco de dados relativos à terra referenciados no espaço, e por outra, procedimentos e técnicas para a coleta, atualização, processamento e distribuição dos dados.

#### **2.1.6. CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO**

Na maior parte dos países e línguas do mundo ocidental, o termo "cadastro" está associado ao estabelecimento das bases e conhecimento da situação legal existente nas parcelas de terra (HENSSEN & WILLIAMSON, 1997).

Na língua portuguesa, o termo Cadastro é amplamente utilizado em outras disciplinas e atividades informais. Esta situação deveria ser analisada no âmbito técnico com a finalidade de unificar critérios no Brasil, principalmente para assegurar o entendimento quando trata-se o tema ou elaboram-se documentos específicos em termos internacionais.

Em relação às atividades estritamente técnicas, o cadastro está vinculado ao registro de dados espaciais, possibilitando desta forma o caráter multifinalitário do mesmo. Para WILLIAMSON (1997), os benefícios derivados do uso múltiplo dos dados e mapas cadastrais gerados, freqüentemente são maiores do que os equivalentes atingidos pelo estabelecimento do sistema cadastral.

Segundo LOCH, CAETANO & DE CAMPOS (1984), o Cadastro deve ser entendido como o sistema de registro de dados que identificam ou caracterizam a área de interesse, registro este feito de forma descritiva sempre apoiado numa base cartográfica.

O Cadastro além de atender as necessidades de informação e direitos dos proprietários, devem também servir como um banco de dados a todos os órgãos governamentais e de trabalho que necessitam de informações precisas da unidade de produção.

Em INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ (1995), resgata-se uma definição concordante com a internacional, indicando que os princípios básicos do Cadastro são a identificação das divisas e dos proprietários, a amarração do imóvel à rede geodésica brasileira, o vínculo dos dados técnicos ao registro imobiliário e a atualização permanente dos dados cadastrais. Também indica que as finalidades básicas do Cadastro são garantir a propriedade, apoiar o planejamento governamental, fornecer parâmetros para uma tributação justa e resguardar a função social da terra.

Blachut in PRETTO KELN & AL. (1998) em relação ao Cadastro Técnico Multifinalitário afirma que deve ser entendido como um sistema de registro da propriedade imobiliária, realizado de forma geométrica e descritiva, constituindo-se no veículo mais

ágil e completo, para fornecer parâmetros ao modelo de planejamento, levando-se em conta a sua estruturação e funcionalidade.

Segundo Loch na mesma obra, o Cadastro Técnico Multifinalitário fundamenta-se em diversos mapas temáticos que estando relacionados entre si, constituem ferramentas apropriadas para o planejamento. Afirma ainda que o Cadastro Técnico Multifinalitário é importante nas tarefas de controle ambiental, na medida que está fundamentado em múltiplas técnicas, procurando o respaldo da legislação adequada ao uso e ocupação do solo para sua concretização.

O Cadastro Técnico Multifinalitário fornece o conhecimento físico espacial para o planejamento racional e eficiente do meio. Para SIMÕES SILVA (1998) o Cadastro Técnico Multifinalitário é um sistema de informações destinado a orientar e sustentar as decisões das administrações públicas. Entende-se muito limitada esta definição pela visão parcial do Cadastro como sistema.

Segundo o âmbito de aplicação, o Cadastro Técnico Multifinalitário pode ser Urbano ou Rural. Dentro do âmbito urbano, e de acordo com Silva in PRETTO KELN & AL. (1998), os objetivos do Cadastro Técnico Multifinalitário são: a cobrança justa de tributos, a garantia da propriedade imobiliária e a facilidade e economia na realização dos processos de desapropriações. Saliencia também a fiscalização de planos de desenvolvimento, a geração de dados espaciais para os sistemas de informações e a geração de inventários de terras. Indica por último a geração de bases físicas para implementação de serviços públicos, entre os principais.

É possível predizer muitas vantagens potenciais com a aplicação do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural no Brasil, atendendo o seu marco conceitual básico. Para LOCH & KIRCHNER (1988), as dificuldades de acompanhamento da paisagem de um país com dimensões continentais como o Brasil, é importante que se conheçam todos os meios possíveis para resolver o problema.

Embora coincidindo com esta afirmação, as dimensões continentais do país não podem entravar a resolução integral da situação do cadastro de imóveis, sendo preciso impor à classe com poder de decisão política as mudanças nos planejamentos e orçamentos que fossem necessários para atingir resultados permanentes no tempo.

Para Silva in SILVA NASCIMENTO (1994), o objeto do Cadastro Técnico Multifinalitário Rural é o imóvel rural. O Cadastro é o banco de dados a respeito dos imóveis e dos detentores, onde são registradas informações sobre os aspectos fisiográficos, sociais, econômicos, jurídicos e ambientais.

Segundo organismos federais, para efeitos cadastrais é considerado imóvel rural aquele de área contínua, que seja ou possa ser destinado à exploração agrícola, pecuária, extrativa vegetal, florestal ou agro-industrial, independentemente de sua localização, na zona rural ou urbana do município (BRASIL -INCRA- [s.d.]).

O Cadastro Rural no Brasil é autodeclaratório. Estão obrigados, por lei, a cadastrar imóveis rurais todos os seus detentores, ou sejam, aqueles que possuem o domínio direto e útil (proprietários); o domínio útil (usufrutuários); a posse a justo título (posseiros com documentação) e a posse por simples ocupação (posseiros sem documentação) (BRASIL -INCRA- [s.d.]). Este ponto deveria contar com fiscalização governamental para assegurar o fiel cumprimento das funções cadastrais.

#### **2.1.7. SENSORIAMENTO REMOTO**

Sensoriamento remoto, segundo uma visão é para LILLESAND & KIEFER (1994), a ciência e arte de obter e comunicar informação acerca de um objeto, área ou fenômeno através da análise dos dados obtidos por um sensor que não está em contato com o objeto, área ou fenômeno pesquisado.

De acordo com esta definição, as técnicas utilizadas nos levantamentos aerofotográficos para obter seus produtos derivados -as fotografias aéreas- são consideradas como uma classe particular de sensoriamento remoto.

Dentro desta perspectiva, para os mesmos autores, as fotografias aéreas são a forma mais comum, versátil e econômica de sensoriamento remoto, pelas suas capacidades de oferecer ponto de vista vantajoso, registrar intervalos diferenciais de tempo sobre fenômenos dinâmicos, resolução temporal praticamente sem restrições técnicas, possibilidade de janelas espectrais, alta resolução espacial e fidelidade geométrica.

#### **2.1.8. FOTOGRAMETRIA**

A fotogrametria é defendida pela Sociedade Americana de Fotogrametria (American Society of Photogrammetry) como a arte, ciência, e tecnologia de obter medidas informações e/ou dados quantitativos e qualitativos confiáveis sobre fotografias. Estas fotografias são geradas a partir do registro de imagens por câmaras fotográficas que captam a energia radiante refletida por objetos.

Esta ciência apresenta um desenvolvimento marcado e contínuo desde os seus inícios no século passado. As aplicações da fotogrametria em variadas disciplinas, desde a arquitetura até a avaliação dos recursos naturais, é na atualidade muito mais acessível pela disponibilidade de técnicas de processamento digital (BAULES AGUILAR, 1997).

ALMEIDA (1992) salienta que a fotogrametria, constitui-se em um método de levantamento indireto não agressivo, que permite medir a geometria dos objetos para produzir uma representação precisa da feição fotografada estereoscópicamente.

De acordo com LOCH & LAPOLLI (1994) a fotogrametria é definida como a ciência e a tecnologia de obtenção de informações seguras a respeito de objetos físicos e do meio, através do processo do registro, medição e interpretação de imagens fotográficas. Tal fato é determinante na economia de tempo e custos quando comparado a trabalhos que envolvem uma equipe de campo, como em uma triangulação topográfica.

A fotogrametria foi desenvolvida a partir do princípio de que duas perspectivas de um mesmo objeto, vistas de posições diferentes, guardam, em si, uma certa relação geométrica. A fotografia pode ser considerada uma perspectiva do objeto fotografado, sendo possível, desta maneira, a partir de duas fotografias, estabelecer esta relação e determinar posições de pontos. (LOCH & LAPOLLI, 1994)

Neste sentido as fotografias aéreas, segundo DAL POZ (1992), são imagens formadas a partir de um ponto de perspectiva central aproximada (objetiva da câmara), onde a área de interesse é projetada em um plano, quando este corta os raios perspectivos (plano do negativo). Desta forma a imagem fotográfica é uma projeção cônica central aproximada do terreno sobre o quadro fotográfico.

A área de aplicação da fotogrametria é extremamente ampla e sua principal utilização tem sido na elaboração de mapas, sejam cartográficos, geológicos, topográficos, geomorfológicos, enfim, todos os tipos de mapas temáticos que abranjam grandes áreas e necessitam de determinados níveis de precisão métrica.

O uso de fotografias aéreas vem se firmando como um novo campo de especialização. Assim sendo ANDRADE (1988) salienta a importância das fotografias aéreas nas diversas ciências que se ocupam do estudo da terra.

Neste contexto, as fotografias aéreas são imagens permanentes que registram a situação de determinado espaço físico em determinada época. Desta forma, as fotos poderão ser estudadas em períodos posteriores, possuindo extremo valor histórico.

Quando se tem fotografias aéreas numa seqüência temporal de uma área ou lugar, podem ser feitos estudos das transformações ocorridas no ambiente, oriundas de

processos naturais (eólicos, fluviais, pluviais, tectônicos-vulcânicos, entre outros), e antrópicos representados pelas atividades humanas.

### **2.1.9. SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL**

Esta tecnologia é conhecida pela sigla GPS (MAGELLAN SYSTEMS CORPORATION, 1995), do seu nome original no inglês Global Positioning System. A mesma permite a determinação da posição geográfica de um ponto mediante o uso de receptores GPS, baseada no cálculo de quatro distâncias desde os satélites ao receptor e resolução das equações trigonométricas correspondentes. Como tal, o sistema tem uma série de vantagens e desvantagens.

Algumas vantagens são: não requer intervisibilidade (visibilidade entre pontos); não tem restrições horárias; não tem restrições atmosféricas em condições não extremas; para alguns tipos de determinação, possui alta precisão; celeridade na determinação, entre outras.

As desvantagens atuais, embora estejam sendo superadas, são: o sistema está condicionado a disponibilidade por parte dos administradores e à saúde dos satélites; a modalidade diferencial que fornece maior precisão é restrita aproximadamente a 20 ou 30 km; as alturas elipsóidicas, referidas ao elipsóide WGS84 e não ortométricas referidas ao nível meio do mar, são minimamente aproveitadas pela falta do modelo de ondulação geoidal; requer condições locais de acesso para a antena, máscaras de visibilidade de mais que  $10^\circ$ , redes de alta tensão e obstáculos; tempestades elétricas podem alterar ou impossibilitar a medição. A evolução técnica dos próximos anos minimizará as desvantagens atuais, aumentando as vantagens do sistema.

Na área de interesse desta pesquisa, as aplicações do GPS no Cadastro Técnico Multifinalitário estão orientadas, principalmente, ao fornecimento rápido e a baixo custo de dados confiáveis para o estabelecimento do Cadastro de Coordenadas.

### **2.1.10. PLANEJAMENTO**

Para Randle in ALBERS (1996), planejar é programar um conjunto de atividades havendo como meta não só a sua realização dentro de uma ordem preestabelecida, mais também, a sincronização com as outras.

Segundo LE CORBUSIER (1986), certas circunstâncias têm determinado os caracteres da região no percurso da história: a defesa militar, os descobrimentos científicos, as sucessivas administrações, o desenvolvimento progressivo das comunicações e dos meios de transporte terrestres, fluviais, marítimos, ferroviários e aéreos. É tarefa dos administradores coordenar e sincronizar estes fatores mediante o planejamento, para otimizar e obter melhores condições de vida.

Como em outras disciplinas, a ferramenta computacional mudou as possibilidades e alcances do planejamento. Para OLIVEIRA & LUZ (1998), existem três etapas ou fases que caracterizam o uso do computador no planejamento municipal: planejamento especializado, planejamento sistêmico e planejamento integrado.

#### **2.1.11. PROGNOSE**

Literalmente, a previsão do que pode acontecer constitui a prognose. Normalmente nas aplicações SIG são utilizadas séries de dados estacionárias, ou seja sem tendências no tempo. Na medida que os conhecimentos sobre os fenômenos naturais e antrópicos evoluíram, surgiu o interesse de estudar situações futuras, as quais em raras ocasiões estão além dos cem anos.

Na atualidade, este período está condicionado por duas situações: por uma parte os estudos de prognose não podem apresentar resultados consistentes além de um período igual ao estudado. Por outra, as observações sistemáticas e científicas das variáveis tanto naturais quanto antrópicas começaram no final do século XIX e começos do XX, o qual impõe este limite de um século nos estudos de prognose.

Devido à longitude limitada das séries de dados cientificamente obtidos e disponíveis na atualidade -especialmente nos fenômenos naturais-, podem apresentar-se variações seculares, cujo prognóstico pode ser otimizado mediante o uso da análise harmônica ou de Fourier (BRONSHTEIN & SEMENDIAEV, 1973). Mediante esta ferramenta é possível substituir uma função periódica desconhecida por uma soma trigonométrica aproximada de acordo às tendências.

As tendências no tempo que são encontradas nas séries históricas de dados apresentam um problema na prognose do fenômeno. Por exemplo, registros de vazão mostraram tendências óbvias no tempo como consequência da mudança no uso do solo na bacia hidrográfica, derivações para irrigação, construção de barragens, e outras. Os

cálculos baseados nestas tendências devem ser feitos antes dos cálculos orientados à prognose (LINSLEY & AL, 1981).

No caso das variáveis naturais, estes cálculos devem ser feitos visando estabelecer as condições primitivas ou prístinas da paisagem, para depois incorporar os desvios detectados. Quando a mudança é permanente e descontrolada, como na urbanização, é recomendável fazer os cálculos segundo as condições atuais.

A evolução dos sistemas computacionais permitiu estabelecer condições de prognose cada vez mais complexas, com resultados tendentes com maior exatidão à situação real.

Aplicado dentro dos limites das ciências da Terra ou Geociências, prognosticar muitas vezes é confundido com simular. Este processo que surge da resposta à questão "que acontece se...?". Nas aplicações de simulação, as principais variáveis de evolução a considerar são o tempo e a modificação controlada das influências externas sobre o tema estudado, enquanto na prognose consideram-se as tendências quantificadas sem interferências posteriores.

Nesta terminologia, freqüentemente confundem-se os termos prognose e predição. Coincidindo com VANLESBERG (1998), quando são representados para um fenômeno estudado os valores das variáveis independentes no eixo X de um sistema cartesiano ortogonal, e das dependentes no eixo Y, na prognose obter-se-á um e só um valor Y por cada valor X. Na predição, obter-se-ão valores meios de Y por cada valor de X considerado.

#### **2.1.12. MODELAGEM**

O conjunto de hipóteses e relações das variáveis que descrevem um fenômeno constituem o modelo, e conduzem o problema a ser resolvido mediante técnicas apropriadas (VERGARA SÁNCHEZ, 1995), geralmente apoiadas nas resoluções matemáticas, embora os resultados estejam representados por elementos de outra natureza.

No caso deste trabalho, conhecer a tendência ou condições futuras que apresentarão os fenômenos estudados é um objetivo que pode ser atingido mediante a utilização das técnicas dos SIG. Situações de maior complexidade devem obrigatoriamente ser estudadas utilizando programas ou modelos específicos, os quais utilizam ferramentas não disponíveis nos SIG (LAM & SWAYNE, 1996).



Para PIRES & BAUZER MEDEIROS (1999), existem diferentes visões do conceito de modelagem de dados em aplicações geográficas, dependendo do contexto em que o termo é empregado. Em bancos de dados o termo denota a especificação de um conjunto de propriedades e características de dados a serem posteriormente armazenados em um sistema gerenciador de bancos de dados.

Os dados espaciais referem-se a qualquer tipo que mantenha algum relacionamento espacial. A modelagem dos mesmos dentro de um SIG é direcionada pelas estruturas disponíveis para representar os fenômenos espaciais.

Precisa-se a definição de um modelo de dados padrão que permita aos usuários especificar suas necessidades em uma linguagem de trabalho independente do SIG subjacente. O modelo, para ser eficiente deve atender aos seguintes requisitos: oferecer capacidade de especificação e validação de regras; permitir a representação da variável tempo; expressar relacionamentos espaciais; classificar, organizar e estruturar as feições georreferenciadas; e operar sob o conceito de orientação a objetos.

Para Hull & King in PIRES & BAUZER MEDEIROS (1999), a questão de modelagem de dados tem sido objeto de pesquisas há vários anos na área de bancos de dados, em Ciência da Computação. Técnicas convencionais de modelagem de dados foram estendidas a fim de incorporarem aos modelos maior capacidade de interpretação semântica do mundo real.

Nas aplicações geográficas, a modelagem está principalmente condicionada pela disponibilidade dos dados e suas fontes de captação, e com menor incidência, pelas necessidades de usuário.

Concorda-se com IGAC (1995), quando indica que a modelagem cartográfica refere-se à utilização das funções de análise dos SIG, sob uma seqüência lógica que permita resolver problemas espaciais.

Segundo esta instituição, as classes de modelos cartográficos aplicáveis em Sistemas de Informação Geográfica são três: modelos para simplificação, para prognose e orientados a decisão. Os modelos cartográficos para simplificação mostram o âmbito de forma discreta, sem predizer ou recomendar. Qualquer mapa é um modelo cartográfico de simplificação da realidade. Os modelos para prognose, ou conveniência na literatura inglesa, relacionam variáveis dependentes e independentes, sendo as principais situações consideradas aquelas que incluem a sugestão de hipóteses. Os modelos orientados a decisão permitem operar com situações alternativas certas por parte do usuário, com a finalidade de obter a solução ótima do problema, ou seja provando hipóteses.

A precisão dos modelos cartográficos está diretamente relacionada com os custos de exploração, devendo ser considerada a exatidão dos dados iniciais, a natureza do fenômeno a estudar, a exatidão das equações que governam o fenômeno, o método de aproximação destas equações, e a evolução espacial e temporal do modelo.

Segundo VERGARA SÁNCHEZ (1995), os modelos, quando apoiados em técnicas matemáticas devem contemplar três qualidades fundamentais: a consistência dos resultados ante a variação do tamanho da célula ou unidade de estudo; a estabilidade das soluções ante situações de modelagem variadas; e a convergência dos resultados e soluções aos mesmos indicadores.

Os modelos abstraem e simplificam sistemas complexos permitindo o fácil entendimento da situação (ESRI, 1996). Na maior parte dos casos, são modelos para simplificação, mas os mais importantes são aqueles que ajudam na tomada de decisões, como os modelos e técnicas para prognose.

### **2.1.13. FERRAMENTAS DISPONÍVEIS PARA MODELAGEM**

Existem vários métodos de modelagem que podem ser aplicados ao estudo das variáveis naturais e antrópicas. Pela divulgação, eficiência que pode ser atingida e domínio praticamente exclusivo, foram consideradas somente as ferramentas computacionais.

Em sentido amplo, desde as mais simples até as mais complexas, considerar-se-ão: as bases de dados, as aplicações estatísticas, os SIG, os sistemas especialistas ou *expert systems*, e as redes neurais.

#### **2.1.13.1. Bases de dados**

As bases de dados normalmente são o centro dos sistemas de modelagem. Operam interagindo com outras aplicações, mas por si mesmas, as bases podem gerar resultados. O seu manejo requer geralmente a visualização e determinação da qualidade dos dados. Simples relações matemáticas ou lógicas de comandos e funções aplicadas no espaço e no tempo nos quais são válidos os dados, poderão indicar tendências primárias futuras das variáveis.

A estrutura das bases de dados pode ser hierárquica, onde a relação entre dados é feita em sentido vertical, mas não horizontal entre registros; estrutura em rede, onde as

relações são múltiplas entre os dados; estrutura relacional, onde existem relações bidirecionais entre registros previamente ligados por relações normalizadas ou entidades; e estruturas orientadas a objetos, nas quais as entidades antes mencionadas estão representadas por variáveis, com propriedades similares aos objetos naturais -nome ou identificador único e complexidade-.

Paralelamente com o desenvolvimento dos computadores, soma-se o aumento nas capacidades dos periféricos associados ao mesmo e o desenvolvimento de programas para acesso e processamento de dados capazes de administrar bancos de milhões de registros, e fazer cálculos muito complexos com velocidades cada vez maiores (MICROSOFT, 1993).

#### **2.1.13.2. Aplicações estatísticas**

Compreendem programas com ferramentas estatísticas tais como análise e verificação de distribuições, análise de componentes principais, análise de nebulosas e regressão multivariada.

A combinação destas técnicas com bases de dados pode conduzir à efetiva comprovação da prognose de indicadores ecológicos em bacias hidrográficas, municípios, micro regiões e outras estruturas.

#### **2.1.13.3. Sistemas de informações geográficas**

Já definidos conceitualmente os Sistemas de Informações Geográficas, esta técnica pode ser considerada nas operações de modelagem e prognóstico. A utilidade da ferramenta está condicionada pela qualidade dos dados, do desenho e da implementação, sem esquecer que o modelo é uma simplificação da realidade, onde o erro estará, em consequência, sempre presente (ESRI, 1996).

Nos SIG, os modelos cartográficos para prognose são os mais utilizados, e estão orientados à apresentação das tendências de complexos problemas geográficos apresentando hipóteses, com especial uso de operadores matemáticos e lógicos baseados em cálculos de distâncias euclidianas, fatores de fricção, custos e outros indicadores objetivos.

#### 2.1.13.4. Tendências futuras de desenvolvimento

Na temática analisada, apresentam-se os sistemas especialistas ou sistemas baseados em conhecimento, as redes neurais e outros sistemas como a tendência a se desenvolver nas próximas décadas.

Segundo LAM & SWAYNE (1996), os sistemas especialistas baseados em regras estão constituídos por um conjunto de variáveis, os seus atributos e regras específicas. No sistema é utilizado um motor de inferências genérico que permite organizar as regras para tomar decisões apropriadas ou agir segundo uma série de ações determinadas por ele mesmo.

Para BEHAR & ROCHA COSTA (1996) os sistemas especialistas, entendidos como uma forma de inteligência artificial, são utilizados como uma técnica capaz de tornar o ambiente com características semelhantes às do homem, melhorando as interações entre os usuários, agentes artificiais e/ou humanos. Coincidindo com esta afirmação, salienta-se que o conceito de inteligência artificial não está totalmente aceitado no âmbito científico, considerando a impossibilidade de definir a inteligência, privativa e característica dos humanos, como artificial.

Obter o conhecimento necessário para a criação de um sistema experto não é uma tarefa simples. Em alguns temas, o sistema pode aprender através de experiência, mas normalmente o experto e o programador do sistema devem trabalhar unidos para conseguir condensar o saber em algumas certas regras lógicas. Atualmente se está trabalhando sobre certos programas que recebem a sabedoria do perito, mediante sessões de ensino. O computador vai perguntando, analisando as respostas e incorporando-as ao banco de dados em forma de regras lógicas (LUMNI, 1999).

As decisões são tomadas usando valores precisos dos atributos das variáveis, sem permitir normalmente condições de lógica difusa ou *fuzzy logic*.

Os sistemas especialistas mais sofisticados permitem operar com condições difusas controladas pelo usuário, uma vez que na Natureza as interações das variáveis a prognosticar ou modelar apresentam-se deste modo.

Estes sistemas especialistas são ferramentas úteis para diagnosticar as respostas das variáveis ante condições ambientais determinadas, para aconselhar em processos científicos e processos de conhecimentos limitados e para classificar dados e informação, entre outros.

As redes neurais usam algoritmos no mesmo sentido que os neurônios humanos para transmitir e processar informação, com capacidades de reconhecimento de padrões e aprender por analogia.

Nas redes neurais, os dados e exemplos fornecidos pelo usuário são utilizados para treinar a rede, de modo que quando apresentam-se situações similares, o sistema utiliza os conhecimentos e prediz ou prognostica as conseqüências. Estas redes baseiam-se na utilização de algoritmos de retroalimentação ou *forward feed* para gerar resultados, e de retropropagação ou *back propagation* (LAM & SWAYNE, 1996), para ajustar os resultados iterativamente até atingir um nível de tolerância.

As redes neurais artificiais são técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural de organismos inteligentes e que adquirem conhecimento através da experiência. Uma grande rede neural artificial pode ter centenas ou milhares de unidades de processamento (ICMSC, 1999).

A diferencia principal com os sistemas especialistas é que aqueles requerem conhecimentos prévios providos por um experto. Neste sentido, grupos de pesquisa estão aplicando estas técnicas no reconhecimento de padrões das imagens de satélite.

Outras técnicas de informação que podem operar com os SIG na tomada de decisões, prognóstico e modelagem são os algoritmos genéticos, redes causais e propagação incerta. Pela natureza deste trabalho, estes conceitos são apenas mencionados.

Estas ferramentas detalhadas nos pontos anteriores dificilmente serão aplicadas no futuro de modo isolado. A situação corrente será a conformação de sistemas híbridos combinando os potenciais de cada uma delas para obter os melhores resultados.

#### **2.1.14. DISSERTAÇÕES DE MESTRADO ANTECEDENTES.**

Trabalhos de natureza acadêmica ajudaram na formação da base conceitual. Ao respeito, a dissertação de Danielle Fernanda Pretto Keln em 1999 no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Cadastro Técnico Multifinalitário, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), contemplou dentro da área a problemática do cadastro histórico desde o século passado.

A dissertação "Avaliação da qualidade visual da paisagem na região carbonífera de Criciúma (SC)", realizada por Paulo dos Santos Pires em 1993 no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Fe-

deral do Paraná, aportou um ponto de vista interessante dentro da temática planejamento e gestão territorial, pela visão atípica da área em estudo.

Aporte particular na problemática do carvão foi fornecido pela dissertação de Ruth Emilia Nogueira Loch, do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), realizada em 1991.

#### **2.1.15. TESES DE DOUTORADO ANTECEDENTES.**

A tese "Uma contribuição ao processo de otimização do uso dos recursos ambientais em microbacias hidrográficas" de Nelson Frederico Seiffert, Centro Tecnológico - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), realizada em 1996, aportou com o desenvolvimento do seu Sistema Municipal de Informações Econômico Ambientais, diretrizes úteis na conformação deste trabalho.

A tese "Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas pela mineração" de Ruth Emilia Nogueira Loch, Universidade Federal do Paraná, avaliada em Janeiro de 2000, foi a principal fonte referencial dos resultados deste trabalho (LOCH, 2000).

A tese "Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas" de Roberto Cassol, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo (USP), realizada em 1996, aportou diretrizes metodológicas sobre a relação da Cartografia com a Estatística (CASSOL, 1996).

#### **2.1.16. TRABALHOS ESPECÍFICOS POR PARTE DE INSTITUIÇÕES.**

Particularmente vinculada à área de estudo encontra-se a Fundação do Meio Ambiente (FATMA), dependente da Secretaria de Estado da Tecnologia, Energia e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina.

As suas atividades estão concentradas na atualidade à orientação para o licenciamento ambiental do setor mineral, caracterizações dos empreendimentos carboníferos, gerenciamento de audiências públicas, manifestos e comentários relacionados com os relatórios de impactos ambientais (RIMA), realização de pareceres técnicos, emissão de licenças ambientais prévias e emissão de licenças ambientais de instalação, entre as mais importantes. Esta instituição orientou os trabalhos de reconhecimento da área estu-

dada. Outras instituições, como o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária do Brasil (INCRA) mantém presença técnica na área.

## **2.2. SÍNTESE DO CAPÍTULO**

O marco de referência está orientado à prognose e modelagem baseadas no estudo de séries temporais de produtos obtidos por sensoriamento remoto, entendidas como ferramentas que, aplicadas apropriada e responsavelmente no planejamento moderno das unidades administrativas de uma nação, podem tornar compatíveis as teorias matemáticas com os interesses sociais da comunidade.

A base conceitual está constituída sobre a revisão bibliográfica orientada à análise da Cartografia; Cartografia Temática; Sistemas de Informações Geográficas e Sistemas de Informações Territoriais; Cadastro Técnico Multifinalitário; sensoriamento remoto e fotogrametria; Sistema de Posicionamento Global; planejamento; prognose e modelagem.

Dentro das ferramentas disponíveis para prognose e modelagem cartográfico, foram analisadas as bases de dados, as aplicações estatísticas, os Sistemas de Informações Geográficas, os sistemas especialistas, as redes neurais e outros sistemas. Trabalhos antecedentes na área como dissertações de Mestrado e teses de Doutorado foram consideradas na revisão dos antecedentes. Finalmente, são detalhadas as atividades das instituições com presença técnica na área.



## CAPÍTULO III

### CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

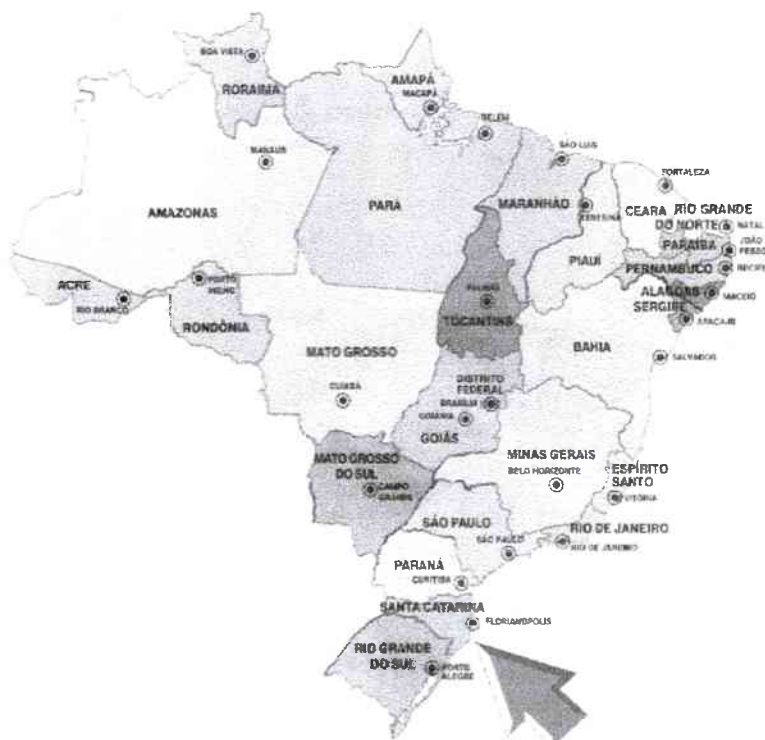
#### 3.1. CARATERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1. CARATERIZAÇÃO ANTRÓPICA

###### 3.1.1.1. Caraterização política e administrativa

A área de estudo localiza-se na República Federativa do Brasil, Estado de Santa Catarina (Figura 7), município de Siderópolis.

Dista em linha reta aproximadamente 170km de Florianópolis (SC), 250km de Porto Alegre (RS), 470km de Curitiba (PR), 900km de São Paulo (SP), 1400km de Rio de Janeiro (RJ) e 2000km de Brasília (DF).



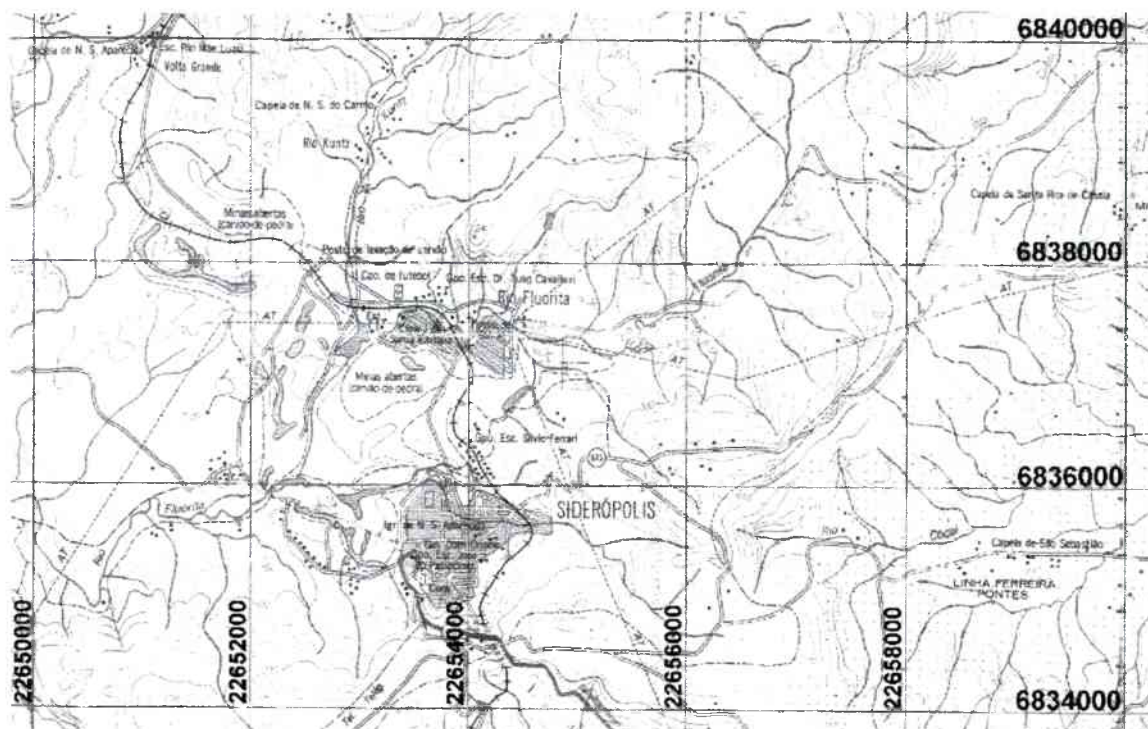
**Figura 7: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO BRASIL**

Fonte: Mapa de divulgação geral, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.







**Figura 9: A ÁREA DE ESTUDO EM SIDERÓPOLIS**

Fonte: BRASIL -IBGE-. Folha "Criciúma", 1976.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

A relação é também favorável em relação aos eixos econômicos e industriais de Curitiba-São Paulo-Río de Janeiro no Brasil, e Rosario-Buenos Aires, na Argentina, os quais formam as maiores concentrações em termos absolutos de fluxo comercial na América Latina (Figura 10).

Em relação à América do Sul, a posição da área de Siderópolis aparece relacionada com a Argentina, o Uruguai e o Paraguai (Figura 11). O seu fácil vínculo com as rodovias regionais permite a comunicação terrestre com os portos chilenos no oceano Pacífico, mediante a articulação pela ponte Uruguaiana-Paso de los Libres e as rodovias Leste-Oeste da Argentina.



**Figura 10: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NO MERCOSUL**

Fonte: Mapa de divulgação geral, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

A relação com o Uruguai é possível mediante rodovias federais até o Chuí, na fronteira sul do Brasil. O tráfego internacional com o Paraguai pode ser realizado mediante o sistema de comunicação terrestre pelo Estado de Santa Catarina e Paraná, até Ciudad del Este.



**Figura 11: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA AMÉRICA DO SUL**

Fonte: Mapa de divulgação geral, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

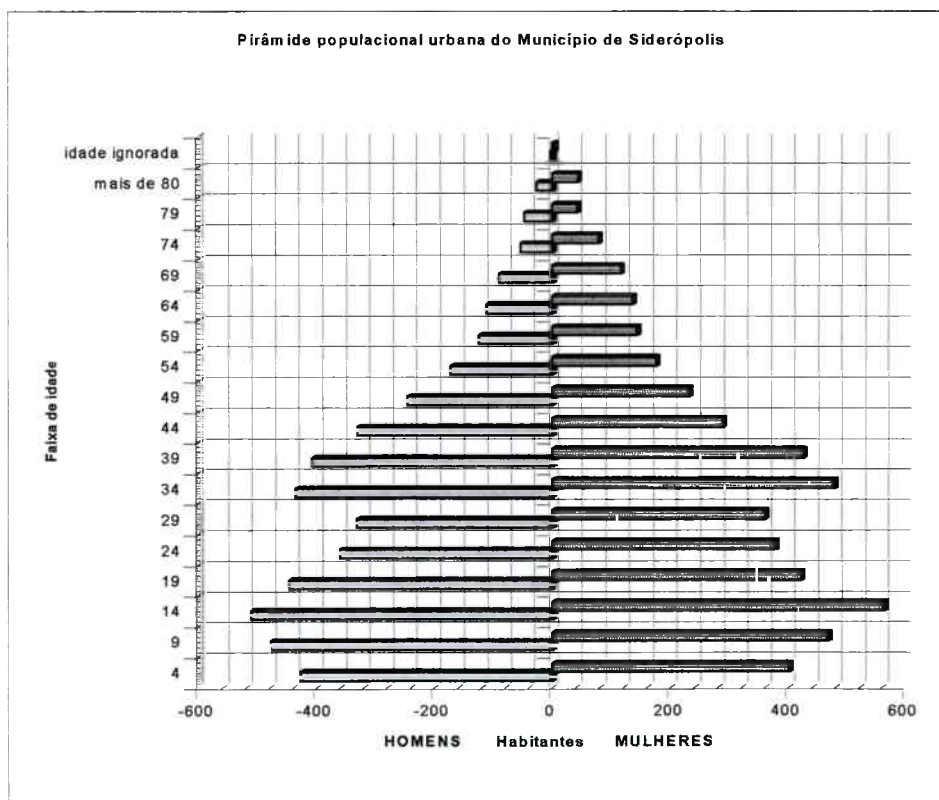
### 3.1.1.2. Caracterização populacional

A população das unidades político-administrativas relacionadas a este trabalho, segundo dados disponíveis na data de elaboração, é de 161.790.311 habitantes para o Brasil (BRASIL DOU, 1998), 5.028.339 para o Estado de Santa Catarina (BRASIL DOU, 1998) e 13.590 habitantes para o Município de Siderópolis (BRASIL -IBGE-, 1999). Dos 13.590 habitantes, 9.349 correspondem à área urbana e 4.241 à área rural, representando 68,8% e 31,2% respectivamente.

No Gráfico 1 apresenta-se a pirâmide populacional urbana do município de Siderópolis, baseada em BRASIL -IBGE- (1999). No Gráfico 2, com igual escala, apresenta-se a pirâmide populacional rural do mesmo município, baseada em BRASIL -IBGE- (1999).

Segundo estas pirâmides, a maior parte da população urbana e rural é jovem e adulta, considerando a faixa 0-49 anos.

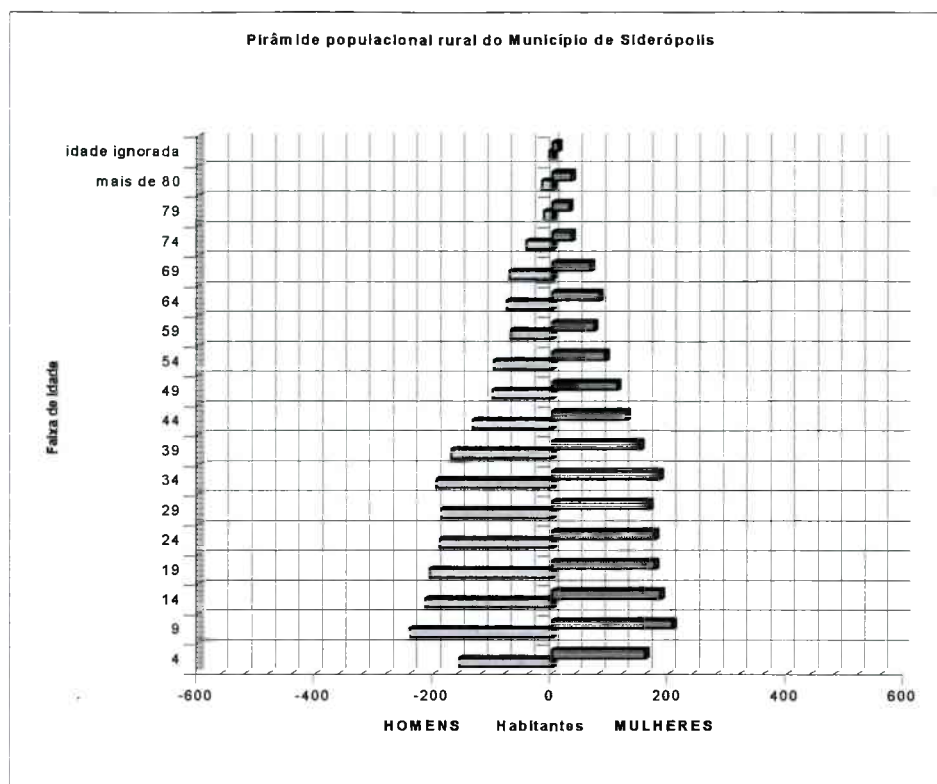
Um decréscimo na faixa dos 0 até os 4 anos é concordante com as linhas gerais de evolução da população no Brasil na última década.



**Gráfico 1: PIRÂMIDE DA POPULAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SIDERÓPOLIS**

Fonte: BRASIL -IBGE-, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.



**Gráfico 2: PIRÂMIDE DA POPULAÇÃO RURAL NO MUNICÍPIO DE SIDERÓPOLIS**

Fonte: BRASIL -IBGE-, 1999.

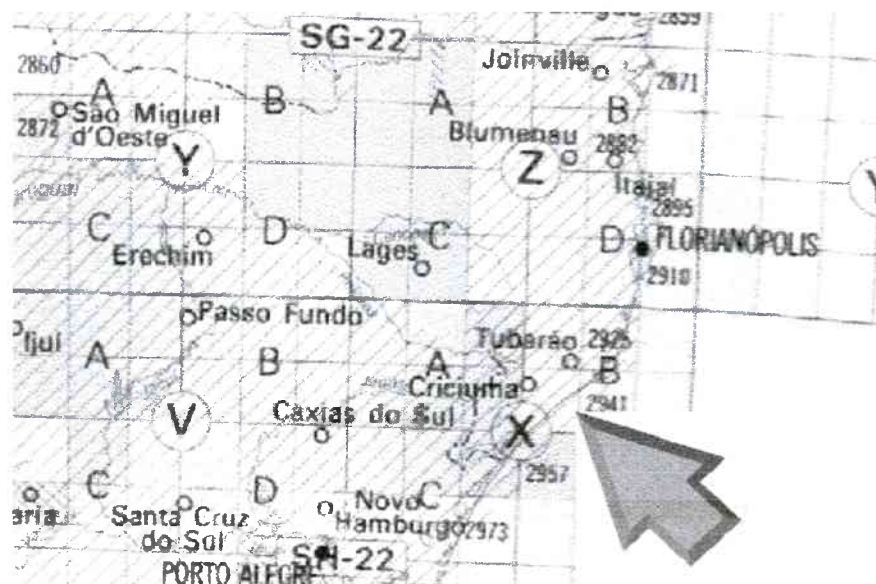
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

### 3.1.1.3. Caracterização geográfica

A grande área de estudo encontra-se limitada aproximadamente pelas coordenadas geográficas 28°33'S e 28°37'S em latitude e 49°22'W e 49°28'W em longitude, cobrindo um setor de 4' por 6'. Na latitude meia da área, este setor de 4' por 6' representa aproximadamente 7,4km no sentido Norte-Sul por 9,8km no sentido Leste-Oeste.

Projetadas no sistema Universal Transverse Mercator (UTM), datum horizontal de Córrego Alegre (MG), o qual é aplicado no Brasil, as coordenadas dos limites da área de estudo correspondem a N=6.840.790m, N=6.833.532m, E=22.659.834m e E=22.649.956m.

Na cartografia sistemática brasileira, a área está representada em escala 1:50.000 na folha topográfica SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma". A articulação da folha com as folhas vizinhas SH.22-X-A-VI-2 "São Bento Baixo", SH.22-X-A-III-4 "Bom Jardim da Serra" e SH.22-X-B-I-3 "Orleães" (BRASIL -IBGE-, 1991) é representada na Figura 12.



**Figura 12: ARTICULAÇÃO DAS FOLHAS TOPOGRÁFICAS NA ÁREA DE ESTUDO**

Fonte: BRASIL -IBGE-, 1991.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

#### **3.1.1.4. Caraterização histórica**

O município foi povoado inicialmente por italianos provenientes da localidade de Beluno e Treviso, a partir do ano de 1891. O nome inicial do povoado era Nova Beluno; a partir do ano 1916 aproximadamente, começou a denominar-se Siderópolis.

A localidade dependia do município de Urussanga, até a sua emancipação e posterior criação do município de Siderópolis em 1958. Sua atividade principal era a agricultura, sendo mais tarde trocada pela exploração de carvão (PICHETTI, 1970).

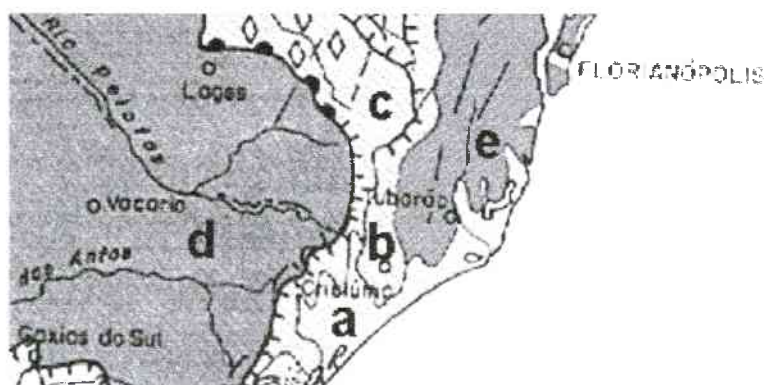
Outra urbanização dentro da área de estudo é Rio Fiorita. A toponímia da localidade é variável entre Rio Fiorita e Fluorita. Na colonização da área aparece como Rio Fiorita expresso nos mapas da Colônia, datado de 1891. O colonizador era Ângelo Fiorita, de onde surgiu o nome do rio e da comunidade. A toponímia da cartografia sistemática brasileira identifica a localidade como Rio Fluorita.

### **3.1.2. CARATERIZAÇÃO NATURAL**

#### **3.1.2.1. Caraterização pelo relevo**

Na grande área de estudo convergem cinco morfoestruturas (BRASIL -IBGE-, 1990), as quais serão detalhadas para conhecimento geral do relevo da área (Figura 13):

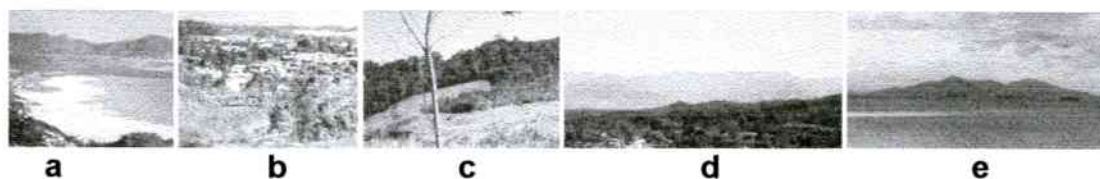
- a) Domínio Morfoestrutural dos Depósitos Sedimentares Quaternários, subdomínio dos Depósitos Sedimentares Litorâneos, unidade Planície Gaúcha (Figura 14a). Caracterizada pelo relevo com presença de dunas, terraços e restingas originadas pela ação marinha e eólica.
- b) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, subdomínio Bacia e Depósitos Sedimentares do Paraná, unidade Depressões Periféricas da Bacia do Paraná (Figura 14b). É a unidade maioritariamente representada na área de estudo. Apresenta duas variantes: ao Norte de Siderópolis, o relevo é ondulado, com vales fluviais de até 70m de altura. Ao Sul de Siderópolis, os vales têm alturas variáveis entre 20 e 50m, e altitude meia do terreno de 200m.
- c) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, subdomínio Bacia e Depósitos Sedimentares do Paraná, unidade Patamares da Bacia do Paraná (Figura 14c). É uma área interplanáltica entre relevos caracterizados pelas rochas cristalinas e efusivas. O contato entre esta unidade e as Depressões Periféricas da Bacia do Paraná é feito mediante escarpas da Serra Geral.
- d) Domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares, subdomínio Bacia e Depósitos Sedimentares do Paraná, unidade Planalto das Araucárias (Figura 14d). É propriamente o espaço ocupado pela Formação Serra Geral, um planalto monoclinal com escarpas ou cuestras de até 1200m de altura e pontos isolados de mais de 1800m no Leste da área (Morro da Igreja, em São Joaquim, Santa Catarina: 1822m).
- e) Domínio dos Embasamentos em Estilos Complexos, subdomínio Embasamentos do Sul, unidade Serras do Leste Catarinense (Figura 14e). Esta morfoestrutura é um prolongamento da Serra do Mar. As serras, de até 1200m, estão formadas por grupos com orientações Nordeste-Sudoeste, separados por vales profundos.



**Figura 13: MAPA DAS UNIDADES DE RELEVO**

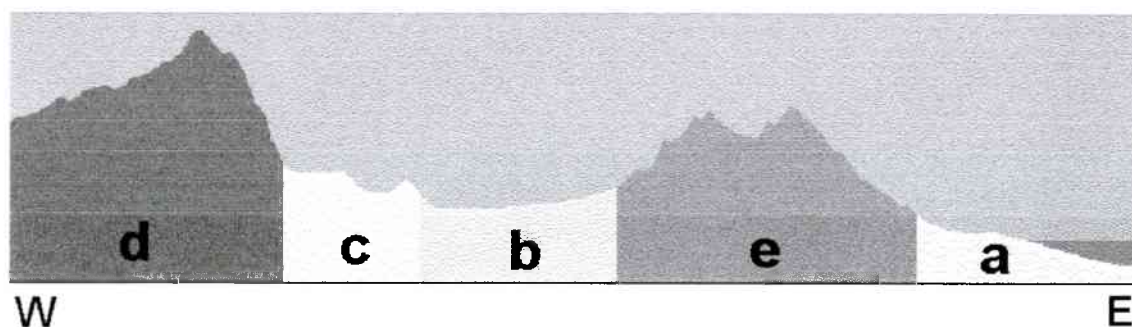
Fonte: BRASIL -IBGE-, 1990.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 14: AS UNIDADES DE RELEVO**  
 Fonte: Trabalhos de campo, 1999.  
 Adaptação: Roque A. Sánchez Dalotto, 1999

Detalhadas as cinco unidades gerais do relevo da área, um perfil topográfico típico na latitude 28°30'S pode ser definido para completar os conceitos de caracterização (Figura 15).



**Figura 15: PERFIL TOPOGRÁFICO TÍPICO NA LATITUDE 28°30'S**  
 Fonte: BRASIL -IBGE-. Folha "Criciúma", 1976.  
 Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

### 3.1.2.2. Caracterização climática

O clima da região sul apresenta por uma parte, homogeneidade pluviométrica e ritmo estacional, e por outra, unidade das características que caracterizam o mesmo. A área de estudo está situada na zona temperada, com estações que se sucedem diferenciadas no percurso do ano (BRASIL -IBGE-, 1990)

Pela sua posição, a área é atingida pelos principais centros de ação das baixas latitudes (Baixa do Chaco e Anticiclone do Atlântico) e altas latitudes (Anticiclone Móvel Polar e Baixa do Mar de Weddel), os quais definem o sistema de circulação atmosférica.

Dentro dos elementos mais característicos do clima da região, as Correntes Perturbadas do Sul (Figura 16), com origem na Antártica, geram fortes inversões de temperatura pelo ar seco e frio que compõe as mesmas. Mais nas latitudes médias, a inversão



começa sua diminuição, e o ar torna-se instável (BRASIL -IBGE-, 1990), sendo uma fonte importante de precipitações em Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O regime pluviométrico da área pode se definir entre as isoietas medias de 1250mm e 1500mm anuais, determinando com outros fatores uma área sem déficit pluviométrico.

A temperatura media anual está definida pelas isothermas de 18 e 20°C. Em Janeiro, a temperatura media mensal está definida pelas isothermas 22 e 24°C e em Julho, por 13 e 15°C. As mínimas absolutas são de 0°C e as máximas absolutas de 38°C.

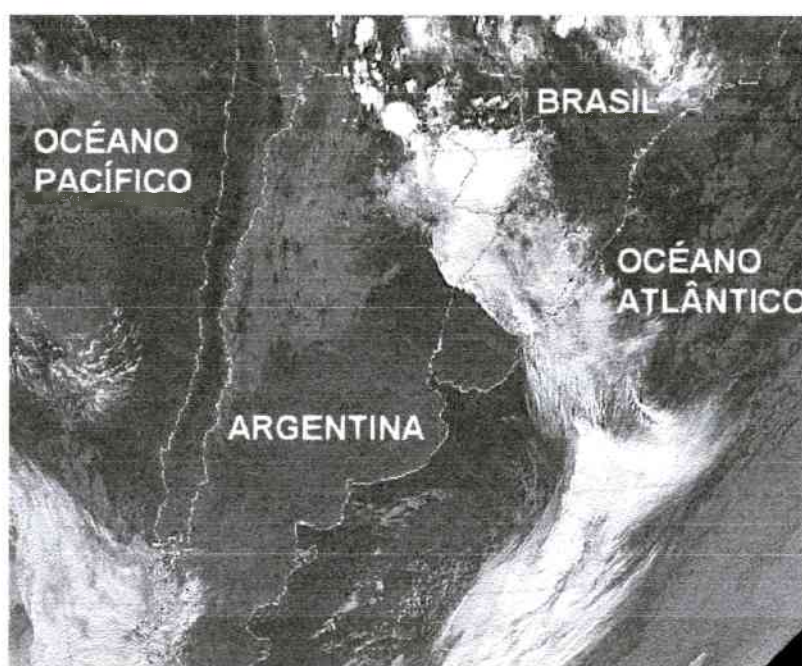


Figura 16: AS CORRENTES PERTURBADAS DO SUL

Fonte: NASA – GOES-8, 2000

Adaptação: Sánchez Dalotto, 2000.

### 3.1.2.3. Caraterização edáfica

Na área de estudo predominam solos correspondentes à terra roxa estruturada e solos podzólicos vermelho-amarelos (BRASIL -IBGE-, 1990). A primeira, desenvolvida de rochas eruptivas básicas, é um solo com 1 a 2m de profundidade, argilosos, com coloração predominantemente avermelhada. A sua fertilidade é variável. As culturas principais que suporta este solo são soja, milho, feijão e café.

Os solos podzólicos vermelho-amarelos têm profundidades variáveis entre 0,5 e 2m, com muitas variações na sua textura e fertilidade. São pobres em ferro e normalmente utilizados para pastagem e culturas de subsistência.

#### **3.1.2.4. Caraterização geológica**

A geologia está caracterizada pela presença da Cobertura Sedimentar Gonduânica, Formação Rio Bonito, a qual contem as jazidas de carvão mineral do distrito carbonífero de Santa Catarina (BRASIL -IBGE-, 1990).

A bacia do Paraná no continente de Gondwana começou com um processo sedimentar no Siluriano, há 430 milhões de anos. Desde então até o Jurássico, há 200 milhões de anos, a bacia recebeu extensas e espessas camadas sedimentares, essencialmente finas, com intercalações calcárias e alguns conglomerados.

A Formação Rio Bonito, integrante da Cobertura Sedimentar Gonduânica, apresenta nos dois terços superiores, correspondentes aos membros Paraguaçu e Siderópolis, dez camadas de carvão mineral sub-betuminosos e betuminosos coqueificáveis (PINTO DA VEIGA, 1961). Este carvão origina-se de matéria vegetal (lenhosa), a qual foi depositada no Período Carbonífero, e sofreu uma decomposição química e microbiana, seja aeróbica ou não (CORRÊA & OLIVEIRA, 1983).

#### **3.1.2.5. Caraterização botânica**

A área está incluída na região fitogeográfica da Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica (BRASIL -IBGE-, 1990). Embora sendo uma faixa que ocupa uma área extratropical, a Floresta Ombrófila é um prolongamento da faixa florestal que acompanha a costa brasileira desde Rio Grande do Norte.

A Floresta Ombrófila Densa pode classificar-se por setores segundo a latitude e altitude. A área de estudo está inserida na Formação Submontana, definida entre os 24°S e 32°S para a latitude e 30m até 400m em altitude (VELOSO, 1991). Atualmente, a cobertura está composta por vegetação secundária e atividades agrárias, mais originalmente a região caracterizava-se por 708 espécies registradas (BRASIL -IBGE-, 1990).

A presença das árvores com alturas entre 25 e 30m (Figura 17), perenifoliadas e com alta densidade de exemplares por unidade de superfície, tais como os gêneros *Ocotea*, *Sloanea*, *Aspidosperma*, *Copaifera*, *Virola*, *Chrysophyllum*, *Nectandra*, *Buchenavia*, *Pouteria* e *Euterpe* era característica na área de estudo. Complementavam espécies das famílias Bromeliaceae, Orquidaceae, Cactaceae, Araceae e Ciataceae (Pteridofitae), entre as principais.



**Figura 17: EXEMPLARES NATIVOS DA ÁREA**

Fonte: Trabalhos de campo, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

### **3.1.2.6. Caraterização hidrográfica**

A área de estudo está incluída na Bacia Sudeste, desaguando diretamente ao Oceano Atlântico. No setor de Siderópolis, o regime fluviométrico é Pluvial Oceânico, gênero Subtropical (BRASIL -IBGE-, 1990).

Geomorfologicamente, são rios recentes do Terciário Superior ou Quaternário, de pequeno porte, apresentando perfis longitudinais com grandes desníveis, leitos planos e meandros no litoral marítimo. Os cursos superiores têm leitos acidentados, com cascatas e cachoeiras. Os rios Fiorita e Kuntz, tributários do Mãe Luzia, são os principais do setor.

### **3.1.2.7. Caraterização ambiental**

Segundo a caraterização botânica, a área de estudo localiza-se na Floresta Atlântica, sendo em consequência, uma área de preservação permanente (APP).

Desde uma visão do direito, a Mata Atlântica é definida como patrimônio nacional no artigo 225 § 4º da Constituição Brasileira, precisando assegurar a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais (BRASIL, 1997). A lei 9605/98 do Meio Ambiente, no seu artigo 40 § 1º define como Unidade de Conservação as Florestas Nacionais, e também, no seus artigos 38 a 53, define e carateriza os Crimes contra a Flora (BRASIL, 1998).

Em particular para a área de estudo, as unidades de contato entre Florestas com Araucária e Floresta Atlântica estão deficientemente representadas no sistema de fiscalização oficial brasileira (MANEJO DE ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS, 1997), fato pelo qual é importante atender a sua situação atual.

### **3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DOMINANTE**

#### **3.2.1. ASPECTOS DO CARVÃO NA ÁREA E SUA INSERÇÃO NACIONAL**

O elemento determinante na vida econômica, política e social de Siderópolis é, indiscutivelmente, o carvão. Localizada na Bacia Carbonífera Catarinense, a área de estudo teve, a partir da exploração deste mineral, uma mudança radical na sua atividade produtiva principal.

A bacia brasileira ocupa os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, e parte do Uruguai. Em Santa Catarina encerra uma faixa de aproximadamente 70km por 100km de largura para alguns autores (PINTO DA VEIGA, 1961), ou de 100km de comprimento por 20km de largura média para outros (SANTA CATARINA, 1997).

Segundo alguns informes, são três as camadas da bacia que apresentam interesse industrial: a camada de carvão Barro Branco, a camada Irapuã e a camada Bonito Inferior (SANTA CATARINA, 1997). Em outros, são citadas cinco camadas (Figura 18): Treviso, Barro Branco, Irapuã, Ponte Alta e Bonito, responsabilizando pela produção às camadas Barro Branco e Bonito (CORRÊA & AL., 1983). Normalmente a litologia presente sobre o carvão na área de Siderópolis corresponde ascendentemente a folhelhos, siltitos, arenitos, argilas e o solo.

No entanto, os pesquisadores têm certeza que a camada Barro Branco é a mais importante da bacia, pela sua qualidade e distribuição geográfica, com espessuras variáveis entre 1m a 2m. A camada Irapuã, abaixo da camada Barro Branco, não se apresenta economicamente aproveitável pela irregularidade na sua distribuição originada em paleomeandros, além de espessuras variáveis. Em terceiro lugar, a camada Bonito Inferior, ainda sendo a mais espessa, tem qualidade inferior à Barro Branco. A sua lavra não é muito expressiva.



**Figura 18: PERFIL GEOLÓGICO GENÉRICO  
FORMAÇÕES CARBONÍFERAS CATARINENSES**

Fonte: CORRÊA & AL., 1983.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

O carvão catarinense é classificado como carvão mineral sub-betuminoso e betuminoso, segundo a composição percentual de umidade, carbono, hidrogênio e oxigênio, entre outros. Sem ter o poder calórico do carvão antracito ou semi-antracito, supera à turfa, o carvão marrom e o linhito.

A composição do carvão sub-betuminoso e betuminoso segundo seus principais indicadores indica-se na Tabela 1.

**Tabela 1: COMPOSIÇÃO DO CARVÃO SUB-BETUMINOSO E BETUMINOSO**

Fonte: CORRÊA & AL., 1983.

Adaptação: Roque A. Sánchez Dalotto

	CARVÃO SUB-BETUMINOSO	CARVÃO BETUMINOSO
% UMIDADE	20-10	10-5
% CARBONO	75-80	75-90
% HIDROGÊNIO	4,5-5,5	4,5-5,5
% OXIGÊNIO	12-21	5-21

As aplicações principais do carvão no Brasil são aquelas tradicionais orientadas às funções de redutor na siderurgia e geração de vapor. Nos casos em que o carvão tem as primeiras funções classifica-se como carvão metalúrgico e no segundo caso, carvão energético. Outras aplicações, tais como a indústria do cimento, são mínimas (GUGLI-ELMI, 1979).

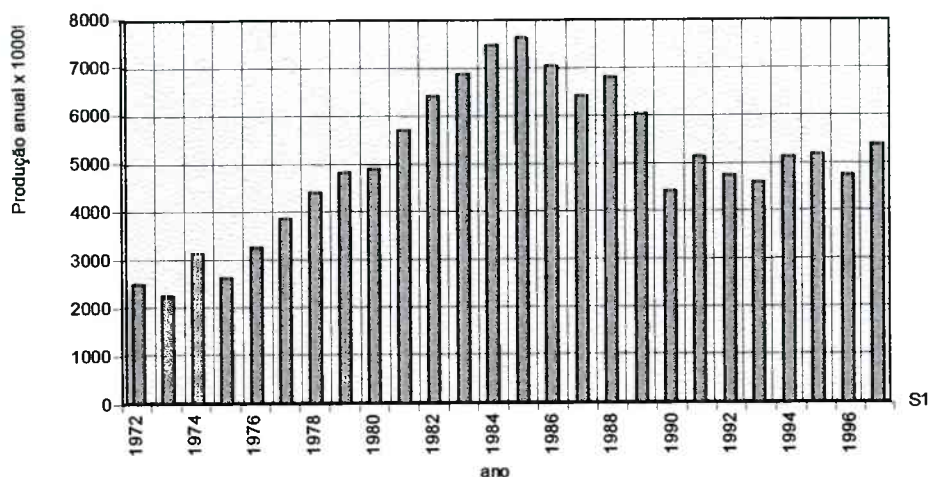


**Figura 19: APLICAÇÕES ENERGÉTICAS DO CARVÃO CATARINENSE**

Fonte: NÃO DETERMINADA  
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

No aspecto produtivo, as camadas de carvão devem cumprir uma série de fatores para ser economicamente viáveis. A espessura de carvão, a espessura total da camada, as reservas medidas, a localização planimétrica e altimétrica das camadas e as características físicas e químicas do carvão são os principais fatores que influem nos projetos (SANTA CATARINA, 1997). O carvão em Siderópolis apresenta em bom grau estas características, o que torna a sua exploração apropriada considerando a relação benefícios/custos.

Dentro dos períodos de maior crescimento da produtividade nacional, os anos entre a Primeira e Segunda Guerra Mundial, foram de significativo aumento. Em 1982, o Brasil produzia 6.560.402 toneladas, as quais tiveram aumento de produção quando comparadas com o ano de 1939 (1.047.000 toneladas). Neste contexto, o Brasil está distante de produtores mundiais como Alemanha, com 96.600.000 toneladas em 1982, ou Estados Unidos, com 740.200.000 toneladas para o mesmo ano (CORRÊA & AL., 1983). A evolução da produção nacional de carvão entre 1972 e 1997 está representada no Gráfico 3.

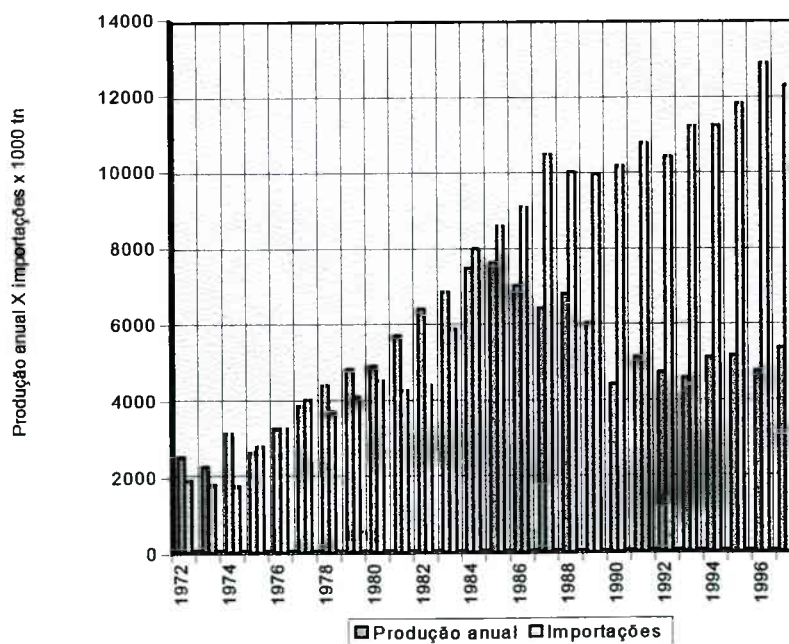


**Gráfico 3: PRODUÇÃO DE CARVÃO NO BRASIL ENTRE 1972 E 1997**

Fonte: WORLD ENERGY COUNCIL, 1997.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

O Brasil mantém volumes de importação consideráveis desde 1984. As reservas de carvão medidas, indicadas e inferidas quantificadas antes do início das importações eram 21.833 milhões de toneladas, das quais 11.000 eram mineráveis (GUGLI-ELMI, 1979). Os valores de produção e importações estão representados no Gráfico 4.



**Gráfico 4: IMPORTAÇÕES DE CARVÃO E PRODUÇÃO NO BRASIL ENTRE 1972 E 1997**

Fonte: WORLD ENERGY COUNCIL, 1997.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

Segundo o mesmo autor, as reservas em Santa Catarina eram as segundas do país, com 1941,24 milhões de toneladas (8,5%), depois do Rio Grande do Sul, com 20.768 milhões de toneladas (91%). Os estados do Paraná e São Paulo representam só 0,5% das reservas carboníferas totais do Brasil.

A produção de Santa Catarina em 1997 foram 2.241.000 toneladas de carvão energético, representando um acréscimo de +35,1% comparado ao ano anterior. Paralelamente, foram produzidas 91.000 toneladas de carvão siderúrgico, o qual representa para 1997 um acréscimo de +30,0% em relação ao ano anterior (WORLD ENERGY COUNCIL, 1997).

Em Siderópolis a lavra do carvão é principalmente a céu aberto, embora existam lavras subterrâneas (Figura 20).



**Figura 20: LAVRAS A CÉU ABERTO E SUBTERRÂNEA EM SIDERÓPOLIS**

Fonte: Trabalhos de campo, 1999.  
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

Se as camadas não estão muito profundas ou aflorando, é possível remover a camada superficial e aproveitar o carvão com escavadeiras. As minas de Siderópolis utilizaram escavadeiras elétricas e a explosão de grande porte, sendo em outras décadas, das mais consideráveis do mundo (CORRÊA & AL., 1983).

No caso em que as camadas de carvão estejam a profundidades consideráveis, a lavra tem que ser feita através de galerias subterrâneas, com extração manual (praticamente fora de uso), semi-mecanizada ou mecanizada. Estas galerias podem ser abertas em câmaras e pilares, ou pelo método *long-wall*, segundo as restrições geológicas da área minerada.



### 3.2.2. PROBLEMAS AMBIENTAIS

A problemática da poluição pela exploração do carvão está na atualidade diminuída, especialmente pelo fato que a política energética brasileira foi orientada ao aproveitamento de outras fontes alternativas renováveis, tais como a hidroelétrica.

Com produção de carvão mineral ainda significativa na área de Siderópolis, os problemas ambientais de sua exploração estão principalmente relacionados à poluição hídrica. Em condições normais de rios não poluídos, as águas dos mesmos têm características ácidas devido à litologia local. Os rejeitos da mineração (Figura 21) contêm principalmente pirita ( $\text{FeS}_2$ ), a qual na sua exposição com o oxigênio do ar e da água forma uma solução de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). No meio com potencial Hidrogênio (pH) baixo, o ácido sulfúrico solubiliza outros elementos como ferro, manganês, cálcio, magnésio e sódio, fato pelo qual a solução resultante é ainda muito mais ácida, com pH 2,5 a 3,0 (SANTA CATARINA, 1997).



**Figura 21: REJEITOS DE CARVÃO**

Fonte: Trabalhos de campo, 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

As águas de drenagem das minas e lavadoras de carvão, com o pH citado, são enviadas à rede hidrográfica, alterando significativamente a neutralidade ( $\text{pH}=7$ ) de qualquer ecossistema da área. Além da ação antrópica com as águas de drenagem, as águas pluviais que interagem com os rejeitos levam partículas finas, as quais permanecem em suspensão nas águas dos rios. As enchentes destas águas ácidas com partículas estranhas aos solos sobre os terrenos acarretam consideráveis prejuízos aos proprietários rurais.

No que diz respeito à poluição do solo, as parcelas improdutivas pela remoção da cobertura para lavras a céu aberto, e as subsidências devido às galerias, são as alterações mais frequentes, estando estas últimas em diminuição.

A ação dos organismos federais está atualmente orientada às concessões de mineração, a cambio de recuperação de áreas degradadas, tarefas habitualmente fiscalizadas pelas mesmas unidades.

### **3.3. SÍNTESE DO CAPÍTULO**

O conhecimento das unidades homogêneas envolvidas nos estudos que utilizam variáveis espaciais é importante para o pesquisador pelo fato de brindar uma visão condensada de uma realidade mais complexa. Neste sentido, a área de estudo localiza-se no município de Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil. A população urbana do município segundo a fonte considerada é 9.349 habitantes, e a rural, 4.241 habitantes. As coordenadas geográficas da área são 28°33'S; 28°37'S; 49°22'W e 49°28'W.

Pelas características naturais, percebe-se que a área está localizada na unidade de relevo das Depressões Periféricas da Bacia do Paraná, caracterizada pelo clima temperado, com solos correspondentes aos podzólicos vermelho-amarelos e terra roxa estruturada. A estrutura geológica corresponde à Cobertura Sedimentar Gonduânica, Formação Rio Bonito. Incluída na região fitogeográfica da Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica, apresenta grandes áreas sob o controle das leis federais e estaduais de preservação. A rede hidrográfica tem relação com o Atlântico, formando parte da Bacia Sudeste do Brasil.

A presença do carvão mineral sub-betuminoso e betuminoso no subsolo do setor estudado, em duas camadas de maior interesse econômico, determinou a produção dominante da área. Este produto de Siderópolis e áreas vizinhas, obtido a partir de lavras a céu aberto, é utilizado especialmente como carvão metalúrgico e carvão energético. Os maiores problemas ambientais no município de Siderópolis originados pela exploração do carvão, são aqueles produzidos pela acidificação das águas de lavado, pelas partículas finas nas águas naturais, a improdutividade dos terrenos pela remoção das camadas superiores na lavra a céu aberto, e as subsidências devido às galerias subterrâneas.

## **CAPÍTULO IV**

### **MATERIAL E MÉTODO**

#### **4.1. MATERIAIS UTILIZADOS**

Para atingir os objetivos planejados, foram utilizados diversos elementos e materiais, os quais podem ser subdivididos em cartográficos, topográficos, informáticos e adicionais.

##### **4.1.1. MATERIAL CARTOGRÁFICO**

O uso de material cartográfico em geral, e aerofotográfico em particular caracterizam este trabalho. Portanto, a Cartografia e a Fotogrametria têm especial participação.

###### **4.1.1.1. Cartografia utilizada na área de estudo**

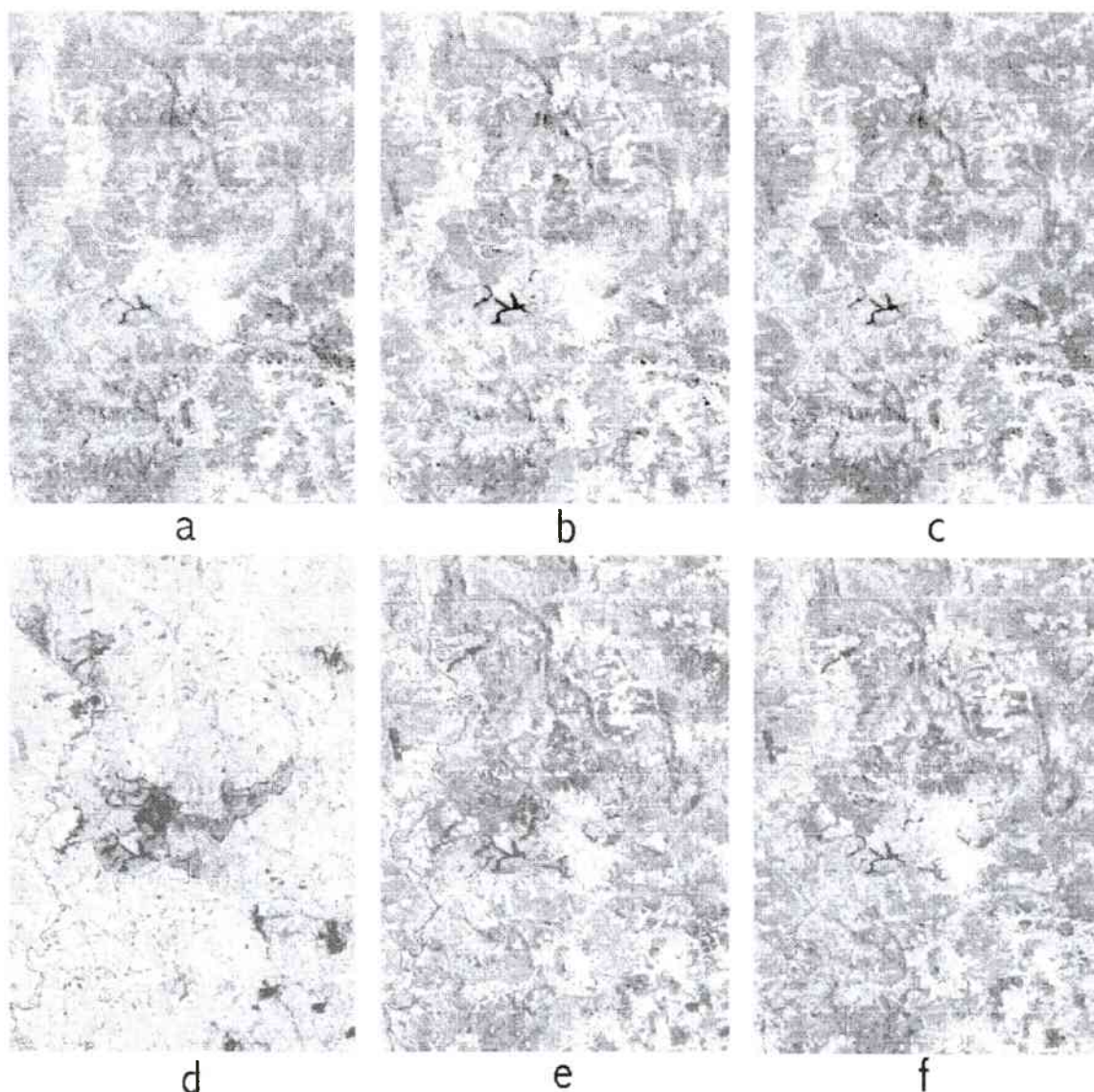
Para conhecimento e visão geral da área, foram utilizadas cartas topográficas em escala 1:50.000 (BRASIL, 1991), projeção UTM, fuso 22 (48°W-54°W), correspondentes às folhas SH.22-X-B-I-3 "Orleães" (BRASIL, 1992), SH.22-X-A-III-4 "Bom Jardim da Serra" (BRASIL, 1976), SH.22-X-A-VI-2 "São Bento Baixo" (BRASIL, 1976) e SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma" (BRASIL, 1976). Os dados de toponímia foram obtidos a partir da análise da folha SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma".

Na obtenção de pontos de controle com coordenadas UTM conhecidas utilizaram-se planos georreferenciados elaborados em escala 1:10.000 pela empresa Aerocarta e a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (Japan International Cooperation Agency -JICA), facilitados pelo Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

#### 4.1.1.2. Imagens de satélite

Seis bandas Landsat TM5 em meio digital foram disponibilizadas pelo Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A imagem foi obtida em Novembro de 1996 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE).

Corresponde às bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 (Figuras 22 a-f), com características espectrais detalhadas na Tabela 2. Aplicando o esquema dedutivo da análise da paisagem, estas imagens serviram para determinar por processamento digital e interpretação direta, as unidades da área de estudo.



**Figura 22: BANDAS LANDSAT 5 ORIGINAIS - NOV. 1996**

Fonte: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento - UFSC, 1999.  
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

**Tabela 2: BANDAS LANDSAT TM DAS IMAGENS UTILIZADAS**

Fonte: LILLESAND &amp; KIEFER, 1994

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

BANDA	INTERVALO ESPECTRAL	SETOR DO ESPECTRO
TM1	0.45-0.52 $\mu\text{m}$	Azul (visível)
TM2	0.52-0.60 $\mu\text{m}$	Verde (visível)
TM3	0.63-0.69 $\mu\text{m}$	Vermelho (visível)
TM4	0.76-0.90 $\mu\text{m}$	Infravermelho próximo
TM5	1.55-1.75 $\mu\text{m}$	Infravermelho médio
TM7	2.08-2.35 $\mu\text{m}$	Infravermelho médio

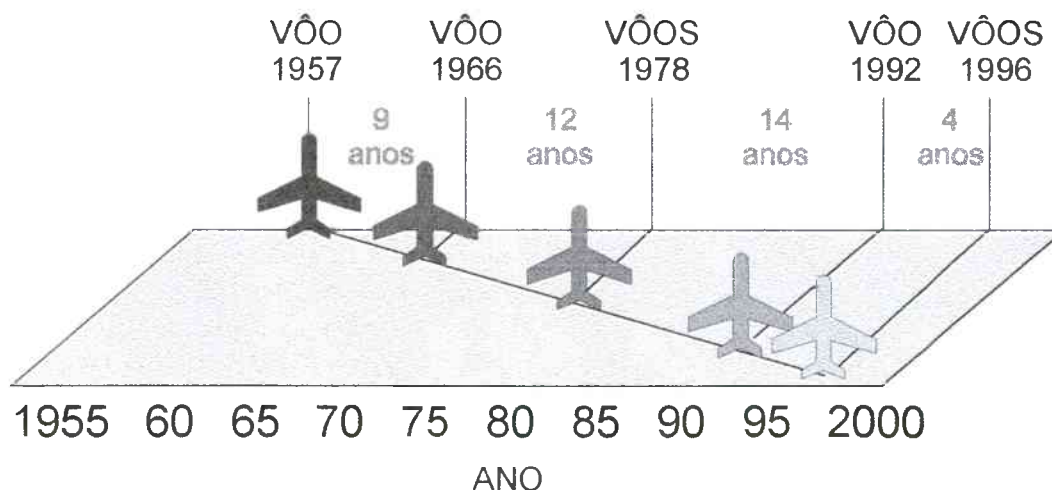
#### 4.1.1.3. Vôos fotogramétricos utilizados na área de estudo

As fotografias aéreas analisadas foram 38, correspondentes aos vôos realizados durante os anos 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996.

Na Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul (SEDEIM), Diretoria de Geografia, Cartografia e Estatística, foram disponibilizadas as fotografias aéreas correspondentes aos vôos realizados nos anos 1957, 1966 e 1978.

No Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LFSRG) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) foram disponibilizadas as fotografias aéreas dos vôos realizados em 1992 e 1996.

Realizando uma representação da distribuição dos vôos (Figura 23), pode-se determinar o intervalo variável entre os mesmos, correspondendo a 9, 12, 14 e 4 anos.

**Figura 23: VÔOS FOTOGRAMÉTRICOS UTILIZADOS NA ÁREA DE ESTUDO**

Fonte: Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul e Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

#### **4.1.1.3.1. Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1957**

Planejado originalmente em escala 1:25.000. As fotografias disponíveis foram dez: N°259, N°260, N°261, N°262, N°263, N°264, N°275, N°276, N°277 e N°278. Pela falta dos registros marginais, não foi possível determinar diretamente altura de vôo, distância focal, hora e data do levantamento. Foram utilizadas na análise da situação as fotos N°260, N°261, N°262 e N°263.

#### **4.1.1.3.2. Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1966**

Planejado originalmente em escala 1:60.000. As fotografias disponíveis foram três: N°63177, N°63178 e N°63179. A escala do vôo, embora pequena, permitiu atingir resultados úteis à pesquisa atendendo a abrangência das feições analisadas. Analogamente pela falta dos registros marginais, não foi possível determinar altura de vôo, distância focal, hora e data do levantamento. Não foi possível obter informação da sensibilidade espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. Foram utilizadas na análise da situação todas as fotos.

#### **4.1.1.3.3. Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1978**

Planejado originalmente em escala 1:25.000. As fotografias disponíveis foram oito: N°21120, N°21121, N°21122, N°21162, N°21163, N°21164, N°21165 e N°21166. Pela falta dos registros marginais, não foi possível determinar altura de vôo, distância focal, hora e data do levantamento. Não foi possível obter informação da sensibilidade espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. Foram utilizadas na análise da situação as fotos N°21162, N°21163, N°21164 e N°21165.

#### **4.1.1.3.4. Vôo fotogramétrico infravermelho colorido ano 1978**

Planejado originalmente em escala 1:45.000. As fotografias disponíveis foram seis: N°24692, N°24693, N°24694, N°24725, N°24726 e N°24727. Do mesmo modo que nos vôos anteriores, a falta dos registros marginais, não foi possível determinar altura de vôo, distância focal, hora e data do levantamento. Não foi possível obter informação da sensibilidade ou janela espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. O equipamento utilizado foram câmaras Carl Zeiss.

Embora com muitos problemas de exposição, principalmente nos cantos das fotografias, o infravermelho colorido era na data do vôo um produto muito difícil de trabalhar pela sua sensibilidade às mudanças térmicas. Trata-se de um levantamento muito interessante pelas suas características espectrais para fotointerpretação. A falta de informação sobre a janela espectral utilizada não permitiu realizar uma análise temática a partir das assinaturas dos elementos nas fotografias. Foram utilizadas na análise da situação as fotos N°24725, N°24726 e N°24727.

#### **4.1.1.3.5. Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1992**

Planejado originalmente em escala 1:20.000. As fotografias disponíveis foram 4: N°5358, N°5360, N°5398 e N°5400. Pela falta dos registros marginais, não foi possível determinar altura de vôo, hora e data do levantamento. Embora técnicas adequadas de paralaxe forneceria a altura do vôo em função da distância focal, não aplicaram-se pelo fato de fugir aos objetivos da pesquisa. Não foi possível obter informação da sensibilidade espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. O equipamento utilizado foi uma câmara Wild RC-8 com objetiva UAg 1040 de 151,67mm de distância focal. O levantamento foi feito pela empresa Aerodata. Foram utilizadas na análise da situação todas as fotos.

#### **4.1.1.3.6. Vôo fotogramétrico preto e branco ano 1996**

Planejado originalmente em escala 1:30.000. As fotografias disponíveis foram 4: Faixa 02 N°10, Faixa 02 N°12, Faixa 03 N°10 e Faixa 03 N°11. O equipamento utilizado foi uma câmara Wild RC-8 com objetiva UAg 336 de 152,67mm de distância focal. Segundo os registros marginais, a altura de vôo oscilou entre 4547m e 4548m. A escala meia foi 1:28.500 para estas fotografias (200m altitude meia do terreno). O levantamento foi feito pela empresa Aerocarta de São Paulo em junho de 1996. As fotografias utilizadas foram tomadas entre as 10:02 a.m. e 10:22 a.m. Não foi possível obter informação da sensibilidade espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. Foram utilizadas na análise da situação todas as fotos.

Durante este levantamento, a área foi fotografada também em escala 1:5.000, utilizando o mesmo equipamento. As fotografias disponíveis foram 3: Linha 05 N°7, Linha 05 N°9 e Linha 05 N°11. Pela ilegibilidade dos registros marginais, não foi pos-

sível determinar altura de vôo, hora e data do levantamento. Não foi possível obter informação da sensibilidade espectral do filme e filtros utilizados na tirada das fotografias. Foram utilizadas na análise da situação todas as fotos.

#### **4.1.2. MATERIAL TOPOGRÁFICO**

Para solucionar problemas de natureza topográfica, tais como orientação espacial primária na identificação dos mesmos pontos com muita variação no relevo em fotografias e cartografia de data diversa, foi utilizado um equipamento navegador satelital, baseado na determinação da posição geográfica mediante o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS).

##### **4.1.2.1. Características do equipamento GPS**

Devido à grande variação do terreno, fato representado nas fotografias aéreas de diferentes datas, foi utilizado o equipamento navegador satelital para a localização inicial dos pontos de interesse. O uso deste navegador permitiu identificar, principalmente na hora dos trabalhos de campo, pontos do terreno nas cartas sem atualização ou em fotografias aéreas, nas quais o relevo -e portanto o aspecto- era diferente devido às atividades de mineração.

Utilizando a técnica de navegação que fornece dados sem precisão cartográfica na determinação de coordenadas, a mesma serviu para definir a localização de lugares de tomada de dados, tirada de fotografias, identificação de estradas, medições de trajetos e outros com incerteza na posição de 120m aproximadamente. As coordenadas determinadas por este método não foram utilizadas para referenciar ou gerar cartografia.

As principais características do equipamento utilizado são (MAGELLAN, 1995): receptor com tecnologia AllView 12; capacidade para seguir, computar e atualizar dados de posição com até 12 satélites da constelação Global Positioning System (GPS); atualização da leitura cada 1 segundo; exatidão na determinação da posição de 15m, sem disponibilidade seletiva (SA).



### **4.1.3. MATERIAL COMPUTACIONAL**

As diferentes análises de dados, informação e modelagem requeriam equipamento e programas específicos para manejar eficientemente os mesmos.

#### **4.1.3.1. Equipamento de processamento**

Foram utilizados os seguintes equipamentos informáticos: Computador com processador de 166Mhz, 64 Megabytes de memória RAM, 4.5 Gigabytes em disco rígido, leitor CD de 40x, leitor de diskettes de 3 1/2 polegadas e placa de vídeo de 4 Megabytes; Monitor colorido de 14 polegadas com ponto de 0.28mm; Leitor zip externo de 100 Megabytes de capacidade; Scanner para originais coloridos, resolução real de 600 pontos por polegada por 1200 pontos por polegada, interpoláveis até 19.200 pontos por polegada; Impressora cor, com resolução máxima de 720 pontos por polegada.

#### **4.1.3.2. Programas de processamento**

No que diz respeito aos programas de processamento, podem se detalhar quatro ferramentas utilizadas no análise dos dados, informação e modelagem: processamento numérico, processamento de imagens e processamento de dados geográficos.

##### **4.1.3.2.1. Processamento numérico**

Para os cálculos de conversão de coordenadas geográficas entre sistemas, cálculo de distâncias e áreas, elaboração de gráficos e análise estatístico primário, foi utilizado o programa standard tipo planilha de cálculo Microsoft Excel do pacote Office 97 .

##### **4.1.3.2.2. Processamento de imagens**

Na conversão analógica para digital das fotografias aéreas, cartografia e outros materiais mediante scanner, foram utilizadas utilidades próprias fornecidas pelos fabricantes do equipamento, instaladas no computador. O scanner foi operado desde programas standard de processamento de imagens Aldus PhotoStyler versão 2.0 e Corel Photo-Paint versão 8, com capacidade de reconhecer periféricos scanner.

Outra capacidade dos programas que foi utilizada é o ajustamento das características de brilho e contraste dos arquivos digitalizados, para obter a melhor visualização dos mesmos no monitor, cuidando manter inalterado o histograma das imagens por motivos de interpretação. As tarefas de georreferenciação e projeção foram feitas com Idrisi para Windows versão 2.00.000. O software utilizado possui as correspondentes licenças de uso.

#### **4.1.3.2.3. Processamento de dados geográficos**

O uso de programas de desenho assistido por computador (CAD) e sistemas de informação geográfica orientou-se especialmente a três tarefas centrais:

- a) Integração dos dados interpretados analógicamente sobre as fotografias aéreas ao formato vector mediante digitalização no monitor.
- b) Conformação do SIG, a partir da incorporação de camadas de informações.
- c) Relação espaço-temporal das camadas de dados para modelagem na área de estudo.

Os programas utilizados foram Autodesk AutoCAD Map versão 2.0 no ponto a) e ESRI ArcView SIG versão 3.1 com Analista Espacial nos pontos b) e c).

#### **4.1.4. EQUIPAMENTO ADICIONAL**

Dentro dos materiais adicionais utilizados na pesquisa que facilitaram as atividades, podem ser detalhados, sem apresentar uma ordem hierárquica, os seguintes:

- a) Transportes terrestres vários na área de estudo.
- b) Cartas e mapas de divulgação geral.
- c) Trenas.
- d) Estereoscópio de bolso.
- e) Elementos para fotointerpretação.
- f) Manuais do usuário dos programas.

## **4.2. MÉTODO**

Entende-se “método” como sinônimo de seqüência de operações orientadas para atingir os objetivos postulados.

Para alcançar o objetivo geral, orientado à busca sistemática e crítica da verdade científica, considerou-se a adequação metodológica dos modelos, a convergência dos resultados, a estabilidade das soluções e a consistência dos dados obtidos, quantificados de modo adequado a partir dos resultados de processos definidos nos objetivos específicos.

Para atingir os objetivos específicos, a pesquisa foi desenvolvida em nove partes cronologicamente seqüenciais, integradas em três etapas:

### **a) ETAPA I: ENTRADA DE DADOS (INPUT)**

- 1) Revisão dos antecedentes;
- 2) Delimitação da área de modelagem;

### **b) ETAPA II: PROCESSAMENTO DE DADOS**

- 1) Fotointerpretação das séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996 baseada na delimitação das unidades da área e trabalhos de campo;
- 2) Integração da informação espacial no SIG;
- 3) Controle da qualidade métrica, temática, e funcional dos dados do SIG;

### **c) ETAPA III: SAÍDA DE DADOS (OUTPUT)**

- 1) Modelos cartográficos para simplificação da situação estudada;
- 2) Técnicas e modelos cartográficos para prognose da tendência na ocupação das unidades naturais e antrópicas analisadas;
- 3) Modelos cartográficos orientados a decisão para fornecer elementos destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária relacionada à produção florestal e mineira;
- 4) Elaboração dos produtos cartográficos derivados.

Na Figura 24 apresenta-se o fluxo das atividades desenvolvidas no método.

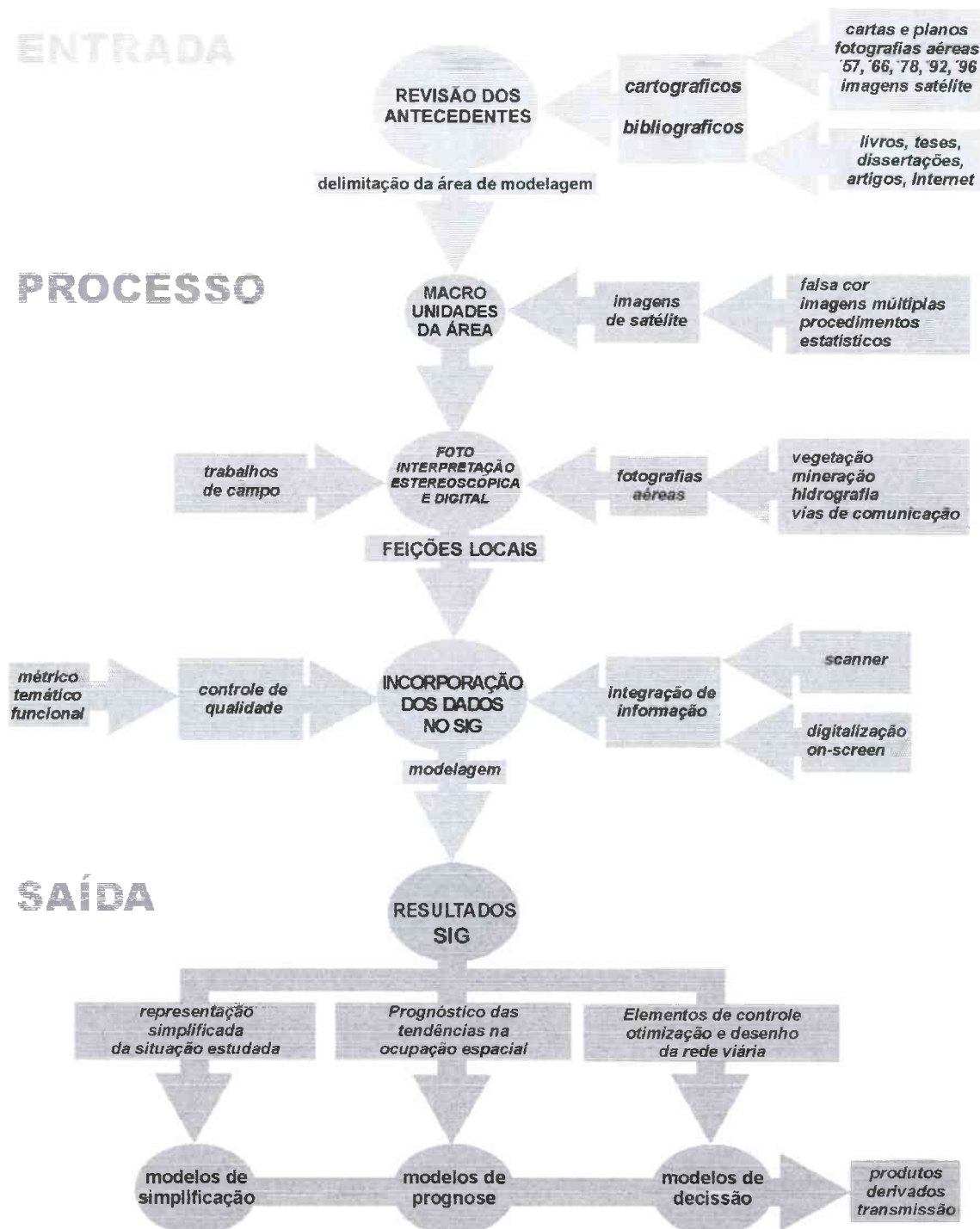


Figura 24: FLUXO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO MÉTODO

#### 4.2.1. REVISÃO DOS ANTECEDENTES

Nas tarefas de revisão foram estudadas duas fontes principais de antecedentes: a cartográfica e a bibliográfica. Dentro das fontes cartográficas, incluíram-se cartas, planos e fotografias aéreas, tanto em formato analógico quanto digital. As fontes bibliográficas incluíram livros específicos, capítulos de livros, teses de mestrado e doutorado,

artigos em eventos acadêmicos, publicações periódicas, informes técnicos e jornais, consultados em bibliotecas ou na rede Internet.

#### **4.2.1.1. Análise das fontes cartográficas**

O material cartográfico analisado constituiu posteriormente, segundo a escala, a base métrica e toponímica do trabalho. Este fato permitiu relacionar a um sistema geral de referência as fotografias aéreas e os resultados da fotointerpretação das mesmas.

O conhecimento da qualidade métrica e temática do material foi necessário, visando atingir padrões de erros planimétricos aceitáveis. Estes erros, se os meios técnicos disponíveis permitiram, foram corrigidos. De outro modo, foram indicados para alertar aos usuários das restrições cartográficas dos produtos.

##### **4.2.1.1.1. Análise da qualidade temática da carta escala 1:50.000 do IBGE**

O controle de qualidade temática foi realizado a partir da superposição de fotografias aéreas de 1957 e 1978, e a carta, utilizando as primeiras como contraste para determinar diferenças no conteúdo representado na carta. Para isso foi scannerizado a  $35\mu\text{m}$  (720 pontos por polegada) o setor da área de interesse na carta SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma" escala 1:50.000 e, a partir de seis pontos de controle planimétrico obtidos do cruzamento das linhas de coordenadas (grade), este setor foi georreferenciado por software.

O processo foi iterativo em 3 vezes, até atingir um erro meio quadrático de 4,5m na posição planimétrica, sendo este resultado preciso mas não exato, pois a inexistência de uma posição de referência geral não permitiu conhecer o deslocamento absoluto dos pontos.

Este processo de georreferenciação e mudança de projeção cônica para cilíndrica transversa secante, foi aplicado às fotografias aéreas, utilizando seis pontos de controle de identificação certa por foto, elipsóide SAD-69 e datum Córrego Alegre, com coordenadas obtidas a partir da carta 1:50.000 georreferenciada por software. Embora estes processos não corrigem totalmente as deformações das fotografias aéreas, as mesmas são minimizadas.

No caso que a carta tivesse erros métricos, os mesmos serão transferidos sistematicamente na georreferenciação das fotografias aéreas, por ser a mesma fonte de dados planimétricos.

O controle da qualidade métrica da carta não foi realizado devido à falta de referenciais planimétricos gerais. Por este fato, a folha "Criciúma" não foi utilizada como base planimétrica. Com o referencial espacial unificado ao fuso 22 UTM em carta e fotografias aéreas, foi possível realizar somente a superposição dos produtos e verificar a sua qualidade temática.

#### **4.2.1.1.2. Condicionantes para o controle da qualidade métrica (Aerocarta–JICA)**

Não realizou-se a análise da qualidade métrica pela carência de cartografia de precisão da área de estudo. Optou-se por aceitar o levantamento Aerocarta-JICA como base de referência, embora desconhecendo a sua precisão e exatidão.

A realização do controle métrico responsável dos produtos cartográficos não pode ser eliminada. Esta tarefa requer de equipamento específico, tais como GPS topográficos ou geodésicos, transporte, recursos humanos e econômicos, entre outros. Acessar e dispor dos mesmos não foi tarefa simples, uma vez que normalmente a infraestrutura está afetada ou operando em organismos estaduais que mantêm orçamentos reduzidos e cronogramas de uso, sendo o principal motivo que impossibilitou a realização do controle métrico do produto.

#### **4.2.1.1.3. Análise da qualidade temática do levantamento Aerocarta - JICA**

O formato utilizado para arquivar o levantamento foi .dwg de AutoCad; contém as seguintes camadas ou *layers*: Caixas de água, Edificações e casas Mancha urbana ou cidade, Cotas, Cotas das curvas de nível mestras, Curvas mestras, Curvas de nível secundárias, Estradas principais, Estradas secundárias, Gride UTM, Hidrografia, Limites da propriedade, Depósitos de lixo, Lagoas naturais e artificiais, Pontes, Pontos de controle da Aerocarta - JICA, Rede elétrica.

Com base na planta digital, obtiveram-se coordenadas de vinte nove pontos de controle fotogramétrico, os quais foram utilizados na georreferenciação e projeção das fotografias aéreas dos vôos 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996.

#### **4.2.1.1.4. Análise das fotografias aéreas**

Os produtos fornecidos por sensores orbitais passivos (Landsat, Spot, Skylab, Soyuz) ou ativos (ERS e outros), ou aerotransportados passivos (fotografias aéreas) ou ativos (Scanner, Radar, LaserScan e outros) não atingiam as necessidades mínimas de resolução espacial para realizar estudos detalhados de simplificação, prognose e decisão na área e escalas desejadas. Deve mencionar-se, também como fator condicionante, a disponibilidade plena desses produtos em formatos adequados para serem analisados digitalmente.

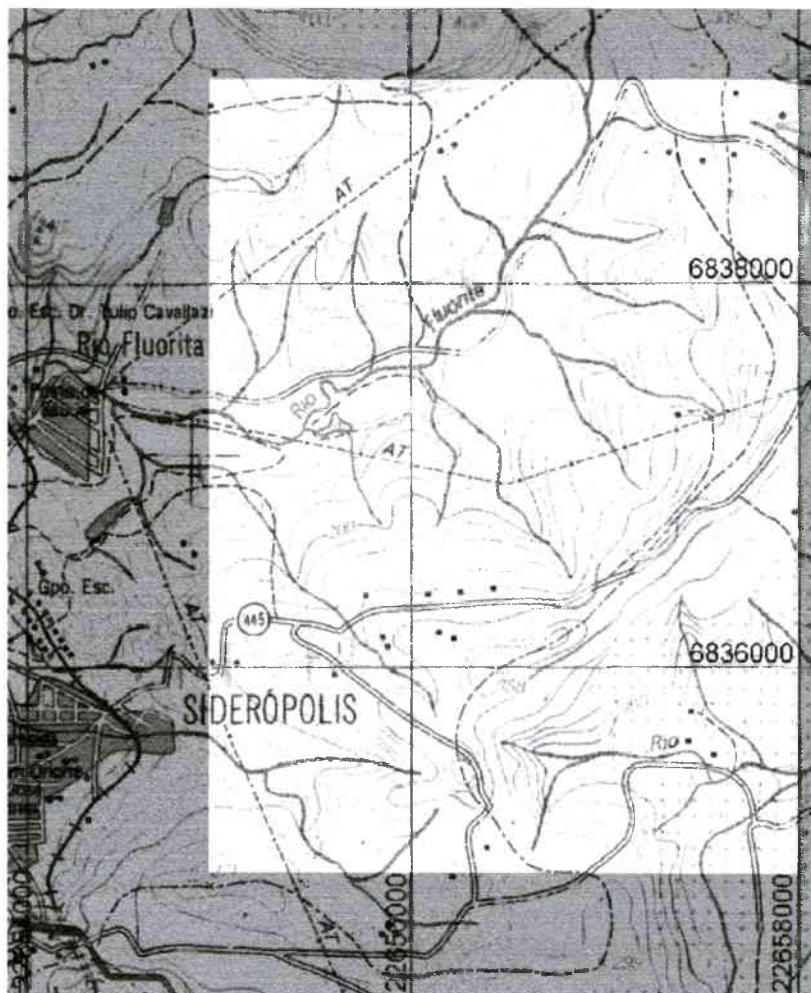
Utilizou-se conseqüentemente material aerofotográfico disponível na data de realização dos estudos, apoiado a nível de determinações regionais em imagens de satélite. O material aerofotográfico foi analisado qualitativamente em aspectos tais como: resolução temporal dos vôos, disponibilidade dos pares fotográficos, resolução espacial, contraste fotográfico e condições de vôo.

#### **4.2.2. DELIMITAÇÃO DA ÁREA VISANDO MODELAGENS**

A partir da revisão dos antecedentes, observou-se um processo de transformação espacial na área de estudo, no período de 39 anos dentro do qual dispunham-se fotografias aéreas. Este setor está definido pelas coordenadas N=6.835.000m; N=6.839.000m; E=22.655.000m; E=22.658.000m (Figura 25).

No interior da área de estudo caracterizada anteriormente, foi delimitado este setor específico com situações de interesse para realizar estudos de situação, prognose e modelagem. No estudo de certas variáveis, tais como rede viária, considerou-se a área urbana de Rio Fiorita (localizada 1000m distante da área de análise), pela sua ação de convergência sobre as estradas.

A área de análise compreende 12km<sup>2</sup> (1200ha), com lados de 4km no sentido Norte-Sul, e 3km no sentido Leste-Oeste.



**Figura 25: ÁREA DE MODELAGEM DELIMITADA DENTRO DA ÁREA DE ESTUDO**

Fonte: BRASIL -IBGE-. Folha "Criciúma", 1976.

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

#### 4.2.3. IDENTIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES

Trata-se de um ponto relevante dentro do método. Mediante visão estereoscópica foi analisado e interpretado o conteúdo temático das fotografias aéreas nos diversos vôos disponíveis. O reconhecimento das feições ou *features* na terminologia inglesa, entendidas como forma indicadora dos rasgos, fisionomia ou características distintivas dos elementos registrados, foram reconhecidas apoiando-se na informação obtida em escala pequena pelo processamento de imagens de satélite Landsat, e por trabalhos de campo durante o período de estudo (Figura 26).



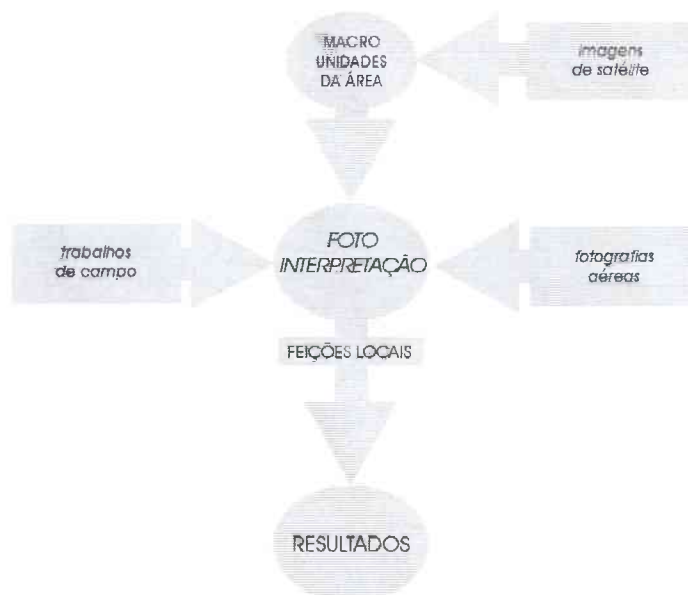


Figura 26: ESQUEMA DO PROCESSO DE FOTOINTERPRETAÇÃO UTILIZADO

#### 4.2.3.1. Reconhecimento das unidades da área por imagens de satélite

A partir do esquema dedutivo da análise da paisagem, utilizaram-se imagens de satélite para definir as unidades presentes na área mediante seu processamento e interpretação.

Foram utilizados dos métodos de processamento: falsa cor e tratamento multi-espectral, este último com três técnicas: produto de bandas, componentes principais e índices de vegetação. A utilização destes métodos justifica-se na convergência dos resultados para delimitar áreas homogêneas (LILLESAND & KIEFER, 1994). Não realizou-se georreferenciação das imagens, embora deveria ter sido realizada. O fator condicionante foi a falta de condições técnicas para obtenção de pontos de controle confiáveis na área de abrangência, possibilitando a geração de um produto de qualidade.

##### 4.2.3.1.1. Processamento falsa cor

O primeiro processamento consistiu na obtenção de imagens falsa cor, combinando as bandas TM originais nos canais azul, verde e vermelho (sistema RGB) e ciano, amarelo, magenta e preto (sistema CMYK) para constituir a imagem composta.

As combinações utilizadas foram escolhidas entre as padronizadas, além de outras testadas em particular, detalhadas posteriormente.

Processou-se a imagem com software específico (Idrisi para Windows e Aldus PhotoStyler), gerando três produtos:

- a) a imagem cor real, na qual o canal azul representa a banda TM1, o verde a TM2 e o vermelho a TM3;
- b) a imagem na qual o canal azul representa a banda TM7, o verde a TM5 e o vermelho a TM4;
- c) a imagem na qual o canal azul representa a banda TM3, o verde a TM4 e o vermelho a TM5.

#### **4.2.3.1.2. Processamento multiespectral**

No método de processamento por tratamento multiespectral foram utilizadas as técnicas de multiplicação de bandas, componentes principais e índices de vegetação.

A multiplicação de bandas consistiu no produto dos valores digitais dos píxeis de uma banda pelos valores digitais de outra. Esta técnica, quando vincula bandas com respostas espectrais similares, permite alongar as diferenças entre elementos claros e escuros da imagem, aumentando o contraste, e freqüentemente, evidenciando unidades da paisagem. Obtiveram-se duas imagens, a partir do produto TM1 por TM3, e TM3 por TM4.

A técnica de componentes principais, desenvolvida mediante software básico (Idrisi para Windows), consistiu na transformação das seis bandas disponíveis em outras tantas imagens, a fim de eliminar ou reduzir a redundância nos dados espectrais. As imagens geradas por este processo estatístico foram utilizadas na obtenção de novas imagens falsa cor.

A diminuição da redundância nos dados espectrais utilizando a técnica estatística dos componentes principais permitiu gerar seis produtos para cada banda do sensor TM. Pelo comprimento de onda utilizado na definição das janelas espectrais nas quais operam os sensores dos satélites Landsat e a natureza do terreno imageado, a máxima diminuição de redundância é obtida normalmente no componente principal 2 ou 3 (dimensionalidade intrínseca 2 ou 3). Os componentes principais restantes (4, 5 e 6), apresentam-se espectralmente muito homogêneos.

Os índices de vegetação utilizados foram o Índice de Vegetação Normalizado (NVI) e o "Tasseled Cap".

O Índice de Vegetação Normalizado foi obtido a partir do quociente da diferença dos valores digitais homólogos entre as bandas TM4 e TM3 e a soma dos mesmos valores. Este índice é indicador sensível da presença e condição da vegetação verde

(LILLESAND & KIEFER, 1994). Obteve-se uma imagem a partir do uso de este indicador.

A utilização do indicador conhecido na literatura específica como "tasseled cap" (literalmente "*boné ornado com borlas*", pela disposição espacial que apresentam os pontos nos gráficos gerados por esta transformação), considerou as seis bandas refletivas do sensor TM ocupando três dimensões, das quais são derivadas três produtos correspondentes:

- a) imagem de brilho, obtido a partir da soma ponderada das seis bandas, corresponde geralmente à variação da refletância dos solos;
- b) imagem de verdor, representa o contraste entre as bandas infravermelhas e visíveis. Está diretamente relacionado com a quantidade de vegetação verde presente na imagem;
- c) imagem de umidade, relaciona cultivos e umidade dos solos.

Posteriormente, todas as imagens geradas no processamento multiespectral foram utilizadas na composição de produtos falsa cor, com a finalidade de reforçar a convergência dos resultados em áreas de homogeneidade espectral.

Geraram-se sete produtos falsa cor com os resultados das técnicas multiespectral:

- a) imagem na qual o canal azul representa o componente principal 1, o verde o componente principal 2 e o vermelho o componente principal 3;
- b) imagem na qual o canal azul representa o componente principal 2, o verde o componente principal 3 e o vermelho o componente principal 4;
- c) imagem na qual o canal azul representa o componente principal 3, o verde o componente principal 4 e o vermelho o componente principal 5;
- d) imagem na qual o canal azul representa o componente principal 3, o verde o componente principal 2 e o vermelho a banda TM4;
- e) imagem na qual o canal azul representa a banda TM3, o verde a banda TM4 e o vermelho o produto da banda TM3 por a banda TM4;
- f) imagem na qual o canal ciano representa a umidade, o canal amarelo a banda TM4, o canal magenta o verdor e o canal preto a banda TM5.
- g) imagem na qual o canal azul representa a banda TM3, banda TM4 e o produto da banda TM3 por a banda TM4, o verde o componente principal 3, o componente principal 2 e a banda TM4 e o vermelho o componente principal 1, componente

principal 2 e componente principal 3. Sobre esta imagem foram determinadas as unidades que serviram de base temática à fotointerpretação.

#### 4.2.3.2. Trabalhos de campo

Foram realizados quatro trabalhos de campo com a finalidade de conhecer o meio, analisar a paisagem, obter dados que constituíram-se em verdade de campo para a fotointerpretação e reambulação após a obtenção dos resultados da interpretação.

O procedimento utilizado durante os trabalhos de campo foi reconhecimento visual com determinação da posição geográfica mediante GPS navegador. As datas dos trabalhos de campo detalham-se na Tabela 3.

Tabela 3: DATAS DOS TRABALHOS DE CAMPO

TRABALHO DE CAMPO	DATA
1	19 abril 1999
2	19 agosto 1999
3	12 novembro 1999
4	28 dezembro 1999

A distribuição nas datas indicadas permitiu observar diferentes estados climáticos e fenológicos, cobrindo o ciclo anual das espécies vegetais da área. Totalizaram-se aproximadamente sessenta horas de trabalhos de campo exclusivos.

A localização espacial dos pontos visitados e de toma de fotografias oblíquas foi efetuada mediante o uso do navegador GPS, configurado para fornecer coordenadas N-E em sistema UTM fuso 22, datum Córrego Alegre. Este procedimento facilitou a identificação de pontos nas diferentes fotografias aéreas georreferenciadas e cartografia utilizadas, minimizando o problema de desatualização tanto nas feições planimétricas quanto nas mudanças altimétricas produzidas pela mineração.

#### 4.2.3.3. Fotointerpretação das séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996

Com as unidades da paisagem determinadas segundo os resultados prévios da análise de imagens de satélite, realizou-se a interpretação das séries históricas de fotografias aéreas.

Esta atividade teve duas formas: fotointerpretação visual e processamento digital. A primeira forma esteve orientada à determinação qualitativa dos elementos da paisagem. A segunda, abordou os aspectos quantitativos ou métricos das fotografias aéreas.

#### **4.2.3.3.1. Fotointerpretação visual**

A fotointerpretação visual realizou-se baseada na análise estereoscópica, pelo fato das feições naturais e as atividades antrópicas da área, estarem condicionadas à variação altimétrica produzidas pela mineração. A possibilidade de efetuar estereoscopia no monitor de modo eficiente e econômico não está disponível na atualidade ao usuário que possui equipamentos convencionais. Só a digitalização em duas dimensões no monitor foi acessível, fato pelo qual adotou-se a análise estereoscópica convencional, considerando que a variável altimétrica tem influência em pesquisas ambientais, e deve ser adequadamente atendida.

O procedimento utilizado consistiu na exploração estereoscópica das fotografias aéreas utilizando estereoscópio de bolso, com transposição simultânea dos resultados às fotografias aéreas georreferenciadas mediante digitalização no monitor ou *on-screen*.

Para atingir os objetivos de geração dos modelos cartográficos para simplificação, prognóstico das tendências na ocupação areal das estruturas naturais e antrópicas, e fornecimento de elementos para controle, otimização e desenho da rede viária relacionados à produção florestal e dos recursos mineiros, foram identificadas em cada série disponível as seguintes feições:

##### **a) COBERTURA DO SOLO**

- 1) Área ocupada com cobertura arbórea composta por espécies nativas e/ou exóticas. Pelo fato que na escala de fotografias aéreas utilizada estes tipos de coberturas arbóreas apresentam textura similar, não foi possível distinguir entre unidades compostas de nativas ou exóticas exclusivamente.
- 2) Área ocupada com cobertura arbórea homogênea. Trata-se de unidades que apresentam padrão de textura e tom homogêneos, o que permitiu o seu reconhecimento.
- 3) Área ocupada com cobertura arbórea de espécies pioneiras sobre rejeito e estéril da mineração (sem conteúdo de carvão economicamente aproveitável). Estas

unidades encontram-se formadas principalmente por Eucaliptus sp. sobre cobertura removida, rejeitos e depósitos de mineral estéril, o que facilitou a fotointerpretação.

#### b) MINERAÇÃO

- 1) Cobertura removida. Corresponde às áreas que apresentam lavras a céu aberto, com atividade de mineração francamente estabelecida.
- 2) Cobertura preparada. Corresponde às áreas nas quais desenvolver-se-ão atividades de mineração a céu aberto. Este preparo do terreno era exigida pelo método de exploração utilizando equipamentos tipo "drag-in-line".
- 3) Lagos artificiais. Estas unidades são vestígios típicos dos setores com mineração a céu aberto, colmatadas principalmente com águas pluviais.

#### c) HIDROGRAFIA

- 1) Cursos principais. Corresponde ao canal principal do rio Fiorita, com vazão permanente na área de estudo.
- 2) Cursos secundários. Correspondem aos tributários estacionais detectados na fotointerpretação a partir de observação direta ou inferência mediante o padrão da vegetação ciliar.

#### d) VIAS DE COMUNICAÇÃO

- 1) Estradas principais. As estradas principais foram determinadas a partir do reconhecimento das vias com maior largura, visando concordância com os dados de campo e cartografia antecedente.
- 2) Estradas secundárias. Correspondem às estradas restantes que foram detectadas e fotointerpretadas nas fotografias aéreas. Incluem-se as estradas de serviço nas áreas de mineração e as de saída das unidades produtivas de recursos florestais.
- 3) Estradas de ferro. Corresponde a um trecho da estrada de ferro de bitola larga (1.40m), entre Criciúma e Treviso.

Embora outras chaves de interpretação poderiam ser utilizadas, estas feições foram elegidas pelo fato de serem determinantes na análise da paisagem estudada. Não sendo o objetivo da pesquisa aprofundar em fotointerpretação, foi utilizado um número

restrito de classes nas quais fosse possível realizar determinações das feições com segurança.

Por condicionantes técnicos não foi possível determinar o Cadastro de Imóveis, tanto por levantamentos antecedentes específicos quanto por trabalhos de campo atuais.

#### 4.2.3.3.2. Processamento digital séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996

O processamento digital consistiu inicialmente na conversão da informação analógica das fotografias aéreas ao meio digital, realizada mediante *scannerização* das mesmas. A resolução utilizada foi de  $71\mu\text{m}$  (360 pontos por polegada), a qual oferece em termos gerais os valores de resolução espacial no terreno em função da escala indicados na Tabela 4.

Em função das restrições do equipamento disponível, elegeu-se esta resolução pelo fato que a mesma permite detectar as feições a interpretar, não gerando arquivos que apresentem dificuldade de manejo no processamento por seu tamanho. Resoluções maiores devem adotar-se enquanto a disponibilidade de hardware possibilitem este fato.

Tabela 4: RESOLUÇÕES ESPACIAIS DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS PROCESSADAS

VÔO	ESCALA MÉDIA	RESOLUÇÃO ESPACIAL A $71\mu\text{m}$ (360dpi)
1957 Preto e branco	1:25.000	1,8m
1966 Preto e branco	1:60.000	4,2m
1978 Preto e branco	1:25.000	1,8m
1978 Infravermelho cor	1:45.000	3,2m
1992 Preto e branco	1:20.000	1,4m
1996 Preto e branco	1:30.000	2,1m

Gerou-se um arquivo por cada foto *scannerizada*. O formato de saída elegido foi tif (*tag image format file*), pelo fato de não produzir degradação por compressão, além de estar difundido e ser aceitado pela maior parte dos programas de processamento de imagens. Utilizaram-se 256 níveis de cinza, resolução radiométrica usual nestes processos.

Posteriormente à obtenção dos arquivos, foi preciso relacioná-los independentemente a um sistema de coordenadas gerais e unificar o sistema de projeção das fotografias aéreas (cônico) para um sistema cartográfico, com a finalidade de tornar compa-

ráveis geometricamente os produtos obtidos em diferentes escalas, datas e pontos de exposição.

A projeção aplicada ao material fotográfico foi Mercator Transversa Universal fuso 22 hemisfério sul.

Para isto utilizou-se o levantamento desenvolvido pela empresa Aerocarta e a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) como fonte de coordenadas planimétricas na obtenção de pontos de controle necessários para os processos de correção geométrica básica. A quantidade de pontos utilizados por foto e vôo está indicada na Tabela 5.

Em rigor, estes procedimentos deveriam ter utilizado ortofotos, pela adequação projetiva (ortogonal) das feições. Restrições de ordem técnico e econômico impossibilitaram sua utilização.

**Tabela 5: PONTOS DE CONTROLE UTILIZADOS NAS SÉRIES DE FOTOGRAFIAS AÉREAS**

VÔO	PONTOS DE CONTROLE	PONTOS POR FOTO
1957 Preto e branco	10	5
1966 Preto e branco	11	6
1978 Preto e branco	15	6
1978 Infravermelho cor	15	6
1992 Preto e branco	25	10
1996 Preto e branco	22	9

Executaram-se os módulos de remostragem e projeção cartográfica do programa Idrisi de processamento de imagens, gerando arquivos tipo LAN para serem aproveitados pelo Sistema de Informação Geográfica ArcView GIS.

Finalmente, foram aplicados ajustes para homogeneizar o brilho e contraste entre as fotografias aéreas utilizando programas de processamento de imagens (Aldus PhotoStyler e Corel Photo-Paint).

#### **4.2.4. INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL AO SIG**

A partir da geração de dados e informação digital, começou a incorporação em estruturas adequadas para operar com o SIG.

A base raster do SIG foi estabelecida para 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996 a partir dos arquivos tipo LAN das fotografias aéreas. A sua visualização e exploração no



monitor do computador permitiu a transferência simultânea *on-screen* dos resultados enquanto eram obtidos durante a fotointerpretação estereoscópica de cada vôo.

A base vector foi estabelecida a partir da estruturação das feições fotointerpretadas. Tanto as imagens das fotografias aéreas quanto estas feições fotointerpretadas, constituíram temas da vista principal do SIG, segundo a estrutura detalhada na tabela 6.

**Tabela 6: ESTRUTURA DA VISTA PRINCIPAL DO SIG**

VISTA	TEMA	FORMATO	TIPO
Principal	Imagem Landsat 1996 Unidades	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>
	Base fotografias aéreas 1957	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>
	Cobertura do solo 1957	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Mineração 1957	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Rede hidrográfica 1957	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Rede viária 1957	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Base fotografias aéreas 1966	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>
	Cobertura do solo 1966	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Mineração 1966	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Rede hidrográfica 1966	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Rede viária 1966	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Base fotografias aéreas 1978	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>
	Cobertura do solo 1978	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Mineração 1978	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Rede hidrográfica 1978	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Rede viária 1978	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
	Base fotografias aéreas 1992	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>
	Cobertura do solo 1992	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Mineração 1992	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>
	Rede hidrográfica 1992	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>
Rede viária 1992	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>	
Base fotografias aéreas 1996	<i>Raster</i>	<i>LAN</i>	
Cobertura do solo 1996	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>	
Mineração 1996	<i>Vector</i>	<i>Polígono</i>	
Rede hidrográfica 1996	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>	
Rede viária 1996	<i>Vector</i>	<i>Linha</i>	

Para cada tema em formato vector, associou-se a base de dados correspondente. Os campos foram completados simultaneamente no processo de digitalização. A estrutura dos bancos de dados estão expressados na tabela 7.

Tabela 7: ESTRUTURA DOS BANCOS DE DADOS NA VISTA PRINCIPAL DO SIG

VISTA	BASE DE DADOS	CAMPOS	TIPO
Principal	Cobertura do solo 1957	<i>Tipo</i>	<i>String</i>
	Mineração 1957	<i>Atividade</i>	<i>String</i>
	Rede hidrográfica 1957	<i>Sub-bacia; ordem</i>	<i>String; Numeric</i>
	Rede viária 1957	<i>Categoria</i>	<i>String</i>
	Cobertura do solo 1966	<i>Tipo</i>	<i>String</i>
	Mineração 1966	<i>Atividade</i>	<i>String</i>
	Rede hidrográfica 1966	<i>Sub-bacia; ordem</i>	<i>String; Numeric</i>
	Rede viária 1966	<i>Categoria</i>	<i>String</i>
	Cobertura do solo 1978	<i>Tipo</i>	<i>String</i>
	Mineração 1978	<i>Atividade</i>	<i>String</i>
	Rede hidrográfica 1978	<i>Sub-bacia; ordem</i>	<i>String; Numeric</i>
	Rede viária 1978	<i>Categoria</i>	<i>String</i>
	Cobertura do solo 1992	<i>Tipo</i>	<i>String</i>
	Mineração 1992	<i>Atividade</i>	<i>String</i>
	Rede hidrográfica 1992	<i>Sub-bacia; ordem</i>	<i>String; Numeric</i>
	Rede viária 1992	<i>Categoria</i>	<i>String</i>
Cobertura do solo 1996	<i>Tipo</i>	<i>String</i>	
Mineração 1996	<i>Atividade</i>	<i>String</i>	
Rede hidrográfica 1996	<i>Sub-bacia; ordem</i>	<i>String; Numeric</i>	
Rede viária 1996	<i>Categoria</i>	<i>String</i>	

Para facilitar a localização espacial, incorporaram-se dois temas tipo evento, o que permitiu representar na área de estudo a grade de coordenadas UTM cada 500m e 100m em Norte e Leste.

A vista principal com os temas componentes detalhados serviu de base temática para gerar os modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão postulados nos objetivos do trabalho.

#### 4.2.5. CONTROLE DE QUALIDADE DOS DADOS DO SIG

A qualidade, entendida como a totalidade de aspectos e características do produto que possibilitam satisfazer as necessidades implícita ou explicitamente postuladas (BESTERFIELD, 1994), precisa ser controlada para fornecer segurança nos resultados obtidos.

#### **4.2.5.1. Controle de qualidade métrica dos dados do SIG**

Associada aos arquivos das fotografias aéreas georreferenciados e projetados, e digitalizações derivadas do processo *on-screen*, o controle da qualidade métrica baseou-se na comparação de distâncias padrão em cada data nos produtos raster e vector obtidos, com pontos de identificação precisa do arquivo de levantamento da área, desenvolvido pela empresa Aerocarta e a Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA).

Calcularam-se os erros absolutos para as coordenadas de quinze pontos nas bases raster e cinco para as bases vector. Este erro definiu-se como a diferença entre o valor das coordenadas observado na base raster do SIG, menos o valor verdadeiro ou referencial das mesmas, obtido da planta digital.

#### **4.2.5.2. Controle de qualidade temática dos dados do SIG**

Associada aos resultados da fotointerpretação estereoscópica, o controle da qualidade temática baseou-se nos trabalhos de campo desenvolvidos entre abril de 1999 e fevereiro de 2000. Por tratar-se de dados e informações com validade temporal, os recolhidos mediante estes trabalhos de campo têm aplicação preferencial sobre os resultados das fotointerpretações de 1992 e 1996.

#### **4.2.5.3. Controle da qualidade funcional dos dados do SIG**

Para este controle, foram executadas consultas tipo *query* sobre os diferentes temas isoladamente e cruzando critérios entre eles. Com resultados previamente conhecidos, foi possível a determinação qualitativa referida à funcionalidade do SIG.

#### **4.2.6. TÉCNICAS DE SIMPLIFICAÇÃO PARA ANÁLISE DE SITUAÇÕES**

Considerando o conceito de modelos cartográficos para simplificação que postula a representação discreta da realidade, a obtenção destes foi realizada mediante a geração de novas vistas utilizando os temas da vista principal do SIG, correspondentes à fotointerpretação. Na tabela 8, detalha-se a composição das vistas utilizada nos cinco modelos para simplificação gerados.

Tabela 8: TEMAS NAS VISTAS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA SIMPLIFICAÇÃO

VISTA	TEMA
<i>Modelo para simplificação 1957</i>	<i>Cobertura do solo 1957</i>
	<i>Mineração 1957</i>
	<i>Rede hidrográfica 1957</i>
	<i>Rede viária 1957</i>
<i>Modelo para simplificação 1966</i>	<i>Cobertura do solo 1966</i>
	<i>Mineração 1966</i>
	<i>Rede hidrográfica 1966</i>
	<i>Rede viária 1966</i>
<i>Modelo para simplificação 1978</i>	<i>Cobertura do solo 1978</i>
	<i>Mineração 1978</i>
	<i>Rede hidrográfica 1978</i>
	<i>Rede viária 1978</i>
<i>Modelo para simplificação 1992</i>	<i>Cobertura do solo 1992</i>
	<i>Mineração 1992</i>
	<i>Rede hidrográfica 1992</i>
	<i>Rede viária 1992</i>
<i>Modelo para simplificação 1996</i>	<i>Cobertura do solo 1996</i>
	<i>Mineração 1996</i>
	<i>Rede hidrográfica 1996</i>
	<i>Rede viária 1996</i>

#### 4.2.6.1. Procedimento de obtenção dos modelos cartográficos para simplificação

Os temas determinados por fotointerpretação, por serem uma visão simplificada da situação na área de estudo, constituíram os temas dos modelos cartográficos orientados a decisão, incorporados mediante funções de copiar e colar do SIG. Para relacionar os resultados obtidos nas diferentes datas e possibilitar melhor entendimento dos fenômenos estudados nas redes hidrográfica e viária, calcularam-se índices representativos que fornecem elementos objetivos de classificação.

No caso da rede hidrográfica, calculou-se a densidade de drenagem referida à superfície de estudo, a partir do quociente entre o comprimento total da rede principal e a área analisada, e entre o comprimento total da rede secundária e a área analisada.

No caso da rede viária, calculou-se a densidade de estradas a partir do quociente entre o comprimento total da rede principal e a área analisada, e entre o comprimento total da rede secundária e a área analisada.

Calcularam-se também, três indicadores relacionados à forma da rede viária: os índices  $\beta$  e  $\gamma$  de Kanski e o índice de deflexão de Fitzgerald. Para computar os mesmos, precisou-se elaborar grafos das redes, consistentes na união dos nós por linhas retas, definindo segmentos. O processo realizou-se digitalizando no modo *on-screen* sobre os temas da rede viária obtida para cada data.

O índice  $\beta$  de Kanski (DA SILVA & SOUZA, 1988) está definido por:

$$\beta = \frac{\text{segmentos}}{\text{nós}}$$

O índice  $\gamma$  de Kanski (DA SILVA & SOUZA, 1988) está definido por:

$$\gamma = \frac{\text{segmentos}}{3 (\text{nós} - 2)}$$

O índice de deflexão de Fitzgerald (DA SILVA & SOUZA, 1988) está definido por:

$$i = \frac{\text{distância real}}{\text{distância euclidiana}}$$

A distância real na rede viária foi calculada sobre os temas em cada data utilizando quantificadores próprios do SIG. Para a distância euclidiana, operou-se da mesma forma, utilizando os grafos citados.

#### 4.2.7. TÉCNICAS DE PROGNÓSE PARA DETERMINAÇÃO DE TENDÊNCIAS

Para prognosticar situações futuras em função das tendências atuais na cobertura do solo, mineração, rede hidrográfica e rede viária, utilizaram-se quantificadores próprios do SIG. Elegeu-se indistintamente o número 100 como base em 1957 para reduzir os resultados obtidos e facilitar sua comparação. Estes valores foram representados em gráficos de coordenadas cartesianas X-Y.

#### **4.2.7.1. Procedimento para obtenção dos modelos cartográficos para prognose**

Para prognose da tendência na cobertura do solo, quantificou-se a área ocupada em 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996 com cobertura arbórea composta por espécies nativas e/ou exóticas, cobertura arbórea homogênea e cobertura arbórea de espécies pioneiras sobre rejeitos e estéril.

Com finalidade de tornar comparáveis os resultados, os valores de área correspondentes ao ano de 1957 estabeleceram-se como base 100. Para os valores de 1966, 1978, 1992 e 1996 calculou-se a variação relativa. Estes resultados foram representados em gráficos onde o eixo X corresponde o tempo  $t$  em anos, e o eixo Y, representa a variação relativa.

No entanto, para prognose da tendência na mineração, quantificou-se a área afetada por remoção de cobertura superficial para lavras a céu aberto, preparação do terreno para a mesma finalidade, e lagos artificiais.

Os valores de área correspondentes a 1957 estabeleceram-se como base 100. Para os valores de 1966, 1978, 1992 e 1996 calculou-se a variação relativa. Os resultados foram representados em gráficos similares aos citados.

Para prognose da tendência na rede hidrográfica, quantificou-se o comprimento total dos cursos principais (rio Fiorita) e dos secundários. Os valores de comprimento dos cursos principais e secundários correspondentes a 1957 estabeleceram-se como base 100. Para os valores de 1966, 1978, 1992 e 1996 calculou-se a variação relativa. Os resultados foram representados em gráficos cartesianos.

Para prognose da tendência na rede viária, quantificou-se o comprimento total das estradas principais e secundárias. Os valores de comprimento total das estradas principais e secundárias correspondentes a 1957 estabeleceram-se como base 100. Para os valores de 1966, 1978, 1992 e 1996 calculou-se a variação relativa. Os resultados foram representados em gráficos cartesianos.

Em todos os casos, partindo do critério que prognosticar é deduzir a partir das tendências atuais, a determinação das situações na década posterior à última análise (1996-2006) foi realizada graficamente seguindo a tendência e forma de distribuição dos dados no período 1957-1996. Geraram-se quatro vistas correspondentes a cada modelo cartográfico para prognose, segundo detalhe na tabela 9.

Tabela 9: TEMAS NAS VISTAS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA PROGNÓSE

VISTA	TEMA
<i>Modelo para prognose da cobertura do solo</i>	<i>Cobertura do solo 1957</i>
	<i>Cobertura do solo 1966</i>
	<i>Cobertura do solo 1978</i>
	<i>Cobertura do solo 1992</i>
	<i>Cobertura do solo 1996</i>
<i>Modelo para prognose da mineração</i>	<i>Mineração 1957</i>
	<i>Mineração 1966</i>
	<i>Mineração 1978</i>
	<i>Mineração 1992</i>
	<i>Mineração 1996</i>
<i>Modelo para prognose da rede hidrográfica</i>	<i>Rede hidrográfica 1957</i>
	<i>Rede hidrográfica 1966</i>
	<i>Rede hidrográfica 1978</i>
	<i>Rede hidrográfica 1992</i>
	<i>Rede hidrográfica 1996</i>
<i>Modelo para prognose da rede viária</i>	<i>Rede viária 1957</i>
	<i>Rede viária 1966</i>
	<i>Rede viária 1978</i>
	<i>Rede viária 1992</i>
	<i>Rede viária 1996</i>

#### 4.2.8. MODELOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS A DECISÃO

Nos modelos cartográficos orientados a decisão, utilizaram-se critérios SIG de maior complexidade operativa, embora obtiveram-se resultados de maior consistência temática.

Visando atingir o objetivo de fornecimento de elementos destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária relacionada à produção florestal e mineira, obtiveram-se quatro produtos que correspondem a:

- a) Situação predominante das vias de comunicação no período 1957-1996;
- b) Situação predominante no uso do solo no período 1957-1996;
- c) Relação entre as vias de comunicação e as macrounidades de uso do solo;
- d) Determinação das áreas com produção agropecuária interpretada e acesso à rede viária a distância superior a 200m.

#### 4.2.8.1. Procedimento para obtenção dos modelos cartográficos orientados a decisão

Para obter os resultados da situação predominante nas vias de comunicação no período 1957-1996 desenvolveram-se duas etapas.

Na primeira etapa, obtiveram-se mediante uma utilidade do SIG, os diagramas de Voronoi ou polígonos de Thiessen. Estas estruturas geométricas definem regiões do plano que determinam a maior proximidade a uma feição de interesse. No caso particular, foram determinados os diagramas de Voronoi para estabelecer as proximidades à rede viária principal e secundária. Geraram-se cinco temas, correspondentes à situação em 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996.

Na segunda etapa, os cinco temas foram cruzados aplicando o operador lógico "e" (*and*). Qualificaram-se os resultados segundo a frequência das ocorrências verdadeiras, a partir do qual obteve-se um tema que representa a situação predominante das vias de comunicação no período 1957-1996.

Para estabelecer a situação predominante na cobertura do solo no período 1957-1996, utilizou-se o operador estatístico "média" (*mean*) entre os temas que representam a mesma nas datas analisadas, gerando o tema correspondente.

Para conhecer a relação entre as vias de comunicação e as macrounidades de cobertura do solo, foi cruzada a informação do tema situação predominante na cobertura no período 1957-1996 e a rede viária de 1996 o qual gerou o tema correspondente.

Para determinar as áreas com atividade agropecuária interpretada e acesso à rede viária a distância superior a 200m, operou-se em três etapas.

Na primeira, calculou-se a distância euclidiana às vias de comunicação de 1996 cada 100m, desde 0m até 500m. Utilizou-se a utilidade incorporada ao SIG que permite este cálculo. Na segunda, criou-se uma vista na qual foram inclusos os temas da distância euclidiana às vias de comunicação cada 100m e cobertura do solo 1996. Na terceira, efetuou-se uma consulta (*query*) mediante funções próprias do SIG, estabelecendo as áreas com cobertura do solo com atividades de reflorestamento ou com nativas e exóticas, localizadas a distância superior a 200m das estradas principais ou secundárias.

Na tabela 10 detalham-se as vistas e temas gerados para os modelos orientados a decisão.



Tabela 10: TEMAS NAS VISTAS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS A DECISÃO

VISTA	TEMA
<i>Situação predominante vias comunicação</i>	<i>Diagrama de Voronoi para a rede viária 1957</i>
	<i>Diagrama de Voronoi para a rede viária 1966</i>
	<i>Diagrama de Voronoi para a rede viária 1978</i>
	<i>Diagrama de Voronoi para a rede viária 1992</i>
	<i>Diagrama de Voronoi para a rede viária 1996</i>
	<i>Cruzamento mediante operador lógico "e"</i>
<i>Situação predominante no uso do solo</i>	<i>Cobertura do solo 1957</i>
	<i>Cobertura do solo 1966</i>
	<i>Cobertura do solo 1978</i>
	<i>Cobertura do solo 1992</i>
	<i>Cobertura do solo 1996</i>
	<i>Meia estatística 1957-1996 cobertura do solo</i>
<i>Relação vias comunicação-cobertura solo</i>	<i>Meia estatística 1957-1996 cobertura do solo</i>
	<i>Rede viária 1996</i>
<i>Produção agropecuária e acesso rede viária</i>	<i>Distância às vias de comunicação de 1996</i>
	<i>Cobertura do solo 1996</i>
	<i>Atividade agropecuária a distância &gt; 200m</i>

#### 4.2.9. ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS CARTOGRÁFICOS DERIVADOS

As possibilidades de geração de cartografia do SIG foram aproveitadas para obter representações em escala 1:25000 e 1:100000 impressas sobre folhas formato DIN A4.

Pelo fato de ter trabalhado com fotografias aéreas em escala 1:20000 e menores, não geraram-se produtos em escala maior que 1:25000, evitando a propagação de erros. As cartas desenharam-se no monitor, mediante a utilização das utilidades disponíveis no SIG. A escala de saída foi ajustada às vistas automaticamente mediante opções do programa.

#### 4.3. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Para concretizar os objetivos apresentados, utilizou-se o seguinte material cartográfico: carta topográfica SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma", escala 1:50.000, projeção UTM e planos da área em escala 1:10.000 elaborados por Aerocarta e JICA.

Material aerofotográfico: vôo preto e branco realizado em 1957, escala 1:25.000; vôo 1966, escala 1:60.000; vôo 1978, escala 1:25.000; e vôo infravermelho colorido realizado em 1978, escala 1:45.000, todos eles fornecidos pela Secretaria de

Estado do Desenvolvimento Econômico e Integração ao Mercosul; voo preto e branco realizado em 1992, escala 1:20.000; voo preto e branco realizado em 1996, escala 1:30.000; e voo preto e branco realizado em 1996, escala 1:5.000, fornecido pelo Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Material topográfico: navegador satelital GPS. Material informático: foi utilizado um computador com processador de 166Mhz, monitor colorido, leitor zip, scanner e impressora cor. Utilizou-se programas para o processamento numérico, de imagens, geográfico e de textos. O material adicional incluiu os transportes na área de estudo, cartas e mapas, trenas, estereoscópio, elementos para fotointerpretação e manuais de programas.

Pode-se resumir o método utilizado em três etapas e nove atividades:

#### ETAPA I: ENTRADA DE DADOS (INPUT)

- a) Revisão dos antecedentes;
- b) Delimitação da área de modelagem;

#### ETAPA II: PROCESSAMENTO DE DADOS

- c) Fotointerpretação das séries 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996 baseada na delimitação das unidades da área e trabalhos de campo;
- d) Integração da informação espacial ao SIG;
- e) Controle da qualidade métrica, temática, e funcional dos dados do SIG;

#### ETAPA III: SAÍDA DE DADOS (OUTPUT)

- f) Modelos cartográficos para simplificação da situação estudada;
- g) Técnicas e modelos cartográficos para prognose da tendência na ocupação das unidades naturais e antrópicas analisadas;
- h) Modelos cartográficos orientados a decisão para fornecer elementos destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária relacionada à produção florestal e mineira;
- i) Elaboração dos produtos cartográficos derivados.

## CAPITULO V

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1.RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 5.1.1. RESULTADOS DA REVISÃO DOS ANTECEDENTES

###### 5.1.1.1. Deformações da projeção em sistema UTM

As deformações projetivas são desprezáveis em relação aos erros obtidos no processamento das fotografias aéreas, pelo fato de não ter sido utilizadas ortofotos. No entanto, incluíram-se as análises de deformações projetivas para oferecer referencial numérico desta situação.

Em relação à análise de deformações, verifica-se na projeção UTM que para um fuso de 6° de amplitude, estes são: 0,99960 em todo o meridiano central da faixa; 1,00000 aos 1°37'14" ao Leste e Oeste do meridiano central, nos falsos paralelos de secância sobre o equador; e 1,00097 nos cantos da faixa, ou 3°00'00" ao Leste e Oeste do meridiano central sobre o equador.

No caso do fuso 22 que contém a área de estudo, o meridiano central com deformação 0,99960 será 51°W; deformação 1,00000 em 52°37'14"W e 49°22'46" no equador e 1,00097 em 54°00'00" e 48°00'00" no equador (Figura 27). Como a deformação linear está quantificada pelos módulos h e k, a partir da fórmula:

$$h = k = \frac{\cos \varphi_{OT}}{\cos \varphi_T}$$

Onde:

**h** é o módulo de alteração linear sobre os paralelos;

**k** é o módulo de alteração linear sobre os meridianos;

**cos  $\varphi_{OT}$**  é o cosseno da latitude transversa do falso paralelo de secância, medida a partir do meridiano central da faixa sobre o equador, padronizada em 1°37'14" para UTM;

$\cos \varphi_T$  é o cosseno da latitude transversa do ponto de interesse, medida a partir do meridiano central da faixa, reduzida ao equador;

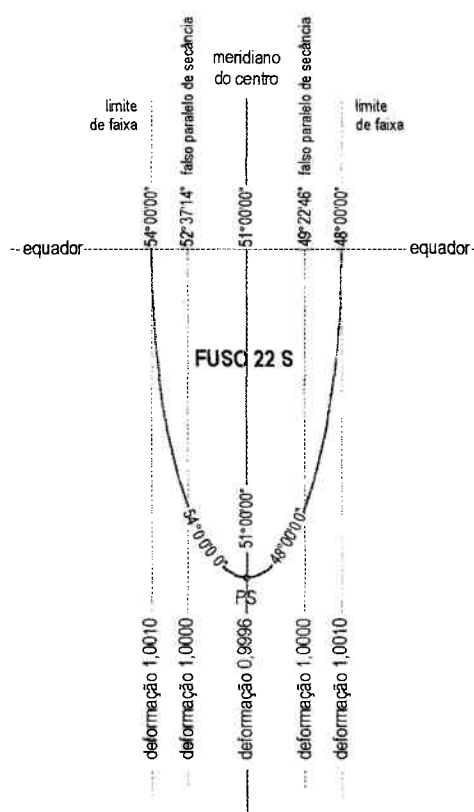


Figura 27: ESQUEMA DAS DEFORMAÇÕES DA PROJEÇÃO APLICADAS NO FUSO 22 S

Considerando que a área de modelagem tem coordenadas no seu ponto central de  $28^{\circ}35'03''S$ ;  $49^{\circ}23'59''W$ , o afastamento em longitude do mesmo será de  $1^{\circ}36'01''$  ao Leste do meridiano centro do fuso ( $51^{\circ}00'00''W$ ). Este ângulo reduzido ao equador representa  $\varphi_T = 1^{\circ}24'19''$  causado pela convergência dos meridianos.

Aplicando a fórmula para determinar a deformação linear na projeção UTM deste ponto corrigido em função da latitude e longitude será:

$$h = k = \cos\varphi_{0T} / \cos\varphi_T = \cos(1^{\circ}37'14'') / \cos(1^{\circ}24'19'') = 0,9999007475$$

Se a maior dimensão a considerar na área de estudo é 5000,000m, a sua representação estará afetada pelo módulo  $h = k = 0,9999007475$  correspondendo a:

$$5000,000m * 0,9999007475 = 4999,504m.$$

O erro absoluto (E), definido como a diferença entre a magnitude observada (O) e a verdadeira (V), será:

$$E = O - V = 4999,504\text{m} - 5000,000\text{m} = -0,496\text{m}$$

Por encontrar-se o centro da área a  $0^{\circ}1'13''$  (2250m aproximadamente) ao Oeste do falso paralelo de secância de  $49^{\circ}22'46''$ , as deformações lineares são representadas por pequenas reduções.

Considere-se o erro mínimo de representação cartográfica:

$$d = 0,2\text{mm} = 0,0002\text{m}$$

Definindo o módulo escalar (M) como a relação entre a distância no terreno, representada pelo valor absoluto do erro absoluto ( $|E|$ ), e a distância na carta (d), obter-se-á a relação:

$$M = |E| / d = |-0,496\text{m}| / 0,0002\text{m} = 2480 \Rightarrow \text{adota-se } \sim 1:2500$$

Para dimensões de até 5000,000m, será possível representar mediante cartografia resultados na área de estudo utilizando projeção UTM até escalas 1:2500, o qual constitui-se caso específico, pela localização privilegiada da área. Quando comparado com outros casos, onde a área encontra-se nos cantos da faixa (os  $3^{\circ}0'0''$  estão reduzidos a  $2^{\circ}38'4''$  para a latitude de trabalho), a maior escala a ser utilizada para representar distâncias menores que 5000m estará definida por:

$$h = k = \cos\varphi_{0T} / \cos\varphi_T = \cos(1^{\circ}37'14'') / \cos(2^{\circ}38'4'') = 1,0006576100$$

$$5000,000\text{m} * 1,0006576100 = 5003,288\text{m}$$

$$E = O - V = 5003,288\text{m} - 5000,000\text{m} = +3,288\text{m}$$

$$d = 0,2\text{mm} = 0,0002\text{m}$$

$$M = |E| / d = |+3,288\text{m}| / 0,0002\text{m} = 16441 \Rightarrow \text{adotar-se-ia } \sim 1:17.000$$

A maior escala utilizável, 1:17.000 pode ser inconveniente, por exemplo, nas representações de cartas cadastrais.

### 5.1.1.2. Deformações da projeção em sistema RTM

Os fatores de deformação no sistema RTM para um fuso de  $2^\circ$  de amplitude são: 0,99995 em todo o meridiano central da faixa; 1,00000 aos  $0^\circ32'25''$  ao Leste e Oeste do meridiano central, nos falsos paralelos de secância sobre o equador; e 1,00011 nos cantos da faixa, ou  $1^\circ00'00''$  ao Leste e Oeste do meridiano central sobre o equador.

No caso do fuso entre  $48^\circ\text{W}$  e  $50^\circ\text{W}$  que contém a área de estudo, o meridiano central com deformação 0,99995 será  $49^\circ\text{W}$ ; deformação 1,00000 em  $49^\circ32'25''\text{W}$  e  $48^\circ27'35''$  sobre o equador e 1,00011 em  $50^\circ00'00''$  e  $48^\circ00'00''$  sobre o equador.

Considerando as coordenadas da área de modelagem no seu ponto central de  $28^\circ35'03''\text{S}$ ;  $49^\circ23'59''\text{W}$ , as deformações da projeção em RTM calculadas indicam os valores  $h = k = 0,9999743057$ . Analogamente aos cálculos anteriores, a maior escala de representação para 5.000,000m seria  $\approx 1:650$ .

### 5.1.1.3. Deformações da projeção em sistema LTM

Os fatores de deformação no sistema LTM para um fuso de  $1^\circ$  de amplitude são: 0,99999 em todo o meridiano central da faixa; 1,00000 aos  $0^\circ16'12''$  ao Leste e Oeste do meridiano central, nos falsos paralelos de secância sobre o equador; e 1,00003 nos cantos da faixa, ou  $0^\circ30'00''$  ao Leste e Oeste do meridiano central sobre o equador.

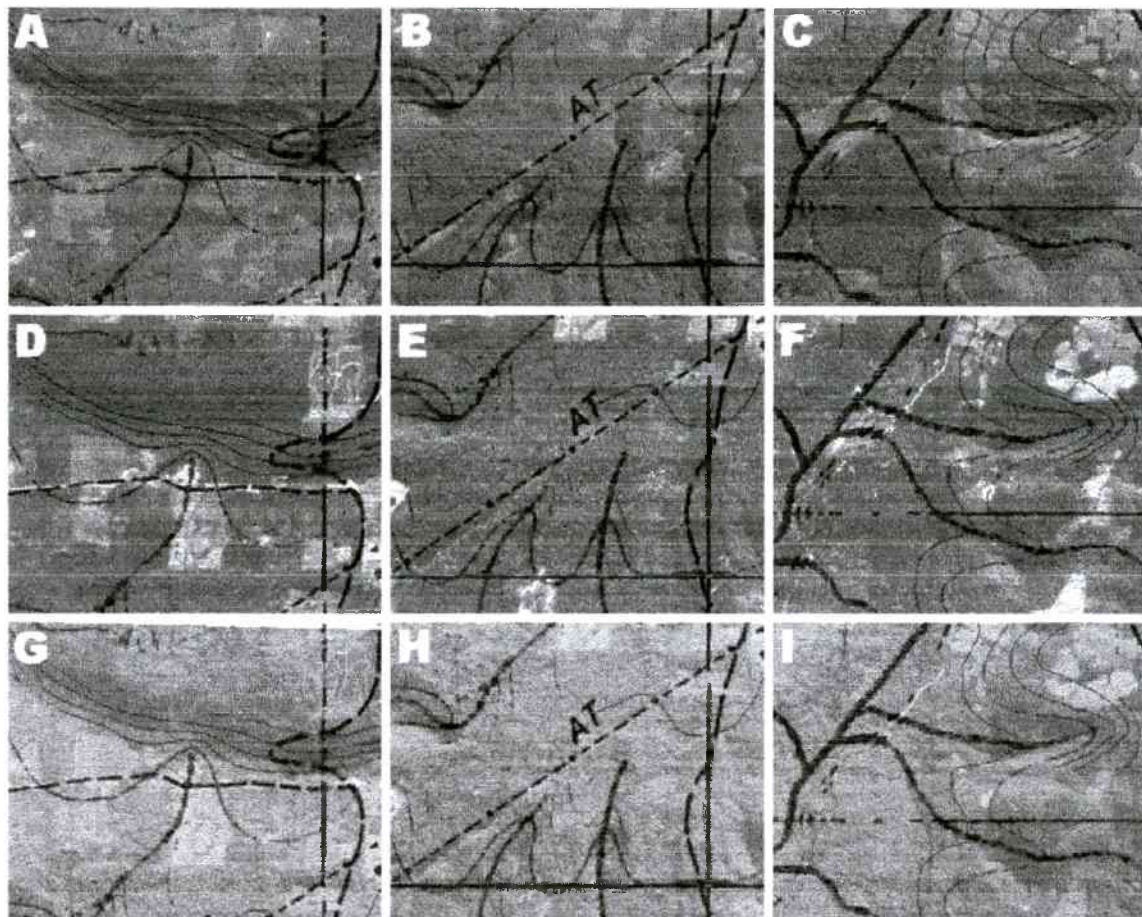
No caso do fuso entre  $49^\circ\text{W}$  e  $50^\circ\text{W}$  que contém a área de estudo, o meridiano central com deformação 0,99999 será  $49^\circ30'\text{W}$ ; deformação 1,00000 em  $49^\circ46'12''\text{W}$  e  $49^\circ13'48''$  sobre o equador e 1,00003 em  $50^\circ00'00''$  e  $49^\circ00'00''$  sobre o equador.

Considerando as coordenadas da área de modelagem no seu ponto central de  $28^\circ35'03''\text{S}$ ;  $49^\circ23'59''\text{W}$ , as deformações da projeção em LTM calculadas indicam os valores  $h = k = 0,9999900700$ . Analogamente aos cálculos anteriores, a maior escala de representação para 5.000,000m seria  $\approx 1:250$ .

Sendo que as escalas de representação a utilizar nos produtos finais deste trabalho estão entre 1:25.000 e 1:100.000, escalas menores que 1:2500 de UTM, 1:650 de RTM ou 1:250 de LTM, não será necessário utilizar projeções alternativas. Desta forma, justifica-se e adotado-se o sistema da faixa UTM 22 ( $48^\circ\text{W}$ - $54^\circ\text{W}$ ) para referir coordenadas dos pontos da área de estudo.

#### 5.1.1.4. Qualidade temática da carta do IBGE

Os resultados desta análise indicam que a carta apresentou setores de coincidência temática total com as fotografias aéreas de 1957 (Figuras 28A, 28B, 28C), de 1978 voo branco e preto (Figuras 28D, 28E, 28F) e 1978 voo infravermelho (Figuras 28G, 28H, 28I).



**Figura 28: CONTROLE DE QUALIDADE TEMÁTICA. ÁREAS COM COINCIDÊNCIA**

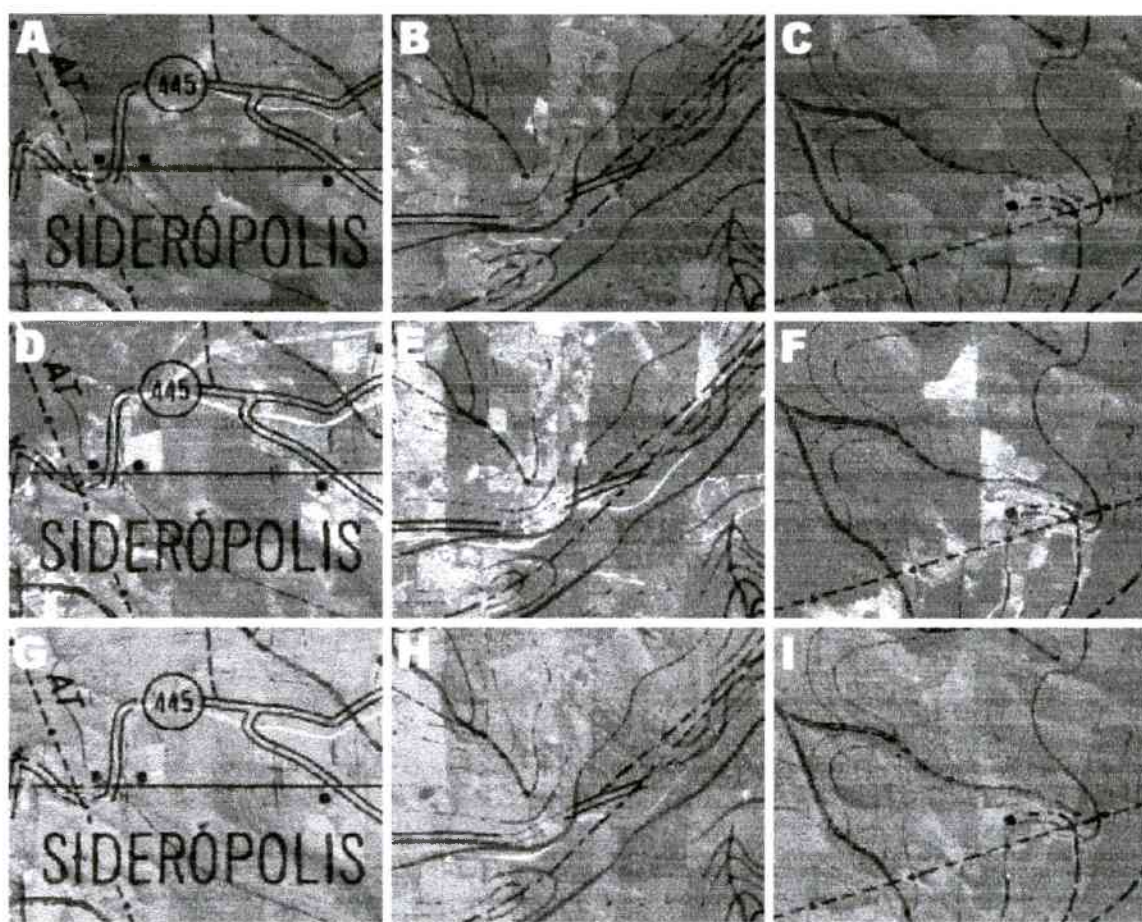
Fontes: BRASIL -IBGE-. Folha “Criciúma”, 1976 e SEDEIM, 1999

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

Outros setores contêm erros temáticos, especialmente de traços das estradas, motivados, segundo indica-se nas folhas topográficas, pelo tipo de técnicas topográficas aplicadas no levantamento. No voo de 1957 (Figura 29A e 29B), 1978 branco e preto (Figura 29D e 29E), e 1978 infravermelho (Figura 29G e 29H) pode ser apreciada esta situação. Setores com omissão de detalhes relevantes são também perceptíveis (Figuras 29C, 29F, 29I), onde, por exemplo, um tributário importante existente na data dos levantamentos da carta, não foi registrado na carta 1:50.000 do IBGE. Resultados similares foram obtidos com as fotografias aéreas dos vãos realizados em 1992 e 1996.

Por apresentar a carta coincidências e erros com fotos de vôos diferentes, projetadas e georreferenciadas com os mesmos referenciais planimétricos, pode se indicar que não trata-se de faltas nos processos computacionais de referência espacial que produzam deslocamentos sistemáticos.

Observaram-se diferentes designações toponímicas para a localidade de Rio Fiorita e o rio homônimo, entre as quais a mais comum foi Rio Fluorita. Portanto, devido às incertezas da folha SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma", a mesma foi utilizada neste trabalho como fonte de dados toponímicos com reservas.



**Figura 29: CONTROLE DE QUALIDADE TEMÁTICA. ÁREAS SEM COINCIDÊNCIA**

Fontes: BRASIL -IBGE-. Folha "Criciúma", 1976 e SEDEIM, 1999

Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

#### 5.1.1.5. Qualidade métrica do levantamento Aerocarta - JICA

Pela falta de disponibilidade de equipamento topográfico adequado, não realizou-se o controle métrico do produto. Poder-se-ia admitir confiabilidade a partir do fato que o produto foi realizado por empresas dedicadas à especialidade utilizando técnicas modernas. O procedimento correto para definir as propriedades do trabalho a realizar baseado em outro produto cartográfico requerem sempre do controle métrico próprio.

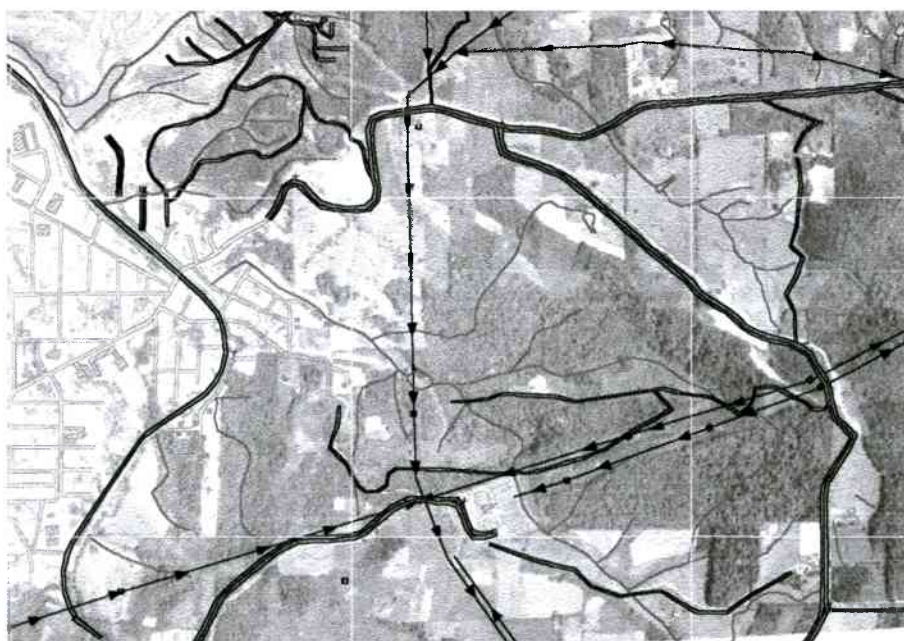


O arquivo disponível em meio digital está georreferenciado com coordenadas UTM. Deve-se indicar o uso incompleto no arquivo das coordenadas Leste de UTM, as quais apresentam formato incompleto segundo a convenção internacional, suprimindo a indicação do fuso (22 neste caso), apresentando-as somente a partir das centenas de mil (Exemplo: E=657.812m e não com a notação internacional correta E=22.657.812m). Este problema, muito observado na cartografia e nos cartógrafos brasileiros, isola ao usuário do contexto geral de referência da projeção UTM, sendo necessário utilizar a coordenada no seu formato completo. Este fato não inabilitou o produto para seu aproveitamento.

Pela falta de cartografia básica da área, e pelos elevados custos que representa a realização de novos levantamentos, o qual está excluído dos objetivos deste trabalho, foi adotado o levantamento Aerocarta - JICA como referencial planimétrico.

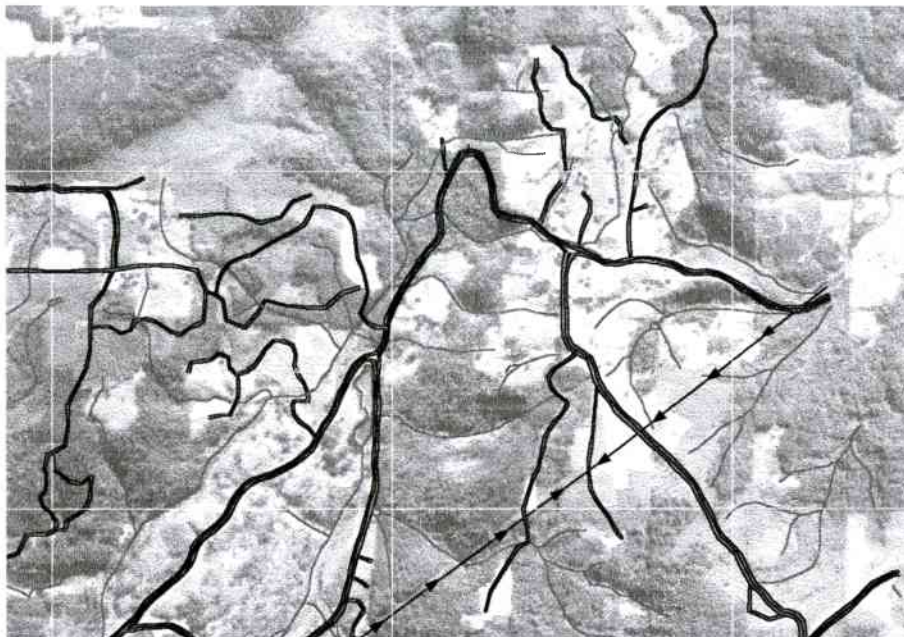
#### 5.1.1.6. Qualidade temática do levantamento Aerocarta - JICA

Os resultados obtidos na comparação temática de feições básicas foram aceitáveis, não possuindo outros critérios de avaliação, além dos fornecidos pelo ajustamento visual, que permitiram um estudo mais detalhado. Nas fotografias aéreas do vôo 1992 (Figura 30) e 1996 (Figura 31) observam-se setores do plano analisado com as respectivas superposições.



**Figura 30: CONTROLE DE QUALIDADE TEMÁTICA PLANO AEROCARTA - JICA**

Fontes: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999 - SEDEIM, 1999  
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 31: CONTROLE DE QUALIDADE TEMÁTICA PLANO AEROCARTA - JICA**

Fontes: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999 - SEDEIM, 1999  
Adaptação: Sánchez Dalotto, 1999.

#### 5.1.1.7. Qualidade e disponibilidade das fotografias aéreas

Em relação às mesmas, foram efetuadas observações analíticas que resumem-se nos seguintes resultados:

- a) Percebe-se situação favorável para realização de estudos multitemporais na área, devido à disponibilidade de seis vôos (1957, 1966, 1978, 1978 infravermelho, 1992 e 1996);
- b) Disponibilidade adequada de cobertura com pares fotográficos, para realizar fotointerpretação por estereoscopia na área;
- c) Disponibilidade do vôo 1978 infravermelho colorido, o qual fornece outra janela espectral com dados particularmente expressivos para análise de fenômenos dinâmicos e relacionados à vegetação, tais como diferentes estágios no desmatamento, fato não observado nas fotografias aéreas pancromáticas preto e branco;
- d) Notou-se alta definição e contraste fotográfico no material utilizado, especialmente nas fotografias do vôo 1957, fato contraditório quando se considera a evolução técnica entre a data do primeiro e último vôo;

Contrariamente a estes pontos positivos, a falta de registros marginais nas fotografias aéreas (nível esférico, altímetro, relógio e distância focal principalmente) por causas desconhecidas, limitaram a análise métrica para cálculo, entre outros, da escala

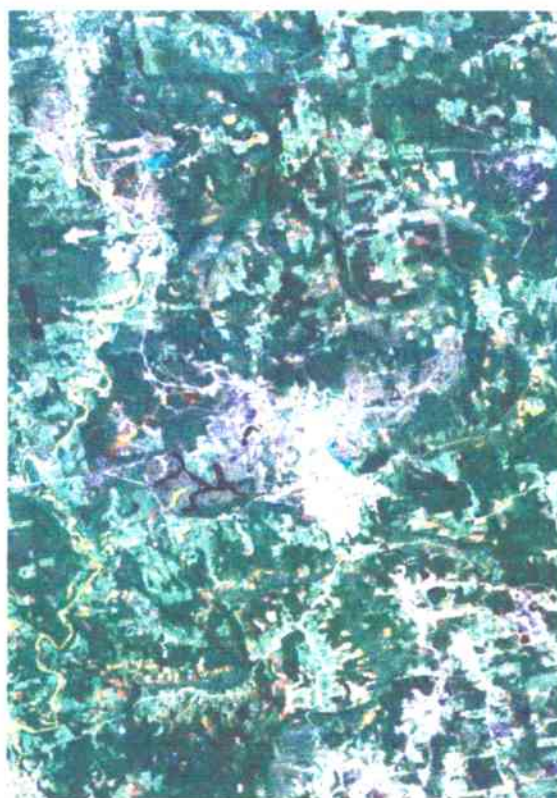
média a partir da relação distância focal dividida pela altura de vôo. Esta deficiência é comum nos vôos brasileiros, prejudicando a análise.

Ressalta-se a importância que teve em 1978 o vôo infravermelho colorido embora a dificuldade que apresenta o manuseio dos produtos fotográficos desta natureza. Foram detectados problemas de exposição, uso de filtros ou lentes nas fotografias aéreas utilizadas, com setores mais escuros na periferia das fotos; contudo, este fato não afetou a análise estereoscópica.

## 5.1.2. RESULTADOS DOS PROCESSOS DE FOTOINTERPRETAÇÃO

### 5.1.2.1. Reconhecimento das unidades da área por imagens de satélite

Nos resultados do processamento de imagens para reconhecimento das unidades da área, observam-se os seguintes resultados: na imagem cor real (Figura 32), ressalta no centro da mesma a mancha urbana de Siderópolis-Rio Fiorita, articulada com Criciúma ao sul e Treviso ao Norte. Evidencia-se em tons de verde claro e padrões retilíneos, próprios das atividades antrópicas, o desmatamento da floresta nativa.

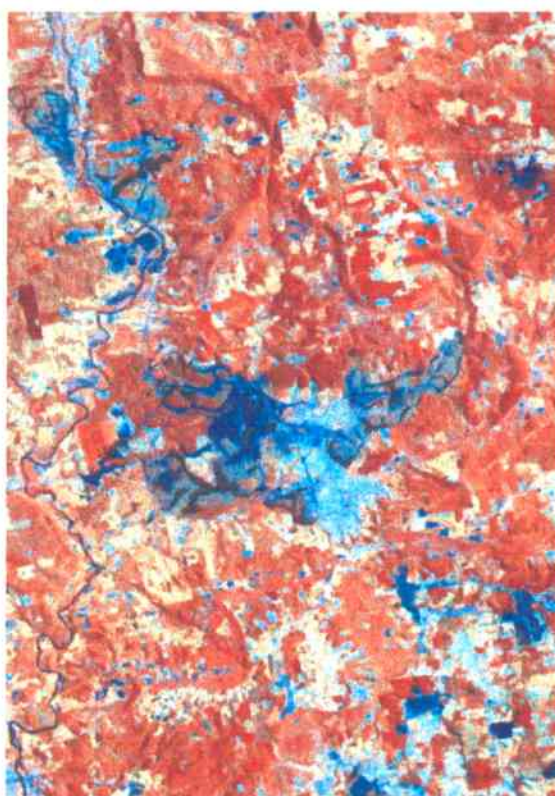


**Figura 32: IMAGEM COR B=TM1 G=TM2 R=TM3. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

Na Figura 33, imagem na qual o canal azul representa a banda TM7, o verde a TM5 e o vermelho a TM4 foram evidenciadas duas áreas escuras, correspondentes à mineração, localizadas ao Leste e Oeste de Siderópolis-Rio Fiorita. Em relação à cobertura do solo podem notar-se em tonalidades amarelas as áreas de desmatamento, evidenciando o padrão antes citado. Os setores vermelho escuro indicam vegetação densa, localizada com preferência nos topos dos morros.

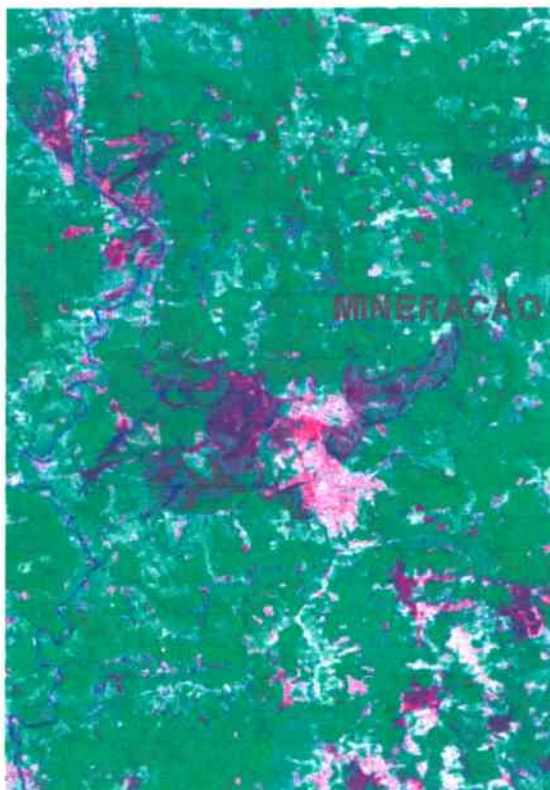
Em relação à dinâmica da área, a observação da imagem apoia a determinação de três unidades: a urbanizada, a minerada e a reflorestada.



**Figura 33: IMAGEM FALSA COR B=TM4 G=TM5 R=TM7. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

Na Figura 34, imagem na qual o canal azul representa a banda TM3, o verde a TM4 e o vermelho a TM5 ficam claramente evidenciadas as áreas de mineração ao Leste e ao Oeste de Rio Fiorita, a primeira em forma de cunha, com tonalidades escuras em relação ao restante da imagem.

A área urbanizada aparece em magenta entre as duas áreas mineradas, entanto o restante da imagem indica diferentes estágios e tipos de cobertura vegetal.



**Figura 34: IMAGEM FALSA COR B=TM3 G=TM4 R=TM5. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
 Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
 Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

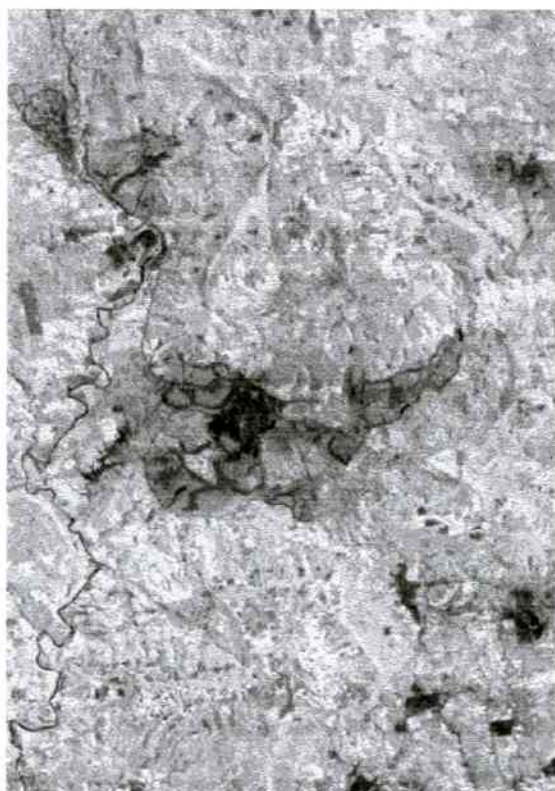
Em relação à análise por componentes principais, verificou-se o fato da dimensionalidade intrínseca 3 antes citado, apresentando os três primeiros componentes principais 93% da informação espectral (Figuras 35, 36, 37). No entanto, os componentes principais 4 e 5 resultaram muito homogêneos na maior parte da imagem, mas apresentando com alto contraste o curso do rio Fiorita, fato pelo qual estes produtos foram utilizados para melhorar a identificação desta feição.

Utilizando as imagens geradas por componentes principais obtiveram-se produtos falsa cor. Na primeira imagem (Figura 38) na qual o canal azul representa o componente principal 3, o verde o componente principal 2 e o vermelho o componente principal 1, foram evidenciadas as duas áreas de mineração e a mancha urbana Siderópolis-Rio Fiorita. Na segunda imagem (Figura 39) na qual o canal azul representa o componente principal 4, o verde o componente principal 3 e o vermelho o componente principal 2 e na terceira (Figura 40), na qual o canal azul representa o componente principal 5, o verde o componente principal 4 e o vermelho o componente principal 3, visualizou-se a perda de conteúdo temático pela dimensionalidade intrínseca citada, embora serviu para ressaltar a hidrografia.



**Figura 35: COMPONENTE PRINCIPAL 1. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 36: COMPONENTE PRINCIPAL 2. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



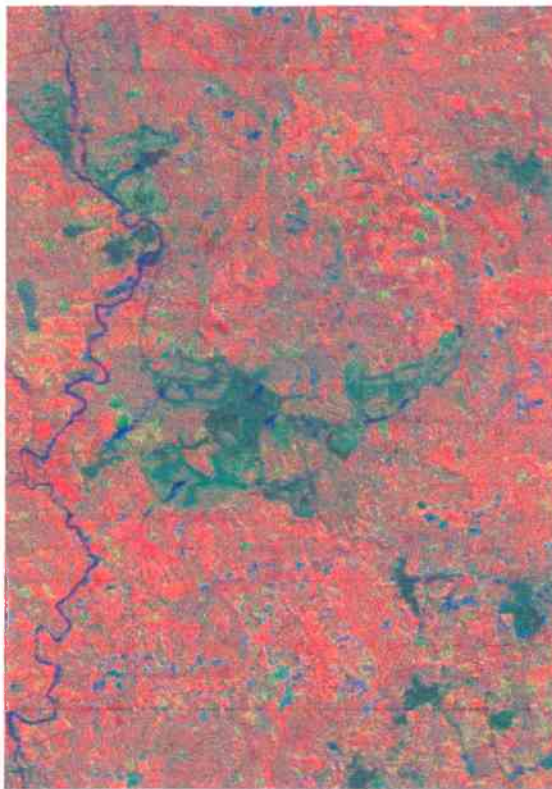
**Figura 37: COMPONENTE PRINCIPAL 3. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

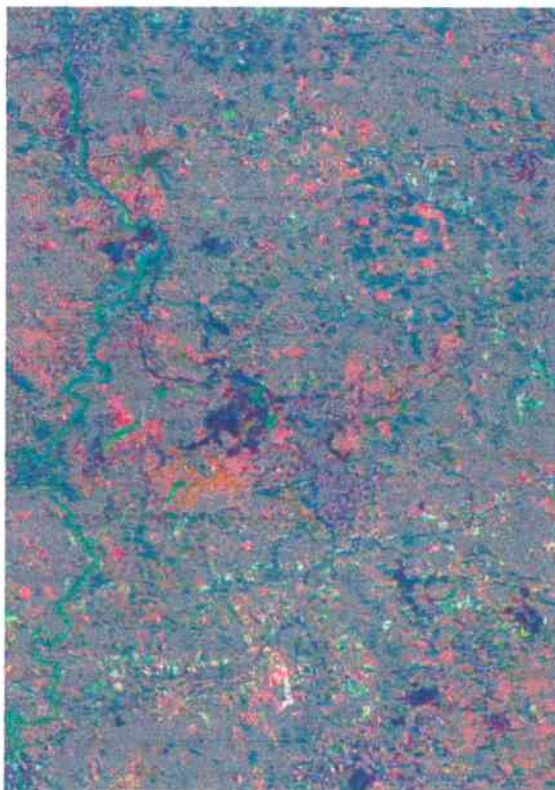


**Figura 38: IMAGEM FALSA COR COM OS COMPONENTES PRINCIPAIS 1,2 E 3. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 39: IMAGEM FALSA COR COM OS COMPONENTES PRINCIPAIS 2, 3 E 4. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



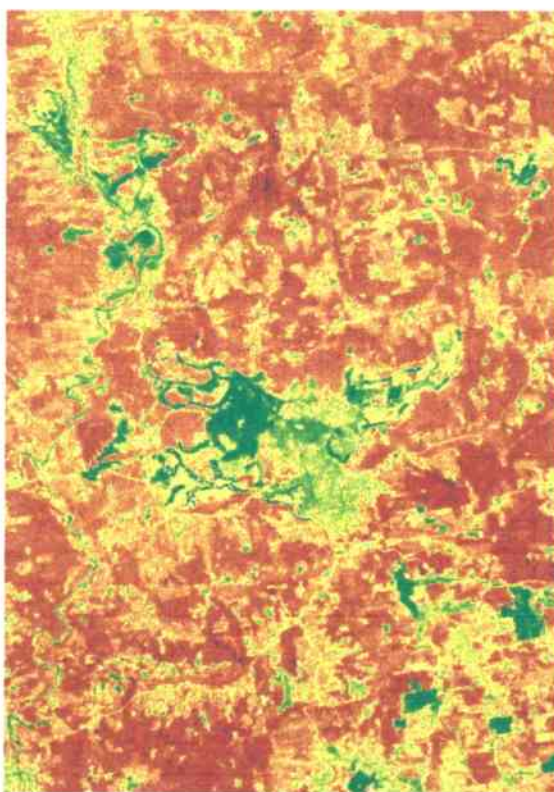
**Figura 40: IMAGEM FALSA COR COM OS COMPONENTES PRINCIPAIS 3, 4 E 5. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



O Índice de Vegetação Normalizado (NVI), indicador sensível da presença e condição da vegetação verde, permitiu identificar áreas com falta de vegetação (tonalidades amarelas) nas áreas com lavras a céu aberto (Figura 41).

Nos outros produtos obtidos, utilizou-se a imagem NVI no canal vermelho, com as imagens de componente principal 1 no canal verde e TM4 no canal azul (Figura 42), e a imagem NVI no canal verde, com as imagens TM5 no canal vermelho e TM5 no canal azul (Figura 43), com a finalidade de evidenciar as unidades da paisagem.

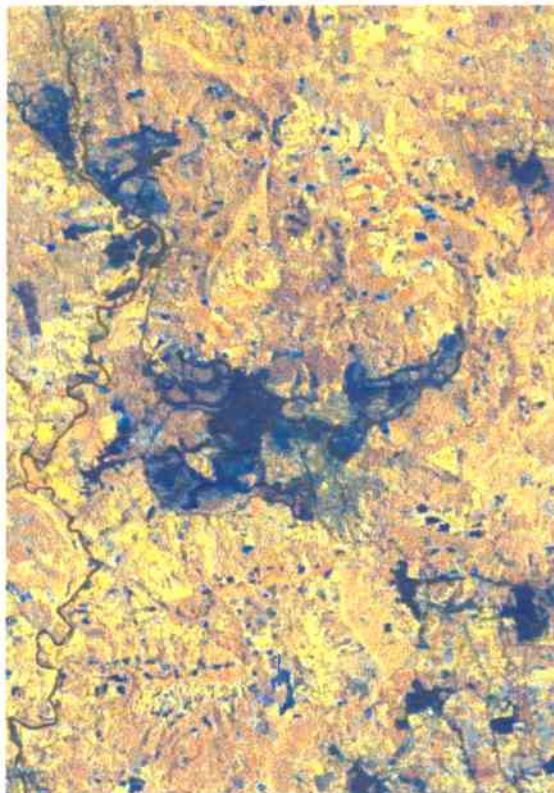
Analogamente aos casos anteriores, detectaram-se as duas áreas de mineração principais ao Leste e ao Oeste da mancha urbana de Siderópolis-Rio Fiorita, enquanto o resto da área está coberta por vegetação em diversidade de condições e densidades.



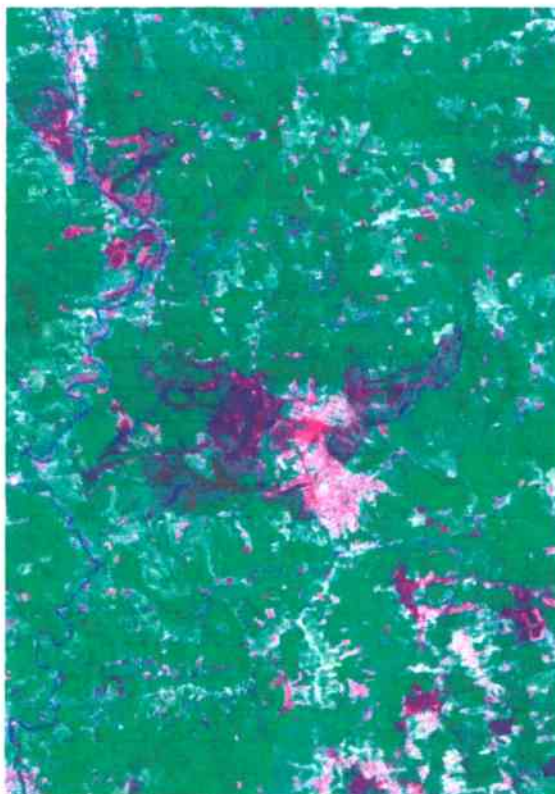
**Figura 41: IMAGEM FALSA (1) COR UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999

Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 42: IMAGEM FALSA COR (2) UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



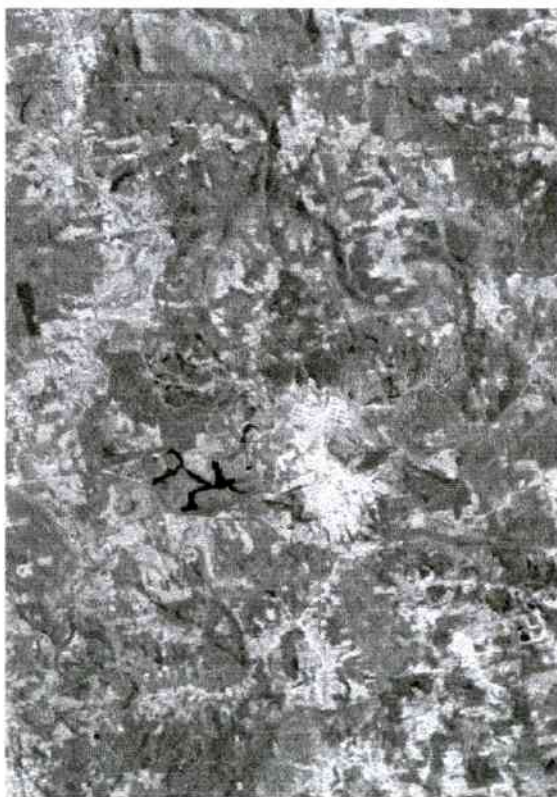
**Figura 43: IMAGEM FALSA COR (3) UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO. ESCALA  $\approx$  1:150.000**  
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

As imagens obtidas mediante o cômputo do indicador *tasseled cap* foram as imagens geralmente associadas a “brilho”, “umidade” e “verdor”.

No brilho, correspondendo geralmente à variação da refletância dos solos, visualizaram-se duas áreas características, definidas pelas manchas urbanas e pelas áreas rurais (Figura 44).

Na imagem de umidade, que relaciona cultivos e umidade dos solos, destacam-se em tonalidades claras o rio Mãe Luzia à esquerda da imagem, e lagos artificiais produzidos pela mineração (Figura 45).

Na imagem de verdor, a qual representa o contraste entre as bandas infravermelhas e visíveis, relacionada com a quantidade de vegetação verde presente na imagem, identificaram-se zonas com carência de vegetação, concordantes com as áreas de mineração (Figura 46).



**Figura 44: BRILHO DOS SOLOS. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 45: UMIDADE DOS SOLOS. ESCALA  $\approx 1:150.000$**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.



**Figura 46: VERDOR DOS SOLOS. ESCALA  $\approx 1:150.000$**

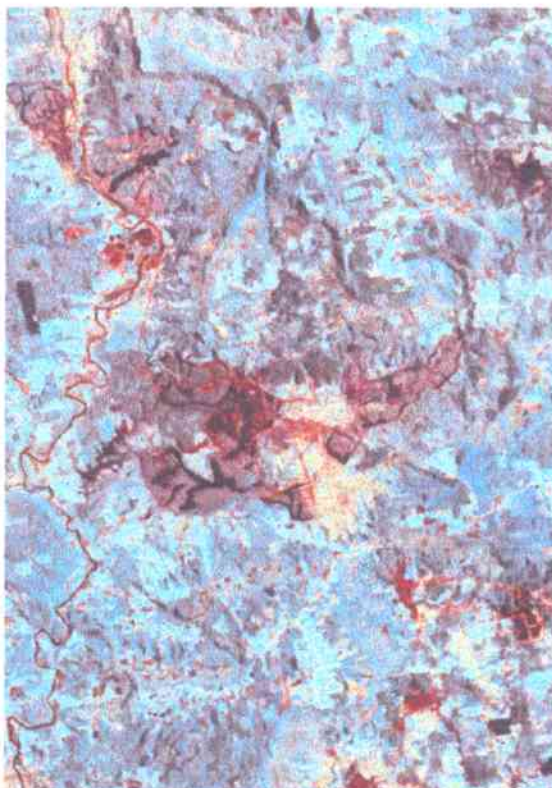
Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

Para reforçar a convergência dos resultados em áreas de homogeneidade espectral, geraram-se imagens falsa cor com os resultados da técnica multiespectral.

Em particular, interessam os resultados obtidos no processamento em duas imagens: na primeira, o canal ciano representa a umidade, o canal amarelo a banda TM4, o canal magenta o verdor e o canal preto a banda TM5 (Figura 47).

Na segunda, o canal azul representa a banda TM3, banda TM4 e o produto da banda TM3 por a banda TM4, o verde o componente principal 3, o componente principal 2 e a banda TM4 e o vermelho o componente principal 1, componente principal 2 e componente principal 3 (Figura 48).

Na primeira imagem, foram evidenciadas as unidades da área de estudo. Esta combinação de bandas evidenciou também o conteúdo de óxidos e sulfatos nas margens dos rios afetados pela mineração, fato comprovado e contrastado nas diversas viagens de campo.



**Figura 47: EVIDÊNCIA DE ÓXIDOS E SULFATOS NAS MARGENS DOS RIOS AFETADOS PELA MINERAÇÃO. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

Da segunda imagem, apresentada como corolário da determinação das unidades da área, por convergência de critérios realizou-se a identificação de três unidades correspondentes a urbanização, exploração do carvão e floresta. Cálculos estimados

permitiram estabelecer em 800ha a superfície destinada a mineração no pólo carbonífero Siderópolis – Rio Fiorita. Estas imagens serviram de base temática para a compreensão dos fenômenos locais e apoio à interpretação das séries históricas de fotografias aéreas.

Pela disponibilidade de uma imagem em data única, os resultados não podem ser utilizados na análise temporal de evolução dos componentes ambientais estudados. Em este sentido, aproveitou-se a alta resolução espectral da imagem (6 bandas), para caracterizar tematicamente o setor mediante os processamentos detalhados.



**Figura 48: UNIDADES DA ÁREA DEFINIDAS. ESCALA  $\approx$  1:150.000**

Fonte da imagem: Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFSC), 1999  
Processamento: Sánchez Dalotto, 1999.

### 5.1.2.2. Trabalhos de campo

Dos trabalhos de campo na área de estudo foi possível obter resultados em escala grande, voltados principalmente ao apoio da fotointerpretação.

Em relação à cobertura do solo, verificou-se a presença na floresta de alguns gêneros arbóreos nativos tais como *Bastardopsis* sp. (Malvaceae, N.V. bracatinga), *Schi-*

zobium sp. (Leguminosæ, N.V. guapuruvú), Copaifera sp. (Leguminosæ) e Euterpe sp. (Palmeræ, N.V. palmito).

Estas nativas estão em coexistência com gêneros exóticos presentes na área, tais como Eucaliptus sp. (Mirtáceæ, N.V. Eucalipto), Grevilea sp. (Proteáceæ), Melia sp. (Meliáceæ, N.V. cinamomo) e Pinus sp. (Coníferæ). Principalmente Eucaliptus viminalis, Eucaliptus saligna e Pinus são árvores cuja exploração têm valor econômico.

Os reflorestamentos formados por indivíduos da mesma espécie, homogêneos em vigor, altura e diâmetro são escassos. Detectou-se também a presença praticamente exclusiva de Eucaliptus sp. como gênero pioneiro sobre o material desagregado e montículos de rejeitos e estéril formando um ambiente pedológico de alta acidez.

Em relação às atividades de mineração, constatou-se em campo a magnitude da remoção atual e passada da cobertura superficial utilizando diferentes técnicas, por exemplo "drag-in-line".

A deposição de rejeitos e estéril da mineração constituindo a "paisagem lunar" pela conformação dos montículos resultantes de até 25m de altura, embora minimizada, está presente na área como reflexo de atividades a céu aberto mais intensas em anos anteriores.

Foi reconhecida a geologia predominante na área de estudo, a partir da observação de perfis naturais e artificiais, identificando especialmente as camadas de carvão e os arenitos. Reconhecimentos de campo permitiram obter dados da situação das águas na rede hidrográfica.

Foram realizadas medições do potencial Hidrogênio (pH), indicador dos ambientes ácidos, neutros ou básicos, utilizando fitas colorimétricas. Os valores oscilaram entre pH=2,0 nas áreas de maior degradação hidrográfica, até pH=4,5 e pH=5,0 nos lagos com processos de recuperação.

A observação das vias de comunicação in situ foi orientada ao reconhecimento do material natural do chão ou artificialmente utilizado na sua construção, para apoio das atividades de fotointerpretação.

### 5.1.2.3. Fotointerpretação

A chave desenhada para interpretação com quatro temas e feições particulares em cada um deles, embora simples, foi adequada. Esta permitiu atingir os resultados esperados.

A fotointerpretação sobre as fotografias aéreas dos vôos preto e branco efetuados em 1957 escala 1:25.000, 1978 escala 1:25.000, 1992 escala 1:20.000 e 1996 escala 1:30.000 foi realizada sem restrições em relação à identificação das feições.

A fotointerpretação sobre as fotografias aéreas do vôo 1966 escala 1:60.000, embora sendo escala pequena, não apresentou restrições na determinação das feições estabelecidas na chave de interpretação pela generalidade dos padrões considerados.

Trabalhos que precisarem maior detalhe tornariam inviável o uso de estas fotografias aéreas. A fotointerpretação sobre as fotografias aéreas do vôo infravermelho colorido efetuado em 1978 escala 1:45.000 serviu de informação discriminante nos aspectos botânicos a partir da facilidade de reconhecimento dos padrões vegetais neste tipo de produto.

O vôo preto e branco efetuado em 1996 escala 1:5.000 serviu de apoio à fotointerpretação de 1992 e 1996 pelo fato do grande detalhe observado particularmente na área minerada.

Mediante estereogramas, representações no plano mediante setores de fotografias aéreas adequadamente dispostas que permite a observação tridimensional do terreno, apresentam-se nas páginas posteriores, os resultados correspondentes a cada unidade homogênea ou padrão fotointerpretado, com fotografias tiradas em campo para complemento do seu conhecimento.



O Estereograma 1 corresponde à cobertura do solo composta de espécies arbóreas nativas misturadas com exóticas. As escalas utilizadas não permitiram a distinção de indivíduos por espécie. Corresponde a fotografias aéreas do ano 1978. A Figura 49 apresenta este padrão de textura heterogênea, reconhecido visualmente durante os trabalhos de campo.

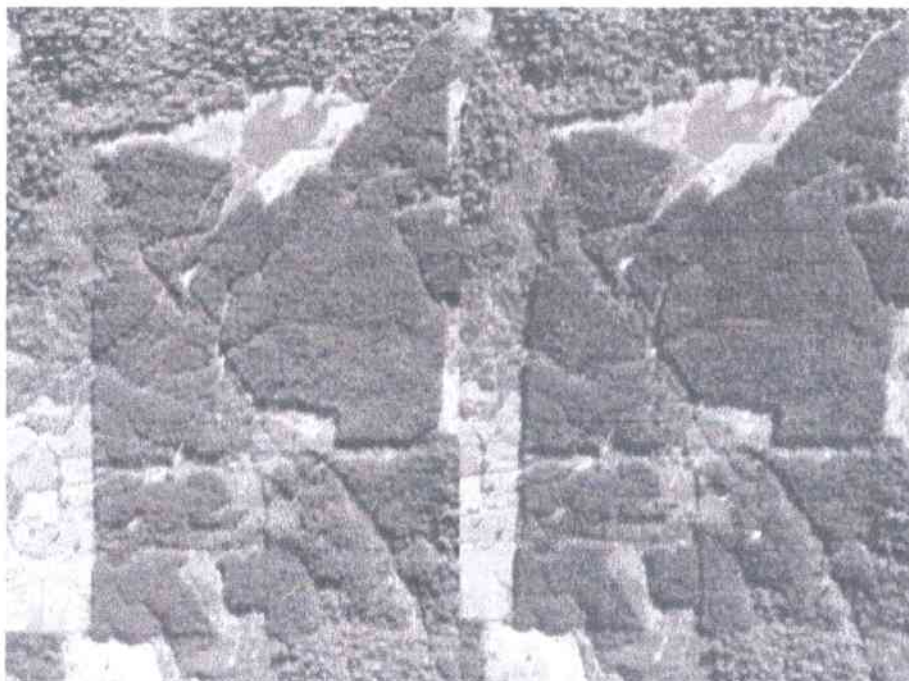


**Estereograma 1: ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS MISTURADAS COM EXÓTICAS. ESCALA  $\approx$  1:13.000**  
Fonte: SEDEIM, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 49: ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS MISTURADAS COM EXÓTICAS**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

No Estereograma 2 apresenta-se um reflorestamento homogêneo composto por Eucaliptos. Este padrão corresponde a fotografias aéreas do ano 1957, sendo que a Figura 50 apresenta o padrão reconhecido. Note-se o setor de sombras produzido nos limites da unidade, identificável tanto nas vistas aéreas quanto na fotografia de campo.



**Estereograma 2: REFLORESTAMENTO HOMOGÊNEO. ESCALA  $\approx$  1:12.000**  
Fonte: SEDEIM, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 50: REFLORESTAMENTO HOMOGÊNEO**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

O Estereograma 3, realizado com fotografias aéreas do ano 1996, corresponde à cobertura do solo composta de espécies arbóreas pioneiras, principalmente Eucaliptos, localizadas sobre rejeitos e estéril da mineração conhecidos como "paisagem lunar". A Figura 51 apresenta este padrão reconhecido visualmente durante os trabalhos de campo. Note-se que as pioneiras não apresentam preferência por um setor determinado da encosta dos montículos. Medições orientadoras de pH no rio que aparece em laranja na borda inferior direita da figura mostraram valores entre 2,0 e 2,5.



**Estereograma 3: PIONEIRAS SOBRE REJEITOS E ESTÉRIL. ESCALA  $\approx$  1:3.000**

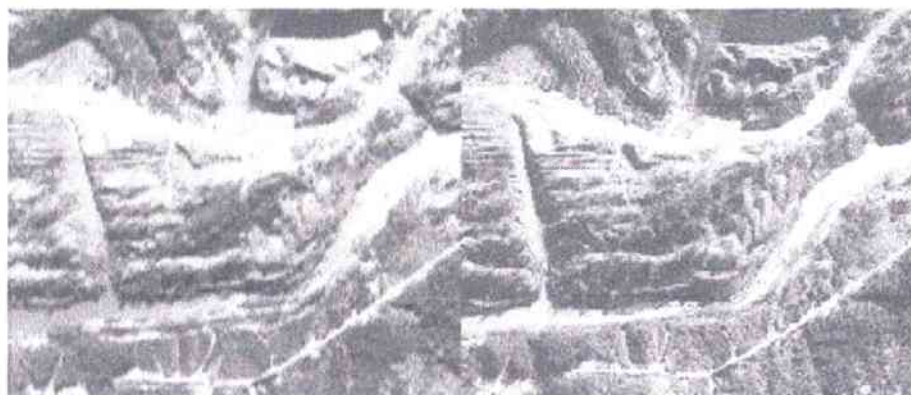
Fonte: LFSRG, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 51: PIONEIRAS SOBRE REJEITOS E ESTÉRIL**

Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

No Estereograma 4 apresenta-se o padrão de lavras a céu aberto, onde a cobertura superficial foi removida, correspondendo a fotografias aéreas do ano 1996. A Figura 52 apresenta o padrão reconhecido visualmente durante os trabalhos de campo.

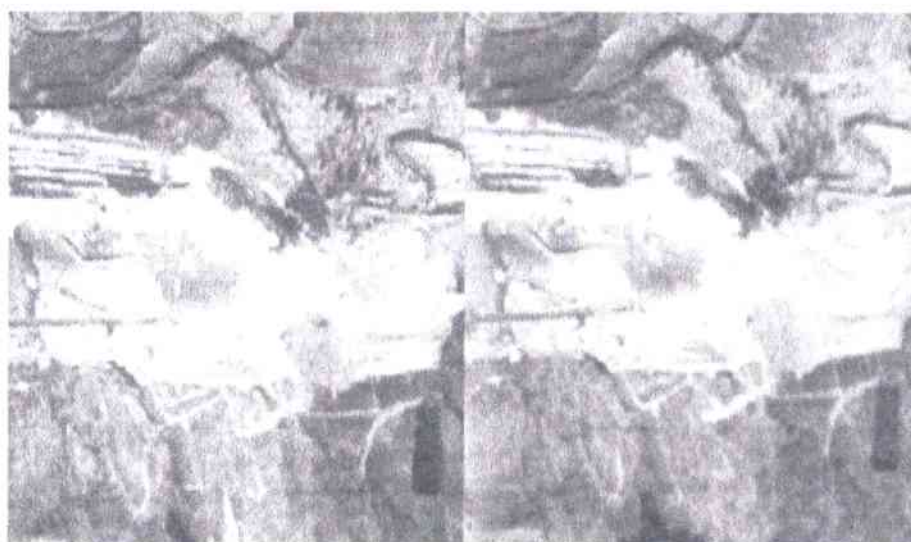


**Estereograma 4: COBERTURA SUPERFICIAL REMOVIDA. ESCALA  $\approx$  1:10.000**  
Fonte: LFSRG, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 52: COBERTURA SUPERFICIAL REMOVIDA**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

O Estereograma 5 corresponde à cobertura do terreno preparada para futuras atividades de mineração e corresponde a fotografias aéreas do ano 1957.



**Estereograma 5: COBERTURA SUPERFICIAL PREPARADA. ESCALA  $\approx$  1:10.000**  
Fonte: SEDEIM, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.

O Estereograma 6 apresenta um lago artificial consequência das minerações a céu aberto. A origem das águas das mesmas é principalmente pluvial; corresponde a fotografias aéreas do ano 1992. A Figura 53 mostra o padrão reconhecido visualmente durante os trabalhos de campo. Note-se a cor vermelha-laranja das águas confinadas no recinto minerado.



**Estereograma 6: LAGO ARTIFICIAL PRODUTO DA MINERAÇÃO. ESCALA  $\approx$  1:12.000**  
Fonte: LFSRG, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 53: LAGO ARTIFICIAL PRODUZIDO PELA MINERAÇÃO**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

O Estereograma 7 apresenta o curso principal do rio Fiorita em condições normais sem alteração pela mineração. Observa-se também, o padrão correspondente aos cursos secundários ou tributários da rede hidrográfica na área de estudo, o qual corresponde a fotografias aéreas do ano 1992. A Figura 54 mostra o padrão reconhecido visualmente nos trabalhos de campo. A vazão foi de  $0.3\text{m}^3/\text{s}$  aproximadamente, medida empiricamente com flutuadores por método espaço-tempo.

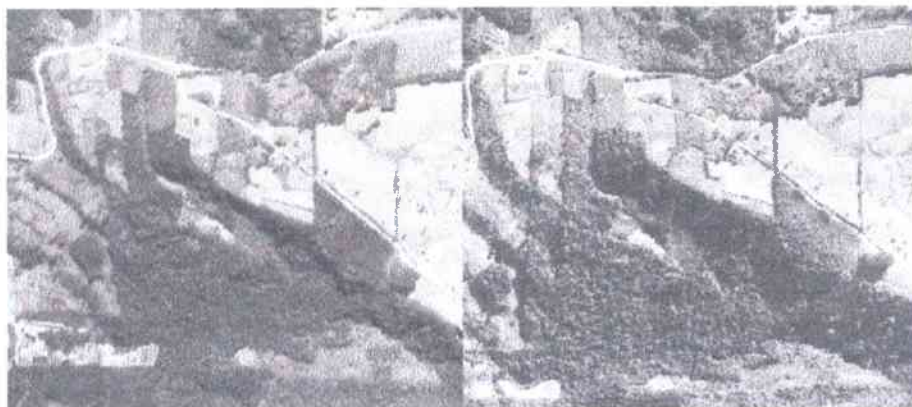


**Estereograma 7: CURSOS DA REDE HIDROGRÁFICA. ESCALA  $\approx$  1:11.000**  
Fonte: LFSRG, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 54: CURSOS DA REDE HIDROGRÁFICA**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

No Estereograma 8 pode visualizar-se o padrão correspondente às vias de comunicação principais da área, correspondendo a fotografias aéreas do ano 1992. A Figura 55 apresenta o padrão reconhecido visualmente nos trabalhos de campo. A refletância característica das estradas principais muitas vezes cobertas com os rejeitos piritosos da mineração foi fator determinante na interpretação da feição.

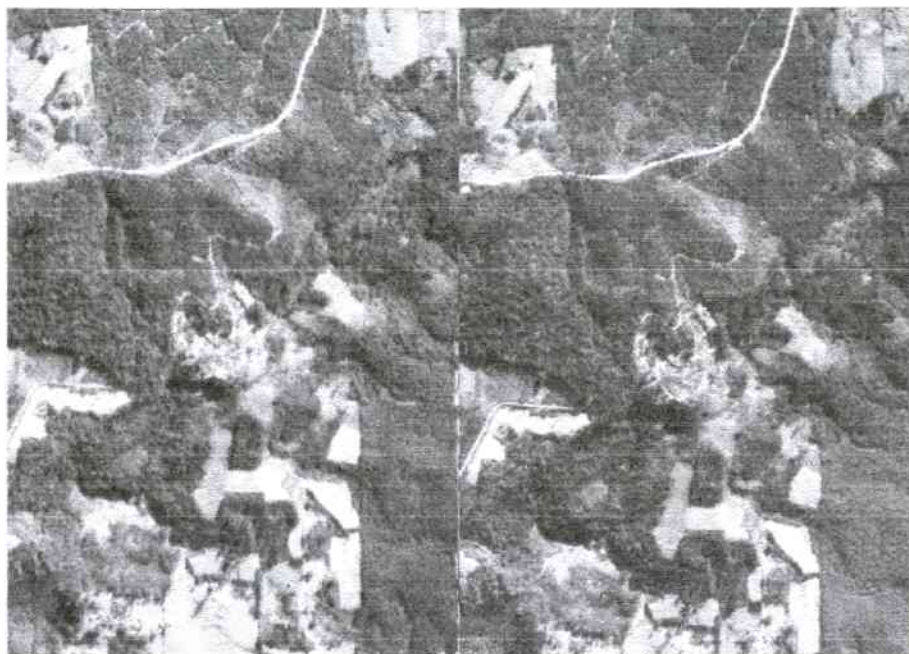


**Estereograma 8: ESTRADAS PRINCIPAIS DA REDE VIÁRIA. ESCALA  $\approx$  1:20.000**  
Fonte: LFSRG, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.



**Figura 55: ESTRADAS PRINCIPAIS DA REDE VIÁRIA**  
Fonte: Trabalhos de campo - Sánchez Dalotto, 1999.

O Estereograma 9 apresenta o padrão das vias de comunicação secundárias; corresponde a fotografias aéreas do ano 1957.



**Estereograma 9: ESTRADAS SECUNDÁRIAS DA REDE VIÁRIA. ESCALA  $\approx$  1:11.000**  
Fonte: SEDEIM, 1999. Processamento: Sánchez Dalotto, 2000.

### **5.1.3. RESULTADOS DA INTEGRAÇÃO DA INFORMAÇÃO NO SIG**

As atividades de integração da informação espacial ao SIG permitiram obter um conjunto de vistas topologicamente relacionadas e operativas, que conformaram a base métrica e temática dos modelos cartográficos para simplificação, prognose e decisão.

O produto final foi um arquivo de 2.9Mb contendo o projeto, o qual utiliza 46Mb em 6 arquivos de imagens raster, 1Mb em 125 arquivos vectoriais de temas fotointerpretados e 1Mb em 70 arquivos vectoriais de resultados.

Na Figura 56 apresenta-se o SIG com o aspecto obtido, incluindo uma vista e seus temas, uma base de dados e a janela para administração do projeto.



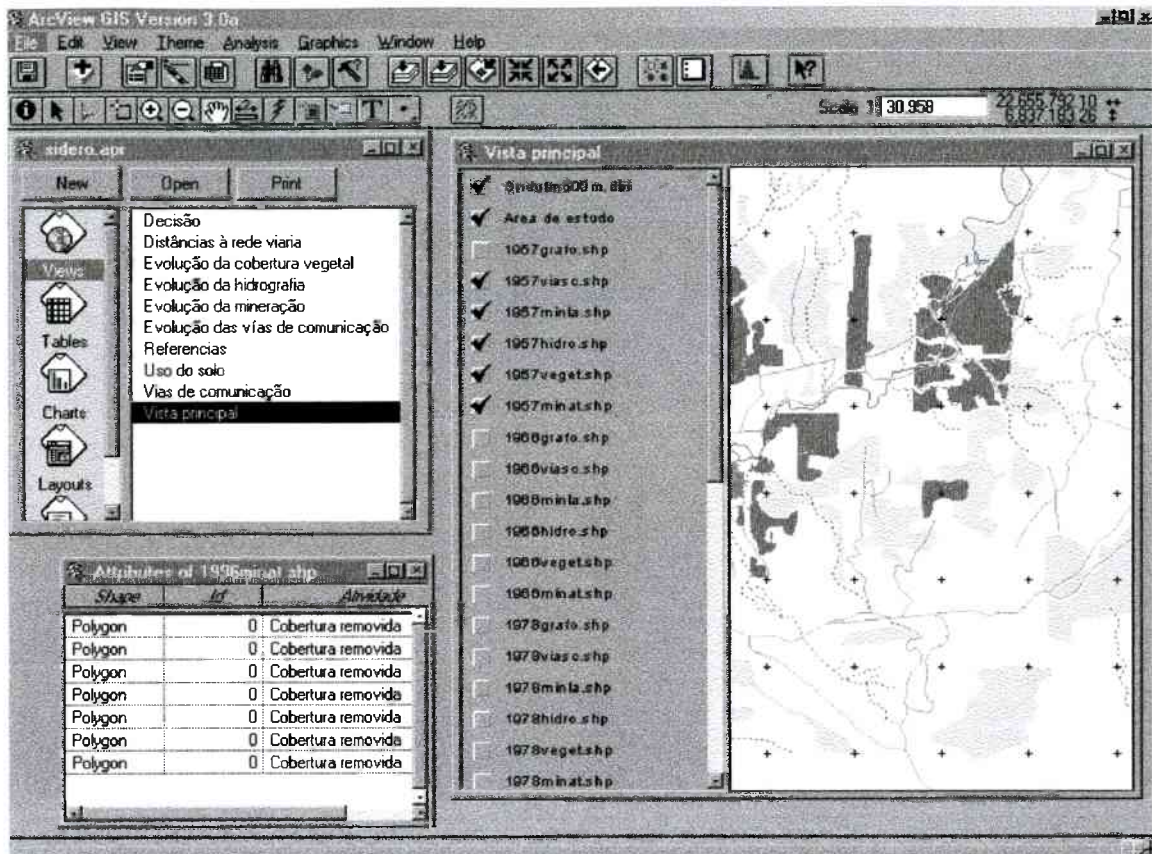


Figura 56: ASPECTO DO SIG OBTIDO

### 5.1.3.1. Controle de qualidade métrica dos dados no SIG

Baseada na comparação de distâncias padrão em cada data nos produtos raster e vector obtidos, com pontos do arquivo de levantamento Aerocarta-JICA, calcularam-se os erros absolutos para quinze pontos nas bases raster e cinco para as bases vector. A menor quantidade de pontos na base vector justifica-se pela dependência da mesma à base raster.

No caso das bases raster, o erro médio na localização planimétrica de pontos logo dos processos de georreferenciação e projeção em relação à base Aerocarta-JICA foi de 19.5m, magnitude considerável ocasionada especialmente pelos deslocamentos pelo relevo. O erro médio calculou-se a partir da média aritmética dos erros absolutos na localização dos pontos de controle. Pelo fato de ter-se trabalhado sem considerar a altitude dos pontos de controle por falta de equipamento adequado, esta situação constituiu-se em fonte de erro.

Atendendo o princípio de erro por representação cartográfica, cujo valor está fixado em 0,2mm, o erro absoluto de 19.5m implica que cartografia gerada desde o SIG somente poderá ser representada com erro desprezável em escalas 1:100.000 ou menores.

No caso das bases vector, o valor do erro meio na localização planimétrica de nós logo do processo de digitalização *on-screen* foi similar às bases raster (21.5m), adotando-se a mesma escala 1:100.000 ou menores para representação com erro desprezável. Embora reconhecendo estas restrições cartográficas, a escala de representação utilizada foi de 1:25.000, em função das dimensões reduzidas da área de estudo. Não procedeu-se a maiores ajustamentos métricos pela falta de recursos e elementos adequados, tais como pontos de apoio confiáveis, ortofotos e equipamento específico.

### **5.1.3.2. Controle de qualidade temática dos dados no SIG**

O controle de qualidade baseou-se nos trabalhos de campo desenvolvidos entre abril de 1999 e fevereiro de 2000. Para avaliar a qualidade temática dos dados do SIG, compararam-se a realidade do campo e os resultados da fotointerpretação transferida mediante digitalização *on-screen*.

A situação real no terreno na época da exposição de cada fotografia não pôde, em termos estritos, ser reconstruída. Em termos práticos, a maior validade dos dados de campo de 1999 foram aplicados para contraste das fotointerpretações de 1992 e 1996. A partir dos resultados obtidos para essas datas, foi possível a extensão de resultados às datas anteriores, apoiando-se no conceito utilizado em fotointerpretação baseado no reconhecimento de padrões.

No caso da cobertura do solo, as feições analisadas não apresentaram incerteza no seu reconhecimento, fato constatado em campo. A floresta quando composta de nativas ou nativas e exóticas, apresentou padrão heterogêneo em tom e textura. Os reflorestamentos compostos de Eucaliptus, coexistentes com o tipo de floresta antes citado, apresentaram padrão homogêneo em tom e textura, fato que permitiu a diferenciação. O padrão das pioneiras sobre rejeitos e estéril apresentou o material sobre o qual desenvolveram-se como elemento diferenciado na fotointerpretação.

A coincidência temática nas áreas destinadas a lavras a céu aberto apresentaram diferenças mínimas de interpretação pelo fato do seu contraste em tom e textura com as áreas vizinhas.

Os resultados de coincidência entre as determinações da rede hidrográfica sobre as fotografias aéreas e o reconhecimento visual durante o controle de campo não indicaram diferenças significativas pelo fato dos canais de drenagem natural apresentarem características que possibilitaram o seu reconhecimento. Quando tratou-se de canais

principais, tais como o curso do rio Fiorita, a sua largura evidenciou a feição. Nos canais secundários, o acompanhamento da mata ciliar permitiu determinar a rede de tributários menores.

A determinação de estradas principais foi realizada sem incertezas. Enquanto a rede secundária apresentou problemas ocasionados pela sombras ou união das árvores, homogêneas em tom e textura, o qual gerou padrões descontínuos de difícil controle de qualidade.

A qualidade temática obtida, embora não quantificada por indicadores objetivos, foi aceitável considerando o número de coincidências entre verdade de campo e fotointerpretação.

#### **5.1.3.3. Controle da qualidade funcional do SIG**

Este controle foi realizado mediante consultas tipo *query* sobre os diferentes temas isoladamente e cruzando critérios entre eles. Orientou-se á determinação coerente de resultados a partir de análogos previamente conhecidos por uma parte, e à verificação da funcionalidade interna, geração adequada de bases de dados, índices e arquivos vectoriais por outra.

Na primeira situação verificaram-se resultados aceitáveis. Na segunda, embora não sendo situação limitante, ocorreram erros internos do SIG quando geravam-se arquivos localizados em pastas cujos caminhos estavam definidos por *strings* compridas, sendo que solucionou-se o problema mudando a pasta de trabalho a posições superiores, perto da raiz.

#### **5.1.4. RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA SIMPLIFICAÇÃO**

A partir dos temas determinados por fotointerpretação foram obtidas cinco representações cartográficas dos modelos para simplificação em escala 1:25.000 (Anexo 1, 2, 3, 4 e 5). O cômputo geral e relação dos resultados obtidos nas diferentes datas, indicadores da evolução das situações consideradas, foram calculados utilizando quantificadores do SIG, e estão expressos nas Tabelas 11, 12, 13, 14 e 15.

A tendência da recuperação florestal, ocupação de áreas para mineração, diminuição do reflorestamento, surgimento de lagos artificiais e crescimento de pioneiras

sobre rejeitos foi referenciada e comparada com outros trabalhos, concordando-se com os resultados de LOCH (2000).

O tempo utilizado na obtenção destes resultados foi menor em relação aos outros modelos gerados, não podendo-se quantificar pelo fato de ter incluído situações subjetivas variáveis entre usuários, tais como conhecimento dos programas e destreza no manejo do computador.

Antes que sua classificação segundo padrões preestabelecidos, a finalidade da quantificação foi a comparação de situações relativas. A análise da evolução de cada tema nos 1200ha considerados está resumido no detalhe correspondente aos modelos para prognose.

**Tabela 11: VARIAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO**

COBERTURA DO SOLO	A N O				
	1957	1966	1978	1992	1996
Área Nativas + Exóticas (ha)	238.00	170.00	301.00	353.00	452.00
Área Reflorestamento (ha)	90.00	62.00	54.00	39.00	27.00
Área Pioneiras sobre rejeitos e estéril (ha)	0.00	0.00	0.00	10.00	31.00

**Tabela 12: VARIAÇÃO DA ÁREA AFETADA À MINERAÇÃO**

MINERAÇÃO	A N O				
	1957	1966	1978	1992	1996
Área Cobertura removida (ha)	9.00	14.00	23.00	123.00	126.00
Área Cobertura preparada (ha)	2.00	4.00	12.00	0.00	0.00
Área Lagos artificiais (ha)	0.00	1.00	1.00	10.00	11.00

Indica-se que os 126ha quantificados para área com cobertura removida em 1996, representam 16% sobre 800ha totais calculados na vizinhança de Siderópolis - Rio Fiorita com a mesma atividade. Este valor permite considerar este setor minerado representativo do problema estudado.

**Tabela 13: VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO TOTAL DA REDE HIDROGRÁFICA**

REDE HIDROGRÁFICA	A N O				
	1957	1966	1978	1992	1996
Comprimento cursos principais (km)	7.46	7.44	6.46	5.65	5.49
Comprimento cursos secundários (km)	29.95	30.00	30.50	26.47	28.27
Densidade cursos principais (km/km <sup>2</sup> )	0.62	0.62	0.54	0.47	0.46
Densidade cursos secundários (km/km <sup>2</sup> )	2.50	2.50	2.54	2.21	2.36

Tabela 14: VARIAÇÃO DO COMPRIMENTO TOTAL DA REDE VIÁRIA

REDE VIÁRIA	A N O				
	1957	1966	1978	1992	1996
Comprimento Estradas principais (km)	29.06	28.76	32.10	24.80	24.50
Comprimento Estradas secundárias (km)	17.41	24.73	33.80	34.00	34.65
Densidade Estradas principais (km/km <sup>2</sup> )	1.61	1.60	1.78	1.38	1.36
Densidade Estradas secundárias (km/km <sup>2</sup> )	0.97	1.37	1.88	1.89	1.93

O indicador  $\beta$  de Kanski, aplicado para conhecer os padrões lineares o caraterísticos da rede viária apresentou variações entre 1.67 e 1.86 para a rede principal, e entre 2.00 e 2.79 para a rede secundária. A interpretação destes valores indica melhor conexão entre os nós da rede secundária no que diz em relação aos da principal.

O indicador  $\gamma$  de Kanski apresentou variações entre 0.60 e 0.65 para a rede principal, e entre 0.70 e 0.99 para a rede secundária. Estes números confirmam os resultados do indicador  $\beta$ , classificando à rede secundária como melhor conectada em relação à principal.

O índice  $i$  de Fitzgerald indica entre 20% e 33% de deflexão ou trajeto adicional nas vias principais, e 15% até 29% de deflexão nas estradas secundárias. Estas características das estradas incidem no transporte de cargas e deveriam ser considerados nos cálculos de relações benefício/custo, especialmente dos produtos rurais.

Tabela 15: ÍNDICES INDICADORES DA REDE VIÁRIA

ÍNDICES REDE VIÁRIA	A N O				
	1957	1966	1978	1992	1996
Segmentos considerados estradas principais	68	67	65	50	51
Nós considerados estradas principais	37	36	38	30	30
Segmentos considerados estradas secundárias	37	82	92	73	82
Nós considerados estradas secundárias	15	30	33	35	41
Índice $\beta$ estradas principais	1.84	1.86	1.71	1.67	1.70
Índice $\gamma$ estradas principais	0.65	0.66	0.60	0.60	0.61
Índice $\beta$ estradas secundárias	2.47	2.73	2.79	2.09	2.00
Índice $\gamma$ estradas secundárias	0.95	0.98	0.99	0.74	0.70
Distância real estradas principais (km)	29.06	28.76	32.10	24.80	24.50
Distância euclidiana estradas principais (km)	24.12	22.30	24.21	20.36	20.00
Distância real estradas secundárias (km)	17.41	24.73	33.80	34.00	34.65
Distância euclidiana estradas secundárias (km)	14.03	21.48	27.65	26.45	28.63
Índice deflexão estradas principais	1.20	1.29	1.33	1.22	1.23
Índice deflexão estradas secundárias	1.24	1.15	1.22	1.29	1.21

### 5.1.5. RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS PARA PROGNOSE

Com finalidade de tornar comparáveis os resultados obtidos por modelos cartográficos para simplificação sobre os 1200ha considerados, os valores correspondentes a 1957 estabeleceram-se como base 100. O tempo utilizado na obtenção dos resultados para os modelos cartográficos para prognose foi o maior em relação aos outros modelos gerados.

Os resultados, expressos na Tabela 16, indicaram a variação relativa das feições quantificadas no período 1957 - 1996.

Tabela 16: VARIAÇÃO RELATIVA DAS FEIÇÕES QUANTIFICADAS (1957 = BASE 100)

	ANO				
	1957	1966	1978	1992	1996
Nativas + Exóticas (adimensional)	100.00	71.43	126.47	148.32	189.92
Reflorestamento (adimensional)	100.00	68.89	60.00	43.33	30.00
Pioneiras sobre rejeitos/estéril (adimensional)	100.00	100.00	100.00	1000.00	3100.00
Cobertura removida (adimensional)	100.00	155.56	255.56	1366.67	1400.00
Cobertura preparada (adimensional)	100.00	200.00	600.00	0.00	0.00
Lagos artificiais (adimensional)	100.00	110.00	110.00	1000.00	1100.00
Cursos principais (adimensional)	100.00	99.73	86.60	75.74	73.59
Cursos secundários (adimensional)	100.00	100.17	101.84	88.38	94.39
Estradas principais (adimensional)	100.00	98.97	110.46	85.34	84.31
Estradas secundárias (adimensional)	100.00	142.04	194.14	195.29	199.02

A partir destes valores obtiveram-se gráficos representativos da situação (Gráfico 5, Gráfico 6, Gráfico 7 e Gráfico 8).

Na cobertura do solo com espécies vegetais arbóreas, verifica-se o incremento elevado da ocupação da área minerada com pioneiras. Pela variação considerável desta variável no período estudado, utilizou-se no Gráfico 5 o logaritmo da variação para obter uma representação adequada.

Registrou-se também, diminuição na cobertura de nativas e exóticas no começo do período de estudo, com lenta recuperação no final.

As áreas dedicadas ao reflorestamento intensivo, cederam lugar a espaços com indivíduos homogêneos, notando-se em franca diminuição.

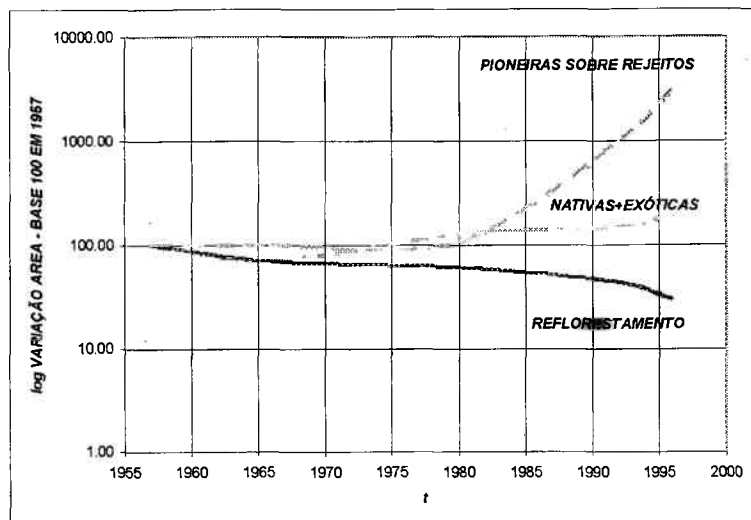


Gráfico 5: VARIÇÃO RELATIVA DA COBERTURA DO SOLO (1957 = BASE 100)

A área de mineração destinada às lavras a céu aberto teve forte incremento na segunda metade do período analisado, estabilizando-se no final do mesmo. Igual comportamento apresentou a área ocupada por lagos artificiais produto da mineração. As áreas preparadas para mineração estabilizaram-se na segunda metade do período de estudo, havendo forte incremento na etapa inicial.

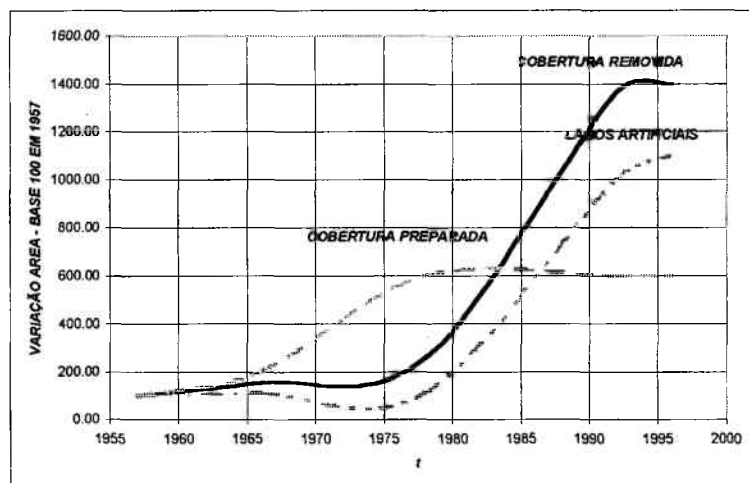


Gráfico 6: VARIÇÃO RELATIVA DA ÁREA AFETADA À MINERAÇÃO (1957 = BASE 100)

As atividades de mineração com lavras a céu aberto produziram redução dos canais da rede hidrográfica principal e secundária. No período estudado, esta situação apareceu irreversível considerando a recuperação dos canais naturais eliminados.

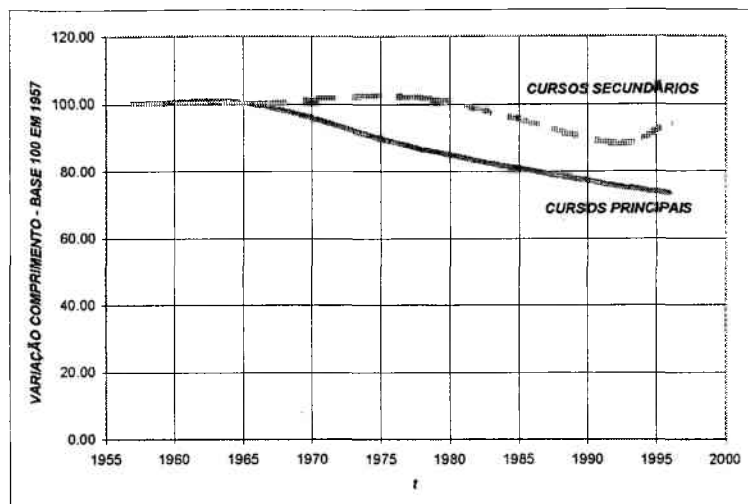


Gráfico 7: VARIAÇÃO RELATIVA DA REDE HIDROGRÁFICA (1957 = BASE 100)

A rede viária principal, predominante no sentido NE - SW confluindo em Rio Fiorita, teve um inexpressivo incremento no seu comprimento total, evoluindo finalmente a uma extensão total menor no final do período analisado.

Como contraste, a rede viária secundária, predominante no sentido N - S conectando os dois ramais de estradas principais da área, incrementou-se no seu comprimento total em relação o início do período estudado. Este incremento foi ocasionado pela abertura de estradas de serviço destinados à entrada e saída de caminhões das minas e das unidades rurais destinadas à produção de madeira. No período estudado, a desativação das estradas secundárias foi gradual a partir da diminuição das atividades de mineração.

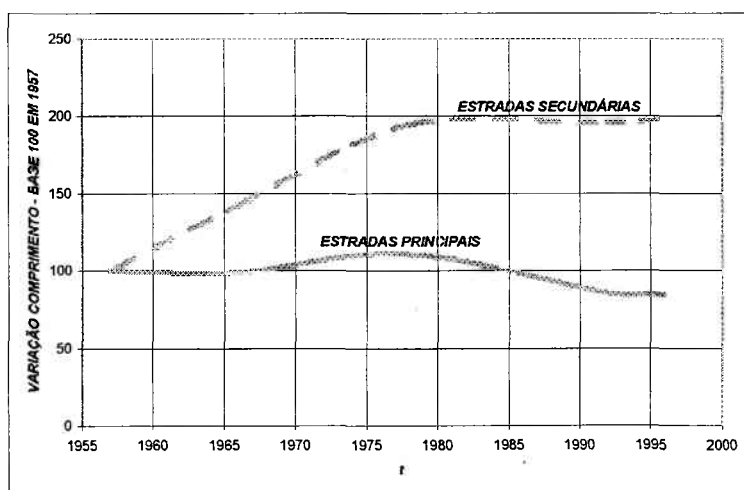


Gráfico 8: VARIAÇÃO RELATIVA DA REDE VIÁRIA (1957 = BASE 100)

A tendência evolutiva das feições estudadas na década posterior à última análise (1996-2006) embora pode ser calculada numericamente utilizando programas para

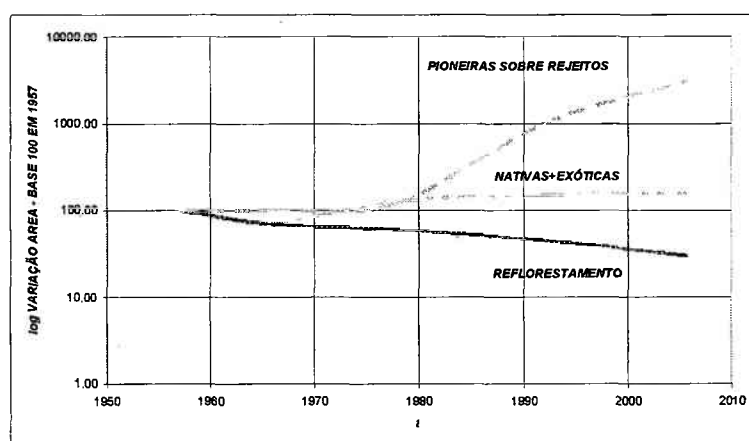


aplicações matemáticas, foi determinada graficamente seguindo a tendência e forma de distribuição dos dados no período 1957-1996. Os resultados estão expressos nos Gráficos 9, 10, 11 e 12.

Os processos de prognose podem ser feitos com certa margem de segurança por períodos iguais ao período de dados (39 anos no caso estudado). Isto, em teoria, habilitaria ao pesquisador a prognosticar as situações estudadas desde 1996 até 2035 enquanto não existam nas variáveis estudadas interferências naturais (enchentes, secas, incêndios) ou antrópicas (alteração da economia, mudança do tipo de exploração, condicionantes político-ecológicos, políticas de incentivo).

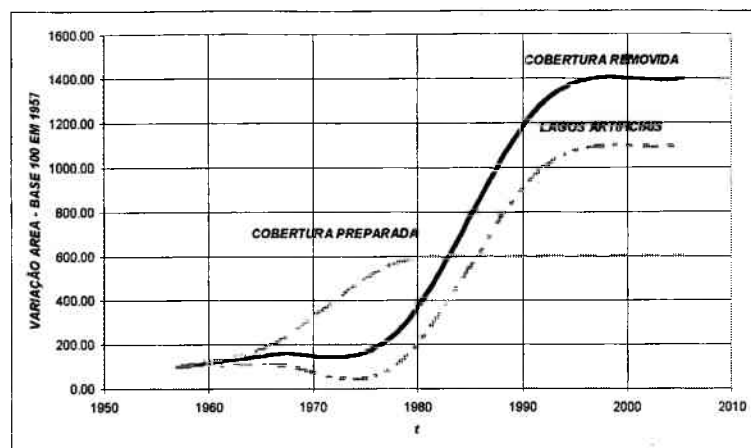
No estudo foram utilizados dez anos para prognose. Justificou-se este período pelo fato de perceber-se pendentes ascendentes sem pontos de inflexão futura em situações tais como cobertura do solo com pioneiras ou, com menor pendente, recuperação das áreas com nativas e exóticas, impossibilitando o prognóstico adequado. Também a estabilização do processo antrópico de mineração indica a baixa probabilidade de manter esse *status quo* no futuro.

Na cobertura dos solo prognosticam-se tendências de crescimento na área ocupada por pioneiras sobre rejeitos e estéril. Em menor escala, incrementar-se-á a área ocupada por nativas e exóticas, com predomínio das segundas. A área destinada ao reflorestamento exclusivo apresentará tendência decrescente no tempo.



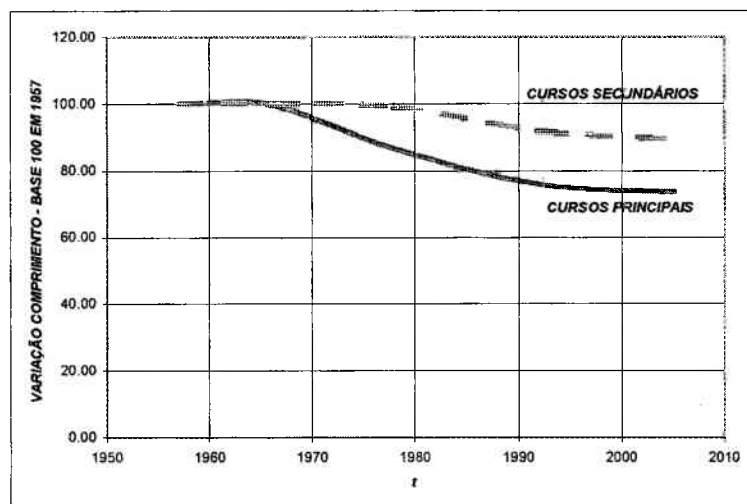
**Gráfico 9: TENDÊNCIAS NA VARIAÇÃO RELATIVA DA COBERTURA DO SOLO (1957 = BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006**

A estabilização das áreas ocupadas por lavras a céu aberto e lagos artificiais é a característica distintiva das tendências em mineração.



**Gráfico 10: TENDÊNCIAS NA VARIAÇÃO RELATIVA ÁREA DE MINERAÇÃO (1957 = BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006**

Pela natureza irreversível de supressão dos canais naturais, a estabilização do comprimento dos cursos da rede hidrográfica é a característica distintiva das tendências detectadas.



**Gráfico 11: TENDÊNCIAS NA VARIAÇÃO RELATIVA DA REDE HIDROGRÁFICA (1957=BASE 100) PERÍODO 1996 - 2006**

Prognostica-se a estabilização do comprimento das estradas na rede viária principal. No caso da rede secundária, prognostica-se a desativação progressiva das mesmas a partir da diminuição da atividade de mineração.

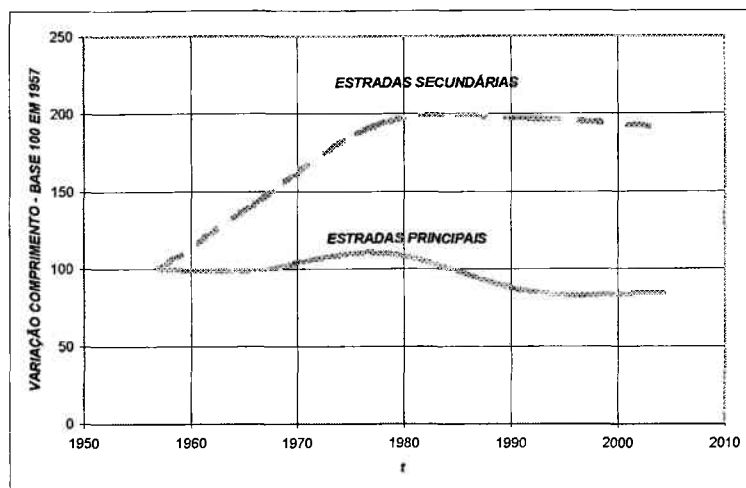


Gráfico 12: TENDÊNCIAS NA VARIAÇÃO RELATIVA DA REDE VIÁRIA (1957 = BASE 100) PERÍODO 1956 - 2006

A partir destes gráficos, foram obtidas quatro representações, incluindo a evolução e tendência espacial dos componentes ambientais analisados em escala 1:100.000, e um modelo cartográfico para prognose a partir dos temas analisados, em escala 1:25.000 (Anexo 6, 7, 8, 9 e 10). Avaliaram-se estes resultados para determinar a situação genérica que caracterizou os fenômenos estudados na área de interesse durante um ciclo produtivo da mina hipotético. Os resultados apresentam-se na Figura 57.

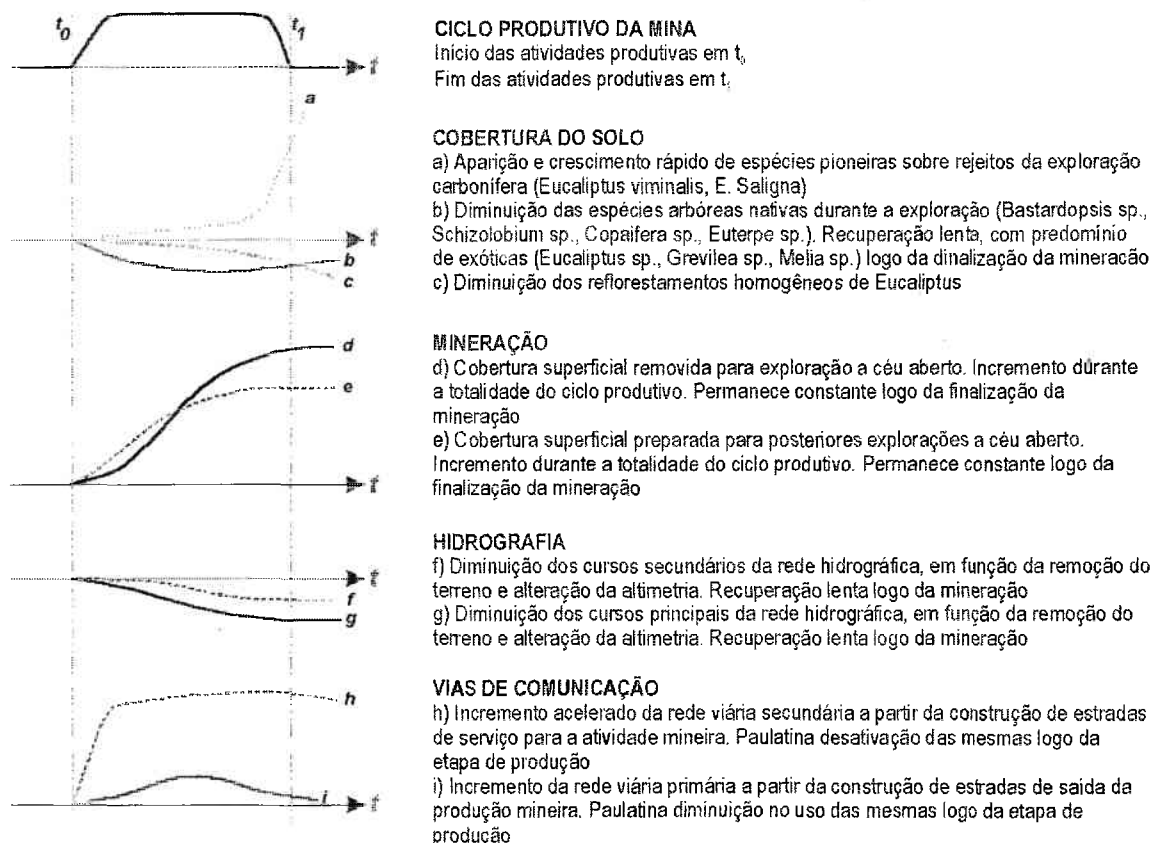


Figura 57: SITUAÇÃO GENÉRICA CARACTERÍSTICA DOS FENÔMENOS ESTUDADOS

### **5.1.6. RESULTADOS DOS MODELOS CARTOGRÁFICOS ORIENTADOS A DECISÃO**

Para a obtenção dos modelos cartográficos orientados a decisão, utilizaram-se critérios SIG de maior complexidade operativa, gerando-se quatro modelos em escala 1:25.000, os quais incluem:

- a) A situação predominante das vias de comunicação no período 1957-1996 (Anexo 11);
- b) A situação predominante do uso do solo na área de estudo no período 1957-1996 (Anexo 12);
- c) A relação entre as vias de comunicação e as unidades de uso do solo na área de estudo (Anexo 13);
- d) Determinação das áreas com atividade agropecuária interpretada e acesso à rede viária a distância superior a 200m (Anexo 14).

Nos operadores espaciais utilizou-se 200m por ser esta distância usual nos acessos às unidades produtivas da área estudada.

O tempo utilizado na obtenção destes resultados foi intermédio em relação aos modelos para simplificação e prognose gerados.

A falta do Cadastro de Imóveis nos modelos orientados a decisão, analogamente ao acontecido nos modelos para simplificação e prognose, não permitiu a identificação dos proprietários afetados ou beneficiados nas diferentes situações estudadas ou a assinação de responsabilidades civis ante situações especiais.

Os diagramas de Voronoi, resultados intermédios nos processos finais, foram aplicados nas feições poligonais e lineares atendendo a solução que fornecem aos problemas topológicos de vizinhança, de difícil solução quando utilizam-se outros operadores SIG tais como consultas ou *queries*.

### **5.1.7. RESULTADOS NA ELABORAÇÃO DOS PRODUTOS DERIVADOS**

Os produtos ou modelos cartográficos derivados foram obtidos a partir das ferramentas disponíveis no SIG. São representações em escala 1:25000 e 1:100000 impressas sobre folhas formato DIN A4, apresentadas como Modelos 1 a 14 do Anexo.

Pela temática do trabalho, os produtos finais são representações dos modelos que pretendem avaliar e descrever situações. A falta expressa de toponímia, e os pa-

drões inadequados de precisão métrica atingidos, não permitem incluir os produtos gerados como cartografia de alta precisão.

Atendeu-se o uso da variável cor na representação gráfica dos modelos. Embora os programas para geração básica de cartografia permitem o uso praticamente ilimitado de cores, sua aplicação indiscriminada pode desvirtuar os resultados.

Utilizaram-se três cores na representação final dos modelos, codificadas segundo a temática: verde para vegetação, azul para hidrografia e lagos artificiais, e vermelho para a rede viária. Na escala de valores de cinzas, utilizou-se preto (R=0 G=0 B=0) para representação da cobertura removida e cinza 50% (R=128 G=128 B=128) para representação da cobertura preparada para mineração.

Quando precisou-se de símbolos qualitativos para representação de hierarquias (cursos e vias principais ou secundárias) ou de temas (tipos de cobertura do solo e tipo de remoção da cobertura), foram utilizados até três classes, pelo fato de simplificar esta quantidade o entendimento do fenômeno.

O trabalho foi enviado ao Município de Siderópolis e FATMA para consideração e uso, tentando dessa forma inserir na comunidade técnica os resultados gerados pela Universidade pública.

## CAPITULO VI

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

#### 6.1. CONCLUSÕES

##### 6.1.1. CONCLUSÕES GERAIS

- a) Constatou-se a vantagem científica dos modelos cartográficos de simplificação, prognose e decisão utilizados atendendo a sua adequação metodológica para resolver questões de caráter ambiental. Estes permitiram o desenvolvimento ordenado e sistemático possibilitando atingir resultados qualitativos e quantitativos na área estudada;
- b) Verificou-se a convergência dos resultados a soluções com critério adequado, comprovadas mediante trabalhos referenciais e a reambulação em campo, satisfazendo a procura sistemática e crítica da verdade científica;
- c) Comprovou-se a estabilidade dos dados obtidos a partir da determinação de áreas, comprimentos e índices das feições e representações gráficas obtidas;
- d) Registrou-se a consistência dos resultados pelo fato de apresentarem-se qualitativamente homogêneos no espaço e no tempo;
- e) Atingiu-se o conceito de modelagem cartográfica entendida como a utilização das funções de análise dos SIG, sob uma seqüência lógica que permitiu resolver problemas espaciais relacionados com a evolução do entorno econômico e geográfico da área estudada;
- f) Atingiu-se o desmembramento do ambiente em componentes temáticos de interesse durante a aplicação de modelos cartográficos de simplificação, prognose e decisão nos estudos ambientais;
- g) Conheceram-se as relações internas e externas dos componentes ambientais determinados, criando-se um conjunto integrado de informações representativas dos fenômenos analisados.

### 6.1.2. CONCLUSÕES PARTICULARES

- a) Comprovou-se a adequação da aplicação de um Sistema de Informação Geográfica como ferramenta para realizar estudos ambientais de simplificação, prognose e decisão neste setor da Bacia Carbonífera Catarinense;
- b) Determinou-se, em função da resolução espacial das fotografias aéreas, e resolução espectral e temporal da imagem satelital utilizada, a adequação e conveniência destes produtos para resolução dos problemas postulados;
- c) Atingiu-se a geração de um modelo cartográfico para simplificação para o setor do Município de Siderópolis, aplicando técnicas de cartografia temática e representando a situação dos fatores naturais e antrópicos interpretados em 1957, 1966, 1978, 1992 e 1996;
- d) Prognosticou-se a tendência na ocupação espacial das estruturas naturais e antrópicas analisadas no setor do Município de Siderópolis considerado, utilizando para sua representação técnicas adequadas e modelos cartográficos;
- e) Forneceram-se elementos de opção de soluções destinados ao controle, otimização e desenho da rede viária relacionada à produção florestal e mineira utilizando modelos orientados a decisão no setor estudado do Município de Siderópolis;
- f) Percebeu-se o caráter estático dos modelos cartográficos para simplificação quando são utilizados na representação de fenômenos ambientais com alta dinâmica de evolução, tais como o avanço das áreas mineradas, o qual poderia torná-los inviáveis em situações extremas;
- g) Observou-se a interação múltipla existente entre os componentes ambientais analisados e a sensibilidade à variação espaço-temporal dos mesmos ante ações antrópicas, fato que impõe restrições à implementação dos modelos cartográficos para prognose;
- h) Interpretou-se e representou-se os temas destinados aos modelos cartográficos a partir do uso das ferramentas disponíveis no SIG utilizado, embora padrões aceitáveis de precisão métrica relacionados à escala de representação não foram atingidos;
- i) Não obtiveram-se indicadores objetivos que permitissem garantir a extrapolação do método utilizado na geração de modelos cartográficos de simplificação, prognose e decisão para estudos ambientais em outros pontos da Bacia Carbonífera Brasileira;
- j) Restringiu-se a análise das tendências obtidas às imediações da área de estudo. A realização de estudos similares serão necessários para determinar analogias no com-

portamento espaço-temporal dos componentes ambientais considerados em outras áreas da Bacia Carbonífera Brasileira;

- k) Observou-se a melhor relação benefício/tempo na geração do modelo cartográfico orientado a decisão, embora a mesma relação para simplificação e prognose foi aceitável;

## **6.2. RECOMENDACÕES**

- a) Salienta-se a importância e conveniência de aplicar modelos cartográficos para simplificação, prognose e orientados a decisão nos estudos ambientais da área, mantendo particular atenção e cuidado nos resultados dos modelos para prognose pela complexidade ambiental tratada;
- b) Precisa-se continuar desenvolvendo desde o âmbito acadêmico estudos de Cadastro Técnico Multifinalitário na área, para possibilitar o maior entendimento da complexidade dos fenômenos ambientais estudados;
- c) Recomenda-se a realização e manutenção do Cadastro sistemático de Imóveis da área para garantir o direito à propriedade e facilitar ações dos organismos de polícia ante situações que precisem delimitar as responsabilidades civis ante conflitos ambientais;
- d) Atendendo a falta de estudos específicos detectada na revisão dos antecedentes, recomenda-se aglutinar resultados dos trabalhos desenvolvidos por diferentes autores com a finalidade de aportar à realização do zoneamento ambiental detalhado desta parte do Estado de Santa Catarina;
- e) Considerando as dificuldades encontradas no desenvolvimento desta pesquisa, estima-se ser necessário obter cartografia da área estudada com padrão de precisão compatível com os níveis de necessidade dos âmbitos de estudo ou responsáveis de decisão;
- f) Entende-se ser necessária a atualização e correção da cartografia sistemática da área por parte da instituição responsável no Brasil -a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)-, tanto nos temas planimétricos quanto na toponímia assinalada;
- g) Percebe-se ser necessário nos estudos ambientais, melhorar a precisão planimétrica e altimétrica incorporando o uso de fotografias aéreas retificadas ou aplicando métodos de restituição fotogramétrica;



- h) Em relação às dificuldades encontradas na fotointerpretação, indica-se a utilização de fotografias aéreas na escala 1:5000 ou maiores, para atingir resultados detalhados na identificação de indivíduos vegetais em áreas de nativas ou reflorestamento;
- i) Aconselha-se o uso da estereoscopia como técnica insubstituível e determinante de análise nos estudos ambientais onde a mudança de relevo domina a paisagem;
- j) Entende-se adequado, em função dos resultados obtidos, optar por chaves de fotointerpretação simples quando aplicadas a realidades ambientais complexas. A geração de informação a partir das classes fotointerpretadas, especialmente nos modelos orientados a decisão é expressiva, podendo a presença de muitas feições tornar complicado o entendimento dos fenômenos estudados;
- k) Recomenda-se estudar o desempenho e funcionamento dos programas geradores de informação para análise ambiental, em particular as restrições nos nomes de caminhos e arquivos, tamanhos máximos suportados e formatos disponíveis para intercâmbio de informação;
- l) Recomenda-se a utilização nos trabalhos de campo da área de equipamento GPS com precisão em função dos objetivos postulados, pelo apoio que fornece esta técnica ante localizações planimétricas difíceis.

**ANEXO**  
**MODELOS CARTOGRÁFICOS**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE**


Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**COBERTURA DO SOLO**

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento




**MINERAÇÃO**

-  Cobertura removida
-  Cobertura preparada

**HIDROGRAFIA**

-  Cursos principais
-  Cursos secundários

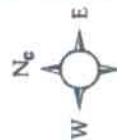
**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

**ESCALA**

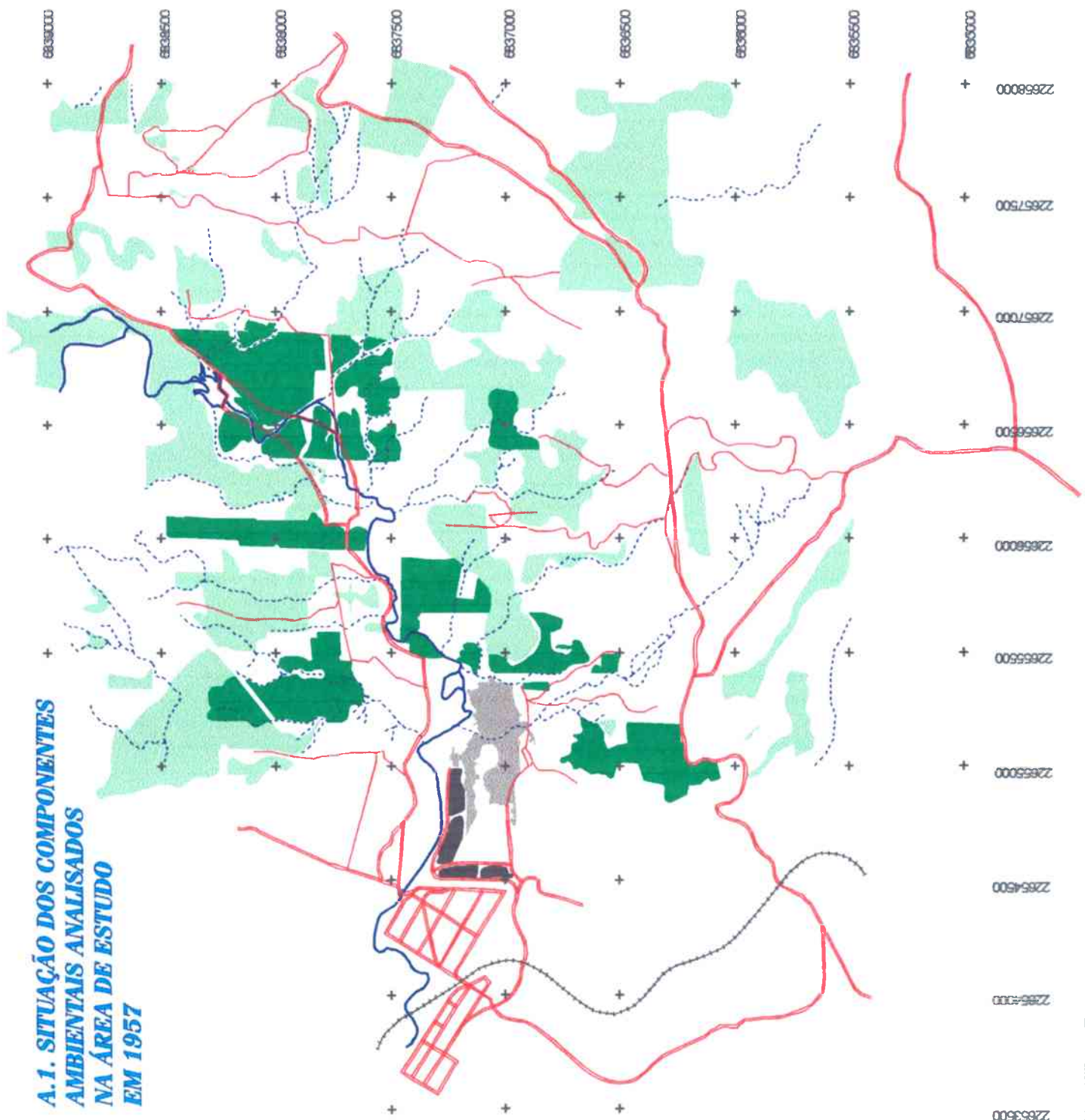
**1:25000**



300 0 300 600 m



**A.1. SITUAÇÃO DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 EM 1957**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE**

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO

Cartógrafo (UNL - Argentina)

Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH




Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**COBERTURA DO SOLO**

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento




**MINERAÇÃO**

-  Cobertura removida
-  Cobertura preparada
-  Lagos artificiais

**HIDROGRAFIA**

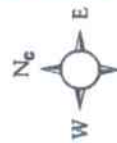
-  Cursos principais
-  Cursos secundários

**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

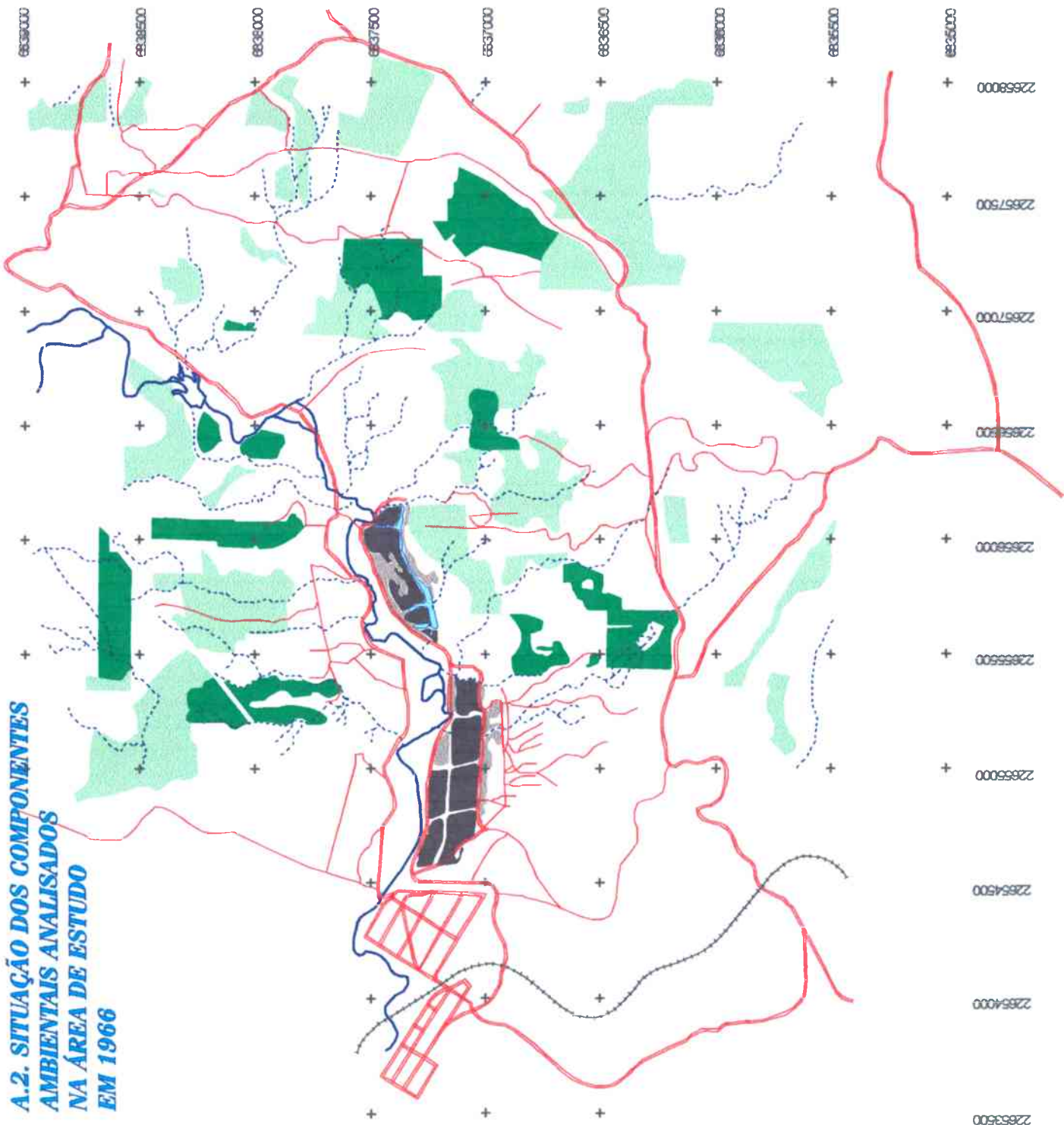
**ESCALA**  
**1:25000**



300 0 300 600 m



**A.2. SITUAÇÃO DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 EM 1966**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)




Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**COBERTURA DO SOLO**

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento




**MINERAÇÃO**

-  Cobertura removida
-  Cobertura preparada
-  Lagos artificiais

**HIDROGRAFIA**

-  Cursos principais
-  Cursos secundários

**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

**ESCALA**

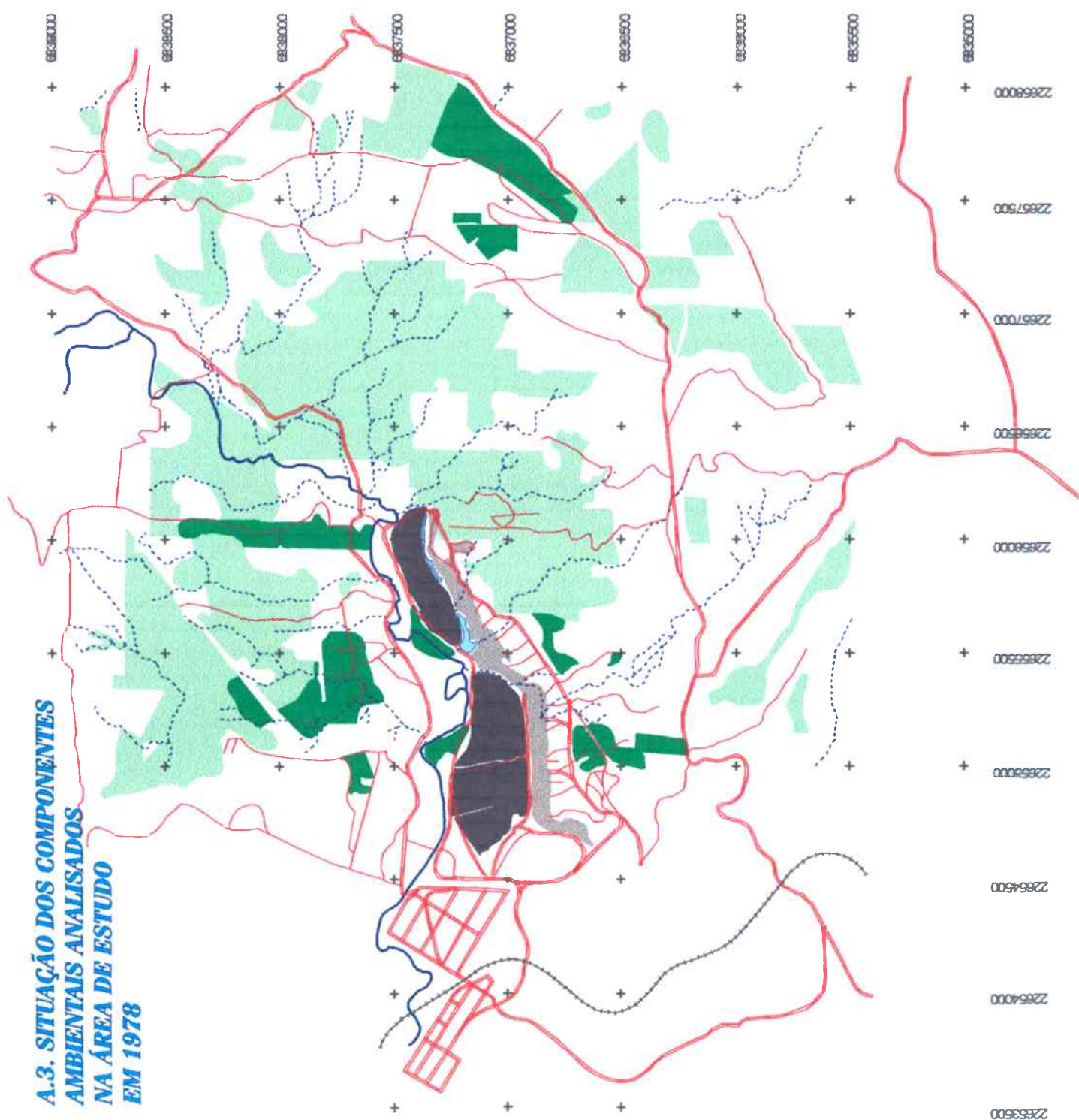
**1:25000**



300 0 300 600 m



**A.3. SITUAÇÃO DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 EM 1978**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário




Dissertação de Mestrado

**APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE**



Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

- COBERTURA DO SOLO**
-  Nativas+Exóticas
  -  Reflorestamento
  -  Pioneiras sobre rejeitos

- MINERAÇÃO**
-  Cobertura removida
  -  Cobertura preparada
  -  Lagos artificiais

- HIDROGRAFIA**
-  Cursos principais
  -  Cursos secundários

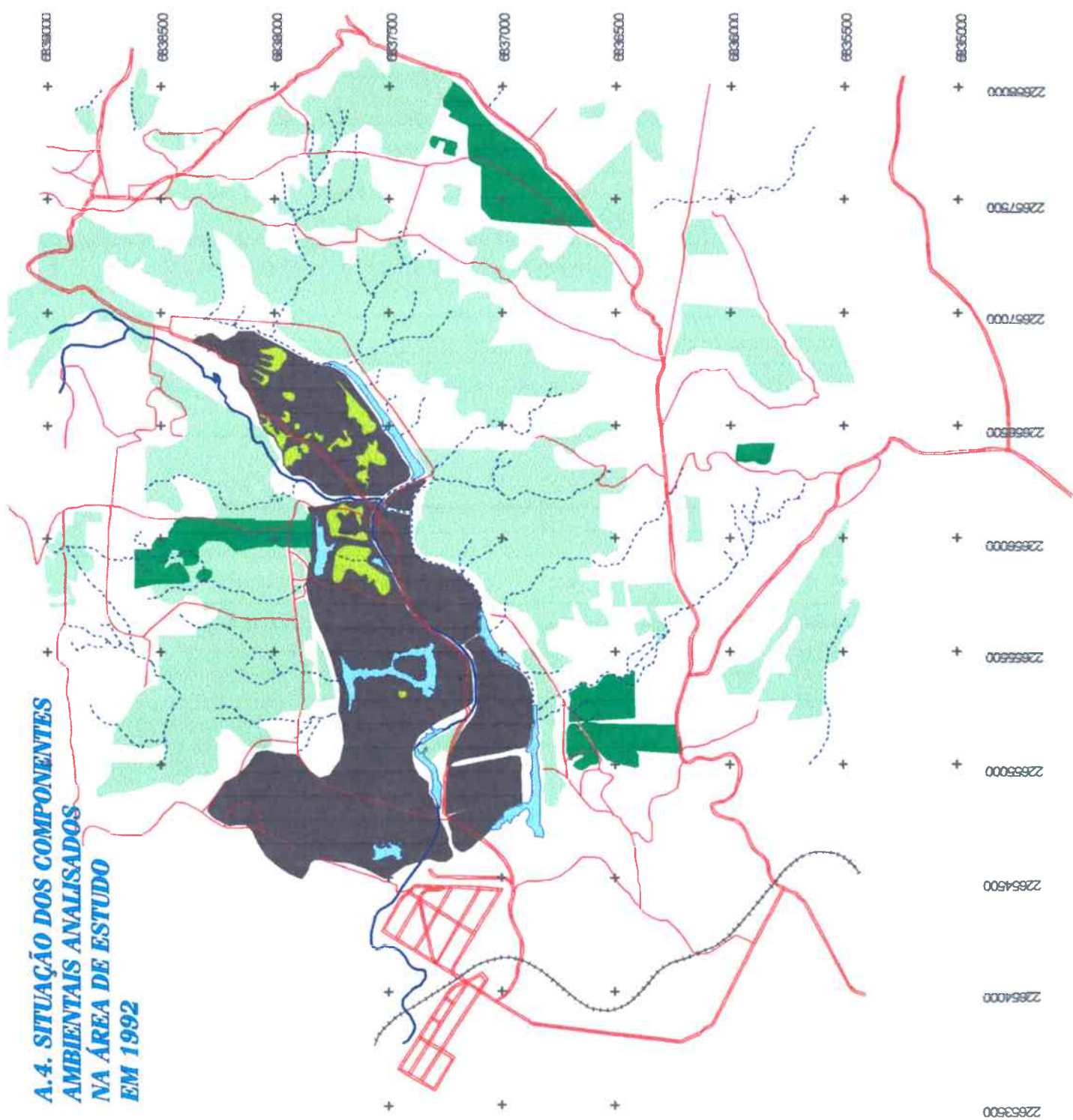
- VIAS DE COMUNICAÇÃO**
-  Estradas principais
  -  Estradas secundárias
  -  Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

**ESCALA**  
**1:25000**



**A.4. SITUAÇÃO DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 EM 1992**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado




APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRAFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Meetrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)


Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**COBERTURA DO SOLO**

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento
-  Pioneiras sobre rejeitos

**MINERAÇÃO**

-  Cobertura removida
-  Cobertura preparada
-  Lagos artificiais

**HIDROGRAFIA**

-  Cursos principais
-  Cursos secundários

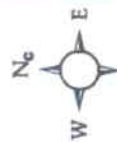
**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Corrimo - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA

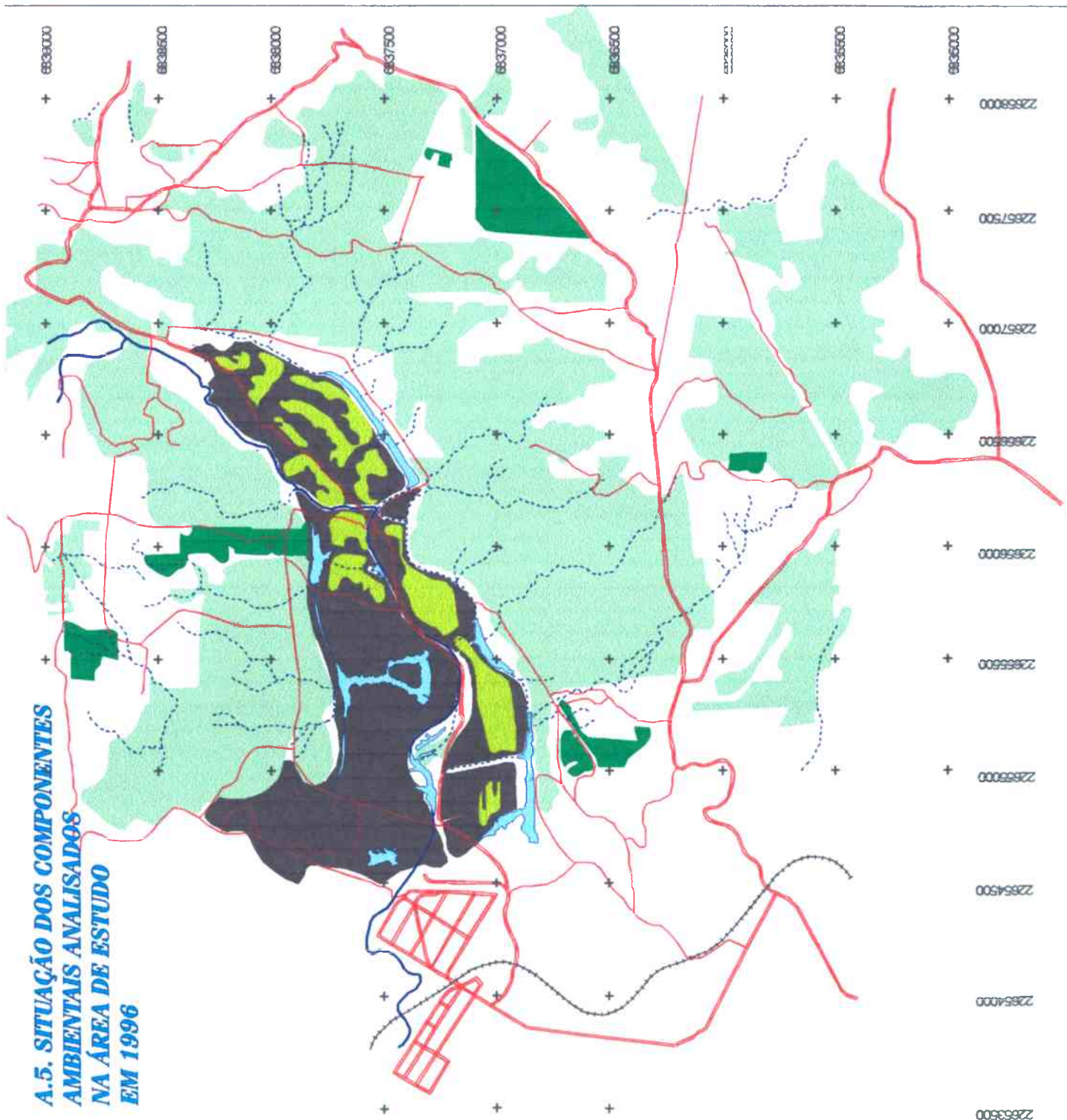
1:25000



300 0 300 600 m



**A.5. SITUAÇÃO DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 EM 1996**



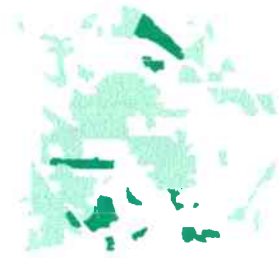
## A.6. EVOLUÇÃO DA COBERTURA ARBÓREA NA ÁREA DE ESTUDO (1957-1996)



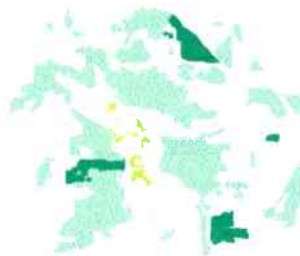
1957



1966



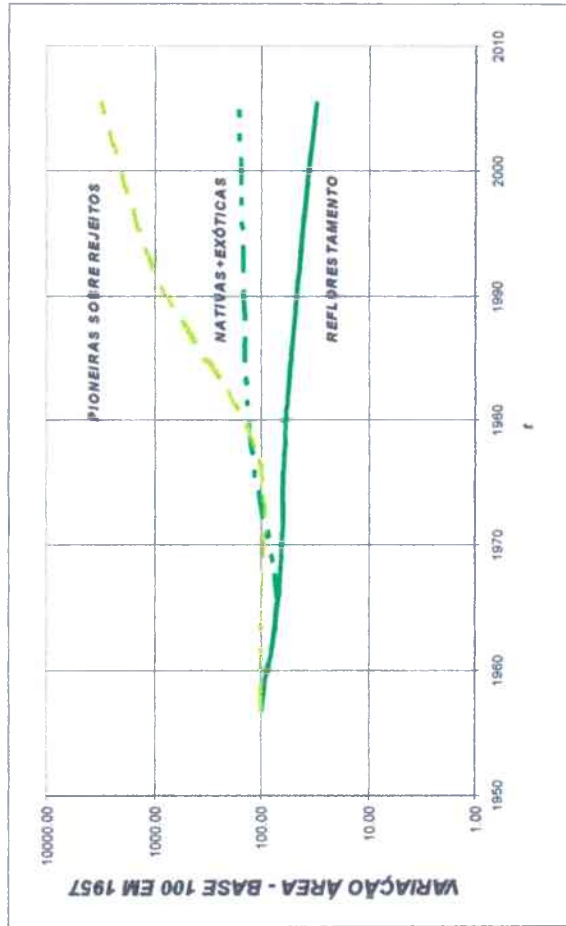
1978



1992



1996



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Área de Cadastro Técnico Multifinalitário




Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
Cartógrafo (UNL - Argentina)  
Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

### REFERÊNCIAS

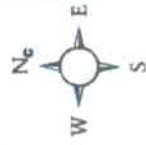
#### COBERTURA DO SOLO

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento
-  Pioneiras sobre rejeitos

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA

1:1000000





## A.7. EVOLUÇÃO DA MINERAÇÃO E LAGOS ARTIFICIAIS NA ÁREA DE ESTUDO (1957-1996)

1957



1966



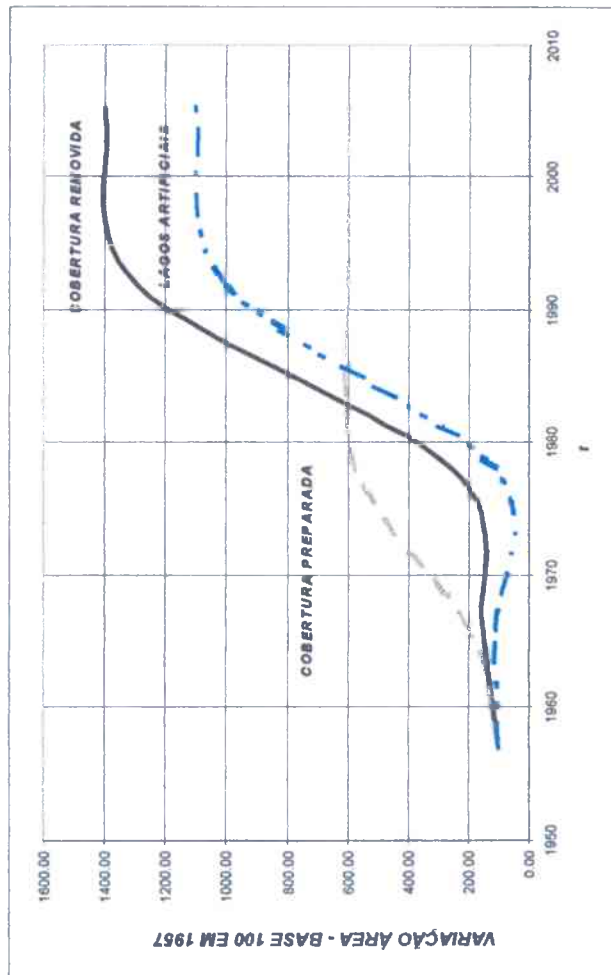
1978



1992



1996



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SANCHEZ DALOTTO  
Cartógrafo (UNL - Argentina)  
Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

REFERÊNCIAS

MINERAÇÃO

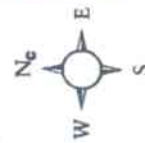
- Cobertura removida
- Cobertura preparada
- Lagos artificiais

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
Corforme - Fuso 22S - Origem 51°W

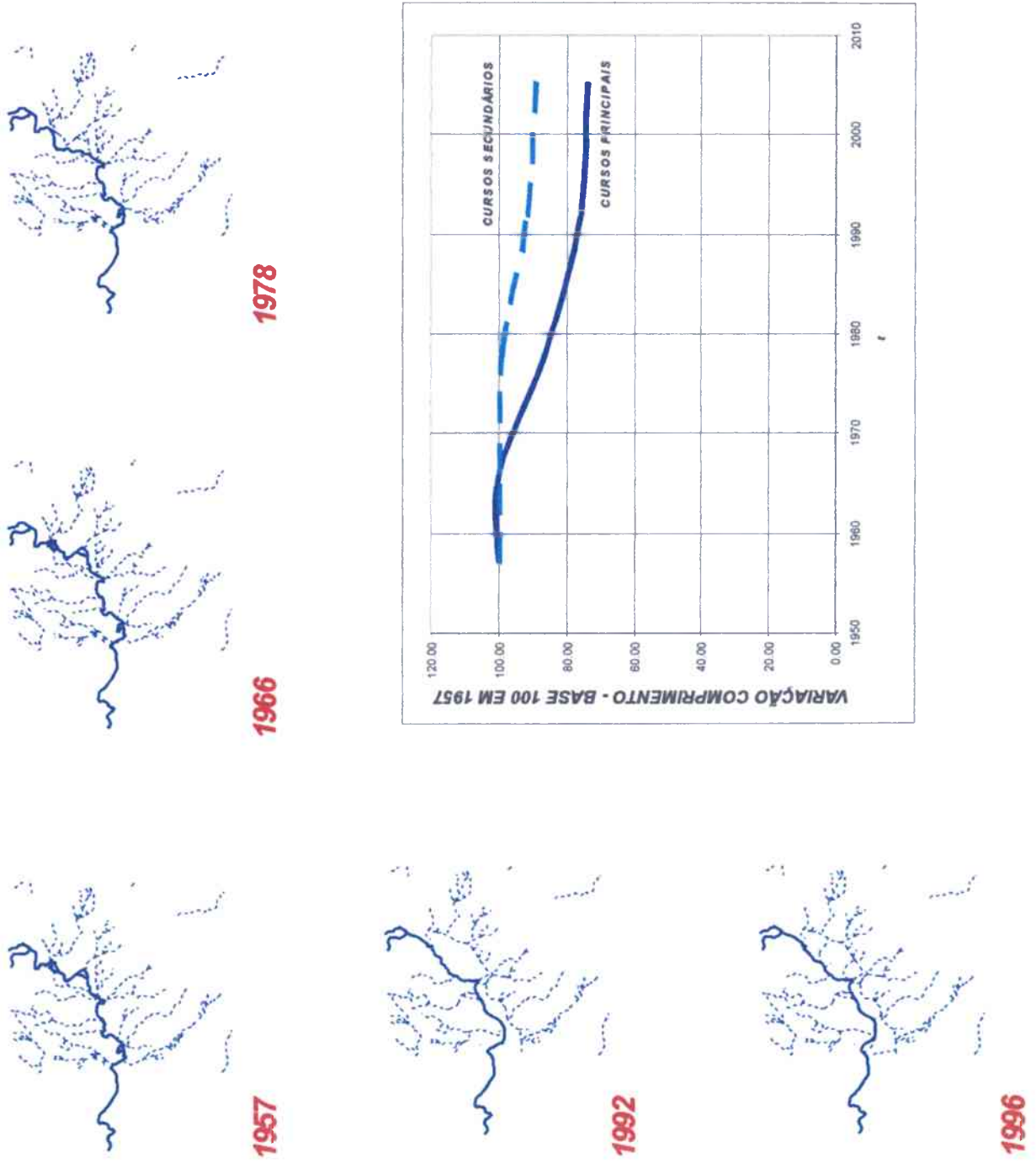
ESCALA

1:100000

1 0 1 2 Km



**A.8. EVOLUÇÃO DA REDE HIDROGRÁFICA NA ÁREA DE ESTUDO (1957-1996)**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
NOS ESTÚDIOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mostrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
Cartógrafo (UNL - Argentina)  
Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

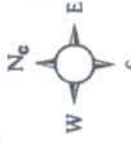
**REFERÊNCIAS**

**HIDROGRAFIA**

 Cursos principais  
 Cursos secundários

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA  
**1:1000000**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

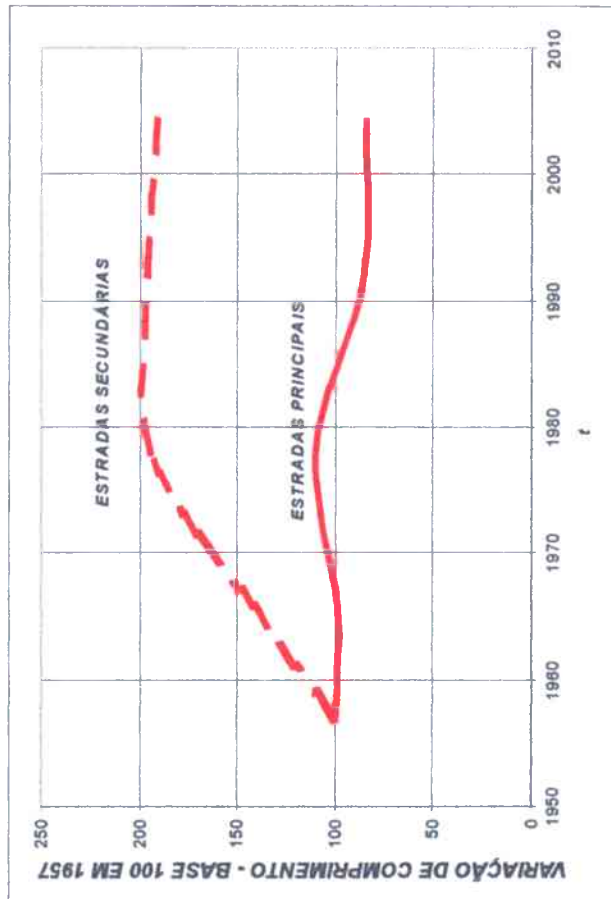
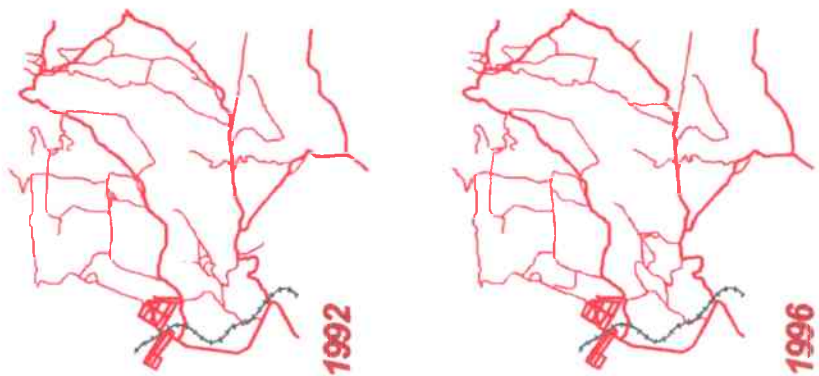
Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
Cartógrafo (UNL - Argentina)  
Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**A.9. EVOLUÇÃO DA REDE VIÁRIA  
NA ÁREA DE ESTUDO (1957-1996)**



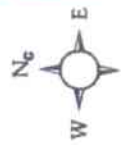
**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

- Estradas principais
- Estradas secundárias
- Estradas de ferro

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
Corrimão - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA

**1:100000**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado




APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)

Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**COBERTURA DO SOLO**

-  Nativas+Exóticas
-  Reflorestamento
-  Pioneiras sobre rejeitos




**MINERAÇÃO**

-  Cobertura removida
-  Cobertura preparada
-  Lagos artificiais

**HIDROGRAFIA**

-  Cursos principais
-  Cursos secundários

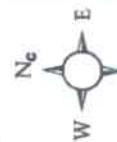
**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

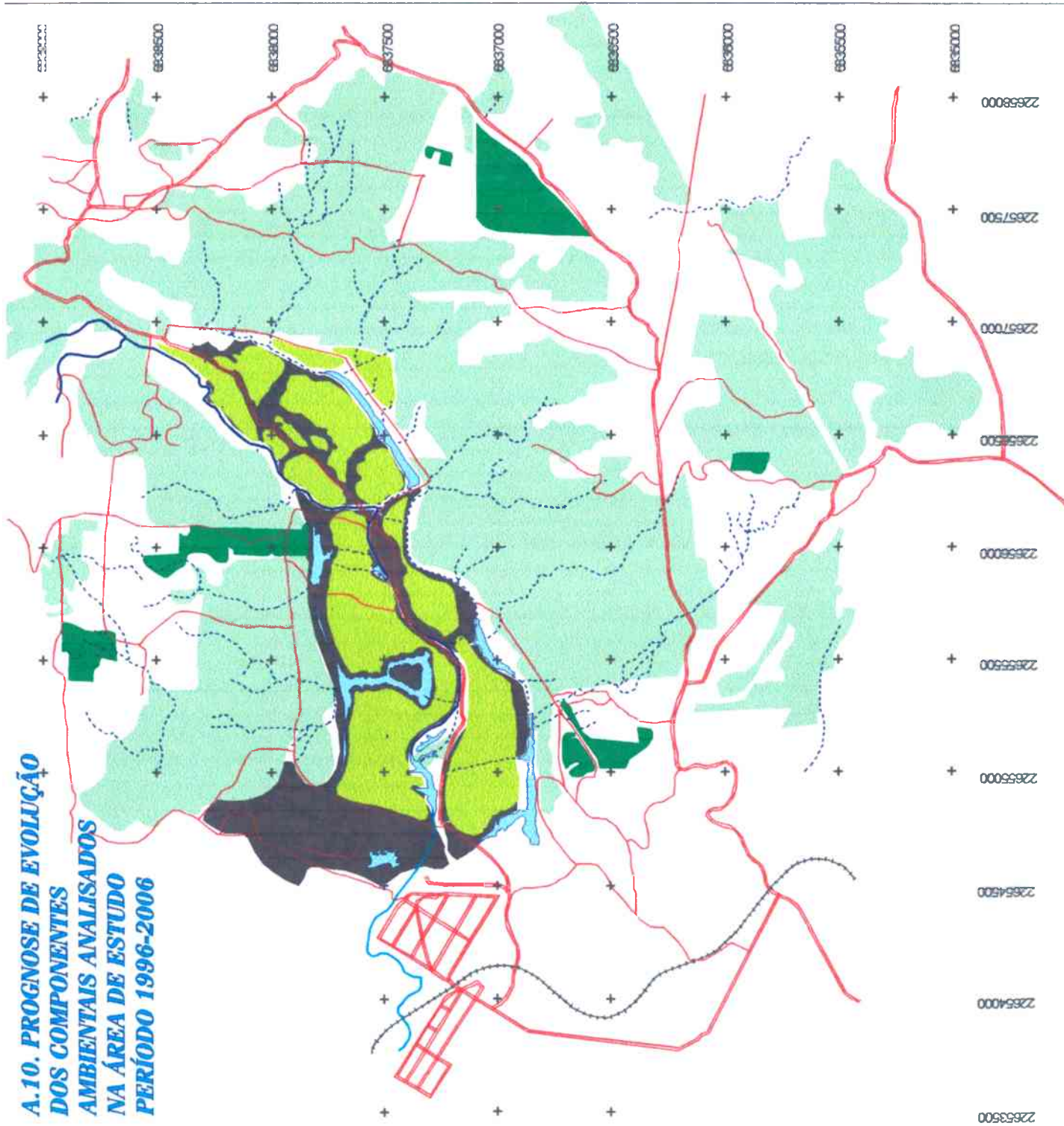
Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA

1:25000



**A.10. PROGNÓSE DE EVOLUÇÃO  
 DOS COMPONENTES  
 AMBIENTAIS ANALISADOS  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 PERÍODO 1996-2006**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário








Dissertação de Mestrado

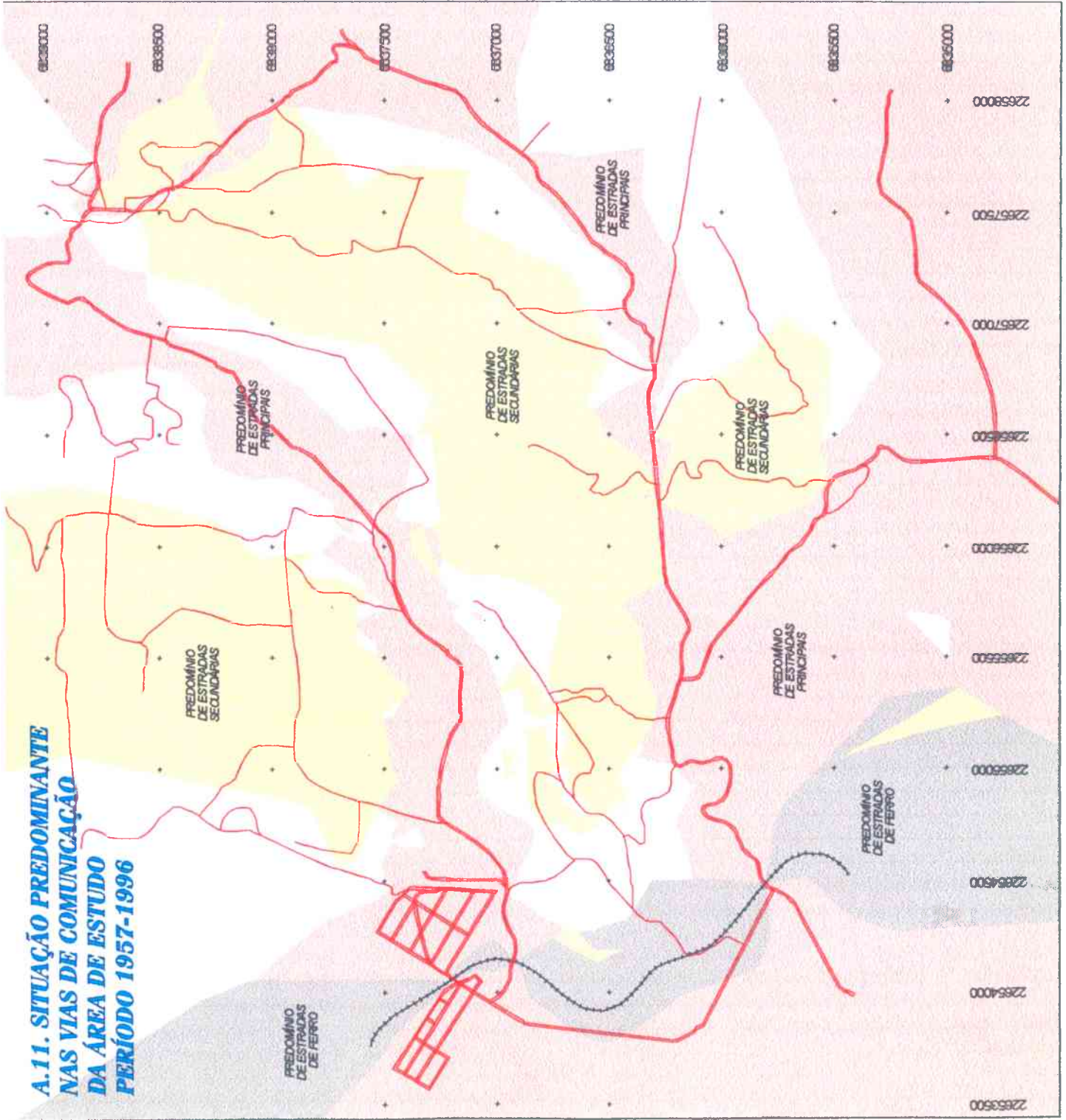
APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

**VIAS DE COMUNICAÇÃO**

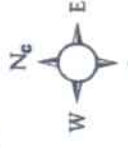
-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro
-  Predomínio de estradas principais
-  Predomínio de estradas secundárias
-  Predomínio de estradas de ferro
-  Sem resultados



**A.11. SITUAÇÃO PREDOMINANTE  
 NAS VIAS DE COMUNICAÇÃO  
 DA ÁREA DE ESTUDO  
 PERÍODO 1957-1996**

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W

**ESCALA**  
**1:25000**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

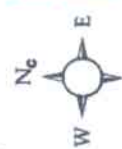
**REFERÊNCIAS**

**PREDOMÍNIO NO USO DO SOLO 1957-1996**

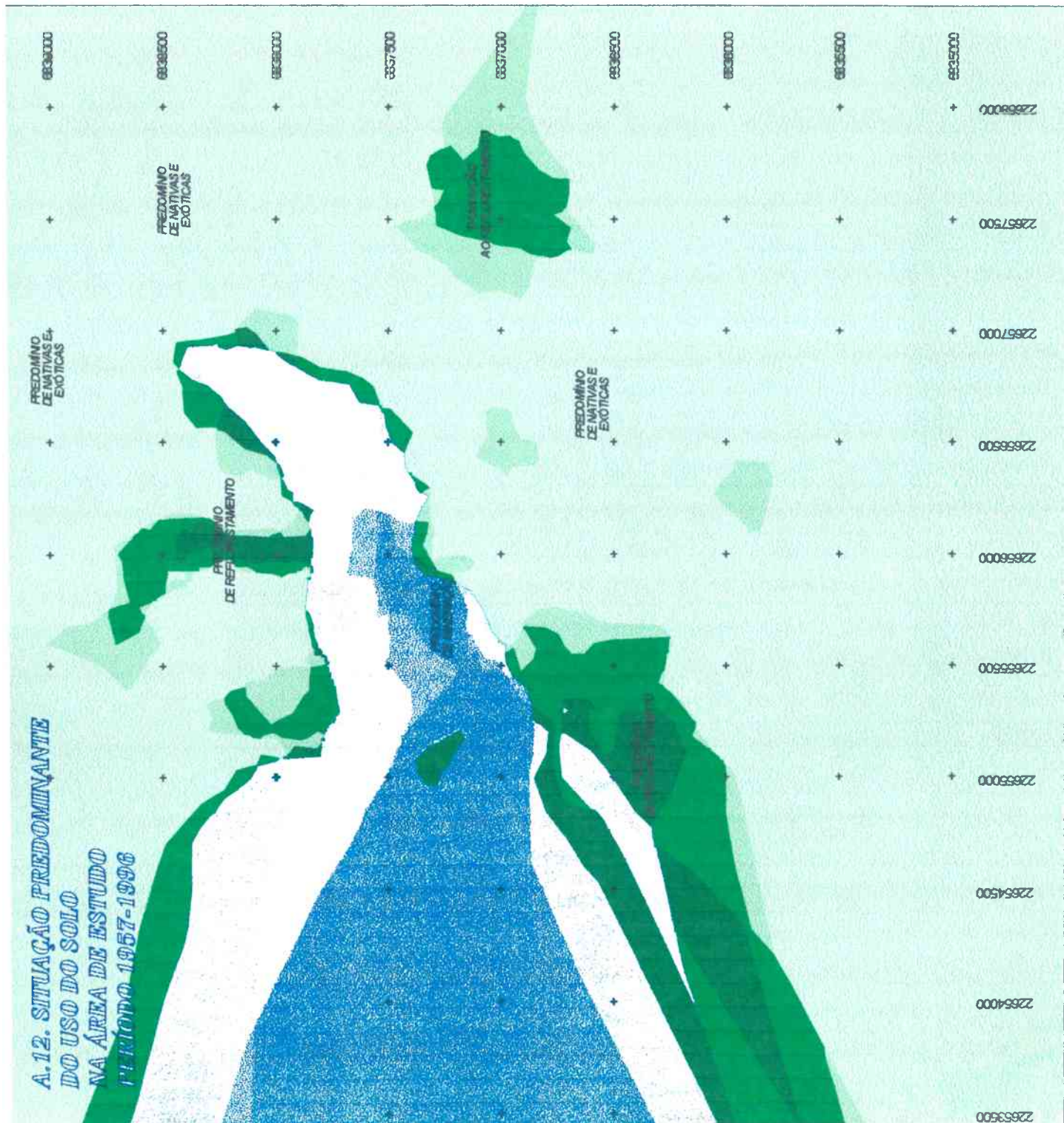
-  Predomínio de reflorestamento
-  Transição ao reflorestamento
-  Transição às nativas+exóticas
-  Predomínio de nativas+exóticas
-  Predomínio de mineração
-  Expansão inicial da mineração
-  Expansão recente da mineração
-  Expansão atual da mineração

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Corríforme - Fuso 22S - Origem 51°W

ESCALA  
**1:25000**



**A.12. SITUAÇÃO PREDOMINANTE  
 DO USO DO SOLO  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 PERÍODO 1957-1996**





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

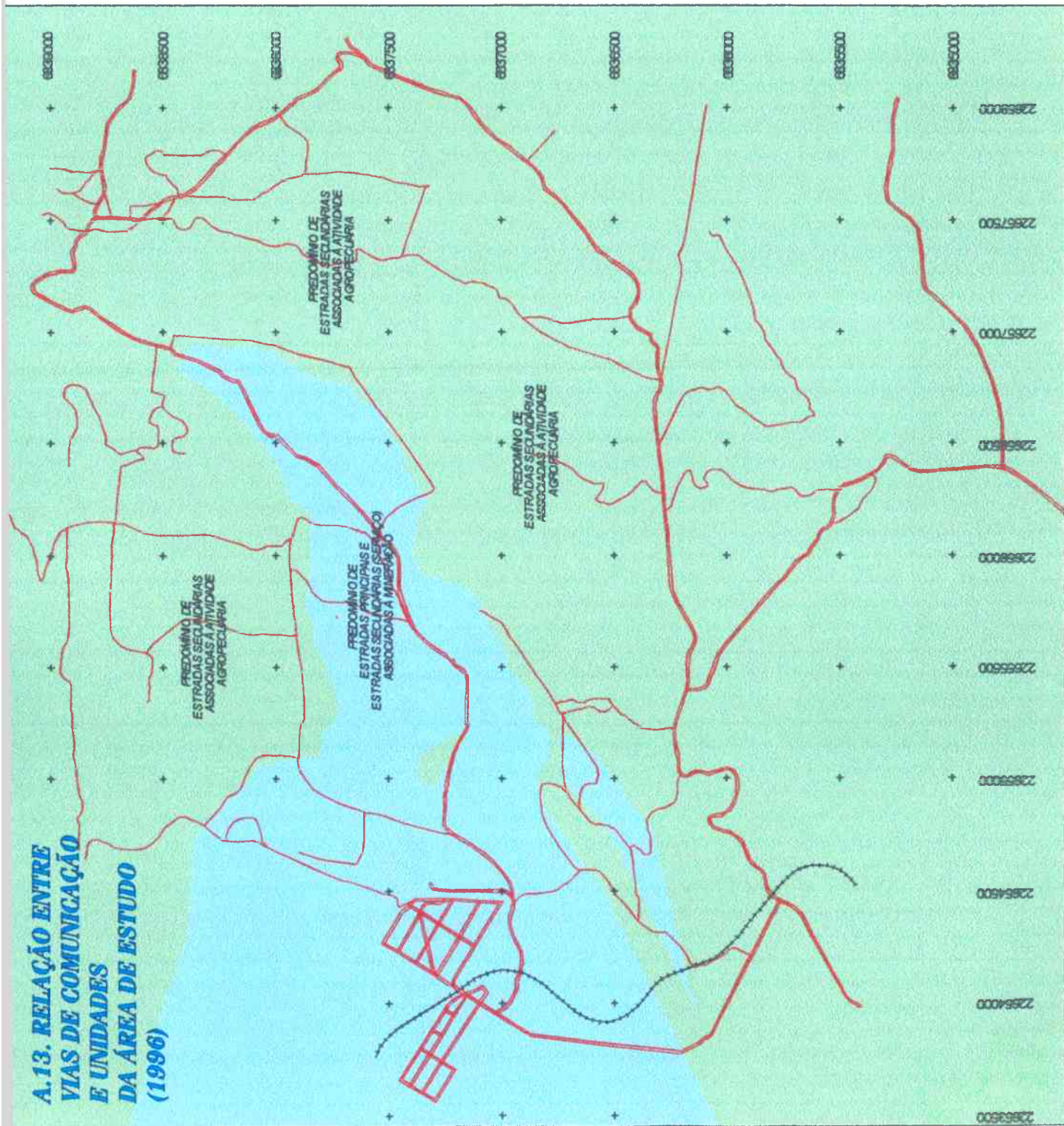
Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

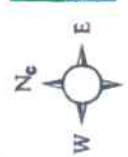
**RELAÇÃO REDE VIÁRIA E MACRO-UNIDADES**

-  Predomínio de estradas secundárias associadas à atividade agropecuária
-  Predomínio de estradas principais e secundárias associadas à mineração
-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro

**A.13. RELAÇÃO ENTRE VIAS DE COMUNICAÇÃO E UNIDADES DA ÁREA DE ESTUDO (1996)**



Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Conforme - Fuso 22S - Origem 51°W





UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Maio 2000

**REFERÊNCIAS**

**DISTÂNCIAS À REDE VIÁRIA**

- 0 - 100m
- 100 - 200m
- 200 - 300m
- 300 - 400m
- 400 - 500m
- Não computada

**USO DO SOLO**

- ATIVIDADE AGROPECUÁRIA
- ATIVIDADE AGROPECUÁRIA E DISTÂNCIA ACESSO > 200m
- MINERAÇÃO

**REDE VIÁRIA**

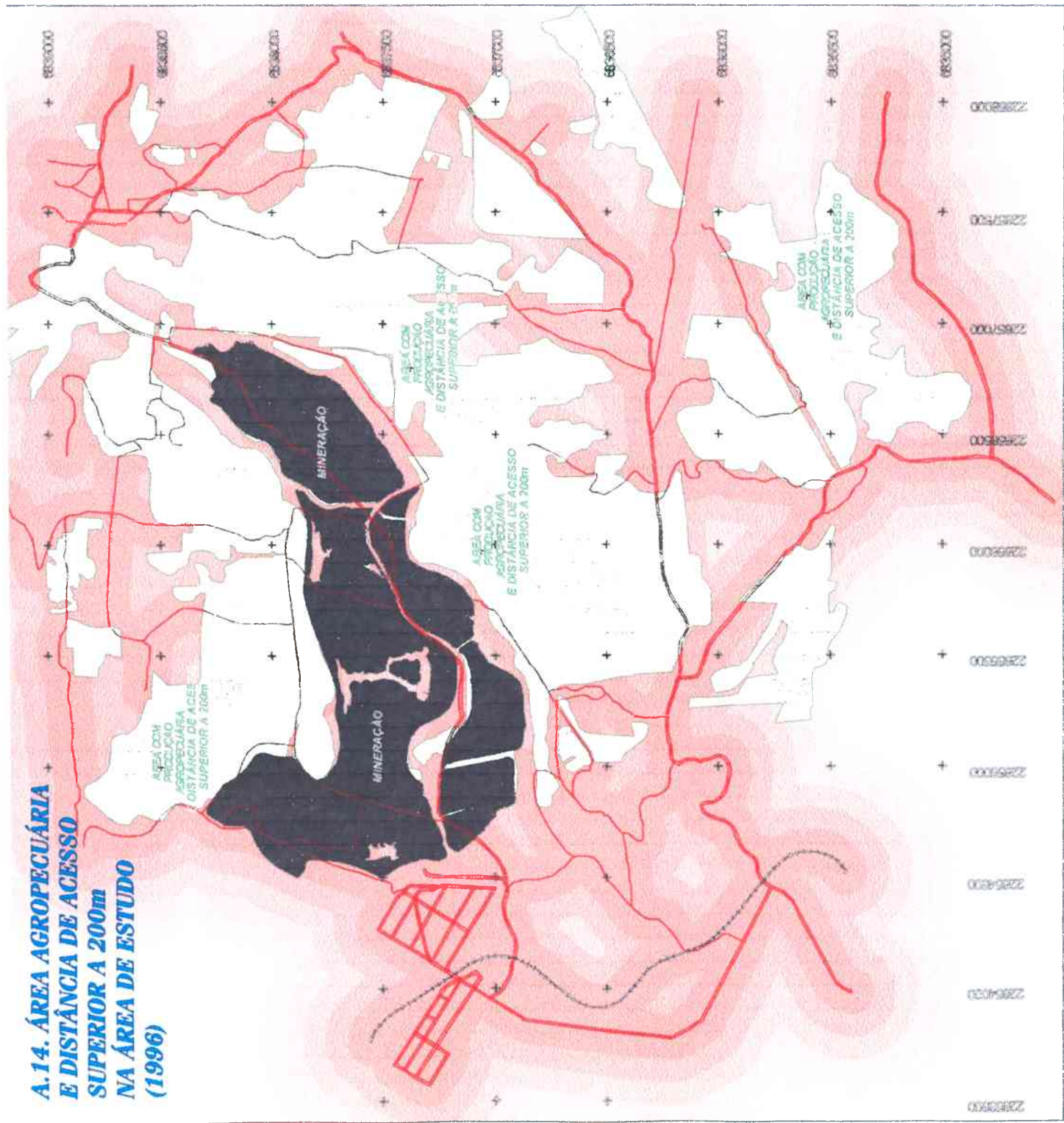
- ESTRADAS PRINCIPAIS
- ESTRADAS SECUNDÁRIAS
- ESTRADAS DE FERRO

Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Carthago - Fuso 23S - Origem 517W

**ESCALA**  
**1:25000**



**A.14. ÁREA AGROPECUÁRIA  
 E DISTÂNCIA DE ACESSO  
 SUPERIOR A 200m  
 NA ÁREA DE ESTUDO  
 (1996)**





## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERS, C. **Planificación comunal en el Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentina**. Spanische Version von Kommunalplanung in Alto Valle de Río Negro y Neuquén, Argentinien. Berlin, Deutschland : INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BERLIN. 1996. 243p.

ALMEIDA, A. C. **I Seminário de Fotogrametria aplicado a levantamentos Arquitetônicos e Arqueológicos**. SEFLA. 1992.

ANDRADE, D. F. P. N. de. **Fotogrametria Básica**. Ministério do Exército. IME. 218p. 1988.

ARAÚJO DUARTE, P. **Fundamentos de Cartografia**. Florianópolis, Brasil : EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC), 1994. 148p.

BAULES AGUILAR, A. Ejercicios prácticos de fotogrametría y fotointerpretación in: MEHL, H.; MIES, E. **Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales - Parte I: fundamentos teóricos y prácticos**. Feldafing, Deutschland : DEUTSCHE STIFTUNG FÜR INTERNATIONALE ENTWICKLUNG (DSE). 1997, 437p.

BEHAR, P.; ROCHA COSTA, A. Computação cooperativa no processo de construção coletiva de conhecimentos in: [http:// phoenix.sce.fct.unl.pt / ribie / cong\\_1996 / CONGRESO\\_HTML / 13 / RIBIE1.html](http://phoenix.sce.fct.unl.pt/ribie/cong_1996/CONGRESO_HTML/13/RIBIE1.html). Portugal. Data 10/09/1999.

BESTERFIELD, D. **Control de calidad**. Cuarta Edición. El Conde, Méjico : PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A. 1994. 507p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Rio de Janeiro : ED. ESPLANADA, 1997.

\_\_\_\_\_. **Diário Oficial da União (DOU)**. Nº164, Quinta-feira, 27 AGO 1998, Seção 1. Brasília, 1998.

\_\_\_\_\_. Lei 9605/98, de 13 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Rio de Janeiro : ED. ESPLANADA, 1998.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Diretoria de Cadastro e Tributação. **Cadastro de imóveis rurais**, manual de orientação. Brasília (DF) : [s.n.], [s.d.].

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Atlas do Brasil em CD-ROM**. Brasília : IBGE, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Geografia do Brasil : região Sul**. Volume 2. Rio de Janeiro : IBGE, 1990. 420p.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapeamento geral do Brasil - 1991**. Rio de Janeiro, 1991. 1 mapa : cor; 100 x 67 cm. Escalas várias. Projeção Policônica.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Folha SH.22-X-B-I-3 "Orleães"**. Rio de Janeiro, 1992. 1 mapa : cor; 75 x 58 cm. Escala 1:50.000. Projeção UTM fuso 22.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Folha SH.22-X-A-III-4 "Bom Jardim da Serra"**. Rio de Janeiro, 1976. 1 mapa : cor; 75 x 58 cm. Escala 1:50.000. Projeção UTM fuso 22.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Folha SH.22-X-A-VI-2 "São Bento Baixo"**. Rio de Janeiro, 1976. 1 mapa : cor; 75 x 58 cm. Escala 1:50.000. Projeção UTM fuso 22.

\_\_\_\_\_. Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Folha SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma"**. Rio de Janeiro, 1976. 1 mapa : cor; 75 x 58 cm. Escala 1:50.000. Projeção UTM fuso 22.

BRONSHTEIN, I.; SEMENDIAEV, K. **Manual de matemáticas para ingenieros y estudiantes**. 2ª Edición. Moscú, U.R.S.S. : MIR, 1973. 696p.

CASSOL, R. **Zoneamento ambiental elaborado com variáveis otimizadas estatisticamente, geradas por técnicas cartográficas**. São Paulo, Brasil, 1996. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de São Paulo (UFSP), Brasil.

CAUVIN, C. Cartographic reasoning and cartographic principles. In: BÄHR, H.; VÖGTLE, T. (Ed.) **SIG for environmental monitoring**. Chapter III Data processing and information extraction. Stuttgart, Germany : SCHWEIZERBART, 1999. 357p.

CHRISTIANSEN, T.; CHRIST, H.; HANSMANN, B. SIG in German Technical Co-operation projects: the status quo in 1996 in: MEHL, H.; MIES, E. **Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales - Parte I: fundamentos teóricos y prácticos**. Feldafing, Deutschland : DEUTSCHE STIFTUNG FÜR INTERNATIONALE ENTWICKLUNG (DSE). 1997, 437p.

CORRÊA H.; OLIVEIRA, R. **Aspectos sobre carvão mineral** : Centrais elétricas de Santa Catarina – CELESC. Assesoria de fontes alternativas. Florianópolis, Brasil : ESTADO DE SANTA CATARINA – IMPRENSA OFICIAL DO ESTADO, Dez. 1983. 39p.

CORTESÃO, A. **Cartografia portuguesa antiga**. Lisboa : COMISSÃO EXECUTIVA DAS COMEMORAÇÕES DO QUINTO CENTENÁRIO DA MORTE DO INFANTE D. HENRIQUE, 1960. 195p.

DA SILVA, J.; SOUZA, M. **Análise ambiental**. Rio de Janeiro, Brasil : EDITORIAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO DE JANEIRO. 1988. 199p.

DAL POZ, A. P. **Mapeamento por técnicas fotogramétricas**. Universidade Federal de Viçosa-MG. 1992. 90p.

DESCARTES RENÉ. **Regulæ ad directionem ingenii - Versión en español basada en la versión original de 1629**. Buenos Aires, Argentina : EDITORIAL AGUILAR, 1983. 263p.

EBNER, H.; FRITSCH, D.; HEIPKE, C. (Ed.) **Digital photogrammetric systems**. Karlsruhe, Deutschland : WICHMANN, 1991. 343p.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **Working with the ArcView® Spatial Analyst**. Redlands, United States : ESRI. 1996.

GIACOMO, M. G. G. DI. **Una Geografia per l'agricoltura**. Volume primo. Roma: REDA EDIZIONE PER L'AGRICOLTURA, 1992. 367p.

GUGLIELMI, R. O desafio da energia. In : CONGRESSO DE MINERAÇÃO (9. : 1979 : Ouro Preto, MG, Brasil). **Palestras**. Ouro Preto, MG, Brasil : [s.n.], 1979.

HENSSEN, J.; WILLIAMSON, I. Land registration, cadastre and its interaction - a world perspective in: GRANT, D.; WILLIAMSON, I. **Administering our land**. Cessnock, Australia : CADASTRAL AND LAND MANAGEMENT COMMISSION OF THE INSTITUTION OF SURVEYORS, AUSTRALIA, INC., 1997.

ICMSC. Tutorial introdutório sobre redes neurais artificiais, em especial sobre as redes multi layer Perceptron treinadas com BackPropagation in: **http: // www.icmsc.sc.usp.br / ~andre / neural3.html**. São Paulo. Data 10/09/1999.

IGAC - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. **Conceptos básicos sobre Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica.** Santa Fe de Bogotá, Colombia : GRÁFICAS COLORAMA, 1995.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Cadastro Técnico Rural : manual operacional.** Curitiba : SEMA/GTZ, 1995. 51p.

JOLY, F. **La cartografía.** Barcelona, España : EDICIONES OIKOS-TAU S. A., 1988.

KER-CHANG CHANG, H.; CHENG, L.; LIAO, S.; KUO, C. Breadth first linear quadrees for water resource management in Geographical Information Systems in: KOVAR, K.; NACHTNEBEL, H. P. **Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management.** Oxfordshire, United Kingdom : INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES. 1996, 711p.

KÖRNER, A.; GONZÁLEZ LEIVA, J.; HENRÍQUEZ REYES, M.; RIOSECO HORNAZÁBAL, R. **Cartografía temática.** Santiago de Chile : EDICIONES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, 1988. 129p.

LAM, D.; SWAYNE, D. A hybrid expert system and neural network approach to environmental modelling: SIG applications in the RAISON system in: KOVAR, K.; NACHTNEBEL, H. P. **Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management.** Oxfordshire, United Kingdom : INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES. 1996, 711p.

LARSSON, G. **Land registration and cadastral systems : tools for land information and management.** Essex, United Kingdom : LONGMAN LTD., 1996.

LE CORBUSIER. **Principios de urbanismo.** Barcelona, España : PLANETA - DE AGOSTINI. 1986, 151p.

LIBAULT, A. **Geocartografia**. São Paulo (SP) : Companhia Editora Nacional, Editora da USP, 1975.

LILLESAND, T; KIEFER, R. **Remote sensing and image interpretation**. New York, United States of America : JOHN WILEY & SONS. 2<sup>nd</sup> Edition. 1987, 721p.

LILLESAND, T; KIEFER, R. **Remote sensing and image interpretation**. New York, United States of America : JOHN WILEY & SONS. 3<sup>rd</sup> Edition. 1994, 750p.

LINSLEY, R.; KOHLER, M.; PAULHUS, J. **Hidrología para ingenieros**. México : McGraw-Hill, 1981. 386p.

LOCH, C.; CAETANO, L.; DE CAMPOS, M. **Cadastro rural de uma região prioritária no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis (SC) - Coordenação de Legitimação e Cadastramento de Terras Devolutas (COLECATE), 1984.

LOCH, C.; KIRCHNER, F. Aplicações das imagens de satélites no mapeamento cadastral” in : Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (5 : 1988 : Natal (RN)). **Anais**. Salvador (BA).

LOCH, C.; LAPOLLI, E. M. **Elementos básicos da fotogrametria e sua utilização prática**. 4a ed. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994. 87p.

LOCH, R. Algumas considerações sobre a base cartográfica in : Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário (1 : 1994 : Florianópolis (SC)). **Anais**.

\_\_\_\_\_. **Estruturação de dados geográficos para a gestão de áreas degradadas pela mineração**. Curitiba, Brasil, 2000. Tese (Doutorado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná (UFPR), Brasil.

LUMNI. Inteligência Artificial in: [http:// www.lumni.com.br / internetpp / INTELIGENCIA.HTML](http://www.lumni.com.br/internetpp/INTELIGENCIA.HTML). Brasil. Data 10/09/1999.

MAGELLAN SYSTEMS CORPORATION. **Magellan GPS 2000 System navigator : user guide**. San Dimas, California : Magellan Systems Corporation. 1995. 71p.

MANDELBROT, B. **La geometria fractal de la naturaleza**. Barcelona, España : Tusquets Editores, 1997. 662p.

MANEJO DE ÁREAS NATURAIS PROTEGIDAS (1997 : Curitiba). **Unidades de conservação, conceitos básicos e princípios gerais de planejamento, manejo e administração**. Curitiba, Brasil : UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE, 1997.

MÁRKUS, B. Decision making in SIG. In: BÄHR, H.; VÖGTLE, T. **SIG for environmental monitoring**. Chapter IV SIG application for environmental monitoring. Stuttgart, Germany : SCHWEIZERBART, 1999. 357p.

MICROSOFT CORPORATION. **Language reference – Microsoft FoxPro**. [s.l.] : Microsoft Corporation, 1993.

MIRETTI, R. **Apuntes de Cartografía**. Apostila (Cátedra de Cartografía). Santa Fe, Argentina : Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, 1991.

MORUS, T. **De optimo republicae statu deque nova insula Utopia - Versão em português da edição original de 1516**. Porto Alegre, Brasil : L&PM. 1997, 167p.

NAÇÕES UNIDAS. Declaração Universal dos Direitos do Homem de 1948. Rio de Janeiro : ED. ESPLANADA, 1997.

OLIVEIRA, R.; LUZ, G. Informatização do Planejamento Municipal numa Estruturação Evolutiva: Uma Experiência do Canadá. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (3 : 1998 : Florianópolis, Brasil). **Anais**. Florianópolis (SC), Brasil.

PIAGET, J. **Psicología y epistemología**. Barcelona, España : PLANETA - DE AGOSTINI. 1985, 189p.

PICHETTI, A. **História de Santa Catarina**. Curitiba, Brasil : GRAFIPAR, 1970.

PINTO DA VEIGA, O. O problema do carvão catarinense. In : SEMINÁRIO SÓCIO-ECONÔMICO DE SANTA CATARINA. **Palestras**. [s.l.] : Confederação Nacional da Indústria. Federação das Indústrias de Santa Catarina. Serviço Social da Indústria, 1961.

PIRES, F.; BAUZER MEDEIROS, C. **Um ambiente computacional de modelagem de aplicações geográficas**. Caderno de Informações Georreferenciadas (CIG), Vol. 1, Nº 1, Ano 4 no endereço <http://www.cig.com.br> na data 23 out. 1999.

PRETTO KELN, D.; NOGUEIRA LOCH, R.; LOCH, C. O Cadastro Técnico Multifinalitário como Ferramenta de Avaliação da Progressão da Degradação Ambiental em Área de Mineração de Carvão. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (3 : 1998 : Florianópolis, Brasil). **Anais**. Florianópolis (SC), Brasil.

REIGNIER, F. **Les systèmes de projection et leurs applications a la géographie, a la cartographie, a la navigation, a la topométrie, etc...** Tome I texte. Paris, France : INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL, 1957. 312p.

SACHS, I. **Ecodesenvolvimento - crescer sem destruir**. São Paulo, Brasil : EDIÇÕES VÉRTICE, 1986a. 194p.

SACHS, I. **Espaços, tempos e estratégias de desenvolvimento**. São Paulo, Brasil : EDIÇÕES VÉRTICE, 1986b. 208p.

SANTA CATARINA. Governo do Estado. Gov. Casildo Maldaner. **Diagnóstico do carvão mineral catarinense**. Florianópolis, Mar. 1997.



SARMIENTO, D. **Conflictos y armonías de las razas en América (basado en la edición original de 1883)**. Buenos Aires, Argentina : PEUSER, 1946. 357p.

SILVA NASCIMENTO, R. **Análise da organização espacial do uso e ocupação do solo através do Cadastro Técnico Multifinalitário rural**. Florianópolis, Brasil, 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Cadastro Técnico Multifinalitário) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil.

SIMÕES SILVA, A. Cadastro Técnico Multifinalitário: proposta de atualização automática. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO (3 : 1998 : Florianópolis, Brasil). **Anais**. Florianópolis (SC), Brasil.

STRANDBERG, C. **Manual de fotografia aérea**. Barcelona, España : OMEGA, 1975. 268p.

TOLEDO NEDER, R. Limites político-institucionais ao desenvolvimento sustentável no Brasil in: HOGAN, D.; FREIRE VIEIRA, P. (Ed.). **Dilemas socioambientales e desenvolvimento sustentável**. Campinas, Brasil : EDITORA DA UNICAMP. 1995, 234p.

VAN DIJK, M.; BOEKELNAN, R.; RIENTJES, T. Modelling of hydrological processes. In: BÄHR, H.; VÖGTLE, T. **SIG for environmental monitoring**. Chapter IV SIG application for environmental monitoring. Stuttgart, Germany : SCHWEIZERBART, 1999. 357p.

VANLESBERG, S. **Apuntes de Estadística**. Apostila (Cátedra de Estadística). Santa Fe, Argentina : Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, Universidad Nacional del Litoral, 1998.

VELOSO, H. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro : IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

VERGARA SÁNCHEZ, M. **Técnicas de modelación en hidráulica**. México ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. 1995, 294p.

WILLIAMSON, I. The justification of cadastral systems in developing countries in: GRANT, D.; WILLIAMSON, I. **Administering our land**. Cessnock, Australia : CADASTRAL AND LAND MANAGEMENT COMMISSION OF THE INSTITUTION OF SURVEYORS, AUSTRALIA, INC., 1997.

WOLF-SCHUMANN, U; VAILLANT, S. TimeView: a time series management system for SIG and hydrological systems in: KOVAR, K.; NACHTNEBEL, H. P. **Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management**. Oxfordshire, United Kingdom : INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES. 1996, 711p.

WORLD ENERGY COUNCIL. **Estatística brasileira de energia. Boletim anual do Comitê brasileiro do Conselho Mundial da Energia**. N°43, ano XXXIII. Rio de Janeiro, Brasil, 1997. 56p.

WURTZ, M. Introduire les SIG dans une école d'ingénieurs pour l'eau et l'environnement in: KOVAR, K.; NACHTNEBEL, H. P. **Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources Management**. Oxfordshire, United Kingdom : INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES. 1996, 711p.

## **APÉNDICES**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
 Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil  
 Área de Cadastro Técnico Multifinalitário

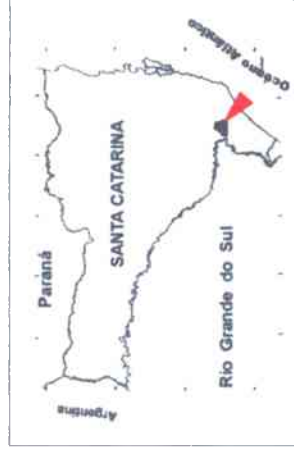
Dissertação de Mestrado

APLICAÇÃO DE MODELOS CARTOGRÁFICOS  
 PARA SIMPLIFICAÇÃO, PROGNÓSE E DECISÃO  
 NOS ESTUDOS AMBIENTAIS  
 DA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

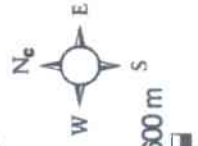
Mestrando: ROQUE ALBERTO SÁNCHEZ DALOTTO  
 Cartógrafo (UNL - Argentina)  
 Orientador: Prof. Dr. CARLOS LOCH  
 Florianópolis (SC), Brasil - Março 2000

**REFERÊNCIAS**

-  Cursos principais
-  Cursos secundários
-  Lagos artificiais
-  Estradas principais
-  Estradas secundárias
-  Estradas de ferro



Projeção Mercator Transversa Universal (UTM)  
 Corríforme - Fuso 22S - Origem 51°W



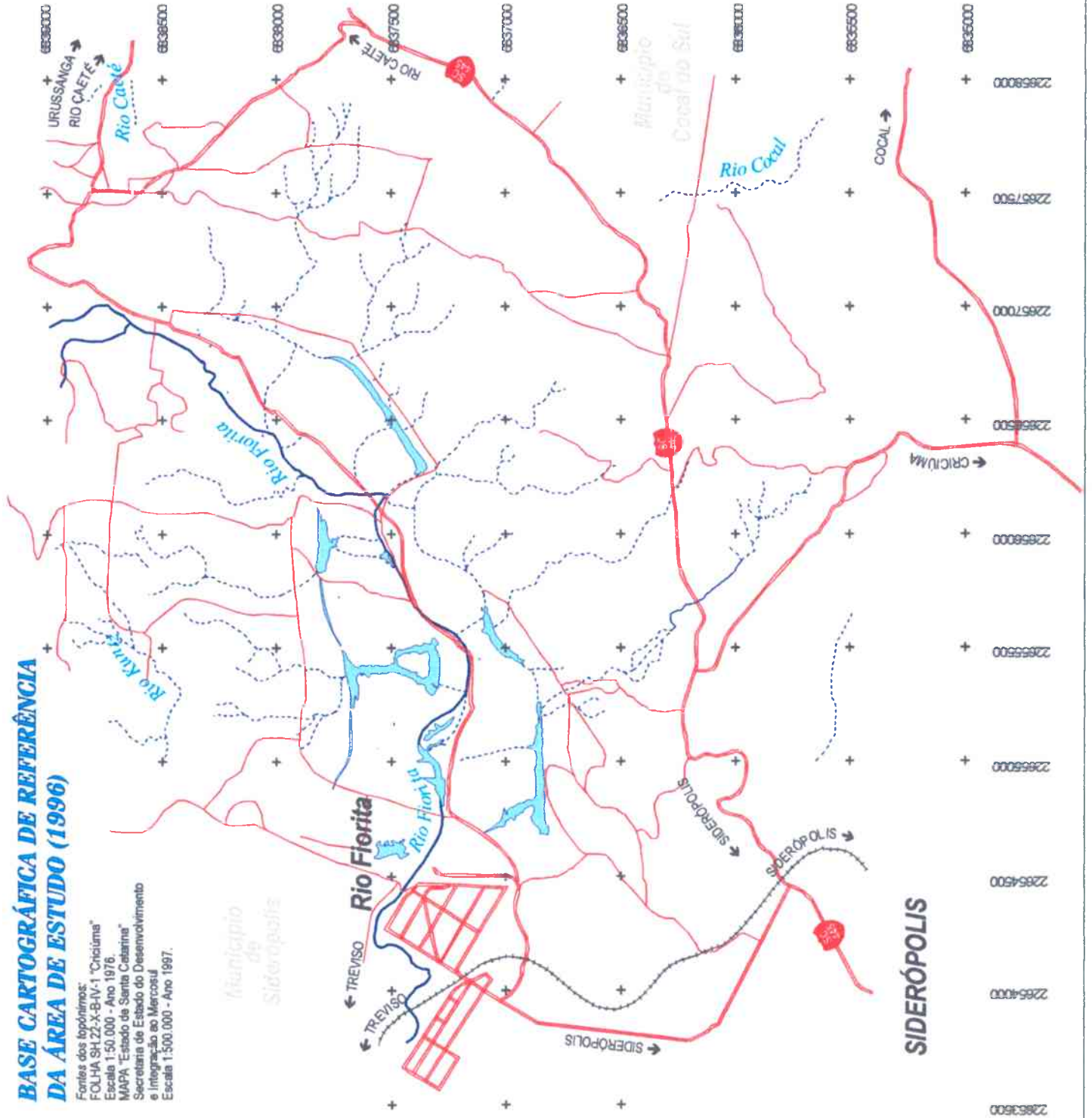
ESCALA  
**1:25000**



**BASE CARTOGRÁFICA DE REFERÊNCIA  
 DA ÁREA DE ESTUDO (1996)**

Fontes dos topônimos:  
 FOLHA SH.22-X-B-IV-1 "Criciúma"  
 Escala 1:50.000 - Ano 1976.  
 MAPA "Estado de Santa Catarina"  
 Secretaria de Estado do Desenvolvimento  
 e Integração ao Mercosul  
 Escala 1:500.000 - Ano 1997.

Município de  
 Siderópolis



## GLOSSÁRIO

As palavras incluídas no glossário estão relacionadas á função das mesmas no texto, podendo ter significados mais amplos na linguagem corrente.

**ANTRÓPICO:** Paisagem modificado total ou parcialmente pela ação do homem. Contrário de natural.

**BANDA TM:** Setor do espectro radioelétrico no qual são sensíveis os sensores imageadores TM, operativos nos satélites Landsat.

**BASE DE DADOS:** Coleção de registros estreitamente vinculados às estruturas geográficas disponíveis para representar os fenômenos espaciais do SIG

**CARTA:** Representação simplificada de uma parte da superfície da Terra reduzida em tamanho ao plano. Para alguns autores, o termo é aplicável quando a escala de representação é superior a 1:500.000.

**CÉU ABERTO:** Tipo de exploração do carvão realizada diretamente por remoção da capa superficial de terreno até atingir as camadas de mineral subjacente, economicamente aproveitáveis.

**COBERTURA DO SOLO:** Conjunto de elementos naturais e/ou antrópicos que são registrados mediante as técnicas de sensoriamento remoto, passíveis de serem fotointerpretados.

**COBERTURA:** Camada superficial de espessura variável que encontra-se sobre as jazidas de carvão e precisa ser removida para facilitar a exploração do mineral a céu aberto.

**CONNECTIVIDADE:** Grau de ligação espacial existente entre os nós e segmentos, elementos que compõem as redes.

**COORDENADA:** Grandeza que serve para determinar a posição de um ponto no espaço bidimensional, tridimensional ou n-dimensional.

**COSENO:** Função trigonométrica definida pela relação do lado adjacente e a hipotenusa nos triângulos retângulos.

**DECISÃO:** Ação de resolver uma situação determinada em função das alternativas disponíveis.

**DEFLEXÃO:** Variação ou relação existente entre trajetos reais e distância euclidiana entre dois pontos de uma rede.

**DEFORMAÇÃO:** Alteração por causa da aplicação de uma projeção cartográfica na forma ou aspecto primitivo que apresentava uma feição sobre a superfície da Terra.

**DIGITAL:** Processo que é desenvolvido por computador.

**ERRO ABSOLUTO:** Diferença entre a magnitude observada e a verdadeira. É o indicador básico de qualidade das medições.

**ESCALA:** Relação calculada a partir do quociente de uma magnitude representada no papel e sua verdadeira magnitude no terreno. A inversa matemática da escala define o módulo escalar.

**ESTEREOGRAMA:** Representação no plano mediante setores de fotografias aéreas adequadamente dispostas que permite a observação tridimensional do terreno.

**ESTEREOSCOPIA:** Técnica que permite, a partir do uso adequado das fotografias aéreas, a visão e exploração tridimensional do terreno.

**ESTÉRIL:** Material piritoso resultado da mineração que esgotou o conteúdo de carvão mineral economicamente aproveitável.

**EXÓTICA:** Espécie vegetal não originária da região, introduzida na área artificialmente, geralmente com fins de exploração econômica.

**FEIÇÃO:** Aspecto ou forma básica constitutiva de um SIG. São consideradas o ponto, a linha e o polígono.

**FOTOINTERPRETAÇÃO:** Técnica baseada na observação crítica e racional das fotografias aéreas para obter dados da superfície representada. Esta técnica requer treinamento e conhecimentos prévios, partindo da idéia fundamental que reconhecer é conhecer.

**FUSO:** Área compreendida entre dois meridianos, desde o pólo Norte até o pólo Sul. Na projeção Mercator Transversa Universal, os fusos têm amplitude longitudinal de 3°.

**GEORREFERENCIACÃO:** Processo normalmente desenvolvido por computador, que possibilita definir um sistema de coordenadas de referencia conhecido para arquivos de imagens ou vectores.

**GRAFO:** Representação simplificada de uma rede, obtido a partir da união dos nós constitutivos da mesma mediante segmentos retos.

**HETEROGÊNEO:** dessemelhança entre os aspectos, tons, texturas ou formas das feições fotointerpretadas.

**HOMOGÊNEO:** Semelhança entre os aspectos, tons, texturas ou formas das feições fotointerpretadas.

**IMAGEM:** Representação pictórica em formato digital dos dados obtidos mediante processos de sensoriamento remoto.

**INFRAVERMELHO:** Setor do espectro electromagnético localizado entre os comprimentos de onda de  $0.7\mu\text{m}$  até aproximadamente  $3\mu\text{m}$ . Para este setor, são desenhados múltiplos sensores que fornecem dados destinados principalmente aos estudos de vegetação.

**LANDSAT:** Série de satélites norte-americanos destinados à observação da Terra.

**LATITUDE TRANSVERSA:** Na definição dos elementos das projeções cilíndricas transversas tangentes (Gauss) ou secantes (UTM) corresponde ao arco de circunferência máxima compreendida entre o Pseudo-Equador de tangência ou secância e o pseudo-paralelo do ponto de interesse.

**LATITUDE:** Arco de meridiano compreendido entre o Equador e o paralelo do ponto de interesse.

**LAVRA:** Terreno do qual se extrai mineral.

**LAYOUT:** Arquivo padrão para desenho de cartografia por computador, contendo os elementos repetitivos que são normalmente utilizados, tais como a seta do Norte, escala, referências, nomes da instituição, coordenadas e outros.

**LITOLOGIA:** Conjunto de rochas sedimentarias, ígneas e metamórficas que caracterizam uma área ou região.

**LONGITUDE:** Arco de paralelo compreendido entre o Meridiano de Origem e o meridiano do ponto de interesse.

**MINERACÃO:** Atividade econômica que visa à extração de minério.

**MODELO:** Representação simplificada de um objeto, fenômeno ou processo mediante relação conhecida entre o objeto real ou protótipo e sua imagem física ou analítica.

**MODULO DE ALTERACÃO:** Expressão matemática que permite quantificar as deformações lineares, areais ou angulares produzidas por uma projeção cartográfica. São expressados normalmente no sentido dos paralelos e meridianos ou no sentido dos eixos da elipse que fica definida.

**NATIVA:** Espécie vegetal originaria da região.

**NATURAL:** Paisagem não modificada pela ação do homem, em condições prístinas ideais. Contrário de antrópico.

**NÓ:** Componente das redes, formado pela convergência de dois ou mais segmentos.

**ON-SCREEN:** Procedimento que mediante periféricos do computador tais como o mouse ou ponteiros especiais, permite definir elementos de interesse diretamente na tela do monitor.

**OPERADOR LÓGICO:** Critério mediante o qual podem ser resolvidas operações booleanas tais como união e interseção de feições dentro dos SIG.

**PENDENTE:** Tangente trigonométrica, visualizada pela inclinação do segmento entre dois pontos.

**pH:** Indicador do grau de acidez, neutralidade ou basicidade de uma solução, definido como o logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio.

**PIONEIRA:** Espécie vegetal nativa ou exótica precursora na aparição em relação às outras depois de ter sido alterada significativamente a cobertura vegetal preexistente.

**PROGNOSE:** A conjectura do que pode acontecer na evolução de um fenômeno ou processo no futuro, considerando-se as tendências atuais evoluindo sem interferências posteriores.

**PROJEÇÃO:** Procedimento matemático ou gráfico que permite representar a totalidade ou parcialidade da superfície da Terra ou outro astro sobre uma superfície plana. Embora sua complexidade, este procedimento pode ser resolvido a partir da aplicação de técnicas apropriadas mediante programas computacionais.

**QUALIDADE:** Aspecto e característica mensurável de um produto que permite satisfazer as necessidades postuladas em padrões predefinidos.

**QUERY:** Consulta geralmente de carácter topológico efetuada pelo usuário ao SIG com a finalidade de quantificar ou qualificar relações existentes entre as feições representadas.

**RASTER:** Estrutura de arquivo tipo matricial, constituída por elementos dispostos em duas dimensões, principalmente utilizada para o armazenamento de dados provenientes de imagens.

**REDE HIDROGRÁFICA:** Conjunto de canais superficiais naturais ou artificiais, de vazão permanente ou temporária, que apresentam diversa largura e relação entre eles, conformando padrões definidos pela litologia.

**REDE VIÁRIA:** Conjunto de caminhos que apresentam diversa largura e relação entre eles, com função variada, conformando padrões controlados especialmente pelo relevo.

**REJEITO:** Material piritoso resultado das primeiras fases de exploração do carvão, que ainda não esgotou o conteúdo de mineral economicamente aproveitável.



**RESOLUÇÃO:** Poder de discriminação de um sensor entre dois valores contíguos. Em sensoriamento remoto, utilizam-se as resoluções espacial, espectral, temporal e radiométrica.

**SCANNER:** Periférico do computador cuja função é converter os dados em suporte analógico para o meio digital, gerando uma imagem que poderá ser armazenada em arquivo tipo raster.

**SEGMENTO:** Linha reta compreendida entre dois nós de uma rede.

**SIDERURGIA:** Indústria destinada ao processamento do ferro e elaboração do aço.

**SIMPLIFICACÃO:** Técnica utilizada em Cartografia, consistente na redução à descrição ou representação de uma situação real complexa a termos menores cuja análise separada facilita o entendimento e compreensão do fenômeno estudado.

**SULFATO:** Sal do enxofre comum nas áreas de rejeitos piritosos de carvão mineral.

**TEMA:** Componente das vistas do SIG onde são reunidas tematicamente as feições interpretadas.

**TENDÊNCIA:** Propensão de um fenômeno ou processo a evoluir no tempo de certa forma que pode ser prognosticada mediante estudos específicos.

**TM:** Sensor imageador denominado Mapeador Temático ou *Thematic Mapper*, operativo para observação da Terra em diferentes comprimentos de onda desde os satélites Landsat.

**UNIDADE:** Grande unidade ambiental, geográfica, econômica ou de outro tipo, obtida por generalização cartográfica mediante reunião de unidades homogêneas menores, ou determinada a partir do estudo da área em escala meia ou pequena.

**VECTOR:** Estrutura de arquivo constituída pela designação das coordenadas origem e fim de cada segmento ou vector que representam uma figura. Principalmente utilizada para o armazenamento de dados provenientes da interpretação de feições pontuais e lineares.

**VISÍVEL:** Setor do espectro electromagnético localizado entre os comprimentos de onda de  $0.4\mu\text{m}$  até aproximadamente  $0.7\mu\text{m}$ . O olho humano é sensível nestes comprimentos. Sensores imageadores são desenhados para obter dados da superfície da terra dentro desta faixa espectral.

**VISTA:** Conjunto de temas dentro de um SIG.