

GERSON ANTONIO JACOBS

**DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DOS MANANCIAIS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE CURITIBA – PR.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

**CURITIBA
2002**

Jacobs, Gerson Antonio

Dinâmica de uso e ocupação dos mananciais na Região Metropolitana de Curitiba – PR. Gerson Antonio Jacobs. – Curitiba, 2002.

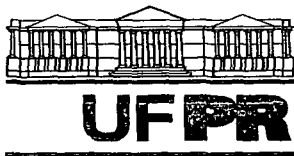
ix, 255 f.

Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1. Uso da terra. 2. Qualidade das águas. 3. Região Metropolitana de Curitiba

CDD 627

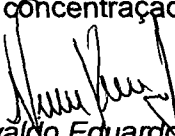
REPIDISCA 3200



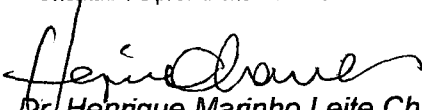
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico – CAMPUS III
80210-170 - CURITIBA - Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax. (41) 360.4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

PARECER
Defesa nº 457

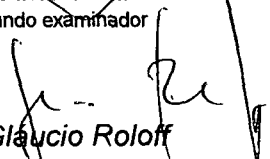
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o doutorando *GERSON ANTONIO JACOBS* em relação ao seu trabalho de tese intitulado “DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DOS MANANCIAIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - PR”, é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do acadêmico, habilitando-o ao título de *Doutor em Ciências Florestais*, na área de concentração em *Conservação da Natureza*.



Dr. Nivaldo Eduardo Rizzi

Professor e pesquisador do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR
Orientador e presidente da banca examinadora

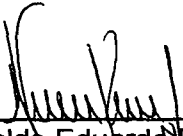

Dr. Henrique Marinho Leite Chaves
Diretor da Agência Nacional de Águas
Primeiro examinador


Dr. Carlos Mello Garcias
Professor e pesquisador do Departamento de Hidráulica da UFPR e PUC/PR
Segundo examinador


Dr. Gláucio Roloff
Professor e Pesquisador do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR
Terceiro examinador


Dr. Cleverson Vítório Andreolli
Professor e Pesquisador do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR
Quarto examinador

Curitiba, 28 de janeiro de 2002.



Nivaldo Eduardo Rizzi
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Franklin Galvão
Vice-coordenador

Dedico

Aos Professores que, da minha infância à Universidade, foram as pessoas que ajudaram demais a ser quem sou, fixando valores e consolidando parâmetros de honestidade, de respeito, de tolerância, de amor e humanismo que haviam sido colocados fortemente por seu Otto e dona Lucia, dois grandes amigos que me amam de fato e que trago comigo até hoje bem dentro de meu coração – por sincronismo, meus pais.

Aos pesquisadores do INPE,
em especial a equipe de desenvolvedores do SPRING,
por seu espírito inovador, participativo e dedicado à Ciência.

AGRADECIMENTOS

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e divulgação deste trabalho, em especial:

Sanepar – por disponibilizar os dados das Estações de Tratamento

Mineropar – por fornecer os mapas geológicos

COMEC – por disponibilizar as cartas planialtimétricas

IAP – por permitir que este trabalho fosse concluído

Suderhsa – por fornecer os dados de precipitação e vazão

Bibliotecárias – Regina (IAP), Evelyn e Liliane (Agrárias)

SEMA – por disponibilizar as imagens de satélite (1990 e 1999)

A

Alvaro, Avelino, Claudio, Cice, Edson, Elenice, Eloise, Gracie, Leda, Milton e Odete,
pelas diferentes contribuições.

Diana e Rasesa

que mesmo não entendendo souberam compreender a diferença.

Nivaldo E. Rizzi e Glaucio Roloff

pela amizade, confiança e diferente orientação.

Christopher, Glaucio, Gracie e Silvia

pelo incentivo à diferença, criatividade e ao crescimento.

Ademar, Alvaro, Cice, Claudia, Edson, Fernanda, Genora, Juarez, Junia, Marcia, Mauro Britto, Mauro Scharnik, Paula, Odete, Willians e Wilson.
muito mais do que Colegas

Aos Professores do Curso

pelos ensinamentos e possibilidade de desenvolvimento.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES DO ANEXO.....	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
APRESENTAÇÃO.....	1

CAPÍTULO I

DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

1.1	INTRODUÇÃO.....	4
1.1.1	SITUAÇÃO, LIMITES E EXTENSÃO.....	4
1.1.2	HIDROGRAFIA.....	7
1.1.3	CLIMA.....	10
1.1.4	VEGETAÇÃO.....	11
1.1.5	GEOLOGIA.....	13
1.1.6	RELEVO.....	15

CAPÍTULO II

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

2.1	INTRODUÇÃO.....	19
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.2.1.	Ordem dos cursos de água.....	22
2.2.2	Relação de bifurcação (R_b).....	23
2.2.3	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (R_{lm}).....	24
2.2.4	Relação entre a relação do comprimento médio dos canais e a relação de bifurcação (R_b).....	24
2.2.5	Relação ponderada de bifurcação (R_{pb}).....	25
2.2.6	Comprimento do rio principal (L).....	25
2.2.7	Extensão do percurso superficial (E_{ps}).....	26
2.2.8	Área das sub-bacias (A) e Perímetro das sub-bacias (P).....	26
2.2.9	Comprimento da bacia (L_b).....	27
2.2.10	Relação entre o comprimento do rio principal e área da bacia.....	27
2.2.11	Forma da bacia.....	28
2.2.12	Densidade de rios ou hidrográfica (D_h).....	29
2.2.13	Densidade da drenagem (D_d).....	30
2.2.14	Coeficiente de manutenção (C_m).....	30

2.2.15	Amplitude altimétrica máxima da bacia (H_m)	31
2.3	MATERIAL E MÉTODOS	31
2.3.1	Material cartográfico e equipamentos	31
2.3.2	Coleta e avaliação do material existente	32
2.3.3	Construção das bases cartográficas digital	32
2.3.4	Rede de drenagem	33
2.3.5	Curvas de nível	35
2.3.6	Bacia e sub-bacias hidrográficas	36
2.3.7	Obtenção e cálculo dos parâmetros das sub-bacias hidrográficas	36
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
2.4.1	PARÂMETROS ABSOLUTOS	37
2.4.2	PARÂMETROS RELATIVOS	55
2.5	CONCLUSÕES	61

CAPÍTULO III

SOLOS

3.1	INTRODUÇÃO	62
3.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	62
3.2.1	COMPILAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE MAPAS PARA ESTUDOS TEMÁTICOS	62
3.2.2	CARACTERÍSTICAS E FOTOINTERPRETAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM SUPERFICIAL PARA ESTUDOS DE SOLOS	65
3.2.2.1	Análises do relevo e fisiografia aplicadas à estudos de solos	66
3.2.3	PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SATÉLITE	67
3.2.3.1	Utilização de imagens orbitais em estudos de solos	69
3.2.3.2	Comportamento espectral dos solos em imagens orbitais	71
3.2.4	INTEGRAÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DE TRANSFORMAÇÃO IHS	74
3.2.4.1	Curvas de nível	75
3.2.4.2	Modelo numérico de terreno (MNT)	76
3.2.4.3	Mapa de declividade	77
3.2.5	INTEGRAÇÃO DE DADOS EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	77
3.2.5.1	O ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG)	79
3.2.5.2	Estrutura e representação de dados em ambiente de geoprocessamento	80
3.2.5.3	O uso do geoprocessamento em estudo de solos	82
3.3	MATERIAIS E MÉTODOS	83
3.3.1	MATERIAIS	83
3.3.1.1	Material temático	83
3.3.1.2	Material cartográfico	84
3.3.1.3	Material de sensoriamento remoto	84
3.3.1.4	Equipamentos e programas computacionais	84
3.3.1.5	Material de campo	85
3.3.2	MÉTODOS	85
3.3.2.1	Coleta e avaliação dos materiais básicos existentes	85
3.3.2.2	Estruturação da base de dados no SPRING	86
3.3.2.2.1	Entrada da planimetria	86
3.3.2.2.2	Entrada dos mapas de solos	86
3.3.2.2.3	Entrada da altimetria	88
3.3.2.2.4	Entrada das Imagens	89

3.3.2.2.5	Integração de dados do modelo numérico do terreno e imagens Landsat através de transformação IHS.....	90
3.3.2.3	Edição preliminar das linhas no AutoCAD.....	91
3.3.2.3.1	Edição da planimetria.....	91
3.3.2.3.2	Edição das linhas de solos e geração do mapa compilado preliminar.....	91
3.3.2.3.3	Edição das curvas de nível e geração do modelo numérico de terreno (MNT).....	92
3.3.2.4	Reestruturação e geração da legenda.....	93
3.3.2.5	Revisão da interpretação e ajuste das linhas de solos.....	93
3.3.2.6	Apoio de campo.....	94
3.3.2.7	Geração do mapa compilado de solos.....	94
3.3.2.8	Editoração do mapa final.....	94
3.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	96
3.4.1	RESULTADOS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS ORBITAIS.....	96
3.4.1.1	Composições coloridas padrões.....	96
3.4.1.2	Integração do relevo com as imagens LANDSAT – composição colorida obtida através da transformação IHS.....	96
3.4.2	RESULTADOS OBTIDOS NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	97
3.4.2.1	Integração dos dados, ajustes cartográficos e geração do mapa compilado preliminar de solos.....	97
3.4.3	IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA ÁREAS DOS SOLOS.....	99
3.4.3.1	Mapa de declividades.....	99
3.4.3.2	Legenda de identificação do mapa compilado de solos.....	99
3.4.3.2	Quantificação de áreas e representação gráfica.....	103
3.5	CONCLUSÕES.....	105

CAPÍTULO IV

USO DA TERRA

4.1.	INTRODUÇÃO.....	106
4.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	107
4.2.1	CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA.....	107
4.2.1.1	O processo de expansão urbana no Brasil.....	109
4.2.1.2	O processo de ocupação do Estado do Paraná e da RMC.....	111
4.2.2	UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS.....	118
4.2.2.1	Técnicas de classificação de imagens orbitais.....	118
4.2.2.1.1	Classificação supervisionada.....	118
4.2.2.2	A utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto na área de recursos naturais.....	118
4.2.2.3	Características espectrais da vegetação.....	121
4.2.2.4	Interpretação de imagens orbitais.....	123
4.2.2.5	Técnicas de detecção de alteração em imagens orbitais.....	124
4.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	125
4.3.1	SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA.....	125
4.3.1.1	Tipologias de uso da terra adotadas neste trabalho.....	126
4.3.2	ETAPAS DE OBTENÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS.....	136
4.3.2.1	Escala de trabalho.....	136
4.3.2.2	Registro.....	137
4.3.2.3	Contraste.....	137
4.3.2.4	Processamento digital.....	138

4.3.2.5	Classificação.....	139
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	139
4.4.1	VARIÁVEIS DA DINÂMICA ESPACIAL DO USO DA TERRA.....	139
4.4.2	PRECISÃO DAS CLASSIFICAÇÕES.....	149
4.5	CONCLUSÕES.....	150

CAPÍTULO V

RECURSOS HÍDRICOS

5.1	INTRODUÇÃO.....	151
5.2	REVISÃO DE LITERATURA.....	151
5.2.1	ASPECTOS QUANTITATIVOS.....	151
5.2.1.1	Disponibilidade de recursos hídricos.....	151
5.2.2	SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	155
5.2.2.1	Captações superficiais.....	155
5.2.2.2	Captações em reservatórios de acumulação.....	157
5.2.2.3	Captações subterrâneas.....	157
5.2.2.4	Curitiba – Sistema de Abastecimento de água.....	159
5.2.2.4.1	Histórico até os dias atuais.....	159
5.2.2.4.2	Sistema de abastecimento futuro.....	168
5.2.3	ASPECTOS QUALITATIVOS.....	172
5.2.3.1	Parâmetros indicadores da qualidade das águas.....	174
5.2.3.1.1	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	174
5.2.3.1.2	Turbidez da água.....	174
5.2.3.1.3	Cor.....	175
5.2.3.1.4	Alcanilidade total.....	175
5.2.4	TRATAMENTOS DA ÁGUA.....	176
5.2.4.1	Tratamentos físicos.....	177
5.2.4.2	Tratamentos químicos.....	181
5.2.5	ASPECTOS RELATIVOS ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS/DEGRADAÇÃO.....	182
5.2.6	ASPECTOS RELATIVOS ÀS QUESTÕES LEGAIS/LEGISLAÇÃO.....	186
5.3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	187
5.3.1	MATERIAIS.....	187
5.3.1.1	Obtenção dos parâmetros de qualidade de água “in natura” das ETA.....	187
5.3.1.2	Obtenção das quantidade de insumos utilizados para o tratamento das águas nas ETAs.....	188
5.3.1.3	Obtenção dos valores relativos à vazão e precipitação.....	188
5.3.2	MÉTODOS.....	189
5.3.2.1	Obtenção dos parâmetros de qualidade de água “in natura” das ETA (valores mensais/sazonais/períodos).....	189
5.3.2.2	Obtenção das quantidade de insumos utilizados para o tratamento das águas nas ETAs (valores mensais/sazonais/períodos).....	189
5.3.2.3	Obtenção dos valores relativos à vazão e precipitação.....	189
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	189
5.4.1	EM RELAÇÃO AO VOLUME DE ÁGUA.....	189
5.4.2	EM RELAÇÃO À QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	192
5.4.2	EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO QUÍMICO DAS ÁGUAS.....	199
5.4.2	EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DOS INSUMOS.....	205
5.5	CONCLUSÕES.....	207

CAPÍTULO VI

INTEGRAÇÃO

6.1	INTRODUÇÃO.....	209
6.2	RELAÇÕES ENTRE A MORFOMETRIA E OS SOLOS.....	209
6.3	RELAÇÕES ENTRE OS SOLOS, OS USOS DA TERRA E OS RECURSOS HÍDRICOS.....	211
6.4	RELAÇÕES ENTRE OS USOS DA TERRA E OS RECURSOS HÍDRICOS....	212
6.5	ESTADO ATUAL E PROJEÇÃO FUTURA.....	215

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	221
8	RECOMENDAÇÕES.....	222

REFERÊNCIAS

9.1	REFERÊNCIAS DA APRESENTAÇÃO E DO CAPÍTULO I.....	224
9.2	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO II.....	225
9.3	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO III.....	225
9.4	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO IV.....	230
9.5	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO V.....	232
9.6	REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO VI.....	234

ANEXOS

10.1	ANEXOS DO CAPÍTULO IV.....	236
10.2	ANEXOS DO CAPÍTULO V.....	242

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1.1	Divisão político-administrativa na área de abrangência do estudo.....	5
FIGURA 1.2	Bacias hidrográficas e hidrografia do Estado do Paraná.....	7
FIGURA 1.3	A área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iguaçu.....	8
FIGURA 1.4	Sub-bacias hidrográficas e estações localizadas na área de estudo.....	9
FIGURA 1.5	Mapa climático do estado do Paraná.....	10
FIGURA 1.6	Vegetação da área de estudo.....	12
TABELA 1.1	Sequência estratigráfica da região metropolitana.....	13
FIGURA 1.7	Mapa geológico da área de estudo.....	14
FIGURA 1.8	Mapa de relevos do Estado do Paraná.....	16
FIGURA 2.1	Representação simplificada de um modelo de bacia.....	20
FIGURA 2.2	Corte transversal de uma bacia hidrográfica.....	21
FIGURA 2.3	Hierarquia de uma bacia hidrográfica, conforme Horton e Strahler.....	23
TABELA 2.1	Quantidade de canais da bacia hidrográfica ilustrada na Figura 2.3, segundo os sistemas de Horton e Strahler.....	23
FIGURA 2.4	Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento de uma bacia hidrográfica.....	27
FIGURA 2.5	Representação da forma de uma bacia (A) circular (B) retangular e (C) triangular.....	28
FIGURA 2.6	Representação esquemática com cores da hierarquia fluvial.....	34
FIGURA 2.7	Representação esquemática das curvas de nível utilizando-se cores.....	35
TABELA 2.2	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Canguiri.....	37
TABELA 2.3	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Canguiri.....	37
FIGURA 2.8	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Canguiri.....	37
TABELA 2.4	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Curralinho.....	39
TABELA 2.5	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Curralinho.....	39
FIGURA 2.9	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Curralinho.....	39
TABELA 2.6	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Iraizinho.....	40
TABELA 2.7	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Iraizinho.....	40
FIGURA 2.10	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Iraizinho.....	41
TABELA 2.8	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Itaqui.....	42
TABELA 2.9	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Itaqui.....	42
FIGURA 2.11	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Itaqui.....	42
TABELA 2.10	Área (a) e Perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Palmital.....	43
TABELA 2.11	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Palmital.....	44
FIGURA 2.12	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Palmital.....	44
TABELA 2.12	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio do Meio.....	45
TABELA 2.13	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio do Meio.....	45
FIGURA 2.13	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio do Meio.....	46
TABELA 2.14	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Iraí.....	47

TABELA 2.15	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Iraí.....	47
FIGURA 2.14	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Iraí.....	47
TABELA 2.16	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Timbu.....	48
TABELA 2.17	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Timbu.....	48
FIGURA 2.15	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Timbu.....	49
TABELA 2.18	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Pequeno.....	50
TABELA 2.19	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Pequeno.....	50
FIGURA 2.16	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Pequeno.....	50
TABELA 2.20	Área (a) e perímetro (p), comprimento do rio principal e altitudes da sub-bacia do rio Piraquara.....	51
TABELA 2.21	Número e comprimentos total e médio dos segmentos da sub-bacia do rio Piraquara.....	51
FIGURA 2.17	Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Piraquara.....	52
GRÁFICO 2.1	Relações entre o número de canais de cada ordem pelo número de ordem u.....	53
GRÁFICO 2.2	Comprimento total dos canais de cada ordem (lt) em km pelo número de ordem.....	54
GRÁFICO 2.3	Comprimento médio (lm) dos canais de ordem u das sub-bacias hidrográficas.....	54
TABELA 2.22	Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (r_{lm}) e as ordens inferiores dos canais das sub-bacias hidrográficas.....	55
TABELA 2.23	Relação ponderada do comprimento dos canais (rp_{lm}) das sub-bacias hidrográficas.....	55
TABELA 2.24	Relação de bifurcação (r_b) entre os canais das sub-bacias hidrográficas.....	56
TABELA 2.25	Relação (r_b) entre a (r_{lm}) e a (r_b) entre os canais das sub-bacias hidrográficas.....	56
TABELA 2.26	Número de canais (nc) envolvidos na obtenção da relação de bifurcação (r_b) das sub-bacias hidrográficas.....	57
TABELA 2.27	Extensão do percurso superficial (eps) das sub-bacias hidrográficas.....	58
TABELA 2.28	Comprimento rio principal (l), fator de forma (kf) e coeficiente de compacidade (kc) das sub-bacias hidrográficas.....	58
TABELA 2.29	Densidade de drenagem (d_d) e densidade hidrográfica (d_h) das sub-bacias hidrográficas.....	59
TABELA 2.30	Coefficiente de manutenção (cm) das sub-bacias hidrográficas.....	60
FIGURA 3.1	Cone de cores do sistema IHS.....	74
FIGURA 3.2	Limites dos mapas de solos utilizados e limites da área de estudo.....	88
FIGURA 3.3	Diagrama esquemático ilustrando o processo de transformação IHS.....	91
FIGURA 3.4	Fluxograma demonstrativo da metodologia.....	95
FIGURA 3.5	Realce Linear de Contraste aplicado as bandas 3, 4 e 5 e a composição 4R5G3B da imagem.....	98
FIGURA 3.6	Mapa de declividades.....	100
FIGURA 3.7	Mapa compilado dos solos da área de estudo.....	101
FIGURA 3.8	Legenda de identificação das classes de solos.....	102
TABELA 3.1	Área e porcentagem de ocorrência das classes de solo por sub-bacia.....	104
TABELA 3.2	Área e porcentagem de ocorrência dos grupos de solos.....	104
FIGURA 4.1	Mapa do Brasil com a linha divisória do Tratado de Tordesilhas.....	112
FIGURA 4.2	Mapa da ocupação do Estado do Paraná pelas Reduções Jesuíticas.....	114
FIGURA 4.3	Mapa de ocupação da área de estudo.....	115
FIGURA 4.4	Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa.....	122
FIGURA 4.5	Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Mista Montana (Capões de araucária).....	128
FIGURA 4.6	Perfil esquemático de vegetação 4ª fase de sucessão secundária.....	130

FIGURA 4.7	Bloco diagrama esquemático da vegetação estépica.....	132
FIGURA 4.8	Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Inundações frequentes, sub-bosque quase inexistente).....	133
FIGURA 4.9	Perfil esquemático da Floresta Ombrófila Mista Aluvial (Inundações pouco frequentes, já com sub-bosque desenvolvido).....	134
FIGURA 4.10	Etapas do trabalho de interpretação de imagens de satélite.....	137
QUADRO 4.1	Áreas por tipos de uso da terra na área de estudo, 1976 – 1999.....	140
FIGURA 4.14	Dinâmica de uso da terra no período de 1976 à 1999.....	141
FIGURA 4.11	Mapa de uso da terra para o ano de 1990.....	143
FIGURA 4.12	Mapa de uso da terra para o ano de 1996.....	144
FIGURA 4.13	Mapa de uso da terra para o ano de 1999.....	145
QUADRO 4.2	Usos da terra por sub-bacia hidrográfica de 1976 à 1999.....	146
FIGURA 4.15	Dinâmica de uso da terra das sub-bacias hidrográficas para o período de 1976-99, para a tipologia VII (urbano).....	148
FIGURA 4.16	Dinâmica de uso da terra das sub-bacias hidrográficas para o período de 1976-99, para a tipologia I (Floresta Ombrófila Mista Montana).....	149
FIGURA 5.1	Ilustração esquemática da distribuição da água no Planeta sob a forma de uma garrafa.....	152
FIGURA 5.2	Bacias hidrográficas Brasileiras.....	154
FIGURA 5.3	Reservatórios de água existentes e projetados para a RMC.....	163
TABELA 5.1	Sistema de captação planejado para as ETAs Iguaçu e Iraí.....	169
TABELA 5.2	Mananciais do alto Iguaçu – área e vazão de produção.....	169
FIGURA 5.4	Reservatórios existentes e projetados na área de estudo.....	170
TABELA 5.3	Custos do m ³ de água produzido com alternativas de captações.....	172
QUADRO 5.1	Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes.....	173
FIGURA 5.5	Modelo Esquemático de um sistema de tratamento convencional das águas.....	178
QUADRO 5.2	Classificação das águas doces em função dos usos preponderantes.....	173
TABELA 5.4	Classificação das águas públicas segundo o Dec. nº 5316/74.....	186
FIGURA 5.6	Vazão, precipitação e captação nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	190
FIGURA 5.7	Vazão, precipitação e captação nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de jan/1976 à dez/1996 (valores médios mensais).....	190
FIGURA 5.8	Volumes médios mensais (m ³ /s) de água captado nas ETAs Iguaçu e Tarumã no período de 1976-96.....	191
FIGURA 5.9	Valores de pH das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	192
FIGURA 5.10	Valores médios mensais de pH das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã).....	193
FIGURA 5.11	Teores de Matéria Orgânica das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	193
FIGURA 5.12	Teores médios mensais de Matéria Orgânica das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã).....	194
FIGURA 5.13	Valores da cor das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	195
FIGURA 5.14	Valores médios mensais da cor das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã).....	195
FIGURA 5.15	Valores da Turbidez das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	196
FIGURA 5.16	Turbidez média mensal das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96.....	197
FIGURA 5.17	Turbidez média mensal das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96.....	197

FIGURA 5.18	Alcalinidade das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	198
FIGURA 5.19	Valores médios mensais de alcalinidade das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã).....	198
FIGURA 5.20	Dosagem média mensal de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).....	199
FIGURA 5.21	Quantidade de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96.....	200
FIGURA 5.22	Dosagem de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96.....	200
FIGURA 5.23	Quantidade de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96.....	201
FIGURA 5.24	Dosagem de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96.....	202
FIGURA 5.25	Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs entre 1976/96.....	202
FIGURA 5.26	Quantidades de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96.....	203
FIGURA 5.27	Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96.....	203
FIGURA 5.28	Quantidade de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96.....	204
FIGURA 5.29	Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96.....	204
FIGURA 5.30	Valores médios mensais gastos no tratamento das águas captadas pela ETA-Iguaçu.....	205
FIGURA 5.31	Valores médios mensais gastos no tratamento das águas captadas pela ETA-Tarumã.....	206
FIGURA 5.32	Valores médios mensais para tratamento das águas captadas nas ETAs....	206
QUADRO 6.1	Área (ha) e porcentagem de ocorrência de grupos de solos por sub-bacia hidrográfica.....	209
FIGURA 6.1	Distribuição percentual da ocorrência dos grupos de solos por sub-bacia hidrográfica.....	209
QUADRO 6.2	Quadro resumo dos parâmetros morfométricos das sub-bacias.....	210
QUADRO 6.3	Ocupação dos solos por tipologia de uso entre 1990-1999 (área em hectares).....	211
FIGURA 6.2	Dinâmica de ocupação dos solos entre 1990-1999.....	212
QUADRO 6.4	Uso da terra no período de 1976-1999 por área de contribuição (captação Iguaçu e Iraí).....	213
QUADRO 6.5	Valores médios da quantidade e dosagens de produtos utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs (Tarumã e Iguaçu), agrupados em 3 períodos (1976-83, 1984-89 e 1990-96).....	214
QUADRO 6.6	Valores médios dos parâmetros de qualidade das águas captadas nas ETAs (Tarumã e Iguaçu), agrupados em 3 períodos (1976-83, 1984-89 e 1990-96).....	215
FIGURA 6.3	Projeção dos mananciais da área de estudo para os anos de 2002-2005-2010.....	220

LISTA DE ILUSTRAÇÕES DOS ANEXOS

FIGURA A4.1	Composição colorida realçada das bandas 5-4-2 da imagem Landsat TM-5 de 1990.....	236
FIGURA A4.2	Composição colorida realçada das bandas 5-4-3 da imagem Landsat TM-5 de 1996.....	237
FIGURA A4.3	Composição colorida realçada das bandas 5-4-3 da imagem Landsat ETM-7 de 1999.....	238
FIGURA A4.4	Padrões de tipologias de uso da terra, no campo e nas imagens Landsat.	239
TABELA A4.1	Coordenadas UTM dos pontos utilizados na retificação da imagem Landsat TM-5.....	240
TABELA A4.2	Matriz de erros de classificação – por classes do mapa de uso da terra – ano de 1990.....	240
TABELA A4.3	Precisão determinadas por classes do mapa de uso da terra – ano de 1990.....	240
TABELA A4.4	Matriz de erros de classificação – por classes do mapa de uso da terra – ano de 1996.....	240
TABELA A4.5	Precisão determinadas por classes do mapa de uso da terra – ano de 1996.....	241
TABELA A4.6	Matriz de erros de classificação – por classes do mapa de uso da terra – ano de 1999.....	241
TABELA A4.7	Precisão determinadas por classes do mapa de uso da terra – ano de 1999.....	241
FIGURA A5.1	Modelo de boletim de tratamento: qualidade das águas.....	242
FIGURA A5.2	Modelo de boletim de tratamento: consumo de produtos químicos e consumo de água nas ETAs.....	243
TABELA A5.1	Valores médios mensais da dosagem (mg/l) e parâmetros de qualidade das águas captadas para eta-iguaçu, no período de jan/1976 a dez/1996.	244
TABELA A5.2	Valores médios mensais da dosagem (mg/l) e parâmetros de qualidade das águas captadas para eta-tarumã, no período de jan/1976 a dez/1996.....	244
TABELA A5.3	Volume de água aduzido e produzido nas estações de tratamento de água iguaçu e tarumã no período de janeiro de 1976 a dezembro de 1996.....	244
TABELA A5.4	Vazões de água observados na estações fluviométrica do rio Iguaçu no período de jan/1976 a dez/1996.....	245
TABELA A5.5	Precipitação observada na estação pluviométrica da faz. exp. fac. agronomia no período de jan/1976 a dez/1996.....	245
TABELA A5.6	Volume e dosagem de produtos químicos utilizados no tratamento da água da eta-iguaçu, no período de jan/1976 a dez/1996.....	245
TABELA A5.7	Volume e dosagem de produtos químicos utilizados no tratamento da água da eta-tarumã, no período de jan/1976 a dez/1996.....	250

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

A	-	Área da bacia hidrográfica
APA	-	Área de Proteção Ambiental
Cm	-	Coeficiente de manutenção
COMEC	-	Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba
D _d	-	Densidade da drenagem
D _h	-	Densidade hidrográfica
DN	-	Digital number
DXF	-	Drawing Exchange Format
Eps	-	Extensão do percurso superficial
ETA	-	estações de tratamento de água
ETE	-	Estação de tratamento de esgotos
GPS	-	Sistema de Posicionamento Global
H _m	-	Amplitude altimétrica máxima da bacia
IAPAR	-	Instituto Agrônomo do Paraná
ICMS	-	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IHS	-	Intensity, Hue, Saturation
INPE	-	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITCF	-	Instituto de Terras, Cartografia e Florestas
Kc	-	Coeficiente de compacidade
Kf	-	Fator de forma
L	-	Comprimento rio principal
Lm	-	Comprimentos médio dos canais
Lt	-	Comprimentos total dos canais
MINEROPAR	-	Minerais do Paraná S.A.
MNT	-	Modelo numérico de terreno
NC	-	Número de canais
P	-	Perímetro da bacia hidrográfica
pH	-	Potencial hidrogeniônico
PI	-	Plano de informação
pixel	-	Picture element
R _b	-	Relação de bifurcação
RGB	-	Red, Green, Blue
R _{lm}	-	Relação de comprimento médio dos canais
RMC	-	Região Metropolitana de Curitiba
Rp _{lm}	-	Relação ponderada do comprimento dos canais
SAD-60	-	South American Datum 1969
SANEPAR	-	Companhia de Saneamento do Paraná
SIG	-	Sistema de Informações Geográficas
SPRING	-	Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas
SR	-	Sensoriamento Remoto
SUDERHSA	-	Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
TM	-	Thematic Mapper
UH	-	Unidade na escala de Hazen
UJ	-	Unidade Jackson
UTM	-	Universal Transverse of Mercator
UTP	-	Unidades Territoriais de Planejamento
VMP	-	Valores Máximos Permissíveis

RESUMO

A área de estudo, localiza-se na Região Metropolitana de Curitiba, entre as coordenadas geográficas 25°14'18" e 25°37'36" de latitude sul e 48°56'00" e 49°15'27" de longitude oeste de Greenwich, no local denominado como região dos mananciais, responsável por mais de 70 % da água consumida na região. A área foi dividida em sub-bacias hidrográficas, as quais foram analisadas em seus aspectos morfométricos. As águas captadas no rio Irai e no rio Iguaçu, são conduzidas para duas Estações de Tratamento de Água – ETA, do Tarumã e do Iguaçu, respectivamente, as quais tiveram seus parâmetros de qualidade de água bruta (pH, turbidez, alcalinidade, matéria orgânica e cor), bem como os insumos utilizados no tratamento das águas (sulfato de alumínio, cal hidratada, cloro e flúor), analisados no período de janeiro de 1976 a dezembro de 1996. A dinâmica de uso da terra foi avaliada utilizando-se de imagens do satélite Landsat, para os anos de 1990, 1996 e 1999, acrescida de informações pré-existentes de uso para os anos de 1976 e 1984. Foi utilizado e aprimorado um método de compilação na obtenção do mapa de solos da área, utilizando-se de técnicas de sensoriamento remoto e SIG e este mapa foi cruzado com as informações de uso da terra. Os resultados indicaram que houve um crescimento das áreas antropizadas, passando de 3,14 % de 1976 para 19,91 % para 1999, da mesma forma que houve uma redução das áreas de campos, floresta, etc. A análise espacial, realizada para os anos de 1990-1999, demonstrou que a antropização foi realizada de forma muito proporcional aos grupos de solos existentes na área, não sendo constatado preferência por ocupação de determinado grupo de solos. As características da área, compreendendo mais de 70 % da superfície com relevos planos ou suaves contribui para este comportamento. Constatou-se que a degradação da área vem se acentuando ao longo do tempo, o que tem provocado um aumento no consumo de cloro, utilizado no tratamento das águas captadas, salientando que o custo médio de tratamento realizado na ETA-Iguaçu, foi 30 % superior ao custo médio de tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã.

Palavras chaves: manancial; solos; uso da terra; geoprocessamento.

ABSTRACT

The area of study, is located in the Metropolitan Area of Curitiba (RMC), is located between geographical coordinates 25°14'18" and 25°37'36" S. Latitude and 48°56'00" and 49°15'27" W. Longitude of Greenwich, in a region locally called "water source", responsible for more of 70% of the water consumed in the RMC. The is area was divided in sub-basins, which were analyzed in relation to their morphometric aspects. The water is uptaken at the Irai and Iguaçu rivers, and led to Water Treatment Stations – (WTS), of Tarumã and of Iguaçu, respectively. Quality parameters of untreated water (pH, turbidity, alkalinity, organic matter and color), as well as the inputs used in the treatment of the water (aluminium sulphate, moisturized whitewash, chlorine and fluorine), were analyzed for the period of January 1976 to December 1996. The dynamics of land use was evaluated through the use of Landsat satellite images, for the years of 1990, 1996 and 1999, added to existing information on land use for the years of 1976 and 1984. A compilation method was developed to generate the soils map of the area, using remote sensing techniques and a GIS. This map was crossed with the land use information. The results indicate that there was a growth of the anthropic areas, from 3,14% of 1976 to 19,91% for 1999, while there was a reduction in the area taken up by agricultural, fields, forests, etc. The spatial analysis, accomplished for the years of 1990-1999, demonstrated that the anthropic occupation was accomplished in a proportional way to the soil groups present in the area, no preference was verified towards any soil group. The characteristics of the area, with more than 70% of the surface with a relief that plain or gently rolling contribute to this behavior. It was verified that the degradation of the area is accentuating along the time, evidenced by an increase in the consumption of chlorine, used in the water treatment. Average water treatment cost for the WTS-Iguacu was 30 % higher than that of the WTS-Taruma.

Key-words: water source; soil; land use; geoprocessing.

1 - APRESENTAÇÃO

A administração, controle, conservação e exploração racional dos ecossistemas naturais poderão ser alcançados se estudos mais abrangentes forem realizados. Portanto, estes estudos são necessários com o propósito de caracterizar e determinar os princípios gerais do funcionamento dos ecossistemas, o que só se torna possível perante uma ampla visão da região estudada, tendo como unidade de planejamento a bacia hidrográfica.

Tratando-se de um estudo de natureza ambiental que visa a análise de dinâmicas que interferem na degradação de um determinado ambiente, deve-se tecer algumas considerações sobre o espaço mais amplo, no qual está inserida a área de estudo. Acredita-se que a maior parte dos impactos, que atualmente afetam a área de estudo, são consequência do processo de expansão antrópica que vem se verificando na maioria das regiões metropolitanas brasileiras. Nesse intenso processo de urbanização, emergem as contradições entre a natureza e a sociedade. Neste caso, e por razões diferentes, diversas classes sociais degeneram o ambiente natural de maneira irracional, não levando em consideração os riscos que o desequilíbrio ambiental pode trazer tanto ao meio natural quanto à qualidade de vida das sociedades envolvidas (ROSS, 1991:70).

A apropriação do espaço físico por essa urbanização, ainda faz emergir a contradição entre os interesses público e privado. Existe o interesse público em preservar as regiões com cobertura florestal, porque estas valorizam a beleza das áreas, a qualidade de vida e o equilíbrio dos ambientes. Se por um lado, a propaganda da beleza cênica faz com que as empresas privadas venham a investir e a comercializar estas regiões, por outro lado, a intensificação da expansão antrópica traz inúmeros problemas para o poder público: aumentam as dificuldades no abastecimento de água, na rede de esgotos, na coleta de lixo, na conservação das vias de acesso, no escoamento das águas pluviais, entre outros (MORAES, 1998:149). A intensidade antrópica acaba alterando o ambiente natural e, aquilo que foi comercializado como qualidade ambiental, vai se traduzir lentamente em deterioração ambiental.

A urgência de medidas que visem à conservação e ao gerenciamento destes ambientes torna-se, portanto, prioritária. Há necessidade, no entanto, de que tais medidas estejam vinculadas a estudos que proporcionem o conhecimento do que caracteriza a região como sua gênese, sua morfologia, seus solos e sua dinâmica, assim como os processos de ocupação antrópica que vêm, de uma maneira ou outra, modificando estes ambientes.

Sabe-se que o solo é também um ecossistema que depende de outros fatores (material de origem, clima, relevo, organismos e tempo) para se manter estável, e que distúrbios provocados pela antropização, podem acelerar a sua degradação. Dessa forma, a retirada da cobertura vegetal, a extração de areias, a atividade agrícola, a urbanização, realizada em solos frágeis, provoca além da erosão, uma crescente poluição e contaminação ambiental.

A necessidade de dados sobre o uso da terra só pode aumentar, na medida em que procuramos estimar e manejar áreas que constituem motivo de preocupação, fundamentais para o controle ambiental, como planícies inundáveis, áreas de desenvolvimento e produção de recursos energéticos (ANDERSON et al. 1979:15) e áreas contribuintes de mananciais de abastecimento público.

Os campos e florestas vêm sofrendo um processo intenso de apropriação de seus recursos, através de um sistema de atividades, caracterizando o desenvolvimento de uma ação predatória, do ponto de vista ambiental. Tal fato, agravado pela destruição natural e consequente uso e ocupação da terra, determinou a adoção de uma abordagem no sentido de se observar como se deu o processo histórico de antropização, uso e ocupação na RMC, bem como as consequências desta ocupação na área de estudo.

A dinâmica espacial antrópica e a ocupação da terra da área de estudo são pesquisadas através de mapeamentos, utilizando-se de técnicas de geoprocessamento. Tais técnicas se constituem num suporte indispensável e necessário para poder identificar e avaliar o potencial das áreas passíveis de utilização com atividades sustentáveis, bem como áreas que devem ser conservadas e ou preservadas.

O tratamento das informações constitui-se, atualmente, num requisito necessário para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio ambiente, bastante pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação, é preciso dispor de técnicas que permitam estudos sobre a ordenação dessa ocupação, passíveis de tratamentos automatizados. Neste contexto, o uso das técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográficas, constituem-se em instrumentos imprescindíveis para a obtenção de um diagnóstico rápido e atualizado dos principais usos e ocupações das áreas, bem como de sua dinâmica espacial e temporal, servindo como base para a tomada de decisões e de projeções e planejamentos mais eficientes.

Este estudo espera poder contribuir, para que se repense a questão da utilização e gerenciamento das áreas de mananciais, principalmente dos ecossistemas naturais, que necessitam ser conservados e ou preservados, uma vez que essas áreas continuam recebendo fortes impactos e possuem um dos usos mais nobres, ou seja proporcionar água

para a população. Portanto, temos como objetivo deste trabalho a caracterização morfológica, pedológica e da dinâmica de uso e ocupação da área de estudo e a sua influência sobre a qualidade e quantidade dos recursos hídricos, bem como verificar se a dinâmica de uso da terra vem se processando de forma seletiva sobre determinados grupos de solos e avaliar o atual modelo de uso e ocupação da terra, com vistas a garantir a qualidade e quantidade de água para abastecimento público.

Para a melhor compreensão o presente trabalho foi organizado e dividido da seguinte maneira: o **capítulo I** faz uma descrição geral da área de estudo; o **capítulo II**, apresenta todos os aspectos morfométricos das sub-bacias existentes na área, compreende o levantamento de índices e relações de valores numéricos que definem a sua natureza e conformação; o **capítulo III**, apresenta a sistemática utilizada na obtenção/geração do mapa compilado das classes de solos da área; no **capítulo IV**, é apresentado todos os aspectos relacionados às questões de uso da terra, desde o sistema de classificação, até os processos envolvidos na coleta de dados por meio de técnicas de sensoriamento remoto; o **capítulo V** apresenta uma análise da disponibilidade de água e uma avaliação da qualidade da água captada e as implicações desta qualidade no tratamento da água; o **capítulo VI** apresenta uma análise integrada dos assuntos abordados e uma projeção futura e finalmente no **capítulo VII**, são apresentadas as considerações finais e recomendações.



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO I

Descrição geral da área de estudo

1.1 - INTRODUÇÃO

A área de estudo está localizada na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), nas nascentes do rio Iguaçu, na Serra do Mar, sendo o principal manancial de abastecimento de água de Curitiba.

Por ser uma das regiões que mais crescem no Estado, esta também é alvo de uma crescente degradação dos recursos naturais. Dentre estes a disponibilidade de água de boa qualidade representa um dos importantes fatores de limitação do desenvolvimento da região.

Neste capítulo serão apresentados alguns aspectos gerais da área de estudo, tal como seus limites, hidrografia, clima, geologia, vegetação, relevo, os quais serão úteis para o entendimento dos capítulos seguintes.

1.1.1 - SITUAÇÃO, LIMITES E EXTENSÃO

A área de estudo está localizada no nordeste-leste de Curitiba, nas nascentes do rio Iguaçu nos municípios de Pinhais, Piraquara, Colombo, Quatro Barras, Campina Grande do Sul, e São José dos Pinhais, na RMC, entre os paralelos 25°14'18" e 25°37'36" de latitude sul e os meridianos 48°56'00" e 49°15'27" de longitude oeste de Greenwich (Figura 1.1). A área ocupa 57.262 ha, na região denominada de Alto Iguaçu, também conhecida como Mananciais.

Ao norte, tem como limite a cidade de Colombo, seguindo para leste, conforme as nascentes dos rios Bacaetava (formador do rio Açungui), Palmeirinha, Florestal e Capivari-Mirim, afluentes da margem direita do rio Capivari. O limite leste é formado pelos maciços da Serra do Mar, descendo em sentido sul até a depressão dos rios São João e Arraial, ocorrendo, nessa região, as nascentes do rio Pequeno, cuja bacia constitui o limite sul-oeste da área. A oeste, em sentido norte o limite é o canal do rio Atuba. Apresenta em seu espaço físico os centros urbanos de Colombo, Quatro Barras, Pinhais, Piraquara e São José dos Pinhais.

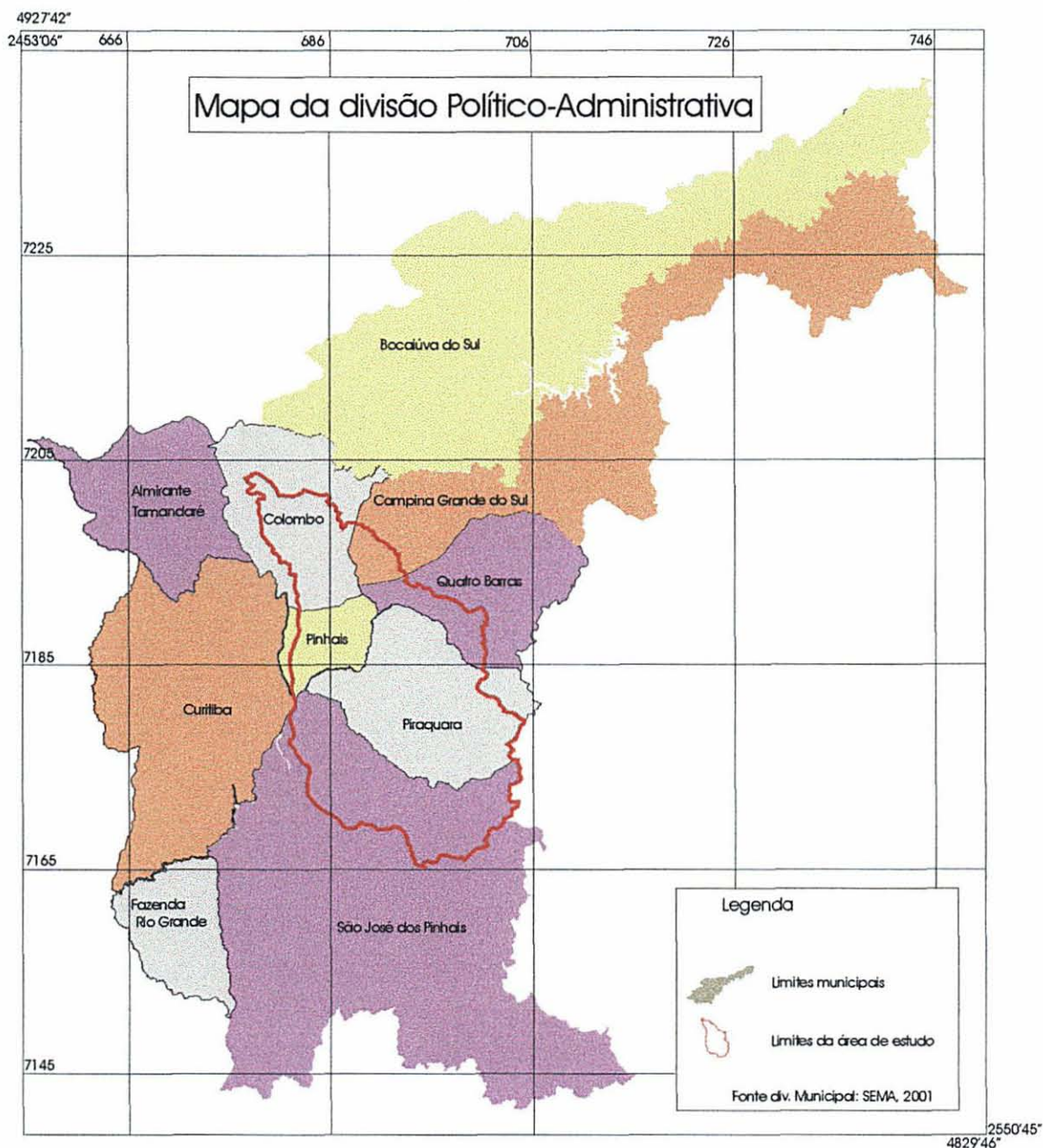


FIGURA 1.1 - Divisão político-administrativa na área de abrangência do estudo. (Fonte: adaptado de SEMA, 2001)

Na área de estudo existem duas áreas de captação de água para abastecimento da RMC, que inclui também São José dos Pinhais, Piraquara, Pinhais, Quatro Barras e Colombo. As águas são tratadas em duas estações de tratamento de água (ETAs).

A ETA Tarumã esta localizada no Km 2 da rodovia PR-415 (Curitiba-Piraquara). A captação das águas é feita no rio Iraí, aproximadamente nas coordenadas UTM 686.320 E e 7.184.934 N, após a confluência dos rios Iraizinho e Piraquara.

A ETA Iguaçu localiza-se no Km 6, às margens da rodovia BR-277 (Curitiba-Paranaguá). A captação das águas superficiais é feita no rio Iguaçu (Km 8 da rodovia BR-277) aproximadamente nas coordenadas UTM 683.105 E e 7.180.236 N, após a confluência do rio Pequeno. O Censo de 1970 indicou uma população urbana para a RMC da ordem de 670.000 habitantes, dos quais 90 % correspondiam à cidade de Curitiba (PLANIDRO, 1974:3). E em 1996, a RMC possuía 2.431.804 habitantes, representando 26,9 % da população do Paraná (COMEC, 2001:20). Considerando-se que o horizonte de planejamento é de 30 anos, no fim do período, isto é no ano de 2005, poder-se-ia pensar em cerca de 3.000.000 habitantes dos quais 2.400.000 em Curitiba (PLANIDRO, 1974:3). Portanto, poderíamos estimar que no ano de 2005 a população total da RMC será da ordem de 3,3 a 3,5 milhões de habitantes e a população abastecida entre 2,6 e 2,8 milhões (PLANIDRO, 1974:3).

A população prevista para o ano 2005 para a RMC demandaria, então, recursos de água que poderiam ser avaliados, grosseiramente, entre: 36.000 a 58.000 l/s. Supondo-se uma descarga específica média anual de 15 l/s/km² e admitindo-se, ainda, a possibilidade de regularização de 65 % dos valores médios, seria necessário, para obtenção dos recursos acima referidos, a mobilização de uma área entre 3.600 e 5.800 km². Estas seriam as áreas que corresponderiam a círculos com centro em Curitiba e raios de respectivamente 30 e 43 km. O exame dos mapas cartográficos mostra que um círculo com raio de 40 km com centro em Curitiba abrange área que excede os contornos da bacia hidrográfica do rio Iguaçu, invadindo as cabeceiras das bacias limítrofes dos rios Açungui, Capivari e Várzea (PLANIDRO, 1974:5).

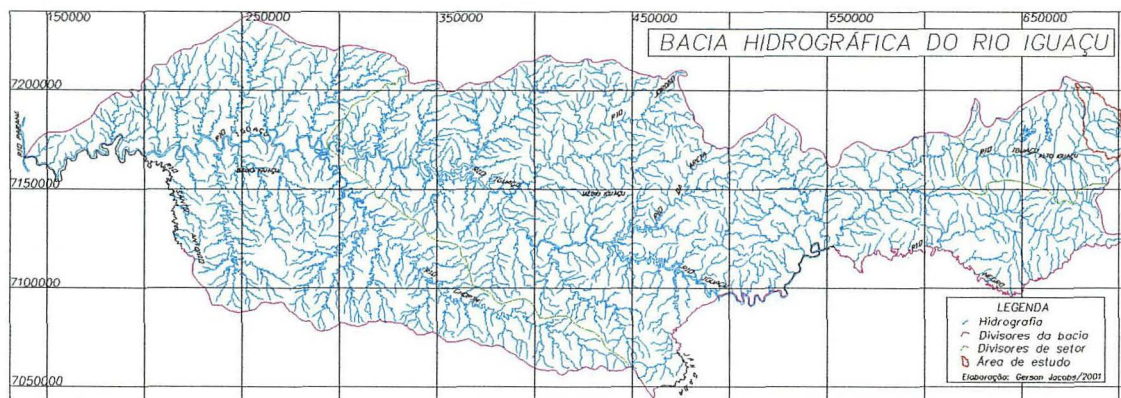


FIGURA 1.3. A área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iguaçu. (Fonte: adaptado de ITCF, 1990)

A foz do rio Atuba acha-se deslocada para jusante da foz do rio Pequeno, a fim de desviar as suas águas para um local abaixo da principal captação de água da cidade de Curitiba (PLANIDRO, 1975:18). São dignos ainda de registros outros rios de pequeno porte que afluem para o rio Iguaçu, logo a jusante de Curitiba, quais sejam o Passaúna, o Verde, o Cotia e o Maurício.

Pertencem, ainda, à bacia do Iguaçu o rio da Várzea, também de interesse para o abastecimento da RMC pela sua vizinhança com a bacia do Miringuava. Situa-se ao sul desta, contribuindo para a bacia do rio Negro e, portanto, fora da bacia das cabeceiras do Iguaçu (PLANIDRO, 1975:18).

O rio Iraí, formado pela junção das águas do rio Curralinho e rio Timbu, é o tronco formador do rio Iguaçu, que tem como afluentes da margem direita, os rios Canguiri, do Meio e Palmital e da margem esquerda os rios Pequeno, Itaqui, Piraquara e rio Iraizinho. A hidrografia da área é definida pelas nascentes do rio Iguaçu (Figura 1.4). Nesta figura, também pode-se visualizar a localização das Estações pluviométrica e fluviométrica e os pontos de captação de água no rio Iraí e rio Iguaçu.

As chuvas são, em regra geral, bem distribuídas durante o ano. Considerando um período de observação de aproximadamente onze anos, a precipitação média anual situa-se entre 1.450 e 1500 mm, ocorrendo no mês de Janeiro as maiores precipitações (175-200 mm). Essa média é um pouco maior nos municípios próximos à Serra do Mar. Os meses de maiores índices pluviométricos são Dezembro, Janeiro e Fevereiro, enquanto que o mês de menor índice é Agosto. A região está também sujeita aos efeitos das inversões de outono e inverno, sendo responsáveis pelos pequenos valores máximos que se verificam nestas épocas do ano.

1.1.4 - VEGETAÇÃO

De acordo com a classificação de IBGE (1992) e LEITE e KLEIN (1990:136), a área de estudo apresenta tipologias vegetais primárias e secundárias típicas do planalto meridional (Estepe Gramíneo-lenhosa e Floresta Ombrófila Mista), podendo apresentar ainda em alguns locais a ocorrência da Floresta Ombrófila Densa, característica de regiões da Serra do Mar.

A diversificação da cobertura vegetal observada na área de estudo só pode ser compreendida com base nos fatores ambientais determinantes como geologia, solos e clima. Adaptada a estas variáveis, a vegetação, de modo geral formada por florestas e campos, caracteriza-se pela grande diversidade de tipos fisionômicos-florísticos que se apresenta em distintos estágios sucessionais devido à ação antrópica.

A vegetação original componente da paisagem da área em estudo é composta por três das cinco regiões fitoecológicas definidas pelo IBGE (1992) para o Estado do Paraná: a Estepe Gramíneo-Lenhosa, a Floresta Ombrófila Mista (subdividida em Floresta Ombrófila Mista Aluvial e Floresta Ombrófila Mista Montana) e a Floresta Ombrófila Densa (subdividida em Floresta Ombrófila Densa Montana e Floresta Ombrófila Densa Alto Montana).

A Floresta Ombrófila Densa, reveste toda a Serra do Mar e se apresenta nas porções mais elevadas da área de estudo, nos divisores com a bacia litorânea. A Floresta Ombrófila Mista de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. era em tempos passados a vegetação de recobrimento predominante no primeiro planalto (Figura 1.6). A região das araucárias inicia a oeste da Serra do Mar. Na mata original aparecem associadas: *Ocotea porosa* (imbuia), *Ilex paraguariensis* (erva-mate), variedades de pteridófitas, entre as quais a *Dicksonia sellowiana* (xaxim bugio); *Humitelia setosa* (samambaia-açu) e raramente *Cyathea schanschin* (xaxim liso) (MAACK, 1981:243). A Estepe Gramíneo-Lenhosa compõem o terceiro tipo de vegetação de recobrimento que aparece na área de estudo (Figura 1.6).

Segundo IBGE (1992) a Estepe Gramíneo-Lenhosa e constituída de uma cobertura de gramíneas cuja altura varia de 10 a 15 cm aproximadamente, revestindo o solo, podendo apresentar-se contínua ou deixar a descoberto alguns pontos de solo quando as gramíneas se agrupam em forma de tufos. Esparsamente podem aparecer pequenos subarbustos e muito raramente arbustos. Nas margens dos rios ou nas pequenas depressões aparecem os capões e matas de galeria associadas à araucária (Floresta Ombrófila Mista Aluvial). A colonização das terras e o aproveitamento da área têm descaracterizado a região de transição da mata e campo, assim como toda vegetação existente originalmente no primeiro planalto (RIZZI:1981:69).

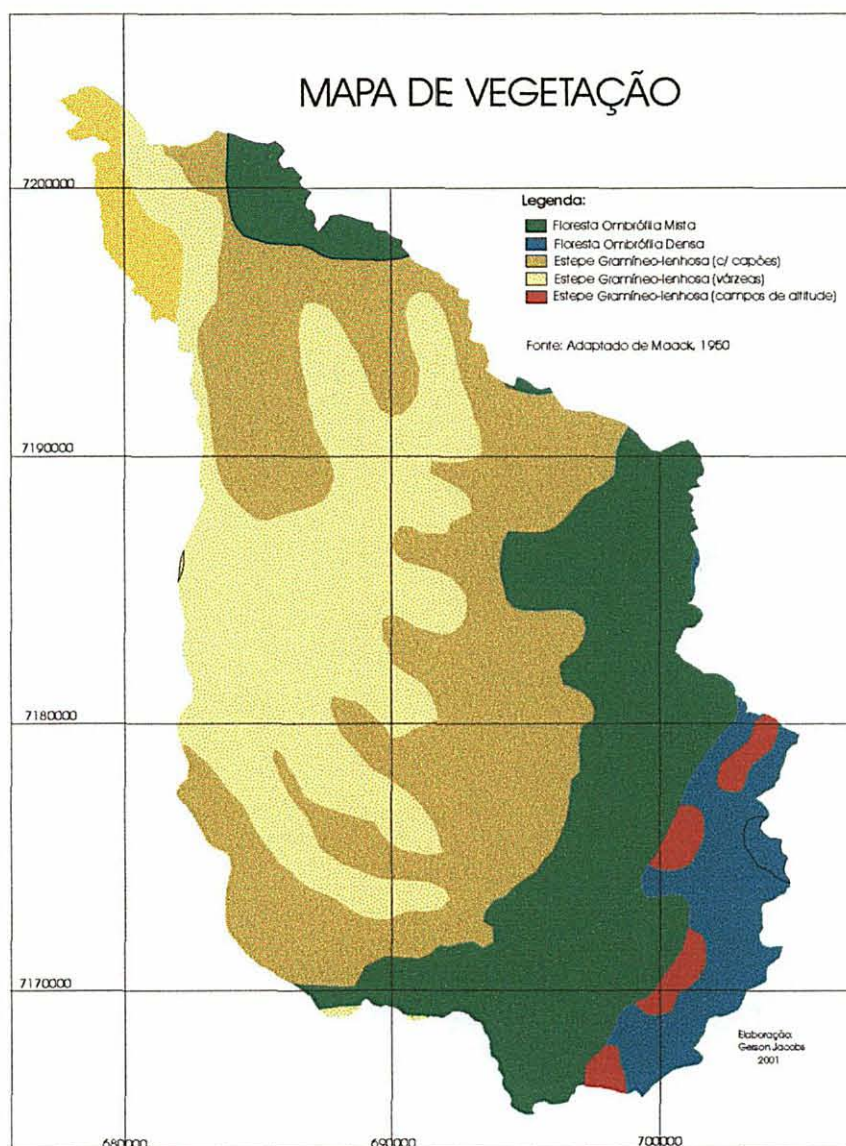


FIGURA 1.6. Vegetação da área de estudo (Fonte: adaptado de MAACK, 1950).

1.1.5 - GEOLOGIA

Quanto às questões da geologia da área, entendemos por bem, citar um texto contido em PLANIDRO (1975:21-22), o qual nos apresenta de uma maneira bastante didática os aspectos da geologia da área e apresentar o mapa geológico (Figura 1.7), obtido de MINEROPAR (2000 e 2001) o qual representa as informações mais atuais para esta região.

a) Estratigrafia

A sequência estratigráfica (Tabela 1.1) da quase totalidade da RMC pode ser resumida de acordo com o seguinte esquema:

TABELA 1.1 – SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA DA REGIÃO METROPOLITANA

Idade	Grupos e Formações
Holoceno (recente)	Depósitos de várzeas. Aluviões
Pleistoceno	Formação Guabirota
Jurássico-Cretáceo	Diques de diabásio
Pré-Cambriano	Granitos (Cerne e Anhangava) Paisanito e Alaskitos. Pegmatitos Ectinitos (Grupo Açungui) Migmatitos. Leptinitos Xistos Magnesianos, Anfibólitos e Quartzitos

FONTE: PLANIDRO, 1975:21

b) Litologia (principais rochas) (PLANIDRO, 1975:21a).

Não obstante a variação litológica do Primeiro Planalto, as rochas que apresentam maior interesse são aquelas correspondentes ao Grupo Açungui, ocupando a porção norte da RMC e o complexo migmatítico disposto ao sul, a leste e a oeste da mesma.

As principais rochas do Grupo Açungui são os filitos, quartzitos, zericita-quartzitos, mármores dolomíticos e mármores calcáreos. O complexo migmatítico, ocupando grande parte da região, está constituída por rochas de alto grau de metamorfismo, aparentadas com os granitos e granodioritos. Esse complexo é constituído por migmatitos epibólitos e embrechitos, leptinitos e outras rochas associadas, quantitativamente de menor importância. Além de tectônica plástica, responsável pelos complicados desdobramentos, esse complexo está notavelmente afetado por tectônica rígida, responsável pelos padrões de fraturas e falhas. As demais rochas ocorrentes são de interesse mais restrito com relação à água subterrânea, em virtude de ocuparem superfícies reduzidas da região. Dentre essas, cumpre mencionar granitos intrusivos, anfibólitos, metaconglomerados, etc., além das intrusões de diabásio, sob a forma de diques, de idade Mesozóica.

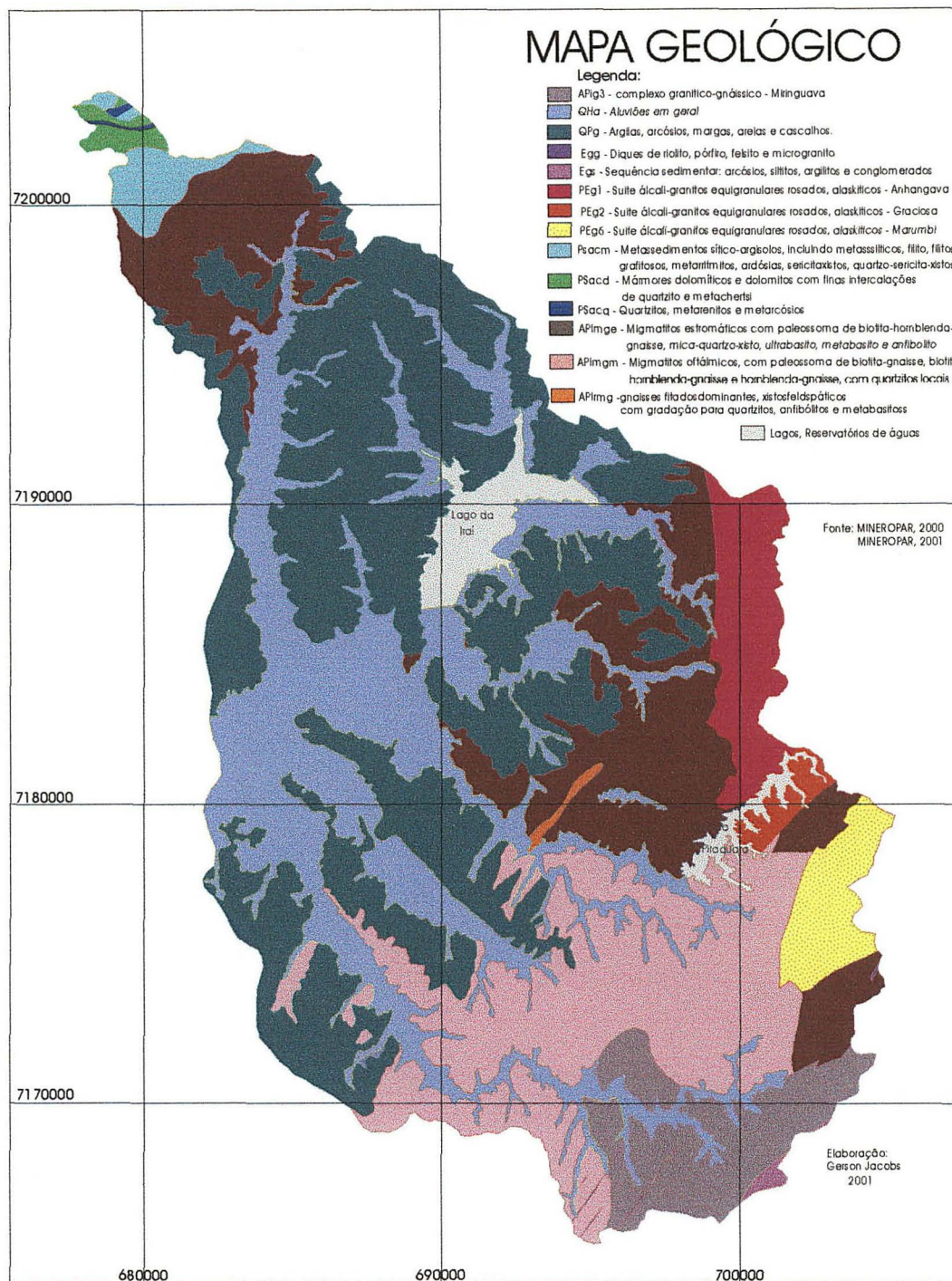


FIGURA 1.7. Mapa geológico da área de estudo. (Fonte: MINEROPAR, 2000 e 2001)

c) Depósitos Quaternários (PLANIDRO, 1975:22).

Apreciável parte da Bacia de Curitiba é ocupada por depósitos sedimentares pleistocênicos, constituídos predominantemente por sedimentos argilosos e arcários (areias feldspáticas) e, subsidiariamente, por camadas irregulares de margas (argilas calcíferas).

Esses depósitos assentam discordantemente sobre as rochas do embasamento cristalino (migmatitos, etc.) acima citadas. A espessura máxima dos depósitos pleistocênicos é de aproximadamente 80 metros, sendo a média de 35 metros. São englobados sob a designação Formação Guabirotuba.

Os sedimentos recentes (Holoceno), correspondem aos depósitos de várzeas, compostas particularmente por areias de granulação variável e siltitos arenosos. As argilas são subalternas nas várzeas. A espessura média desses depósitos é de 4 a 5 metros.

d) Resumo da Geologia Estrutural (PLANIDRO, 1975:22).

Conforme denota a fotointerpretação geológica e comprovam os mapeamentos, a área foi notavelmente afetada por diversas fases de tectônica rígida. Contudo, os dois principais sistemas de fraturas e falhas correspondem às NE-SW e NW-SE, respectivamente – N40-50° W, N60-70° W e N30-40° E, N50-70° E.

A tectônica plástica é traduzida pelos padrões de dobramentos, correspondentes a pelo menos três ciclos orogênicos. No grupo Açungui resultam sucessões de dobras, mormente assimétricas e, em alguns exemplos, isoclinais. Nos migmatitos as dobras são menos cerradas, de tal sorte que se comportam como homoclinais, embora na verdade sejam flancos de anticlinais e sinclinais de grande porte.

1.1.6 – RELEVO

A área de estudo situa-se, nos domínios do primeiro planalto paranaense, o qual se limita, a leste, pela Serra do Mar (Figura 1.8). Entalhada neste domínio geomorfológico e ocupando grande parte da área de estudo, encontra-se a Bacia de Curitiba, composta por depósitos correspondentes a duas fases distintas de sedimentação sob condições ambientais diversas, a saber: sedimentos pleistocênicos da Formação Guabirotuba e sedimentos aluvionares holocênicos.

2.000 m (Pico do Paraná 1965 m), decaindo seu relevo rapidamente para o interior. A região da Serra do Mar, que divisa a área, é constituída pelos maciços da Serra da Graciosa (Pico da Farinha, com 1450 m), Serra da Boa Vista (Morro do Cadeado, 1001 m) e Serra do Marumbi (Pico do Marumbi, com 1.547m) (MAACK, 1981:391).

A região do primeiro planalto é formada pelo embasamento cristalino, apresentando superfície mais ou menos ondulada e mantendo-se em altitudes que variam entre 850-950 m, cuja largura varia de 70-80 Km, terminando a oeste no contacto com as primeiras camadas de sedimentos paleozóicos (340 milhões de anos) na escarpa voltada para leste, que se eleva 250 m sobre o nível do primeiro planalto, conhecido como Serrinha (São Luiz do Purunã) BIGARELLA, (1978:35).

A parte norte do primeiro planalto é profundamente entalhada pelos tributários do rio Ribeira, sendo transformada em uma paisagem montanhosa recente. Algumas elevações com rochas mais resistentes sobressaem do nível geral do planalto, formando relevo de estratos e rochas dobradas da série Açungui (pré-cambriano superior – proterozóica), como a Serra do Ouro Fino, com 1.025 a 1150 m, próxima a Colombo (MONTEIRO, 1963¹ citado por RIZZI:1981:63).

A pequena bacia sedimentar em que se localiza Curitiba foi classificada como da idade quaternária (aproximadamente 1 milhão de anos): aluviões antigos do rio Iguaçu e seus afluentes de cabeceira; depósitos de argilas finas e plásticas, areia grossa por baixo e cascalho grosso nas bordas da bacia, revelando uma classificação natural pela água, de acordo com as densidades e dimensões do material carregado (MONTEIRO, 1963² citado por RIZZI:1981:63).

Quanto a fisiografia, uma visão de conjunto ressalta, de imediato, nítidas diferenças de relevo (PLANIDRO, 1975:19):

a) A parte norte compreende as bacias do Açungui e Capivari. Notadamente na primeira, ostenta um relevo acidentado, de aspecto montanhoso, vales entalhados em "V" e vertentes mais íngrimes. As rochas mais resistentes à erosão constituem cristas paralelas, a alongadas na direção N50-70° E. Ocorrem, igualmente, linhas de cristas secundárias segundo a direção N40-50° W, devidas aos diques de diabásio, em intrusões paralelas nessa direção.

¹ MONTEIRO, C.A.F. Geomorfologia. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil – grande Região Sul**. Rio de Janeiro, 1963. 212 p.

² MONTEIRO, C.A.F. Bibliografia descrita na nota 1.

A drenagem é geralmente retangular, com os rios dispostos paralelamente às principais estruturas. Dessa maneira, os cursos de água são geneticamente subsequentes ou direcionais. As planícies aluviais são raras e de pequena expressão geomorfológica.

b) A parte sul, entalhada sobre o “complexo cristalino” (complexo migmatítico), mostra um relevo bem mais suave, predominando morros e colinas arredondadas. Os vales são, de modo geral, mais largos e a drenagem apresenta caráter dentrítico, com diferenciações ocasionais. São dignas ainda de atenção, sob o aspecto geomorfológico, as extensas planícies aluviais (várzeas), particularmente aquelas dos rios Iguaçu, Miringuava, Passaúna e Verde. Comumente, os vales fluviais correspondem às principais linhas tectônicas, tais como fraturas, falhas, etc.

c) A parte correspondente à bacia de Curitiba, formada por depósitos pleistocênicos, apresenta topografia bastante suave, onde se destacam colinas arredondadas de baixa altura. Os vales são largos, com calhas mais planas. Os rios podem ser classificados como insequentes, adaptados às suas várzeas, não obstante um grosseiro controle tectônico.

A área de maior interesse quanto aos recursos hídricos aproveitáveis está na altitude de 800 a 950 m., enquanto que a área de grande demanda (Curitiba e arredores) esta, aproximadamente, na altitude de 900 m. (PLANIDRO, 1975:20).



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO II

Caracterização morfológica

2.1 - INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica funciona como um sistema coletor das águas pluviais, recolhendo-as e conduzindo-as ao exutório. É assim que o relevo, a forma, a rede de drenagem, a declividade, o uso da terra e a natureza dos solos condicionarão, no espaço e no tempo o comportamento hidrológico das águas.

A água precipitada sobre uma bacia pode ter vários destinos: parte interceptada pela vegetação ou outros obstáculos; parte evaporada; parte se infiltrará e, finalmente, a parte restante, constituirá o escoamento superficial. A água escoada segue por sulcos e canais até o canal principal da bacia. Esse percurso é regido pelas características físicas da bacia e pela natureza dos seus solos. É facilmente compreendido que as partes da precipitação não chegam ao mesmo tempo à rede de drenagem, isto por causa da forma das bacias, do número e extensão dos canais da drenagem, do relevo, do uso da terra, etc.

Para melhor entender estes fenômenos, relacionados à características físicas das bacias, pesquisadores propuseram metodologias, no intuito de fazer comparações e inferências entre bacias distintas, bem como de sintetizar seus aspectos dominantes.

O objetivo principal deste capítulo é a caracterização morfométrica das sub-bacias existentes na área de estudo, tendo como objetivos secundários: (i) a obtenção dos principais parâmetros morfométricos relacionados à estas sub-bacias; (ii) avaliar o comportamento destes parâmetros em relação as Leis de Drenagem, e (iii) fornecer subsídios ao diagnóstico da área de estudo.

2.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre as regiões hidrológicas de importância prática para os planejadores do uso dos recursos hídricos destacam-se as bacias hidrográficas. Uma bacia hidrográfica é uma zona delimitada topograficamente onde as águas incidentes são drenadas por um sistema fluvial, e deságuam em um ponto de cota mais baixo do curso principal de água ou rio. Para FAO (1992:3), uma bacia hidrográfica é descrita como uma unidade físico-biológica e também, em muitas ocasiões, uma unidade sócio-econômica-política para o planejamento e ordenamento dos recursos naturais.

A Figura 2.1, é utilizada por VILLELA e MATTOS, (1975:7) para ilustrar um sistema simples e altamente restrito do que é compreendido como uma bacia, neste caso um sistema hidrológico simplificado. Este sistema é constituído de uma superfície plana inclinada confinada em todos os quatro lados com uma saída no canto **A**.

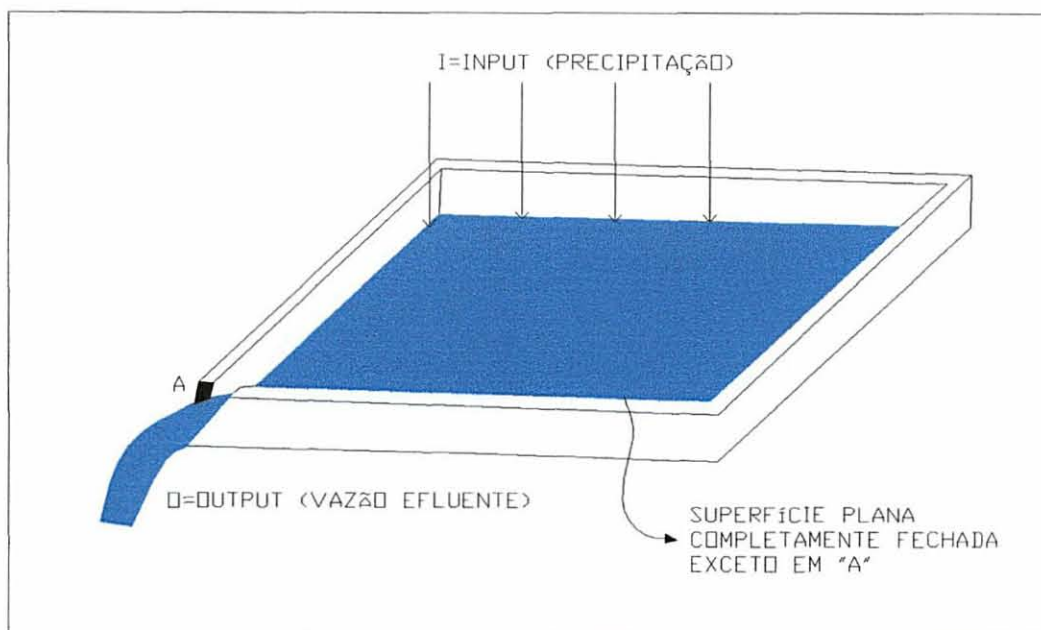


FIGURA 2.1 - Representação simplificada de um modelo de bacia (Fonte: VILLELA e MATTOS, (1975:7))

A bacia hidrográfica é necessariamente contornada por um divisor, assim designado por ser a linha de separação que divide as precipitações que caem em bacias vizinhas e que encaminha o escoamento superficial resultante para um ou outro sistema fluvial (VILLELA e MATTOS, 1975:9). O divisor segue uma linha rígida em torno da bacia, atravessando o curso d'água somente no ponto de saída (fóz). O divisor une os pontos de máxima cota entre as bacias, o que não impede que no interior de uma bacia existam picos isolados com cota superior a qualquer ponto do divisor.

Os terrenos de uma bacia são delimitados por dois tipos de divisores de água, topográfico e freático: o divisor topográfico, como o seu nome indica, é condicionado pela topografia e fixa os limites da área da qual provém o deflúvio superficial da bacia e o divisor freático, em geral, determinado pela estrutura geológica dos terrenos, estabelece, os limites dos reservatórios de água subterrânea.

A Figura 2.2, apresenta esquematicamente um corte transversal através de 3 bacias adjacentes. Nela mostra-se a posição relativa dos divisores topográfico e freático.

As áreas demarcadas por esses divisores, dificilmente coincidem exatamente. Devido à dificuldade de se determinar precisamente o divisor freático, uma vez que ele não é fixo, mudando de posição com as flutuações do lençol, costuma-se considerar que a área da bacia é aquela determinada pelo divisor topográfico LANCASTRE e FRANCO, (1984:27).

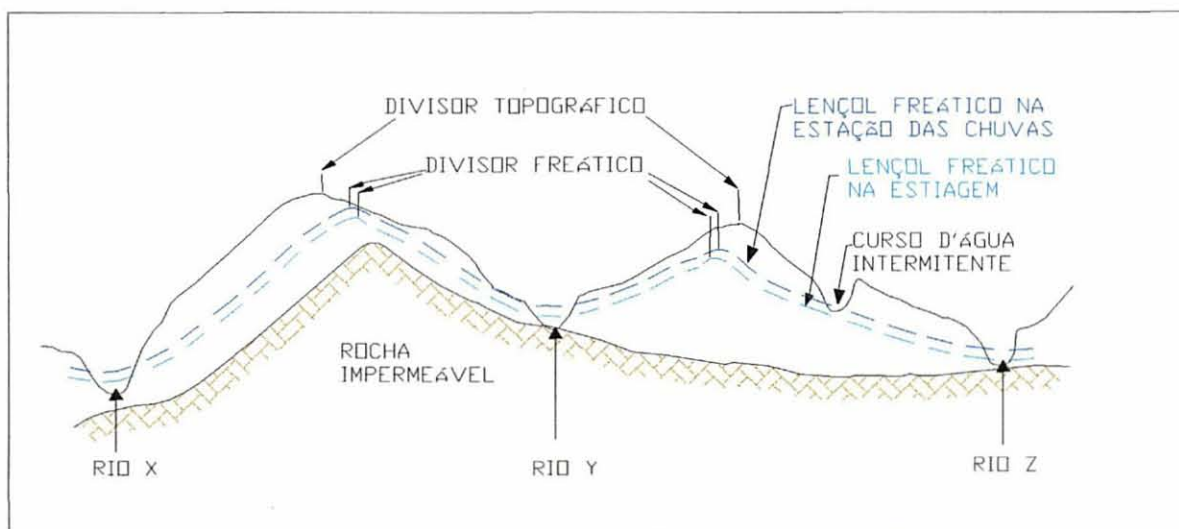


FIGURA 2.2 - Corte transversal de uma bacia hidrográfica. (Fonte: VILLELA e MATTOS, (1975:9)

A análise de bacias hidrográficas começou a apresentar caráter mais objetivo a partir de 1945, com a publicação do notável trabalho do engenheiro hidráulico Robert E. Horton, que procurou estabelecer as leis de desenvolvimento dos rios e de suas bacias (CHRISTOFOLETTI, 1980:106).

As características físicas de uma bacia hidrográfica são elementos de grande importância em seu comportamento hidrológico (VILLELA e MATTOS, 1975:12), existindo uma estreita correspondência entre o regime hidrológico e estes elementos, sendo de grande utilidade prática o seu conhecimento. Estas relações podem determinar indiretamente os valores hidrológicos em seções ou locais de interesse, nos quais faltem dados ou regiões onde, devido a fatores de ordem física ou econômico, não seja possível a instalação de equipamentos de medições.

Pode-se dizer que estes elementos físicos constituem a mais conveniente possibilidade de se conhecer a variação no espaço dos elementos do regime hidrológico (VILLELA e MATTOS, 1975:13). Dependendo a vazão de um curso d'água essencialmente do clima (representado por uma de suas manifestações mais conspícuas: a precipitação pluviométrica) e das características físicas da bacia contribuinte, torna-se fácil compreender a ênfase atribuída a esses parâmetros (BARROS, 1967:9).

A seguir apresentamos os índices e parâmetros utilizados para a caracterização da área de estudo.

2.2.1 – Ordem dos cursos de água

O sistema de drenagem consiste no processo de se estabelecer a classificação de determinado curso de água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. Isso é realizado com a função de facilitar e tornar mais objetivo os estudos morfométricos sobre as bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980:106).

Robert E. Horton, em 1945, foi quem propôs, de modo mais preciso, os critérios iniciais para a ordenação dos cursos de água. Para Horton, os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também podem receber afluentes de primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e, também, os de ordem inferior (CHRISTOFOLETTI, 1980:106). Todavia, na ordenação proposta por Horton, o rio principal é consignado pelo mesmo número de ordem desde a sua nascente.

Um sistema diferente, foi introduzido por Arthur N. Strahler (STRAHLER, 1952). Para Strahler, os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores. E assim sucessivamente. A ordenação proposta por Strahler elimina o conceito de que o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão e a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência.

Em ambos os procedimentos, verifica-se que a rede de canais pode ser decomposta em segmentos discretos, cada um composto por um ou mais segmentos de acordo com as regras do sistema de ordenação, e a área superficial contribuindo para cada subconjunto é a bacia de drenagem que lhe está associada. Desta maneira, o conceito de ordem ou de hierarquia é aplicável à rede de canais como às bacias hidrográficas (CHRISTOFOLETTI, 1980:107).

Considerando a relação de bifurcação entre as várias ordens, estabeleceu-se a *Lei do número de canais*, que pode ser aplicada com a mesma exatidão nas bacias hierarquizadas conforme o sistema de Horton ou de acordo com o processo de Strahler. Deve-se lembrar que a quantidade de rios existentes em determinada bacia hidrográfica é obtida pela soma dos canais nas diversas ordens, se utilizar do processo de Horton, que corresponderá ao número de canais de primeira ordem na classificação de Strahler

(CHRISTOFOLETTI, 1980:108). A Tabela 2.1. Exemplifica o caso da bacia representada na Figura 2.3.

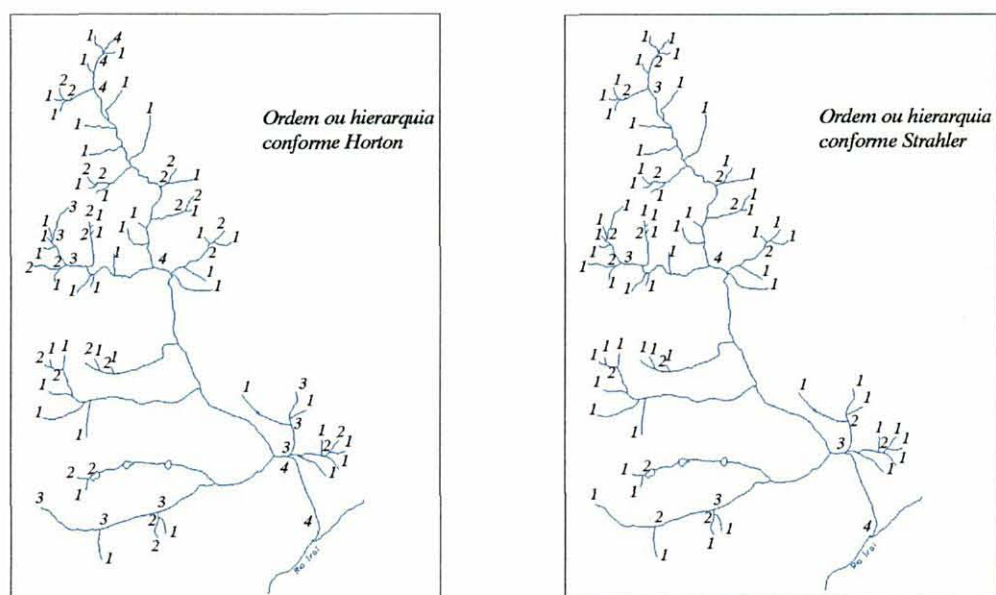


FIGURA 2.3. Hierarquia de uma bacia hidrográfica, conforme Horton e Strahler.

TABELA 2.1 - QUANTIDADE DE CANAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA ILUSTRADA NA FIGURA 2.3, SEGUNDO OS SISTEMAS DE HORTON E STRAHLER

Ordem	Horton	Strahler
1 ^a	72	91
2 ^a	17	22
3 ^a	5	6
4 ^a	1	1
Total dos rios	95	120

Tanto o sistema de Horton como o de Strahler pressupõem que a ordem dos canais aumenta de 1 se um rio entra em confluência com outro de mesma ordem.

2.2.2 - Relação de bifurcação (R_b).

Ela foi definida por HORTON (1945:289), como sendo a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior. Acatando-se o sistema de ordenação de Strahler (STRAHLER, 1952:1120), verifica-se que o resultado nunca pode ser inferior a 2.

Baseando-se na relação de bifurcação, HORTON (1945:291), expressou uma das leis da composição da drenagem que pode ser enumerada da seguinte maneira: "Em uma determinada bacia, a soma dos números dos canais de cada ordem forma uma série

geométrica inversa, cujo primeiro termo é a unidade de primeira ordem e a razão é a relação de bifurcação”. A expressão utilizada para o cálculo é representada como:

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad [1.0]$$

Onde:

R_b = é a relação de bifurcação (adimensional)

N_u = é o número de segmentos de determinada ordem, e

N_{u+1} = é o número de segmentos de ordem imediatamente superior

A plotagem dos valores dos N_u em escala logaritma conjuntamente com as respectivas ordem em escala linear, fornecerá uma linha. A inclinação desta linha fornecerá a relação de bifurcação da bacia (CHOW, MAIDMENT e MAYS, 1988:169).

2.2.3 - Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (R_{lm}).

O estudo da relação entre o comprimento médio dos canais foi inicialmente feito por HORTON (1945 :291), o que propiciou ao referido autor expressar outra lei básica da composição de drenagem, que pode ser enunciada da seguinte maneira: “Em uma determinada bacia, os comprimentos médios dos canais de cada ordem ordenam-se segundo uma série geométrica direta, cujo primeiro termo é o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a razão é a relação entre os comprimentos médios”.

$$R_{lm} = L_{mu} / L_{mu-1} \quad [2.0]$$

Onde:

R_{lm} = é a relação entre os comprimentos médios (adimensional),

L_{mu} = é o comprimento médio dos canais (m)

L_{mu-1} = é o comprimento médios dos canais de ordem imediatamente inferior (m).

2.2.4 - Relação entre a índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (R_{lb}).

HORTON (1945:292) designou esta relação com a letra “rho”, comentando ser esta um importante fator na relação entre a composição de drenagem e o desenvolvimento fisiográfico das bacias hidrográficas. Se a relação entre o comprimento médio e o relação de

bifurcação forem iguais, o tamanho médio dos canais crescerá ou diminuirá na mesma proporção. Caso não sejam iguais, o que é mais comum, o tamanho dos canais poderá diminuir ou aumentar progressivamente com a elevação da ordem dos canais, pois são os “fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos que determinam o último grau do desenvolvimento da drenagem em determinada bacia” (CHRISTOFOLETTI, 1970:32 e 1980:111).

$$R_{lb} = R_{lm} / R_b \quad [3.0]$$

Onde:

R_{lb} = é a relação entre o índice do comprimento médio e o de bifurcação (adimensional);

R_{lm} = é o índice do comprimento médio entre duas ordens subsequentes (adimensional)

R_b = é a relação de bifurcação (adimensional)

Segundo Horton esta relação é importante para a estimativa do armazenamento hídrico da bacia, bem como, na modelagem da intensidade da “crista” de inundação.

2.2.5 - Relação ponderada de bifurcação (R_{pb}).

Com a finalidade de encontrar um parâmetro de bifurcação mais representativo, foi proposta por STRAHLER (1952 :1137) a relação ponderada de bifurcação. Para calculá-la, utiliza-se o seguinte procedimento, também exposto em SCHUMM (1956:603): em determinada bacia, multiplica-se a relação de bifurcação de cada conjunto de duas ordens sucessivas pelo número total de canais envolvidos nessa relação. Após efetuar as multiplicações para as várias ordens da bacia, divide-se o somatório dos produtos obtidos pelo somatório total dos canais envolvidos. O valor médio encontrado é a relação ponderada de bifurcação.

2.2.6 - Comprimento do rio principal (L)

É a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura (fôz) até a nascente mais extrema.

2.2.7 - Extensão do percurso superficial (Eps)

Esta relação foi apresentada por HORTON (1945:284) e representa a distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal fluvial permanente, indicando o comprimento médio do caminho percorrido pelas águas pluviais antes de se estabilizarem ao longo de um canal (CHRISTOFOLETTI, 1970:34) e segundo CHRISTOFOLETTI (1980:111) corresponde a uma das variáveis independentes mais importantes que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem.

Durante a evolução do sistema de drenagem, a extensão do percurso superficial está ajustado ao tamanho apropriado relacionado com as bacias de primeira ordem, sendo aproximadamente igual à metade do recíproco do valor da densidade da drenagem. É calculado da seguinte maneira:

$$\text{Eps} = (1 / 2 D_d)1000 \quad [4.0]$$

Onde:

Eps = é a extensão do percurso superficial (m)

D_d = é o valor da densidade de drenagem (Km/Km²)

2.2.8 - Área das sub-bacias (A) e perímetro das sub-bacias (P).

É toda a área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, projetada no plano horizontal. Várias são as maneiras de se obter o valor da área de uma bacia hidrográfica: (i) calculada com o auxílio do planímetro; (ii) de papel milimetrado; (iii) pela pesagem de papel uniforme devidamente recortado ou (iv) através do uso de programas computacionais.

A área de drenagem define o tamanho da bacia, ou seja, é a área em projeção horizontal incluída entre os divisores topográficos desde o ponto mais alto, onde se inicia a drenagem das águas, até a foz do rio principal, que denomina a sub-bacia.

2.2.9 - Comprimento da bacia (L_b)

Várias são as definições a propósito do comprimento da bacia, acarretando diversidade no valor do dado a ser obtido.

Para CHRISTOFOLETTI, (1980:113) o comprimento da bacia (L_b) é a distância medida em linha reta entre a fóz e determinado ponto do perímetro, que assinala equidistância no comprimento do perímetro entre a fóz e ele, conforme é ilustrado na Figura 2.4.

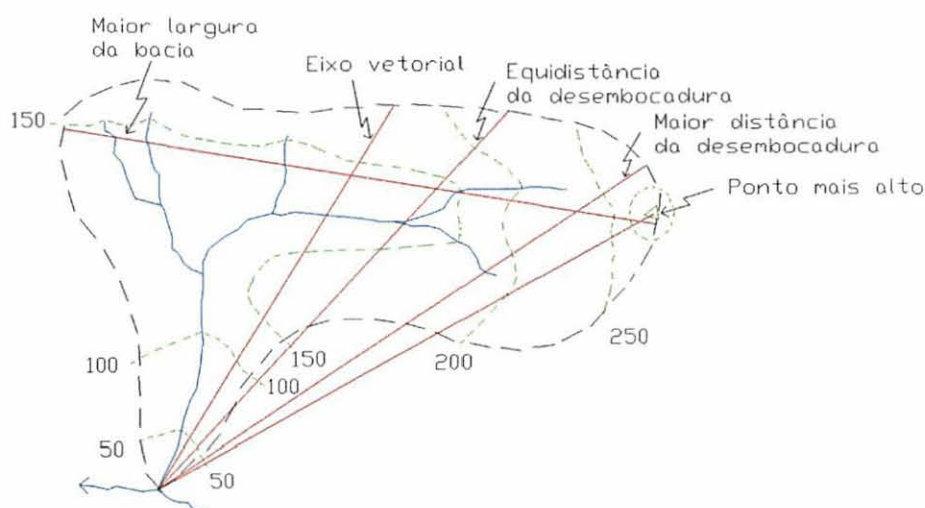


FIGURA 2.4 - Representação dos diversos critérios utilizados para determinar o comprimento de uma bacia hidrográfica. (Fonte: Modificado de CHRISTOFOLETTI, 1980:113)

2.2.10 - Relação entre o comprimento do rio principal e área da bacia

O comprimento do rio principal é a distância que se estende ao longo do curso de água desde a desembocadura até determinada nascente (CHRISTOFOLETTI, 1980:111). Neste trabalho foi adotado o critério de Horton, para a determinação do rio principal, onde o canal de ordem mais elevada corresponde ao rio principal.

Vários pesquisadores abordaram este assunto e as pesquisas demonstraram notável consistência entre os dados, apesar da diversidade de condições ambientais envolvidas, permitindo que o comprimento geométrico do curso de água principal possa ser calculado conforme a seguinte expressão, proposta inicialmente por HACK (1957)¹ citado por (CHRISTOFOLETTI, 1980:114).

¹ Hack (1957) bibliografia não descrita nas referências bibliográficas de Christofolletti, 1980.

$$L = 1,5 A^{0.6}$$

[5.0]

Onde:

L = comprimento do rio principal (Km),

A = Área da bacia (Km²)

2.2.11 - Forma da bacia

Este parâmetro relaciona a bacia hidrográfica com a sua forma superficial. É importante defini-lo para se conhecer o tempo de concentração de água na bacia, ou seja, o tempo a partir do início da precipitação pluviométrica, que leva a água dos limites da bacia para chegar à saída da mesma. Existem vários índices utilizados para determinar a forma das bacias, procurando relacioná-las com formas geométricas conhecidas (Figura 2.5). Os índices obtidos foram os propostos por VILLELA e MATTOS, (1975: 13-14) o **coeficiente de compacidade (Kc)** e o **fator de forma (Kf)**.

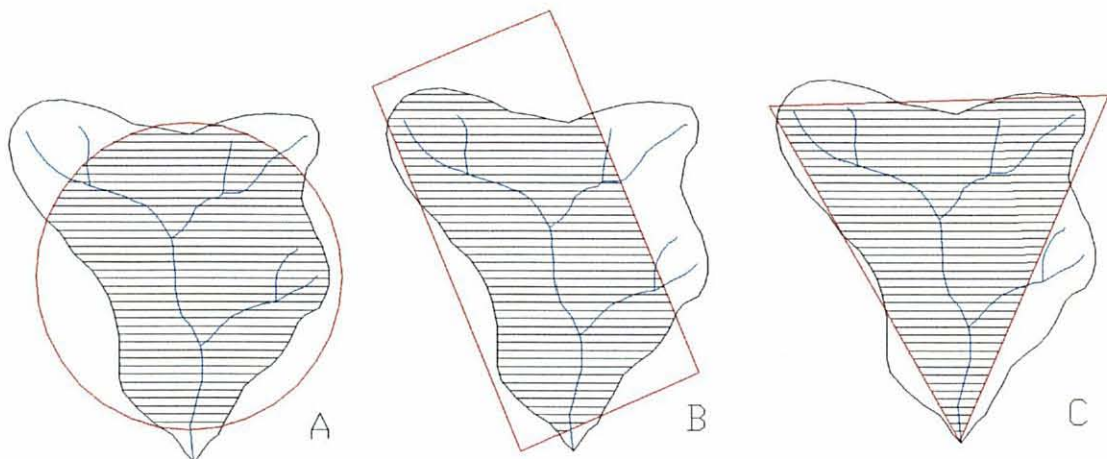


FIGURA 2.5 - Representação da forma de uma bacia (A) circular (B) retangular e (C) triangular. (Fonte: Modificado de CHRISTOFOLETTI, 1980:114)

O **coeficiente de compacidade** ou índice de Gravelius é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à bacia de raio r . Esta relação, segundo LANCASTRE e FRANCO (1984:30) pode ser obtida da seguinte forma:

$$Kc = 0.282 (P / \sqrt{A})$$

[6.0]

Onde:

Kc = é o coeficiente de compactidade (adimensional)

P = representa o perímetro da bacia (Km)

A = a área da bacia (Km²).

O **fator de forma** é a relação entre a largura média da bacia e o comprimento da bacia. O comprimento da bacia (**L_b**) é obtido quando se segue o curso d'água mais longo, desde a desembocadura, até a cabeceira mais distante da bacia. Este fator de forma é, portanto, dado pela fórmula:

$$Kf = A / L_b^2 \quad [7.0]$$

Onde:

Kf = Fator de forma (adimensional)

L_b = comprimento da bacia (Km)

A = é a área da bacia (Km²).

2.2.12 - Densidade de rios ou hidrográfica (**D_h**)

É a relação existente entre o número de canais ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão como, por exemplo, o quilômetro quadrado (CHRISTOFOLETTI, 1970:13 e 1980:115). Esta relação foi primeiramente definida por HORTON (1945:283), com a denominação de frequência de rios, sendo calculado pela fórmula

$$D_h = N / A \quad [8.0]$$

Onde:

D_h = é a densidade hidrográfica (Nº rios/ Km²)

N = é o número total de canais/rios (adimensional)

A = é a área da bacia considerada (Km²)

2.2.13 - Densidade da drenagem (D_d).

A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. A sua determinação, fornece uma avaliação do potencial da bacia e de seus setores em permitir maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais (BELTRAME, 1994:83). A densidade de drenagem é também um índice indicativo da natureza dos agentes que contribuem para a formação da rede de drenagem de uma bacia. Sabe-se, por exemplo, que há maior incisão de leitos fluviais em áreas de terrenos de declividade acentuada que em áreas de declive mais moderado. E, sabe-se, também, que o talhado dos leitos por processos erosivos naturais é diretamente relacionado com o tipo de material através do qual os mesmos são cortados. A oportunidade para incisão é maior naquelas áreas onde a maior parte do deflúvio provém do escoamento sobre a superfície e não dos reservatórios subterrâneos; condições desta natureza ocorrem em área de solo superficialmente impermeáveis (FENDRICH, et al. 1999:20). A extensão de cursos de água por unidade de área é menor em zonas áridas que em zonas úmidas. De modo geral, a densidade de drenagem tende para zero em certas regiões desérticas de topografia plana com terrenos arenosos, e para um máximo nas regiões úmidas, montanhosas e de terrenos impermeáveis. A densidade de drenagem relaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia. A densidade de drenagem foi inicialmente definida por HORTON (1945:283), podendo ser calculada pela equação:

$$D_d = L_t / A \quad [9.0]$$

Onde:

D_d = é a densidade de drenagem (Km/Km²)

L_t = é o somatório do comprimento de todos os canais de drenagem (Km)

A = é a área da bacia (Km²)

2.2.14 - Coeficiente de manutenção (C_m)

Para SCHUMM (1956:606) corroborado por CHRISTOFOLETTI (1980:117), esta relação é a expressão quantitativa de um dos mais importantes valores numéricos característicos de um sistema de drenagem: limitando a área mínima requerida para o

desenvolvimento de um canal. Para (MORISAWA, 1962² citado por CHRISTOFOLETTI, 1970:21 e por FERREIRA, 1999:8) esta relação tem a finalidade de fornecer a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento permanente. Podendo ser calculado através da seguinte expressão (CHRISTOFOLETTI, 1980:117), a fim de que seja significativa na escala métrica:

$$C_m = (1 / D_d) 1000 \quad [10.0]$$

Onde:

C_m = é o coeficiente de manutenção (m^2/m)

D_d = é a densidade de drenagem (Km/Km^2)

2.2.15 - Amplitude altimétrica máxima da bacia (H_m)

Corresponde à diferença altimétrica entre a altitude da desembocadura e a altitude do ponto mais alto situado em qualquer lugar da divisória topográfica. Este conceito, também denominado de “relevo máximo da bacia” (CHRISTOFOLETTI, 1980:119), vem sendo comumente utilizado nas pesquisas geomorfológicas.

2.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.3.1 – Material cartográfico e equipamentos

Para a execução deste trabalho, foram utilizadas como bases cartográficas as cartas planialtimétricas (COMEC) listadas a seguir:

- Quatro cartas planialtimétricas na escala de 1:50.000 em meio analógico com sistema de coordenadas UTM e Geográficas;
- Trinta e sete cartas planialtimétricas na escala de 1:10.000 em meio digital com sistema de coordenadas UTM e Geográficas.

Em termos de equipamentos, foi utilizado um microcomputador contendo Processador Pentium III-750 Mhz. Os programas computacionais empregados foram o SPRING (INPE) (CÂMARA et al. 1996), versões 3.4 e 3.5-alfa, específico para o

² Morisawa, M.E. Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. *Geol. Soc. America Bulletin* (1962), 73 (9), pp. 1025-1046.

processamento/tratamento de imagens e trabalho com informações georreferenciadas (SIG) e específico para as etapas da compilação propriamente dita (digitalização, edição, ajustes, poligonização); CAD Overlay, utilizado para vetorização das linhas das curvas de nível e hidrografia das cartas planialtimétricas; AutoCAD 14 e AutoCAD 2000, utilizados na edição das linhas e poligonização; Excel 7.0 utilizado na elaboração do banco de dados e organização dos dados alfanuméricos; Corel Draw 9.0 utilizado para editoração das figuras e mapas; Word 7.0 utilizado para a edição dos textos.

2.3.2 – Coleta e avaliação do material existente

Foram reunidas todas as informações disponíveis relacionadas ao sistema de drenagem e às curvas de nível da área de estudo (cartas planialtimétricas), primeiramente em formato analógico.

Deste agrupamento, chegou-se a avaliação de que para abranger toda a área de estudo eram necessárias 4 cartas planialtimétricas (COMEC) na escala de 1:50.000 ou 37 cartas planialtimétricas (COMEC) na escala de 1:10.000.

A COMEC possuía disponível em formato digital (vetorial) 25 das cartas na escala de 1:10.000, sendo que as demais estavam disponíveis em formato digital (raster), as quais tiveram que ser trabalhadas para a vetorização das informações necessárias (curvas de nível, hidrografia).

2.3.3 – Construção das bases cartográficas digital

Tendo em vista que a qualidade dos resultados dos trabalhos executados em bacias hidrográficas estão diretamente relacionados à escala de trabalho adotada, optou-se pela utilização das informações na escala de maior detalhamento (1:10.000), o que significou em um grande esforço no sentido de obtenção das informações em formato digital (vetorial) das cartas faltantes, em número de 12.

Para tanto fez-se o uso dos arquivos digitais (formato raster), os quais foram primeiramente trabalhados no SPRING, com o objetivo específico de georreferenciar e eliminar distorções nas cartas e posteriormente estes arquivos foram trabalhados nos programas computacionais CAD Overlay e AutoCAD R14, com o objetivo de extrair as informações necessárias a execução do nosso estudo (Rede de drenagem, curvas de nível).

As cartas inicialmente foram trabalhadas individualmente cada uma em um arquivo e posteriormente estes arquivos (informações) foram reunidas em um único arquivo,

denominado de base, que conteve as informações das 37 cartas digitais. Neste arquivo, foram definidos os seguintes Planos de Informação (Rede de drenagem e Curvas de nível), os quais reuniram todas as informações de abrangência de cada carta e posteriormente tiveram que sofrer um trabalho de edição para a junção de linhas entre as diferentes cartas. E também foi criado um Plano de Informação denominado de Bacias Hidrográficas, com a intenção de armazenar as informações relativas aos limites das bacias hidrográficas, ou dos divisores de bacia (água).

2.3.4 – Rede de drenagem

A rede de drenagem compõe-se dos principais cursos de água e toda a sua rede de afluentes. Toda a rede de drenagem foi reunida em apenas um Plano de Informação, denominado de Rede de drenagem. Foi adotado como procedimento sistemático a vetorização da rede de drenagem e posterior edição e ajustes necessários. A cada confluência de canais fez-se um nó de união de linhas, evitando-se que uma das linhas confluentes seguisse continuamente. Este procedimento facilitou a da organização (hierarquização) dos canais segundo a ordem dos mesmos (STRAHLER, 1952:1120) e na definição de uma cor para cada uma das ordens dos canais (Figura 2.6).

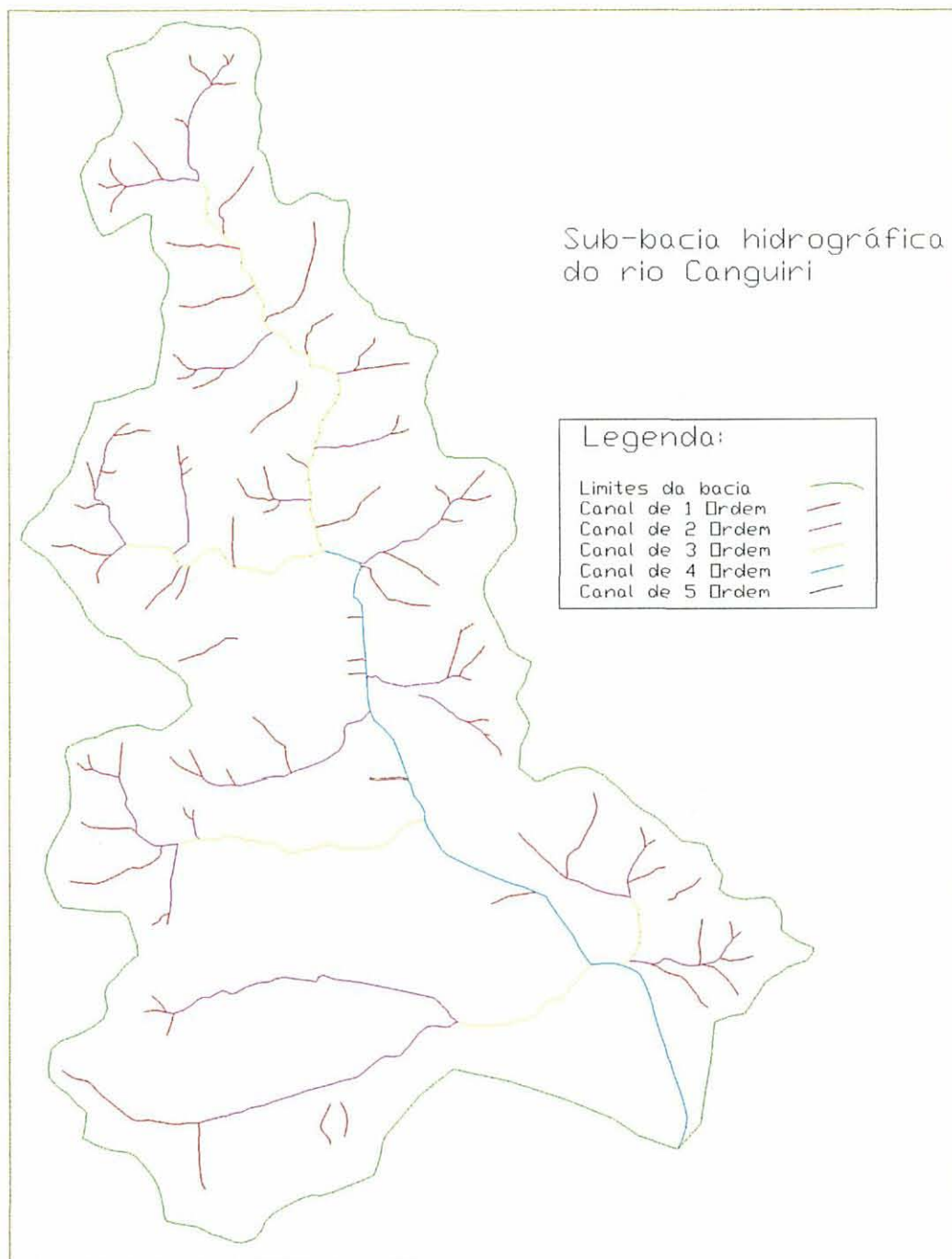


FIGURA 2.6. Representação esquemática com cores da hierarquia fluvial.

O número de canais em cada ordem, foi obtido pela soma aritmética dos mesmos. Em cada segmento foram obtidos o comprimento e a declividade. O comprimento foi obtido através do comando "propriedade" do AutoCAD. No caso da existência de represamentos o comprimento foi obtido pela medição da linha que acompanha o centro da represa.

2.3.5 – Curvas de nível

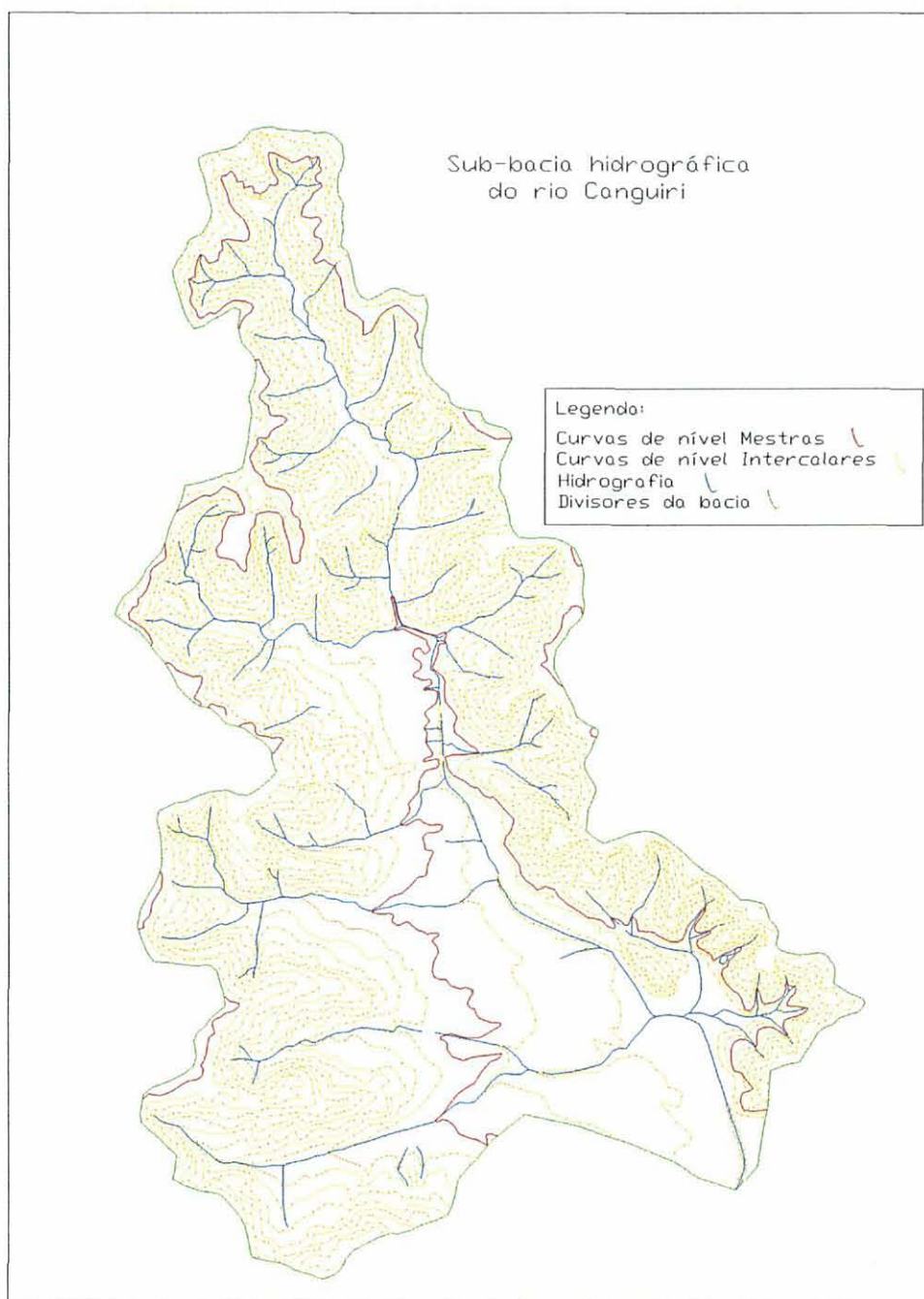


FIGURA 2.7. Representação esquemática das curvas de nível utilizando-se cores.

Para um melhor aproveitamento e verificação, as curvas de nível foram vetorizadas de forma completa, da mesma maneira como se apresentavam nas cartas planialtimétricas (escala 1:10.000) com equidistância de 5 metros. Após a reunião de todas as curvas de nível no arquivo Base, as mesmas foram individualizadas em duas cores diferentes,

representando as curvas mestres e as curvas intercalares, com o objetivo de melhor visualização e conferência das informações (Figura 2.7).

2.3.6 – Bacia e sub-bacias hidrográficas

Devido a esta informação não fazer parte do conjunto de feições representadas nas cartas planialtimétricas, esta foi definida manualmente traçando as linhas divisoras de água da bacia de drenagem, seguindo as linhas de maior altitude do relevo, diretamente sobre o monitor de vídeo, tendo como parâmetros orientadores do traçado a rede de drenagem e as curvas de nível. Este procedimento foi executado em duas etapas: na primeira definiu-se o divisor da bacia que abrange toda a área de estudo e na segunda etapa foi definido os divisores das sub-bacias internas.

2.3.7 – Obtenção e cálculo dos parâmetros morfológicos das sub-bacias hidrográficas

Quando se busca a caracterização morfológica de bacias hidrográficas, constata-se a existência de duas categorias de parâmetros: (i) parâmetros absolutos, caracterizados por serem aqueles valores que se obtêm diretamente das cartas planialtimétricas, tais como: área, perímetro, número e comprimento da rede de drenagem, altitude, etc. e (ii) parâmetros relativos, caracterizados por serem aqueles valores gerados (obtidos) de relações existentes entre os parâmetros absolutos, tais como: a densidade hidrográfica, a densidade de drenagem, o fator de forma, etc.

Portanto, após a obtenção dos parâmetros absolutos, estes foram reunidos em um arquivo do tipo planilha, o qual foram adicionadas funções (fórmulas) para que pudessem fornecer os parâmetros relativos.

Os valores das áreas (A) e perímetros (P) das sub-bacias foram obtidos com o uso do comando "area" do AutoCAD. O parâmetro comprimento da bacia foi obtido através da medição no mapa digital e seguiu a metodologia descrita em CHRISTOFOLETTI (1980:113), diretamente no monitor de vídeo, mediante uma linha reta ao longo do rio principal.

2.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, são apresentados os parâmetros absolutos de cada uma das sub-bacias, os quais foram obtidos diretamente da medição e uso de comandos específicos dos

programas computacionais utilizados. Posteriormente, são apresentados os parâmetros relativos, oriundos de relações existentes utilizando-se dos parâmetros absolutos.

2.4.1 - PARÂMETROS ABSOLUTOS

Sub-bacia do rio Canguiri

Trata-se de uma sub-bacia de quarta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quarta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.8 e na Tabela 2.3 é uma sub-bacia relativamente pequena, com 17,85 Km² de área e uma amplitude altimétrica relativamente baixa (Tabela 2.2), o que demonstra que suas nascentes estão situadas mais próximas, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Canguiri não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem. No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Canguiri os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, segundo as Leis de Horton.

TABELA 2.2 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO CANGUIRI

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	17,85	Km ²
Perímetro	25,44	Km
Comprimento do rio principal	6,89	Km
Altitude máxima	970	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	885	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	85	m

TABELA 2.3 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO CANGUIRI

Parâmetro	ordem do canal					Somatório
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	91	22	6	1	0	120
Comprimento total (m)	22007,06	13771,92	7934,70	4832,15		48545,84
Comprimento médio (m)	241,83	625,99	1322,45	4832,15		

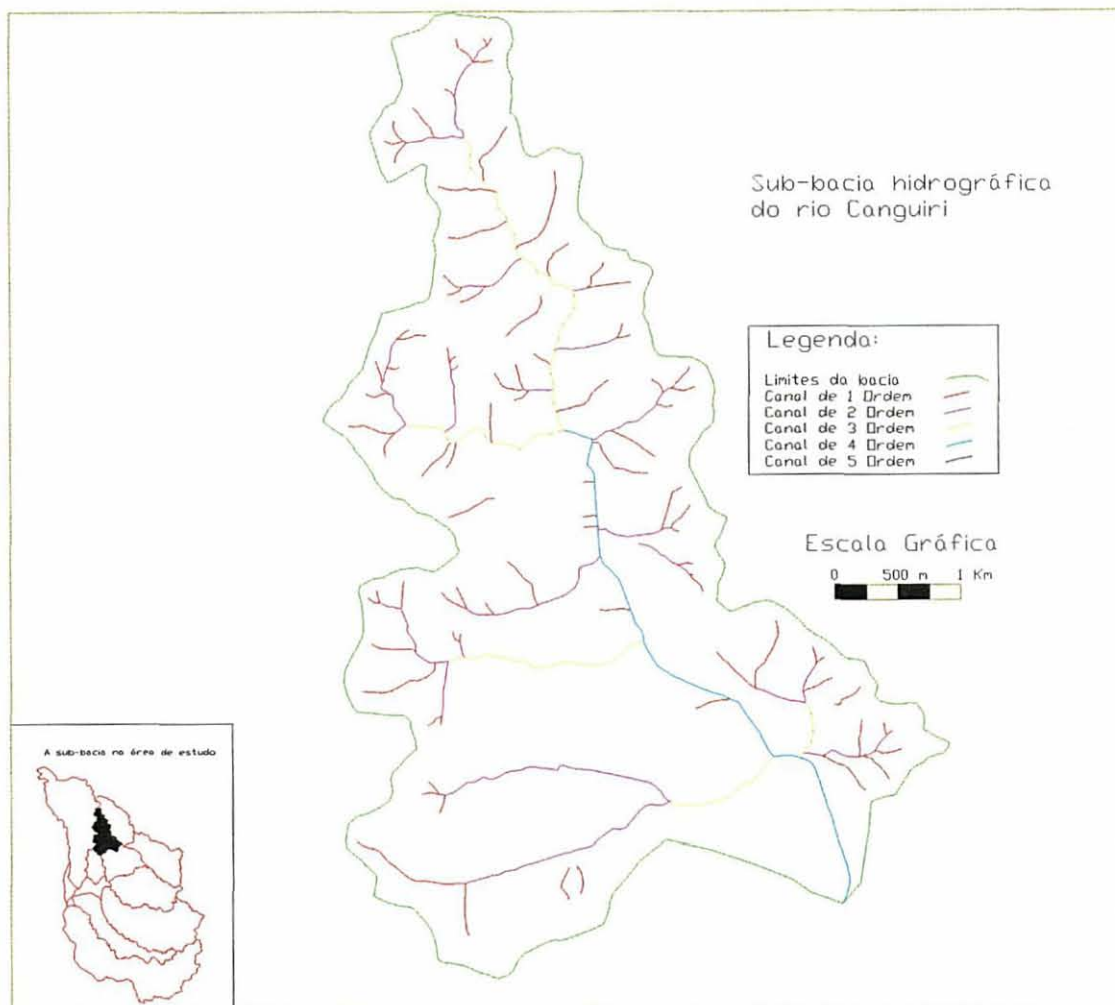


FIGURA 2.8 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Canguiri

Sub-bacia do rio Curralinho

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, com um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.9 e na Tabela 2.5 é uma sub-bacia comparativamente de tamanho médio, com 40,28 Km² de área e uma amplitude altimétrica muito alta (Tabela 2.4), o que demonstra que suas nascentes estão situadas muito distantes, em termos altimétricos, do seu exutório, possibilitando assim a ocorrência de eventos hidrológicos de grandes variações.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Curralinho não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Currealinho os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, segundo as Leis de Horton.

TABELA 2.4 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO CURRALINHO

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	40,28	Km ²
Perímetro	32,86	Km
Comprimento do rio principal	13,06	Km
Altitude máxima	1425	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	890	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	535	m

TABELA 2.5 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO CURRALINHO

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	134	32	8	3	1	178
Comprimento total (m)	44194,44	22072,71	15035,99	7006,08	5546,94	93856,16
Comprimento médio (m)	329,80	689,77	1879,49	2335,36	5546,93	

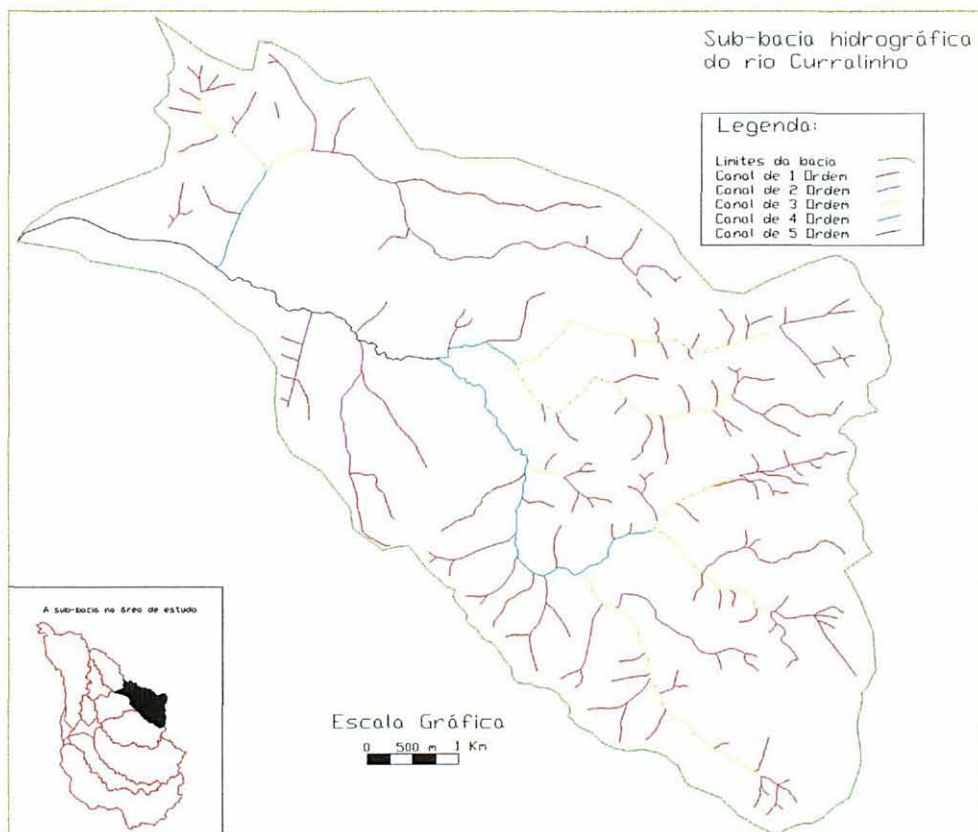


FIGURA 2.9 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Currealinho

Sub-bacia do rio Iraizinho

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.10 e na Tabela 2.7 é uma sub-bacia média, com 53,32 Km² de área e uma amplitude altimétrica alta (Tabela 2.6), o que demonstra que suas nascentes estão situadas muito distantes, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia encontra-se bastante próxima de seu estágio de desenvolvimento máximo, ou "normal".

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Iraizinho os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de quarta ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quinta ordem.

TABELA 2.6 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO IRAIZINHO

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	53,32	Km ²
Perímetro	32,85	Km
Comprimento do rio principal	19,57	Km
Altitude máxima	1215	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	885	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	330	m

TABELA 2.7 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO IRAIZINHO

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	238	59	14	4	1	316
Comprimento total (m)	59127,65	30393,08	21145,58	8466,67	13254,05	132387,00
Comprimento médio (m)	248,43	515,13	1510,39	2116,66	13254,05	

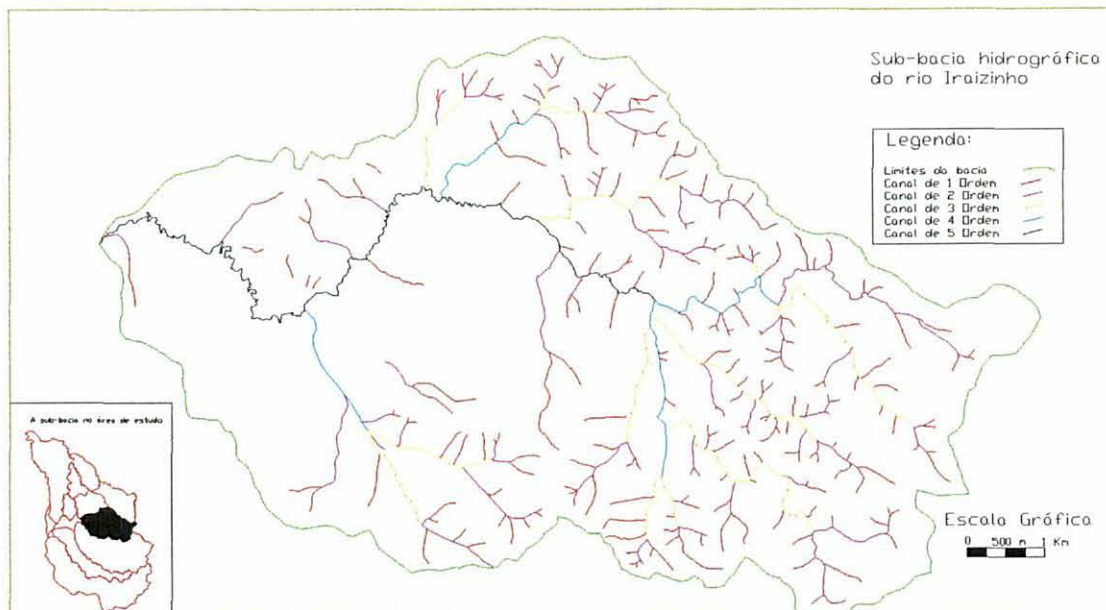


FIGURA 2.10 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Iraizinho

Sub-bacia do rio Itaqui

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.11 e na Tabela 2.9 é uma sub-bacia média, com 49,01 Km² de área e uma amplitude altimétrica relativamente baixa (Tabela 2.8), o que demonstra que suas nascentes estão situadas mais próximas, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Lei de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Itaqui não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Iraizinho os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de segunda e terceira ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quarta ordem.

TABELA 2.8 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	49,01	Km ²
Perímetro	54,47	Km
Comprimento do rio principal	31,00	Km
Altitude máxima	995	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	875	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	120	m

TABELA 2.9 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO ITAQUI

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	135	33	3	1	0	172
Comprimento total (m)	39836,22	13471,98	13659,25	19791,78	0	86759,23
Comprimento médio (m)	295,08	408,24	4553,08	19791,78		

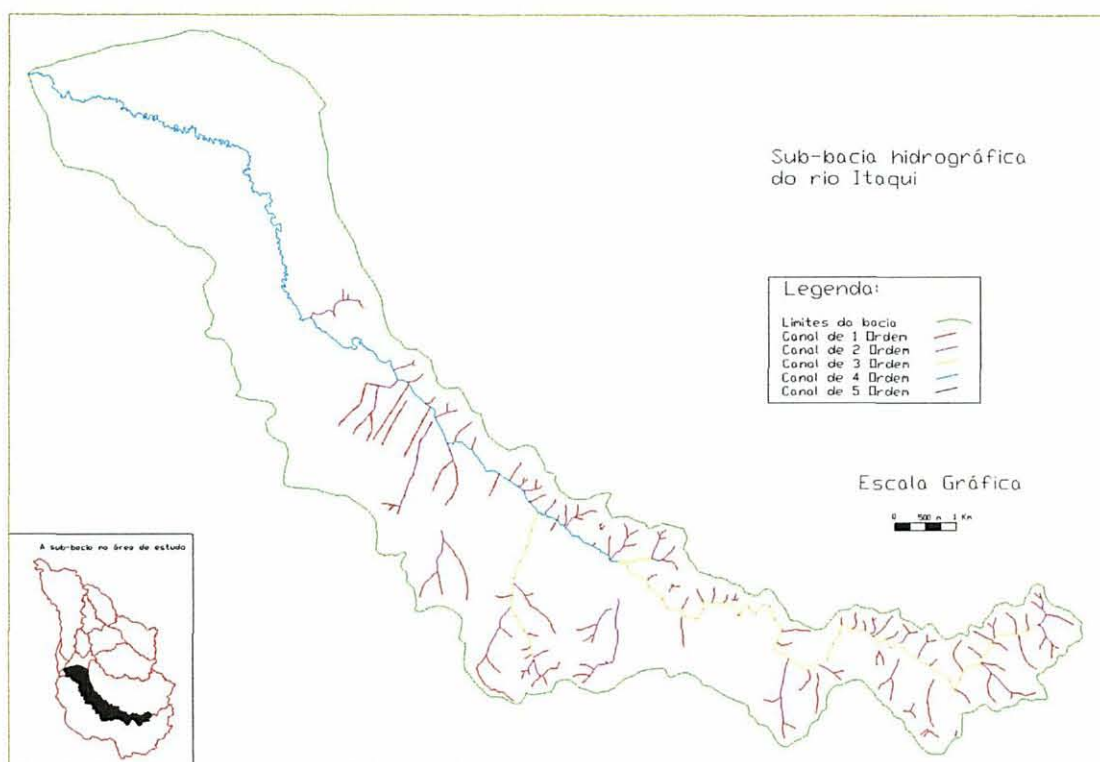


FIGURA 2.11 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Itaqui

Sub-bacia do rio Palmital

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.12 e na Tabela 2.11 é uma sub-bacia relativamente grande (Tabela 2.10), com 91,60 Km² de área e uma amplitude altimétrica alta, o que demonstra que suas nascentes estão situadas muito distantes, em termos altimétricos, do seu exutório.

TABELA 2.10 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO PALMITAL

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	91,60	Km ²
Perímetro	61,08	Km
Comprimento do rio principal	26,62	Km
Altitude máxima	1110	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	875	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	235	m

TABELA 2.11 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO PALMITAL

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Número de Canais	276	78	11	3	1	369
Comprimento total (m)	94520,43	66622,87	23106,76	12296,61	12062,82	208609,5
Comprimento médio (m)	342,46	854,13	2100,61	4098,87	12062,82	

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Palmital não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Palmital os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, segundo as Leis de Horton.

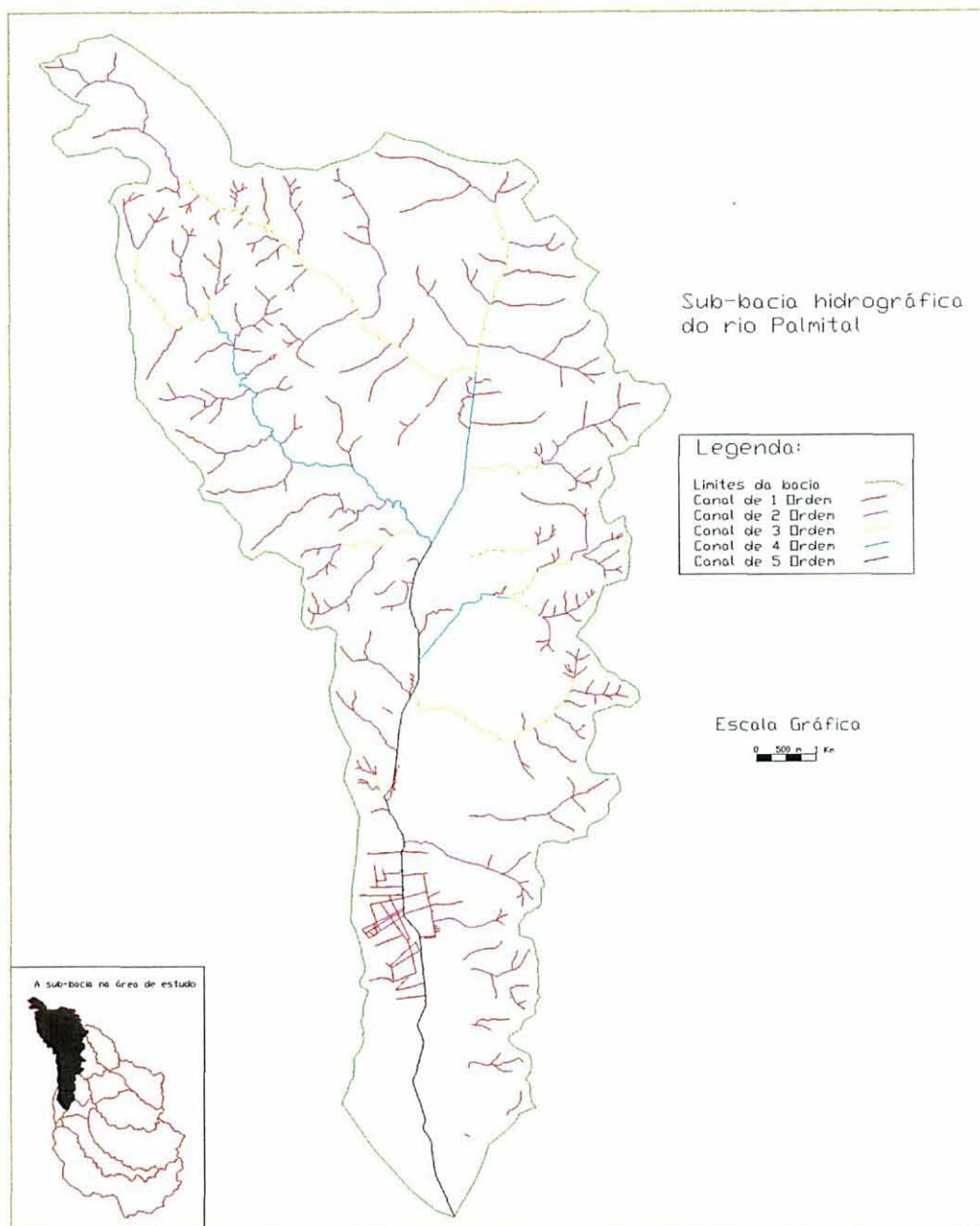


FIGURA 2.12 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Palmital

Sub-bacia do rio do Meio

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.13 e na Tabela 2.13 é uma sub-bacia relativamente pequena, com 12,33 Km² de área e uma amplitude altimétrica alta (Tabela

2.12), o que demonstra que suas nascentes estão situadas muito distantes, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio do Meio não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio do Meio os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de terceira ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quarta ordem.

TABELA 2.12 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO DO MEIO

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	12,33	Km ²
Perímetro	16,14	Km
Comprimento do rio principal	6,40	Km
Altitude máxima	1215	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	875	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	340	m

TABELA 2.13 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO DO MEIO

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	57	17	5	1	0	80
Comprimento total (m)	13525,74	8068,48	3608,27	4369,73	0	29572,23
Comprimento médio (m)	237,29	474,61	721,65	4369,73		

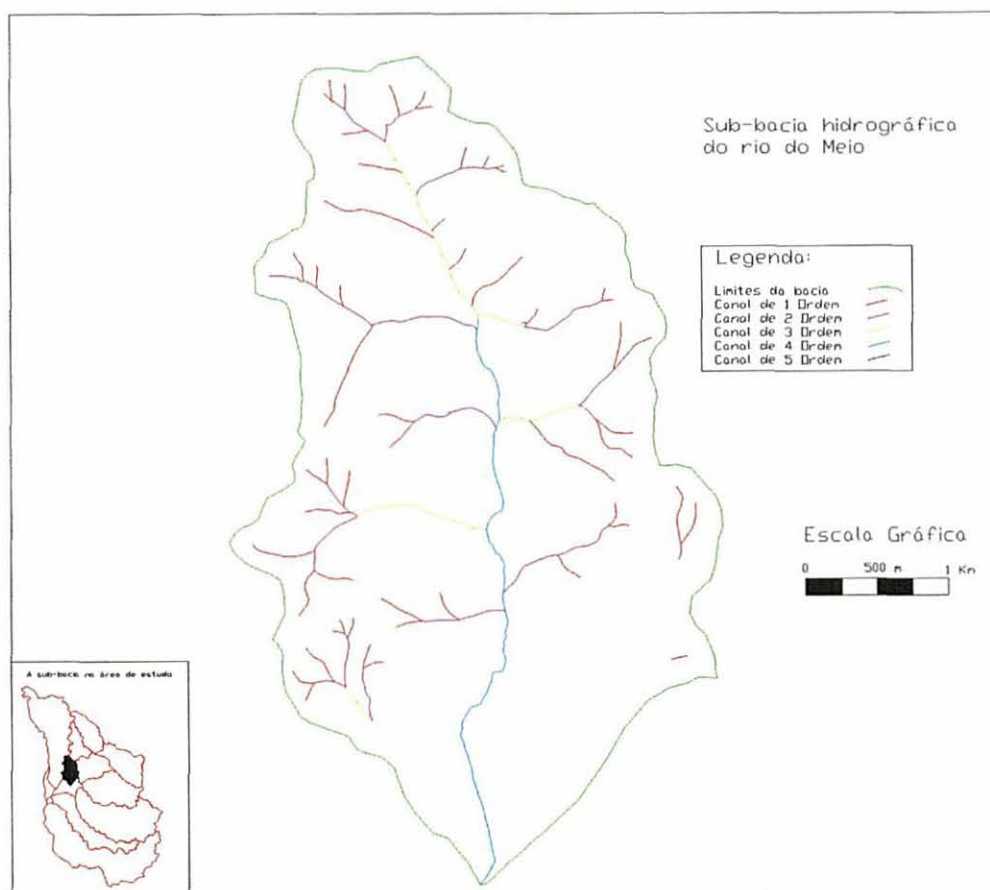


FIGURA 2.13 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio do Meio

Sub-bacia do rio Iraí

Trata-se de uma sub-bacia de quarta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quarta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.14 e na Tabela 2.15 é uma sub-bacia relativamente pequena, com 26,86 Km² de área e uma amplitude altimétrica muito alta (Tabela 2.14), o que demonstra que suas nascentes estão situadas muito distantes, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Iraí não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Iraí os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, segundo as Leis de Horton.

TABELA 2.14 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO IRAÍ

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	26,86	Km ²
Perímetro	25,57	Km
Comprimento do rio principal	11,04	Km
Altitude máxima	1425	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	880	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	545	m

TABELA 2.15 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO IRAÍ

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Número de Canais	49	9	1	0	0	59
Comprimento total (m)	15572,95	12111,77	759,89	0	0	28444,60
Comprimento médio (m)	317,81	1345,75	759,88			

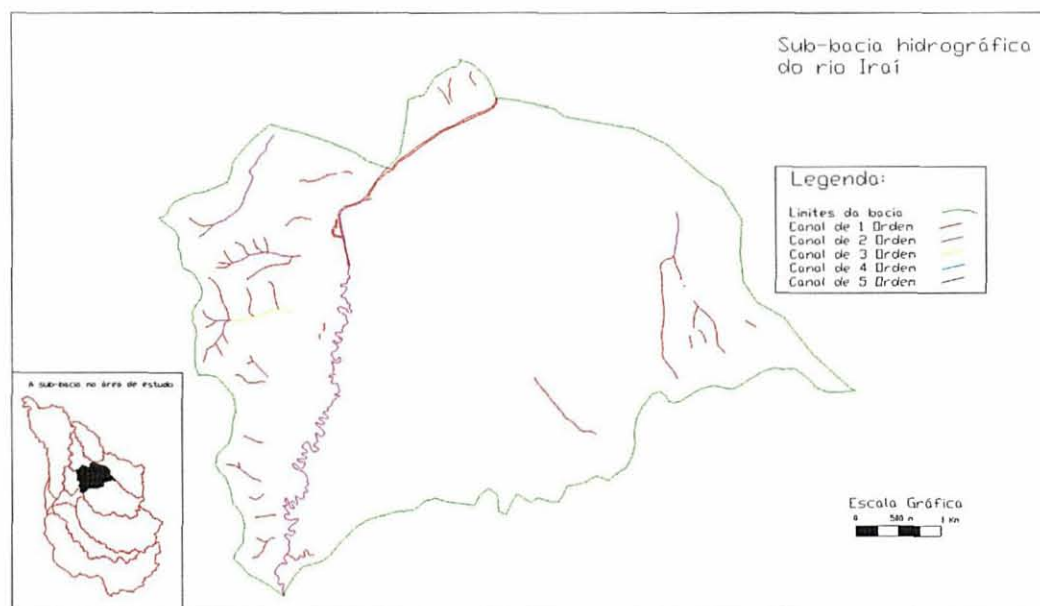


FIGURA 2.14 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Iraí

Sub-bacia do rio Timbu

Trata-se de uma sub-bacia de quarta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quarta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.15 e na Tabela 2.17 é uma sub-bacia relativamente pequena, com 26,02 Km² de área e uma amplitude altimétrica muito baixa

(Tabela 2.16), o que demonstra que suas nascentes estão situadas mais próximas, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia encontra-se bastante próxima de seu estágio de desenvolvimento máximo, ou "normal".

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Timbu os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de terceira ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quarta ordem.

TABELA 2.16 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO TIMBU

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	26,02	Km ²
Perímetro	26,17	Km
Comprimento do rio principal	12,25	Km
Altitude máxima	945	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	880	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	65	m

TABELA 2.17 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO TIMBU

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	
Número de Canais	66	15	4	1	0	86
Comprimento total (m)	18791,53	19000,01	4159,61	6390,10	0	48341,25
Comprimento médio (m)	284,72	1266,66	1039,90	6390,09		

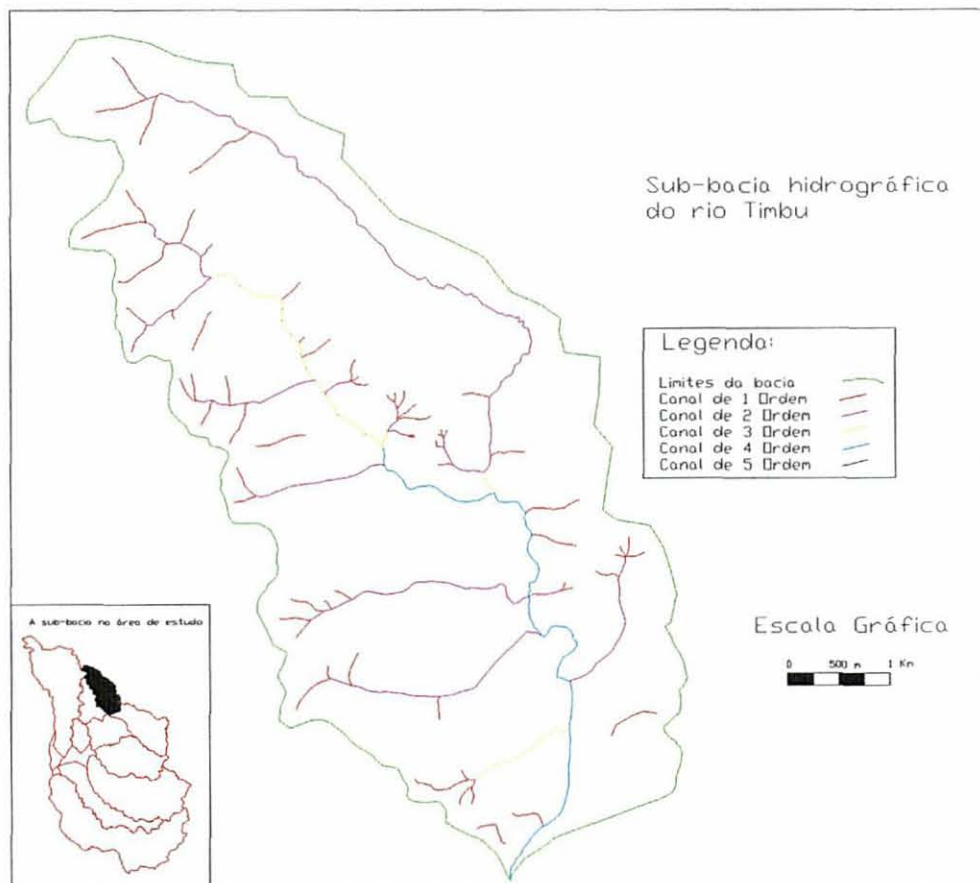


FIGURA 2.15 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Timbu

Sub-bacia do rio Pequeno

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.16 e na Tabela 2.19 é uma sub-bacia grande, com 135,11 Km² de área e uma amplitude altimétrica muito baixa (Tabela 2.18), o que demonstra que suas nascentes estão situadas mais próximas, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Pequeno não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Pequeno os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como

normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de quarta ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quinta ordem.

TABELA 2.18 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO PEQUENO

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	135,11	Km ²
Perímetro	80,22	Km
Comprimento do rio principal	55,42	Km
Altitude máxima	945	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	880	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	65	m

TABELA 2.19 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO PEQUENO

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	640	144	33	5	1	823
Comprimento total (m)	159496,8	77320,33	35195,85	10178,62	49509,70	331701,3
Comprimento médio (m)	249,21	536,94	1066,54	2035,72	49509,70	

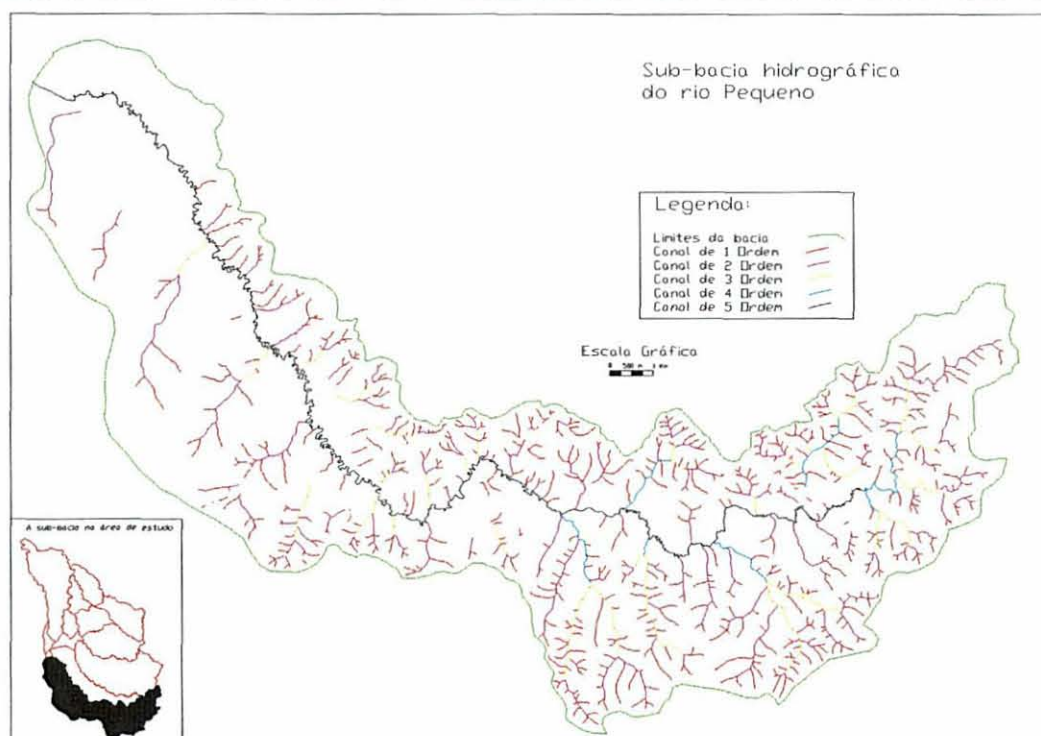


FIGURA 2.16 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Pequeno

Sub-bacia do rio Piraquara

Trata-se de uma sub-bacia de quinta ordem, pois apresenta um segmento de rio de quinta ordem, conforme podemos verificar na Figura 2.17 e na Tabela 2.21 é uma sub-bacia relativamente grande, com 101,44 Km² de área e uma amplitude altimétrica relativamente baixa (Tabela 2.20), o que demonstra que suas nascentes estão situadas mais próximas, em termos altimétricos, do seu exutório.

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela Leis de Horton (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, a sub-bacia do rio Piraquara não pode ser considerada uma sub-bacia estabilizada, pois apresenta uma pequena distorção, o que pode estar indicando que no futuro poderão ocorrer alterações da rede de drenagem.

No que refere-se aos comprimentos dos canais, constatou-se que para a sub-bacia do rio Piraquara os valores verificados estão muito próximos daqueles considerados como normais, à exceção para os comprimentos totais dos canais de quarta ordem por apresentarem-se com menor extensão do que o canal de quinta ordem.

TABELA 2.20 – ÁREA (A), PERÍMETRO (P), COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E ALTITUDES (MÁXIMA, MÍNIMA e AMPLITUDE) DA SUB-BACIA DO RIO PIRAQUARA

Parâmetro	Valor	Unidade de medida
Área	101,44	Km ²
Perímetro	56,47	Km
Comprimento do rio principal	38,26	Km
Altitude máxima	990	m (s.n.m.m)
Altitude mínima	890	m (s.n.m.m)
Amplitude máxima	100	m

TABELA 2.21 – NÚMERO (NC) E COMPRIMENTOS [TOTAL (Lt) E MÉDIO (Lm)] DOS SEGMENTOS DA SUB-BACIA DO RIO PIRAQUARA

Parâmetro	ordem do canal					Total
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	
Número de Canais	511	123	32	3	1	670
Comprimento total (m)	127758,2	51562,43	38046,37	10852,11	27288,98	255508,1
Comprimento médio (m)	250,01	419,20	1188,94	3617,36	27288,98	

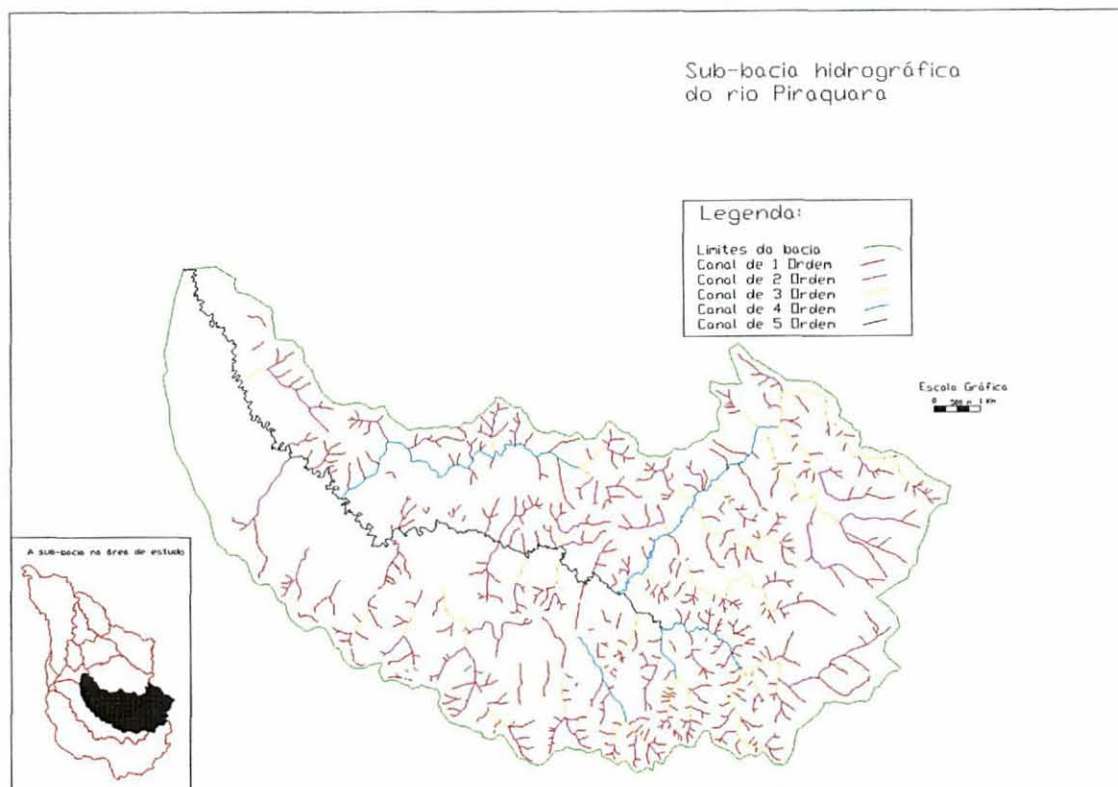
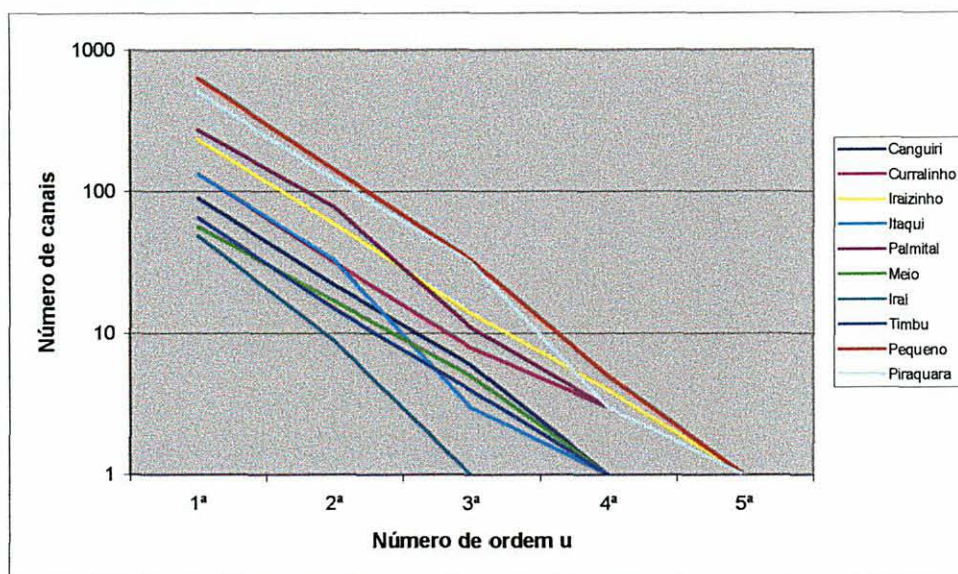


FIGURA 2.17 – Ordenação dos canais da sub-bacia do rio Piraquara

Levando-se em consideração a progressão geométrica enunciada pela lei de HORTON (1945:289), podemos afirmar que, no tocante ao número de segmentos fluviais, as sub-bacias do rio Iraizinho, rio Timbu, encontram-se bastante próximas de seu estágio de desenvolvimento máximo, ou “normal”. Já as sub-bacias do rio Pequeno, rio Palmital, rio Curralinho, rio Canguiri, rio do Meio e rio Iraí apresentaram pequenas falhas, representadas pelas concavidades das linhas (Gráfico 2.1), indicando que alterações poderão ocorrer a fim de estabilizar a drenagem em função de uma progressão linear normal, isto é, uma linha reta. Já as sub-bacias do rio Piraquara e a do rio Itaqui foram as que apresentaram maiores desvios da reta, conseqüentemente são as que mais se distanciam do enunciado da Lei de Horton.

GRÁFICO 2.1 – RELAÇÕES ENTRE O NÚMERO DE CANAIS DE CADA ORDEM PELO NÚMERO DE ORDEM u



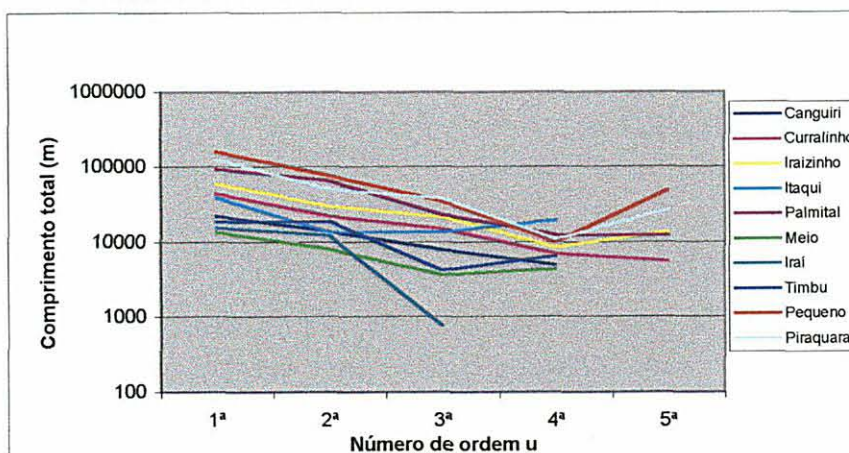
Para MORISAWA (1962 :1042³ citado por CHRISTOFOLETTI 1970:168) a íntima correlação da densidade hidrográfica com o escoamento, reflete o fato de que maior número de canais por unidade de área, possibilita ao escoamento processar-se mais facilmente porque a drenagem pode carrear maior quantidade de água e descarregá-la mais rapidamente. A presença de numerosos tributários de primeira ordem faz com que as águas correntes sejam conduzidas para fora da bacia em um tempo menor. Um grande número de canais também facilita que uma parcela maior das precipitações seja evacuada pela bacia de drenagem, como escoamento fluvial, do que pela infiltração através do solo.

Em relação as ordens dos canais, constata-se que a sub-bacia do rio Iraí é uma bacia de terceira ordem, as sub-bacias do rio Canguiri, do rio Itaqui, do rio do Meio, do rio Timbu são bacias de quarta ordem e as sub-bacias do rio Curralinho, do rio Iraizinho, do rio Palmital, do rio Pequeno e do rio Piraquara são bacias de quinta ordem.

Pela análise dos valores do comprimento total dos canais das sub-bacias representados no Gráfico 2.2, podemos constatar que há uma tendência para que o comprimento do canal de última ordem (que vem a designar a ordem de cada sub-bacia) apresentar-se com maior extensão do que os imediatamente inferiores, com exceção das sub-bacias do rio Iraí, do rio Palmital, do rio Curralinho e do rio Canguiri.

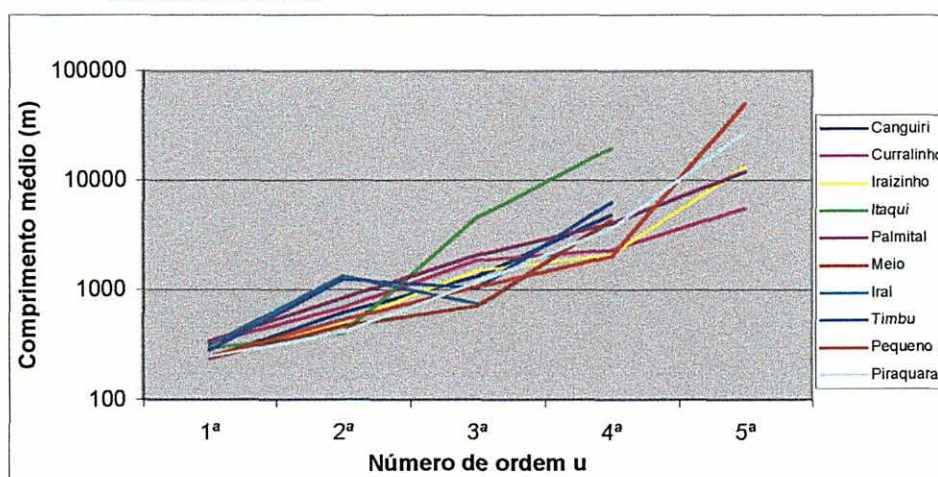
³ MORISAWA, M.E. Bibliografia descrita na nota 2.

GRÁFICO 2.2 – COMPRIMENTO TOTAL DOS CANAIS DE CADA ORDEM (Lt) EM Km PELO NÚMERO DE ORDEM u.



No que concerne ao estudo sobre as relações entre o comprimento médio (L_m) e as respectivas ordens (Gráfico 2.3), nota-se que a extensão aumenta com a elevação da ordem, à exceção para a última ordem do rio Iraí, que reduz. Observa-se também que, figurados em escala semilogarítmica, os comprimentos médios alinham-se de maneira diferente para cada bacia. O rio Canguiri, e o rio Palmital, estão próximos da linha reta ideal, com ligeira concavidade sem muita significação. A existência dessas concavidades vem mostrar que o comprimento médio de algumas ordens estão aquém da “normalidade”. STRAHLER (1952:1136) observou que os valores do comprimento médio tendem a diminuir conforme aumenta o valor da densidade de drenagem.

GRÁFICO 2.3 - COMPRIMENTO MÉDIO (L_m) DOS CANAIS DE ORDEM U DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS.



2.4.2 - PARÂMETROS RELATIVOS

TABELA 2.22 – RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO MÉDIO DOS CANAIS DE CADA ORDEM (R_{im}) E AS ORDENS INFERIORES DOS CANAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	relação do comprimento médio dos canais			
	R_{im2-1}	R_{im3-2}	R_{im4-3}	R_{im5-4}
Canguiri	2,59	2,11	3,65	
Curralinho	2,09	2,72	1,24	2,38
Iraizinho	2,07	2,93	1,40	6,26
Itaqui	1,38	11,15	4,35	
Palmital	2,49	2,46	1,95	2,94
Meio	2,00	1,52	6,06	
Iraí	4,23	0,56		
Timbu	4,45	0,82	6,14	
Pequeno	2,15	1,99	1,91	24,32
Piraquara	1,68	2,84	3,04	7,54

A relação de comprimento médio (R_{im}) (Tabela 2.22) se ajustou aos valores encontrados na literatura e se observou um desajuste no comprimento do rio principal na sub-bacia do rio Pequeno. A anormalidade observada na rede de drenagem, se deve a um maior comprimento do canal principal de 5ª ordem. Vários autores (HORTON, 1945; SCHUMM, 1956 e STRAHLER, 1964 e CHRISTOFOLETTI, 1970) já observaram que a lei do comprimento dos rios não é tão consistente quanto a lei do número de rios.

TABELA 2.23 – RELAÇÃO PONDERADA DO COMPRIMENTO DOS CANAIS (R_{pim}) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	comprimento dos canais envolvidos (CC)*				produto CC x R_{im}				Soma-produto	R_{pim}	
	2-1 ordem	3-2 ordem	4-3 ordem	5-4 ordem	Soma-CC	$CC_{2-1} \cdot R_{im2-1}$	$CC_{3-2} \cdot R_{im3-2}$	$CC_{4-3} \cdot R_{im4-3}$			$CC_{5-4} \cdot R_{im5-4}$
Canguiri	35778,98	21706,63	12766,86		70252,47	92614,57	45856,38	46649,33	185120,30	2,64	
Curralinho	66267,15	37108,70	22042,07	12553,02	125417,90	138593,00	101114,20	27388,26	296911,30	2,37	
Iraizinho	89520,72	51538,66	29612,25	21720,72	170671,60	185623,40	151113,00	41498,51	136009,80	514244,70	3,01
Itaqui	53308,2	27131,23	33451,03		113890,50	73750,87	302591,90	145408,20	521751,00	4,58	
Palmital	161143,3	89729,62	35403,37	24359,43	286276,30	401905,90	220675,10	69081,62	71688,90	763351,50	2,67
Meio	21594,22	11676,75	7978,01		41248,98	43191,09	17754,510	48308,09	109253,70	2,65	
Iraí	27684,71	12871,65			40556,37	117227,70	7268,06		124495,70	3,07	
Timbu	37791,54	23159,62	10549,70		71500,86	168127,60	19013,46	64826,91	251967,90	3,52	
Pequeno	236817,1	112516,2	45374,47	59688,31	394707,70	510237,50	223491,70	86606,95	1451646,00	2271982,00	5,76
Piraquara	179320,60	89608,80	48898,48	38141,08	317827,90	300670,40	254147,40	148773,30	287731,50	991322,60	3,12

* É a soma dos comprimentos dos canais de ordem u (L_u) com os comprimentos dos canais de ordem u+1 (L_{u+1})

R_{im} - relação de comprimentos médios

* A R_{pim} é obtida dividindo-se o somatório do produto $CCxR_{im}$ (Soma-produto) pelo somatório do CC (soma-CC).

Strahler observou, entretanto, que a relação de bifurcação calculada segundo o seu critério não pode ser correlacionada com o relevo, e que ela é altamente estável, mostrando pequena escala de variações de uma região para outra ou de um ambiente para outro, exceto onde domina um poderoso controle geológico (STRAHLER, 1952:1136).

Embora a lei do número de canais proposta por Horton esteja íntima e intrinsecamente conectada com a lei do comprimento médios dos canais, e com outras propriedades geométricas do sistema de drenagem (SHREVE, 1966:21), a relação de

bifurcação é largamente independente de outras variáveis geomórficas e hidrológicas e das condições ambientais. CHRISTOFOLETTI (1970:29 citando FRANÇA 1968:97⁴) indica que a relação de bifurcação é mais alta para solos menos permeáveis e mais baixa para solos mais permeáveis.

TABELA 2.24 – RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO (R_b) ENTRE OS CANAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	relação de bifurcação			
	R_{b2-1}	R_{b3-2}	R_{b4-3}	R_{b5-4}
Canguiri	4,14	3,67	6,00	
Curralinho	4,19	4,00	2,67	3,00
Iraizinho	4,03	4,21	3,50	4,00
Itaqui	4,09	11,00	3,00	
Palmital	3,54	7,09	3,67	3,00
Meio	3,35	3,40	5,00	
Iraí	5,44	9,00		
Timbu	4,40	3,75	4,00	
Pequeno	4,44	4,36	6,60	5,00
Piraquara	4,15	3,84	10,67	3,00

A interpretação dos resultados da Tabela 2.25, nos informa que as sub-bacias do rio Canguiri, rio Curralinho, rio Palmital e rio Iraí possuem baixas relações, quando analisados os canais de última ordem e os imediatamente inferiores, o que indica que estas sub-bacias lograriam sua vazão máxima no exutório, sob uma precipitação intensa, de forma rápida, acentuando deste modo os processos erosivos no sistema. Para FATTORELLI, NARDIN e FERNANDEZ (1985:28) o parâmetro (ρ) sendo elevado, significa que um maior comprimento dos cursos de ordem superior permitirá um maior armazenamento hídrico durante as cheias (enchentes).

TABELA 2.25 – RELAÇÃO (R_{ib}) ou (ρ) ENTRE A (R_{im}) E A (R_b) ENTRE OS CANAIS DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	relação R_{im}/R_b			
	R_{ib2-1}	R_{ib3-2}	R_{ib4-3}	R_{ib5-4}
Canguiri	0,63	0,58	0,61	
Curralinho	0,50	0,68	0,47	0,79
Iraizinho	0,51	0,70	0,40	1,57
Itaqui	0,34	1,01	1,45	
Palmital	0,70	0,35	0,53	0,98
Meio	0,60	0,45	1,21	
Iraí	0,78	0,06		
Timbu	1,01	0,22	1,54	
Pequeno	0,48	0,46	0,29	4,86
Piraquara	0,40	0,74	0,29	2,51

⁴ França, G.V. de. *Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de doutoramento apresentada à Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, 151 f., 1968, Piracicaba.

TABELA 2.26 – NÚMERO DE CANAIS (NC) ENVOLVIDOS NA OBTENÇÃO DA RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO (R_b) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	número de canais (NC)				Soma-NC	produto NC x R_b				Soma-Produto	R_{pb}
	2-1 ordem	3-2 ordem	4-3 ordem	5-4 ordem		$NC_{2-1} \cdot R_{b2-1}$	$NC_{3-2} \cdot R_{b3-2}$	$NC_{4-3} \cdot R_{b4-3}$	$NC_{5-4} \cdot R_{b5-4}$		
Canguiri	113	28	7	1	148	467,41	102,67	42		612,08	4,14
Curralinho	166	40	11	4	217	695,13	160	29,33	12	896,46	4,13
Iraizinho	297	73	18	5	388	1198,07	307,64	63,00	20,00	1588,71	4,09
Itaqui	168	36	4	1	208	687,27	396,00	12,00		1095,27	5,27
Palmital	354	89	14	4	457	1252,62	631,09	51,33	12,00	1947,04	4,26
Meio	74	22	6	1	102	248,12	74,80	30,00		352,92	3,46
Iraí	58	10	1	0	69	315,78	90,00			405,78	5,88
Timbu	81	19	5	1	105	356,40	71,25	20,00		447,65	4,26
Pequeno	784	177	38	6	999	3484,44	772,36	250,80	30,00	4537,61	4,54
Piraquara	634	155	35	4	824	2633,93	595,78	373,33	12,00	3615,05	4,39

* A R_{pb} é obtida dividindo-se o somatório do produto $NC \times R_b$ (Soma-Produto) pelo somatório do NC (Soma-NC).

O estágio de desenvolvimento pleno das redes hidrográficas pode também ser inferido pela relativa constância dos valores das relações de bifurcação. STRAHLER (1960:377) informa que valores de R_{pb} entre 3,0 e 5,0 são característicos dos sistemas de drenagem naturais. Por outro lado, o referido autor expõe vários estudos que confirmam o princípio de que em uma região de clima uniforme, de mesmo tipo de rocha e estágio de desenvolvimento, a relação tende a permanecer constante de uma ordem para a outra.

Para CHRISTOFOLETTI (1970:170) há uma ligeira correlação da R_{pb} com o relevo. Em linhas gerais, as bacias com maior movimentação topográfica apresentam valores mais elevados de R_{pb} , enquanto as bacias com pequena movimentação topográfica possuem valores menores. Portanto, a sub-bacia do rio do Meio possui pequena movimentação topográfica, enquanto que as sub-bacias do rio Itaqui e do rio Iraí, possuem elevada movimentação.

A extensão do percursos superficial das sub-bacias (Tabela 2.27) indica que as águas pluviais devem percorrer cerca de 200 metros antes de alcançarem um canal permanente, à exceção do rio Iraí que esta extensão se aproxima de 500 metros. Com o menor valor (0,18 Km) para a sub-bacia do rio Canguiri e o maior para a sub-bacia do rio Iraí (0,47 Km). Estes valores nos indicam que a maioria das sub-bacias possui um sistema de drenagem bastante elevado, o que facilita o escoamento.

TABELA 2.27 – EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL (Eps) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	Eps
Canguiri	183,85
Curralinho	214,58
Iraizinho	201,38
Itaqui	282,45
Palmital	219,55
Meio	208,47
Iraí	472,15
Timbu	269,13
Pequeno	203,66
Piraquara	198,51

Um coeficiente de compacidade mínimo, igual a unidade, corresponde a uma bacia circular. Quanto mais próximo da unidade for o valor de K_c , maior será a tendência para enchentes. Pelos valores apresentados na Tabela 2.28, podemos verificar que esta tendência é mais forte para as sub-bacias do rio Iraizinho ($K_c = 1,27$) e do rio do Meio ($K_c = 1,30$), enquanto a sub-bacia do rio Itaqui foi a que apresentou o maior valor ($K_c = 2,19$), indicando ser um bacia de baixa sujeição a enchentes.

O fator de forma também indica a maior ou menor tendência da bacia em sofrer enchentes. Se o fator de forma for baixo, a bacia estará menos sujeita a enchentes, em relação à outra de mesmo tamanho e maior fator. Para este fator as sub-bacias do rio Pequeno ($K_f = 0,17$), Palmital ($K_f = 0,18$) e Piraquara ($K_f = 0,18$), foram as que apresentaram os menores valores, portanto, possuem a menor tendência a enchentes, enquanto que a sub-bacia do rio Canguiri ($K_f = 0,25$), mesmo apresentando um valor baixo, dentre as sub-bacias é a que maior tendência possui em sofrer enchentes.

TABELA 2.28 – COMPRIMENTO RIO PRINCIPAL (L), FATOR DE FORMA (K_f) E COEFICIENTE DE COMPACIDADE (K_c) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	(L)*	K_f	K_c
Canguiri	8,45	0,25	1,70
Curralinho	13,78	0,21	1,46
Iraizinho	16,30	0,20	1,27
Itaqui	15,50	0,20	2,19
Palmital	22,55	0,18	1,80
Meio	6,77	0,27	1,30
Iraí	10,80	0,23	1,39
Timbu	10,60	0,23	1,45
Pequeno	28,48	0,17	1,95
Piraquara	23,98	0,18	1,58

*Comprimento rio principal (obtido através do uso da relação 5.0 deste trabalho)

Ao avaliarmos a densidade de drenagem, conhecemos o potencial da bacia em permitir um maior ou menor escoamento superficial da água, o que conseqüentemente conduzirá a uma maior ou menor intensidade dos processos erosivos na esculturação de canais (BELTRAME, 1994:83).

A análise dos valores da densidade de drenagem (Tabela 2.29) das sub-bacias nos indica que as sub-bacias Itaqui, Iraí e Timbu apresentam D_d medianas. Enquanto as demais sub-bacias apresentaram D_d altas, indicativas de terrenos impermeáveis e regiões úmidas e montanhosas. Nenhuma sub-bacia apresentou valores de D_d baixa o que segundo CANALI, OKA-FIORI e GUEDES, (1998:271) podem corresponder às bacias entalhadas com boa capacidade de infiltração, quer pelo manto de alteração ser mais permeável, quer pela cobertura vegetal ou pelas condições de relevo com declividades mais baixas.

O cálculo da D_d é importante na análise de bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da D_d há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

TABELA 2.29 – DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d) E DENSIDADE HIDROGRÁFICA (D_h) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	D_d	classificação*	D_h
Canguiri	2,72	Alta	6,72
Currálinho	2,33	Alta	4,42
Iraizinho	2,48	Alta	5,93
Itaqui	1,77	Mediana	3,51
Palmital	2,28	Alta	4,03
Meio	2,40	Alta	6,49
Iraí	1,06	Mediana	2,20
Timbu	1,86	Mediana	3,31
Pequeno	2,46	Alta	6,09
Piraquara	2,52	Alta	6,60

* Classificação proposta por BELTRAME (1994:83) com base em VILLELA e MATTOS (1975:16): Baixa (< 0,50 km/km²); Mediana (de 0,50 a 2,00 km/km²); Alta (de 2,01 a 3,50 km/km²) e Muito alta (> 3,50 km/km²).

Para MORISAWA (1962 :1042⁵ citado por CHRISTOFOLETTI 1970:168) assinala que a área e o comprimento dos canais são fatores estreitamente relacionados com o escoamento fluvial. A forma da bacia influencia na determinação do débito e intensidade do escoamento.

⁵ MORISAWA, M.E. Bibliografia descrita na nota 2.

Segundo MORISAWA (1962⁶ citada por FERREIRA, 1999:8) falando sobre o **Cm**, regiões com superfícies de alta permeabilidade ou com densa cobertura florestal devem apresentar um alto valor para **Cm**. De outro lado, regiões com baixos valores de **Cm** são características de bacias com rochas resistentes, pouca cobertura vegetal e com solos de baixa capacidade de infiltração e permeabilidade.

Pela Tabela 2.30, a sub-bacia do rio Canguiri foi a que apresentou menor área (367,69 m²) necessária para existir um metro de canal permanente enquanto que a sub-bacia do rio Iraí, foi a que apresentou a maior área (944,29 m²) para existir este mesmo metro de canal permanente.

Dependendo, em seu cálculo, da densidade de drenagem, os parâmetros do coeficiente de manutenção e da extensão do percurso superficial apresentam interesse geomorfológico muito reduzido, servindo apenas para caracterizar o tamanho médio da "área vazia" em relação aos cursos de água, e o distanciamento médio entre os canais fluviais (CHRISTOFOLLETTI 1970:165).

TABELA 2.30 – COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO (Cm) DAS SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS

sub-bacia	Cm (Km)	Cm (m ²)
Canguiri	0,37	367,69
Curralinho	0,43	429,17
Iraizinho	0,40	402,76
Itaqui	0,6	564,90
Palmital	0,44	439,10
Meio	0,42	416,95
Iraí	0,94	944,29
Timbu	0,54	538,26
Pequeno	0,41	407,32
Piraquara	0,40	397,01

⁶ MORISAWA, M.E. Bibliografia descrita na nota 2.

2.5 - CONCLUSÕES

Considerando o conjunto da análise morfométrica, depreende-se que, entre as 10 sub-bacias hidrográficas, a sub-bacia Timbu apresenta uma estruturação e organização mais próxima dos padrões de normalidade estabelecidos pelas Leis de Horton. A sub-bacia do rio Pequeno, assim como as dos rios Palmital, Curralinho, Canguiri, do Meio e Iraí possuem distorções acentuadas em determinados elementos morfométricos, indicando fraco desenvolvimento em sua estruturação.

Pela análise do número dos canais e comprimento dos canais, podemos verificar que estes, em alguns casos, não seguiram as denominadas Leis de Horton, o que pode ser explicado pela área ainda não estar estabilizada, indicando que ocorrerão alterações futuras nestes parâmetros.

Quanto aos aspectos relacionados aos solos, a relação entre o comprimento médio dos canais e a relação de bifurcação indicou que as sub-bacias dos rios Canguiri, Curralinho, Palmital e Iraí, estão mais sujeitas à erosão. Os baixos valores de Coeficiente de manutenção (C_m) das sub-bacias dos rios Canguiri, Iraizinho, Pequeno e Piraquara são característicos de bacias com solos de baixa capacidade de infiltração e permeabilidade.



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO III

Solos

3.1 - INTRODUÇÃO

Mapa, segundo CROSTA (1993) pode ser definido como: "... uma representação gráfica, em uma superfície plana, da superfície da Terra, ou parte dela, mostrando suas feições geográficas e superficiais. Estas são posicionadas de acordo com controles geodéticos, grides, projeções e escalas, previamente definidos". Vários são os objetivos e/ou finalidades de um mapa. Neste capítulo, a ênfase é aos mapas temáticos, que como o próprio nome indica, são mapas específicos de um determinado tema.

O objetivo principal de um mapa temático de tipos e/ou classes de solos, é a divisão de uma área heterogênea em parcelas homogêneas, através de parâmetros de classificação e das características utilizadas para distinção das classes de solos em função da escala. Normalmente os mapas de solos são oriundos de levantamentos de solos. O propósito de um levantamento de solos, pode ser considerado de duas maneiras: o primeiro refere-se à possibilidade de prover aos usuários informações acerca dos solos e das condições da paisagem, e o segundo é a possibilidade de fornecer informações que poderão ser utilizadas na tomada de decisões sobre o planejamento de uso da terra.

O objetivo principal deste capítulo é a obtenção de um mapa de solos da área de estudo através da utilização de uma metodologia de integração de mapas temáticos em um ambiente de geoprocessamento, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG) (CÂMARA et al., 1996) e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR).

3.2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.2.1 - COMPILAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE MAPAS PARA ESTUDOS TEMÁTICOS

De acordo com ROBINSON et al. (1995:426), em cartografia o termo "compilação" refere-se ao agrupamento de uma diversidade de dados geográficos de natureza temática que serão incluídos em um único mapa. O agrupamento significa localizar os diversos dados, em suas posições planimetricamente corretas, de acordo com o sistema de projeção do mapa e a escala a ser utilizada. O objetivo do processo de compilação é a preparação de uma composição que contenha todos os dados básicos referenciais, como toponímias, dados planimétricos da base cartográfica, dados temáticos a serem mapeados e todas as demais informações que aparecerão no mapa. Este processo vem a ser o guia para construção do mapa. A compilação de dados requer o uso de uma diversidade de mapas, textos, tabelas, e arquivos digitais. Os mapas (ou arquivos digitais que representam os

mapas) podem estar em sistemas de projeção diferentes; podem ser diferentes em termos de nível de detalhamento e precisão; a data de publicação deve ser diferente; as escalas provavelmente variam e ainda podem ser de formatos distintos.

Estes autores comentam que a primeira regra da compilação é a de se trabalhar de uma escala maior para uma menor. Os mapas em escalas maiores representam informações, quer imagens fotográficas, quer feições lineares, que deverão ser generalizadas. Esses dados possuem uma determinada precisão para a escala em que são apresentados. Desta forma, ao se aumentar a escala, e ao se fazer uma generalização que geralmente é necessária, a precisão não seria satisfatória. Se a compilação for realizada de escalas menores para maiores, estarão sendo incorporados erros inapropriados no processo.

Os processos de compilação (ou seja, as maneiras empregadas para posicionar os dados no novo mapa) variam daquelas quase que plenamente eletrônicas àquelas que consistem na transferência do dado visualmente ROBINSON et al. (1995:426).

LARACH (1981:5) classifica os mapas de solos compilados em dois grupos distintos: generalizados e esquemáticos. Segundo este autor, os mapas generalizados são confeccionados no escritório, com base em informações pedológicas preexistentes, publicadas ou não. São preparados por eliminação de detalhes de levantamentos de campo anteriores. A generalização é um método lógico, fundamentado essencialmente na eliminação de detalhes não significativos para determinado fim. As generalizações podem ser: cartográficas, quando há eliminação de limites nos mapas já existentes; e, taxonômicas quando há fusão de unidades de solos em classes mais amplas e cada vez menos homogêneas. O autor comenta ainda que as escalas em que são preparados são bastante variáveis, podendo estar compreendidas entre 1:60.000 e 1:5.000.000 e que possuem aplicações específicas, permitindo a visualização e estudo geral de grandes áreas, ressaltando o contraste entre grandes classes de solos e mostrando sua distribuição, fator básico para planejamento e análise de problemas gerais. Os mapas esquemáticos são preparados mediante previsão de classes de solos e de seus limites, fundamentada na interpretação das correlações existentes entre solos e as possíveis combinações dos fatores genéticos de formação do solo.

FELGUEIRAS et al. (1990:735) salientaram o crescente valor e a importância de informações atualizadas e confiáveis numa época dominada pela informática. Segundo os autores, o advento dos sistemas de informações baseados em computadores, incluindo dados manipulados em SIG's, são os mecanismos que agilizam e melhoram a confiabilidade

das informações utilizadas no mundo atual e sobre as quais se baseiam as decisões a serem tomadas em diversas áreas de estudo.

ANDRADE (1988:252) estudou as possibilidades de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens de satélite SPOT. O autor concluiu que um dos principais produtos que podem ser obtidos através de imagens deste satélite, é a atualização de cartas topográficas. Saliencia ainda que, as imagens SPOT podem ser consideradas como poderosa ferramenta para atualização de cartas topográficas, para serem utilizadas em diversos estudos temáticos, principalmente nas escalas 1:100.000 e 1:50.000. GEWANDSZNAJDER (1988:265) enfatiza o êxito do SR a nível operacional na cartografia temática. Segundo o autor, o desenvolvimento dos SIG, a análise automática de imagens e as possibilidades de obtenção de cartas imagens de satélites, são fatores que demonstram ótimas perspectivas futuras na atualização de dados para cartografia temática.

BOGO (1988:549) empregou uma metodologia de compilação de dados e a utilização de produtos orbitais para gerar mapas temáticos. Segundo o autor a metodologia proporciona um grande avanço na geração de mapas temáticos de maneira rápida, eficiente e a custos reduzidos. FABRI (1992:124) relatou o método de atualização de cortes de floresta e queimadas empregadas no Canadá. A autora comenta que atualmente, atualizações visuais são obtidas pela interpretação de imagens digitais do Landsat TM diretamente no monitor. Relata ainda que, desta forma, os métodos de atualização estão produzindo uma diminuição na demanda dos mapeamentos para inventários florestais nas escalas de 1:10.000 a 1:20.000.

Para HARA (1997:1) a necessidade de mapeamento, manejo e monitoramento dos recursos ambientais renováveis e não renováveis tem resultado na evolução tecnológica dos SIGs. Tais sistemas utilizados inicialmente apenas no auxílio à elaboração de mapas, são cada vez mais utilizados no auxílio de extração de informações e tomada de decisões. Para BARBOSA (1997:1) tecnologias tais como o SR, geoprocessamento e computação, tem alcançado considerável progresso na integração de dados geográficos; contudo, ainda existem incompatibilidades entre a tecnologia dos SIGs que gerenciam dados estáticos e discretos enquanto na natureza os processos são espacialmente contínuos e com variações temporais.

ROCHA e SCHMIDLIN (1996:556), utilizaram técnicas de geoprocessamento, enfatizando a integração entre SR e SIG, na compilação e atualização de mapas de solos. Demonstraram que é possível a obtenção da atualização e do ajustamento adequado das unidades de mapeamento de solos, aplicando-se a tecnologia do geoprocessamento em conjunto com trabalhos de campo.

STRELNIKOV (1996:669) descreveu uma metodologia de compilação de mapas geológicos estaduais na Rússia, na escala de 1:200.000, empregando-se tecnologia SIG e métodos de levantamentos por SR. O autor considera a utilização das técnicas de SR extremamente importantes para os complexos métodos de levantamentos e compilação de mapas geológicos. Uma das formas de utilização de materiais de SR na compilação de mapas geológicos, segundo o autor, é o emprego das imagens orbitais como um dos tipos de materiais cartográficos iniciais, sobre os quais a compilação do mapa é baseada. O uso de métodos de SR neste caso é determinado pelo caráter informativo das imagens que são interpretadas, revelando certos elementos de estruturas geológicas, que serão representados no mapa. Concluindo, STRELNIKOV (1996:672) relata que este sistema tecnológico que incorpora a análise integrada de materiais de SR e dados geológicos, sua correlação mútua e a precisão dos resultados obtidos em todos os estágios do processo de compilação dos mapas, proporciona produtos cartográficos de caráter informativo de alta qualidade.

3.2.2 - CARACTERÍSTICAS E FOTOINTERPRETAÇÃO DA REDE DE DRENAGEM SUPERFICIAL PARA ESTUDOS DE SOLOS

Inicialmente as fotografias aéreas eram utilizadas em reconhecimento de solos como um mapa base. Tais mapas eram utilizados no campo pela facilidade que ofereciam, ao pesquisador de solos, a respeito da orientação e indicação dos locais de inspeção de perfis, constatação dos limites dos solos e das simbologias escolhidas para o levantamento, convertendo-se rapidamente em uma ferramenta que pudesse ser utilizada sistematicamente com grandes vantagens (GOOSEN, 1968:35).

A forma fisiográfica é considerada, por alguns autores, como o elemento mais importante na fotointerpretação dos solos (RAY, 1963:34). Contudo, ela é apenas um dos elementos do padrão dos solos e torna-se evidente que a associação de outros elementos podem fornecer uma quantidade maior de informações. A drenagem superficial, depois do relevo, é o mais consistente e confiável indicador das condições reais do terreno, na concepção de CRESWICK e ROCKWELL (1959:375), AMARAL e AUDI (1972:434). Nesta mesma linha de raciocínio, RAY (1963:34) comenta que a densidade de drenagem num dado ambiente climático está correlacionada com a resistência dos materiais de origem a erosão, isto é, a densidade de drenagem aumenta a medida que aumenta a resistência destes materiais à erosão, e o contrário para os materiais menos resistentes.

GARCIA (1982:207) observou que a mensuração de índices da rede de drenagem, possibilita o estabelecimento de inferências de natureza diversa e evita a subjetividade das *características puramente descritivas*. Segundo o autor, a rede de drenagem assume grande destaque, tendo em vista que a sua gênese está ligada à certas condições que também determinam as unidades de solos. RAY e FISCHER (1960:144) estudando a litologia em amostras circulares de densidade de drenagem, concluíram que além de inferências relacionadas a litologia, as amostras circulares de densidade de drenagem forneciam outras informações fisiográficas. NANNI (1995:64) e ROCHA e NANNI (1996:2) concluíram que a sobreposição da drenagem em imagens de satélites, auxilia a capacidade fotointerpretativa para delimitação das unidades fisiográficas no monitor do computador.

3.2.2.1 - Análises do relevo e fisiografia aplicadas à estudos de solos

Juntamente com a drenagem, o relevo é outro elemento muito importante na fotointerpretação para estudos de solos, já que é possível sua visualização em terceira dimensão através da estereoscopia. Para RESENDE, CURI e SANTANA (1988:20) os solos diferem regionalmente por causa de diferenças em materiais de origem, condições bioclimáticas e idade, esta controlada basicamente pelo relevo. Para RAY (1963:35), cada padrão de relevo está associado a um processo geomórfico específico de erosão ou deposição e refletindo a origem e o caráter geral da paisagem. A evolução das feições topográficas do relevo associadas a processos de erosão e deposição, também propiciam uma base excelente para a estratificação da paisagem pela origem das suas formas e tipos de material superficial.

BRIDGES e DOORNKAMP (1963:181) fazendo um paralelo entre mapas de solos e de superfícies morfológicas, concluíram que na maioria da área estudada, a mudança de relevo coincide com os limites de grupos de solos. Onde as mudanças de relevo coincidiram com mudanças do material de origem, eles verificaram que a coincidência com os limites dos solos. GOOSEN (1968:35-36) analisando os princípios da fotointerpretação em estudos de solos, comenta que os solos são paisagens assim como perfis. Partindo deste princípio, pode-se ver que os aspectos de caráter do solo podem ser estudados vantajosamente em fotografias aéreas. Estes são aspectos da paisagem e espaciais dos solos, tais como: relevo, pendente, posição de um solo em relação ao outro e condições de drenagem relativa aos solos adjacentes. Este estudo pode chamar-se de *fisiografia dos solos* e está baseado em geomorfologia, suplementado por aspectos fisiográficos, tais como vegetação, regime de água, atividades humanas e outros fatores que influenciam o desenvolvimento do solo.

NANNI (1995:95) trabalhando com análise multivariada em levantamentos de solos no município de Ivatuba-PR, concluiu que as variáveis relacionadas aos canais de drenagem forma as mais significativas na individualização das classes de solos, enquanto que as variáveis do relevo, quando usadas individualmente, tiveram baixa eficiência.

3.2.3 - PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS ORBITAIS

As técnicas de pré-processamento servem para corrigir erros sistemáticos e de calibração radiométrica da imagem, já que no sistema de imageamento orbital multiespectral é comum os dados originais das imagens mostrarem algumas formas de degradação, face aos desajustes de calibração dos detectores, problemas de transmissão, recepção e interferências por efeitos atmosféricos. As principais técnicas são: correção radiométrica e geométrica (CROSTA, 1993:159). Essas técnicas buscam restaurar a imagem original, sendo concernentes com a correção destas distorções e dos ruídos induzidos no processo de imageamento, constituindo um dos mais importantes estágios do processamento.

A precisão desta operação é determinada por processo estatístico denominado de erro da raiz quadrada média (RMS), que é a distância entre as coordenadas reais e as coordenadas transformadas para um mesmo ponto, calculado pela:

$$\text{RMS} = \text{Raiz } (X_r - X_i)^2 + (Y_r - Y_i)^2$$

onde:

X_i e Y_i = coordenadas verdadeiras

X_r e Y_r = coordenadas a serem transformadas

O método mais comum de correção geométrica de imagens de satélite faz uso de um modelo polinomial, que necessita de um grande número de pontos de controle bem localizados para propiciar um resultado satisfatório (ARAÚJO e D'ALGE (1986:526). O modelo polinomial foi adotado por estes autores, por ser mais simples e exigir um menor esforço computacional.

JENSEN (1996:125) utilizando-se de pontos de controle demonstrou que a relação matemática das coordenadas da imagem e as coordenadas do mapa são computadas e a imagem é retrabalhada para ficar com as coordenadas do mapa. A utilização da técnica de correção geométrica de imagens se aplica quando há necessidade de ajustar uma imagem a uma base planialtimétrica ou temática. Nestes casos essa técnica é de fundamental

importância, servindo de apoio à uma análise integrada de dados de diferentes fontes e principalmente, ao processo de compilação propriamente dito.

A relação entre os dois sistemas de coordenadas (mapa e imagem) pode ser calculada de duas formas (CROSTA, 1993:159). A primeira delas é através do conhecimento exato dos parâmetros geométricos da órbita do satélite e de outras variáveis, também chamada de modelo de geometria orbital. A segunda forma de se calcular a relação entre os dois sistemas de coordenadas, e também a mais utilizada, é através da definição de pontos de controle no terreno, que tem de ser reconhecíveis tanto no mapa como na imagem. Para MITISHITA et al. (1988:498), os pontos de apoio escolhidos na carta planialtimétrica devem ser elementos perfeitamente identificáveis, tanto na imagem como no mapa. Por exemplo: cruzamentos ou bifurcações de estradas, confluência de rios, extremidades de construções, etc.

As imagens de SR são adquiridas pelos sistemas sensores com uma determinada resolução radiométrica, que é normalmente de 6 ou 8 bits. Neste último caso, as imagens possuem, teoricamente, 256 valores de cinza, entre o preto e o branco. Contudo, dificilmente os dados contidos numa imagem de satélite espalham-se por todo o intervalo possível de níveis de cinza, sendo o mais comum a concentração em uma pequena faixa. O principal motivo disso é que os sistemas sensores são concebidos para registrar toda uma gama possível de valores de reflectância, originada por todos os tipos de materiais naturais e sob as mais diversas condições de iluminação. Desse modo, o ideal é que os objetos cinza escuros não apareçam totalmente pretos e objetos claros não desapareçam devido à saturação do sensor. Por outro lado, dificilmente um local da superfície da Terra apresenta esses dois extremos ao mesmo tempo e, por esse motivo, a distribuição de DN's de quase todas as imagens fica comprimida em uma porção relativamente reduzida do intervalo 0-255. Outras causas para o baixo contraste das imagens de satélite incluem a presença de bruma atmosférica, má iluminação solar da cena, performance deficiente do sensor e as próprias características da cena (CROSTA, 1993:41).

Para que as informações contidas em uma imagem possam ser extraídas por um analista humano, o seu histograma comprimido tem que ser expandido para ocupar todo o intervalo disponível. Esse conceito é a base do chamado aumento de contraste. O aumento de contraste é provavelmente uma das mais poderosas, importante e sem dúvida a mais usada das técnicas de processamento para extração de informações de imagens de SR (CROSTA, 1993:42).

Deve-se enfatizar que o aumento de contraste não irá nunca revelar informação nova, que não esteja já contida na imagem original. A função dele é apenas apresentar a

mesma informação contida nos dados brutos, porém de uma forma mais claramente visível ao intérprete.

O contraste de uma imagem é uma medida do espalhamento dos níveis de intensidade que nela ocorrem. Uma das aplicações mais comuns do aumento de contraste é a na preparação de composições coloridas usando 3 bandas de um sensor. Para que seja obtida uma boa distribuição de cores nesse tipo de composição é necessário que as 3 bandas tenham primeiramente os seus contrastes aumentados. Desse modo, segundo CROSTA (1993:42), obtém-se uma maior variação de matizes nas 3 cores básicas (RGB) às quais serão atribuídas as 3 bandas.

Um dos principais tipo de realce empregado é através da modificação histogrâmica linear para promover uma melhor distribuição dos valores radiométricos das bandas no intervalo de 0 a 255 tons de cinza. Este tipo de realce de imagens tem sido aplicado por vários autores em estudos temáticos, tais como FELGUEIRAS et al. (1990:734), COSTA et al., (1993:200), ROCHA et al. (1993:296), BISWAS e SINGH, (1991:1905), JACOBS, MAXIMIANO e IHLENFELD (1993:69), NANNI (1995:52), RIBEIRO (1997:46), SCHMIDLIN 1998:56), dentre outros.

3.3.3.1 - Utilização de imagens orbitais em estudos de solos

As imagens de SR, por sua natureza digital ou discreta (CROSTA, 1993:5), são constituídas por um arranjo de elementos sob a forma de uma malha ou gride. Cada célula desse gride tem sua localização definida em um sistema de coordenadas do tipo "linha e coluna", representados por "x" e "y", respectivamente. Por convenção, a origem do gride é sempre no seu canto superior esquerdo. O nome dado a essa células é pixel, derivado do inglês "picture element". Para um mesmo sensor remoto, cada pixel representa sempre uma área com as mesmas dimensões na superfície da Terra.

Cada célula possui também um atributo numérico "z", que indica o nível de cinza dessa célula, que obviamente vai variar do preto ao branco; este nível de cinza é conhecido em inglês por DN, de "digital number". O DN de uma célula representa a intensidade da energia eletromagnética (refletida ou emitida) medida pelo sensor, para a área da superfície da Terra correspondente ao tamanho do pixel. Deve ser ressaltado que o DN de um pixel corresponde sempre à média da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel (CROSTA, 1993:5). Uma imagem digital pode então ser vista como uma matriz, de dimensões x linhas por y coluna, com cada elemento possuindo um atributo z (nível de cinza).

Limites dos solos apresentados nos mapas são mais realisticamente descritos como zonas de transição do que limites abruptos (WALSH, 1989:40). Suas representações cartográficas e seu ambiente de interpretação não são tão diretos como os mapas permitem ao usuário acreditar. Linhas de transição (probabilidade, confiança, etc.) podem ser mais apropriadamente usadas para demonstrar limites de solos que as convenções cartográficas em uso.

O método da construção do mapa necessita ser avaliado e relatado para a desejada especificação do produto final do SIG que utilizará as informações dos solos (WALSH, 1989:41). Amostras de pontos coletados ao longo de transectos são a técnica mais comum de criação de mapas de solos. A frequência espacial dos pontos amostrados é uma consideração óbvia. Uma consideração menos óbvia para os usuários são as inclusões de solos. Entretanto as inclusões são reconhecidas pelos levantamentos de solos, mas, normalmente não são mapeadas por causa de sua pequena extensão de área relativa nos mapas de solos.

Mapas de solos são compilados por um processo complexo que combina duas formas de dados (GOODCHILD, 1989:109). Informações são primeiramente obtidas em geral de uma série de pontos amostrais ou transectos, e então estendidos espacialmente usando fotografias aéreas ou imagens de SR. Na verdade, um SIG pode melhorar a análise, pela individualização dos dados coletados, de possíveis perigos do uso indiscriminado de funções como mudança de escala, reclassificação e sobreposição de informações. Considerar o processo comum de criação de dados espaciais pela digitalização de mapas topográficos (GOODCHILD, 1989:108). Um grande número de fatores pode contribuir para a distorção dos documentos fontes, incluindo dobras e alongamento, alterações da umidade, processos de impressão, etc., e os processos de registros dos mapas podem introduzir erros adicionais. Se for utilizada a digitalização, a precisão do operador no posicionamento do cursor e o controle ao selecionar os pontos, linhas ou polígonos a serem digitalizados são importantes fontes de erros e finalmente a precisão das informações escaneadas seriam afetadas pela resolução do escaner.

O emprego de imagens orbitais, assim como de outros produtos de SR, pode reduzir bastante o trabalho em levantamentos de solos (VETTORAZZI e COUTO, 1990:769), uma vez que através de sua interpretação pode-se estratificar a região de estudo em áreas homogêneas quanto ao padrão fisiográfico. Isso torna possível o planejamento global das atividades de campo, a redução do número de pontos de observação e também aumenta a precisão do traçado dos limites entre as unidades de solo. Segundo COSTA et al. (1993:201), é possível o emprego de imagens orbitais do satélite SPOT na separação de

unidades de solos em levantamentos generalizados, mapeando-se no nível de generalização taxonômica de grande grupo. MOREIRA et al. (1993:280) trabalharam com imagens de SR do satélite Landsat e de radar e obtiveram a melhor caracterização das unidades fisiográficas com a banda 7 e imagens de radar onde a variação do relevo associada à textura fotográfica distingue mais claramente as unidades de mapeamento. Os resultados mostraram que o uso de imagens Landsat TM5 permitiu a distinção inicial de algumas variações pedológicas, em relação à fertilidade e à quantidade de cascalho no horizonte superficial. ABDEL RAHMAN e ONSI (1996:1) demonstraram as capacidades do emprego de dados Landsat TM e SIG no mapeamento de solos da região de El-Hasana – Egito. Os autores aplicaram interpretação visual das imagens realçadas por filtragens e análise por componentes principais, combinando com apoio de campo, para produção de um mapa com associações de solos na escala de 1:100 000.

3.2.3.2 - Comportamento espectral dos solos em imagens orbitais

O uso de sensores remotos multiespectrais em conjunto com técnicas de análise computacional para estudo de solo tem, efetivamente auxiliado em trabalhos de levantamento, podendo esta tecnologia, ser utilizada no mapeamento das características de superfície da terra sobre grandes áreas, aumentando a eficiência dos métodos tradicionais (KRISTOF e ZACHARY, 1974:1434). Através de mapas de solos, preliminarmente produzidos por sensores multiespectrais é possível acelerar os processos de levantamentos de solos de uma região em considerável extensão, podendo adicionar características a serem obtidas por meio de cuidadosa análise das propriedades das imagens (MYERS, 1983:2128). O mesmo autor comentou ainda que, as propriedades específicas dos solos podem ser estimadas utilizando-se respostas espectrais de diferentes bandas via equipamentos de medição. Tais dados condicionam uma base para preparação de mapas de solos semi-detalhados com escalas variando de 1:50.000 a 250.000. Baseado na capacidade demonstrada pelos satélites atuais, mapas de solos estão sendo obtidos com elevada rapidez. SANTOS et al. (1990:894) estudando o comportamento espectral de solos da Folha Ituporanga, concluíram que a banda 4 contribuiu mais significativamente, do que a banda 3 (Landsat-TM5) na identificação de critérios de interpretação, apresentando maior precisão e confiabilidade na delimitação das diferentes unidades de mapeamentos oferecendo resultados satisfatório em consequência do elevado contraste dos elementos da paisagem.

Desde a década de 70, pesquisadores tem explorado métodos para incorporar dados de satélite em programas de levantamento de solos para ajudar a melhorar os limites das classes (AGBU, FEHRENBACHER e JANSEN, 1990:807). Os autores comentam que, embora o perfil do solo não possa ser avaliado através de dados de SR, o mesmo não ocorre com as características fisionômicas da terra, indicativas das condições de superfície e sub-superfície. Empregando-se imagens Landsat-TM5 em formato digital codificado em composição colorida ou banda simples ROCHA et al. (1993:302) concluíram que o emprego da análise de elementos realizada diretamente no monitor do computador apresentou elevada integração de dados quando comparado com o levantamento convencional de solos na escala de 1:100.000, sendo que a análise do tipo do terreno, do relevo, sistema de drenagem, vegetação natural/uso, tonalidade, textura e padrão, empregados na análise de elementos foram adequados na diferenciação das unidades fisiográficas para esses estudos. A delimitação de determinadas unidades de mapeamento, que nem sempre são visíveis nas fotografias aéreas pancromáticas, devido à cobertura vegetal e o uso da terra, podem ser realizadas com maior facilidade, através do uso de imagens multiespectrais.

MULDERS e EPEMA (1986:28), fizeram uma análise comparativa entre fotografias aéreas convencionais e imagens do satélite Landsat. A metodologia utilizada obedeceu aos seguintes itens: identificação de níveis homogêneos de cinza, nos canais 5 e 7 do Landsat-MSS; hierarquização dos níveis de cinza, variando de zero (para os níveis de tonalidade mais clara) e justaposição das interpretações obtidas através dos canais 5 e 7. A intersecção das respostas dos canais 5 e 7 foram comparadas com as classes de uso da terra, obtidas através da análise de fotografias aéreas. Os resultados mostraram os seguintes benefícios:

- a superposição de “overlays” de níveis de cinza, nos canais 5 e 7, permite a identificação de “classes espectrais” que podem ser associadas às classes de uso da terra;
- o canal 7 é o melhor para a identificação de campos de cultivo, localizados na várzea;
- a discriminação entre campos colhidos e campos com cultura pode ser feita através de análise da resposta do canal 5;
- o canal 5 é o melhor para a identificação de áreas edificadas como cidades, vilas e pátios industriais.

Através de análise visual preliminar fundamentada nos elementos fotointerpretativos (padrão de drenagem, relevo, textura e tonalidade fotográfica), SANTOS et al. (1990:894),

obtiveram a individualização de unidades fisiográficas em imagens Landsat-TM5 espectralmente homogêneas, que possibilitaram a confecção de mapas preliminares de solos, em nível de reconhecimento de alta intensidade (1:100.000). CARNEIRO e AZOLIN (1976:63) utilizando imagens Landsat-MSS em comparação com fotografias aéreas pancromáticas verticais, concluíram que as delimitações realizadas com as imagens orbitais, considerando-se o nível de reconhecimento utilizado, foram semelhantes às aquelas realizadas com as fotografias aéreas, sendo possível o seu uso para levantamento de solos com este nível de detalhamento. Os autores comentam ainda, que as imagens orbitais podem ser empregadas em levantamentos mais detalhados, para atualização e retificação de mapas de solos.

ROCHA et al. (1993:302) utilizando a composição colorida 4R, 5G e 3B da imagem Landsat-TM5, empregou análise fisiográfica para a estratificação da paisagem em áreas homogêneas. O autor, concluiu que obtido pela interpretação visual das imagens, em um monitor, apresentou maior poder de discriminação das unidades de mapeamento que o mapa de referência. A delimitação das unidades foi efetuada através de guias obtidos por agrupamentos de células que compunham uma grade regular registrada sobre a área em estudo. Tal agrupamento foi realizado através da análise de agrupamento das variáveis que compunham cada célula. As variáveis utilizadas para a análise de agrupamento foram: densidade de drenagem, comprimento total de canais, número de canais ponderados, comprimento de canais ponderados, razão de textura ponderada e níveis de cinza das imagens orbitais das bandas 3, 4, 5 e 7 do TM.

AGBU, FEHRENBACHER e JANSEN (1990:811) realizaram estudos para determinar o relacionamento existente entre dados obtidos por meio de satélite de alta resolução espectral e propriedades dos solos utilizados para delineamento de unidades de mapeamento e classificação. Concluíram que, através de análises de multiregressão, houve correlação significativa entre os dados do SPOT e as propriedades químicas, físicas e morfológicas de superfície de alguns solos, podendo ser portanto, preditas pela análise dos dados do satélite e vice-versa. Esta significativa correlação, citam os autores, confirma a associação existente, talvez devido à influência genética, das propriedades de superfície dos solos com as propriedades de subsuperfície, cor e croma do horizonte A, conteúdo do silte do solo foram significativamente correlacionadas apenas com às bandas vermelha e verde do SPOT, enquanto o regime de umidade dos solos foi mais significativamente correlacionado com a banda infravermelha.

3.2.4 - INTEGRAÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DE TRANSFORMAÇÃO IHS

Imagens produzidas por sensores multi-espectrais sofrem intrinsicamente de uma limitação: como muitas vezes as diversas bandas espectrais (ou intervalos de comprimento de onda) que compõem a imagem são contíguas, há uma grande repetição da informação espectral de uma banda para outra (CROSTA, 1993:65). Isso significa que, por mais que se tente aumentar o contraste de 3 bandas correlacionadas entre si, nunca vai se conseguir uma boa distribuição de cores na composição colorida. Existem maneiras de remover essa correlação inter-bandas antes de combiná-las a cores e, desse modo, utilizar melhor o espaço de cores produzindo imagens com grande variação de tonalidades. Uma dessas maneiras é a Transformação IHS.

O espaço de cores conhecido por IHS (Intensity, Hue, Saturation). É uma forma alternativa ao espaço RGB de representação de cores. No espaço IHS, as cores são definidas por três atributos, ao invés de três entidades de cores primárias. Esses atributos são: Intensidade, Matiz e Saturação. Esses atributos podem ser analisados e manipulados individualmente, ao contrário do sistema RGB, onde eles são intrinsecamente interligados (CROSTA, 1993:66). Eles descrevem a formação de cores de uma maneira muito mais próxima àquela pela qual o sistema visual humano as percebe e, devido a isso, o sistema IHS apresenta vantagens nítidas em relação ao sistema RGB. Matiz de um objeto é a medida do comprimento de onda médio da luz que ele reflete ou emite, definindo portanto a cor do objeto. Intensidade é a medida da energia total envolvida em todos os comprimentos de onda, sendo portanto responsável pela sensação de brilho dessa energia incidente sobre o olho. Saturação, ou pureza, expressa o intervalo de comprimentos de onda ao redor do comprimento de onda médio no qual a energia é refletida ou transmitida. O espaço IHS pode ser graficamente representado como um cone (Figura 3.1).

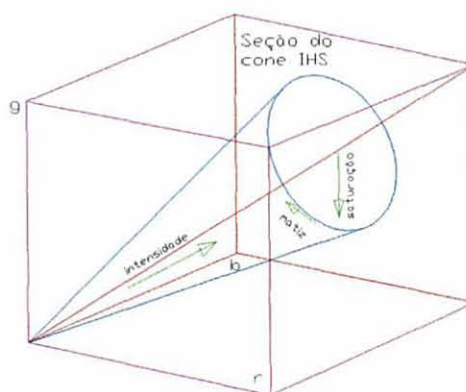


FIGURA 3.1 - Cone de cores do sistema IHS (modificado de CROSTA, 1993:63)

O sistema IHS utiliza coordenadas cilíndricas polares para representar as cores, ao invés de coordenadas cartesianas como o sistema RGB. Os usos dessa técnica em SR são de dois tipos: a) produzir composições coloridas com correlação interbanda reduzida, conseqüentemente com melhor utilização do espaço de cores e com diferentes tipos de imagens, ou b) combinar imagens de natureza diferentes.

3.2.4.1 – Curvas de nível

Curva de nível é uma linha sinuosa que liga pontos de mesma cota, possibilitando representar o relevo em uma planta planialtimétrica; esta linha é dada pela interseção de planos horizontais com a superfície do terreno; esses planos horizontais são paralelos e eqüidistantes, e a distância entre dois planos paralelos é chamada de eqüidistância vertical (GARCIA e PIEDADE, 1984:141). O principal método para representação cartográfica das altitudes e modelado do terreno, é de curvas de nível, ou seja, linhas imaginárias do terreno, onde todos os pontos têm a mesma cota altimétrica acima ou abaixo de uma determinada superfície de referência, geralmente o nível médio dos mares (OLIVEIRA, 1988:113).

De acordo com PAREDES (1986:143), as características básicas das curvas de nível, são:

- todos os pontos de uma curva de nível encontram-se numa mesma altitude;
- as curvas de nível nunca se bifurcam, nem se interceptam, exceto em declividades muito fortes ou em falhas;
- cada curva de nível se fecha, seja dentro ou fora dos limites do mapa;
- as curvas de nível são espaçadas por valores verticais constantes. Esse espaço, isto é, a distância vertical entre as curvas de nível, denomina-se eqüidistância;
- a medição da eqüidistância se faz verticalmente, e nunca ao longo da declividade. O topo das elevações raramente coincide com a última curva de nível; por isso, a altitude dele é indicada mediante pontos cotados;
- quanto mais juntas estiverem as curvas de nível, maior é a declividade; quando mais separadas, menor a declividade;
- a rede de drenagem de uma região tem grande influência sobre a modelação do terreno e, conseqüentemente das curvas de nível.

3.2.4.2 – Modelo Numérico de Terreno (MNT)

Uma matriz ordenada de números que representam a distribuição espacial de determinado atributo do terreno caracteriza um MNT. Se a matriz ordenada de números representa a distribuição espacial das altitudes acima de uma referência arbitrária de um terreno, então tem-se um modelo de altitude do terreno (SÁ, RISSO e HAERTEL, 1993:254) e BURROUGH (1986:39).

As informações referentes às altitudes podem ser descritas através de funções matematicamente definidas ou de uma forma discretizada por pontos e/ou linhas (SÁ, RISSO e HAERTEL, 1993:254). Os MNTs, representam a variação de uma determinada característica associada a cada ponto de uma porção do terreno (superfície terrestre) (FELGUEIRAS e ERTHAL, 1988:485). Quando a característica modelada é a elevação do terreno (altimetria ou relevo) este modelo é chamado modelo digital de elevação (MDE) ou modelo numérico de elevação (MNE).

Os primeiros modelos de isolinhas, como são chamados, não são muito adequados para o cálculo de declividades e de orientação azimutal de cada ponto de superfície. Face a esses aspectos, costuma-se convertê-los de modelo de linhas para o formato de uma matriz de altitude discretizada (modelo de pontos). Os modelos de pontos são os mais comuns para representar um MNT, chamado matriz de altitude ou grade regular retangular. Esse tipo de modelo permite a geração de isolinhas, de ângulos de declividades e orientação, de sombreamento de relevo e delineamento de bacias (SÁ, RISSO e HAERTEL, 1993:255). Podemos definir um MNT como sendo a representação do relevo através de coordenadas cartesianas (x, y, z), que caracterizam um ponto de acordo com sua localização espacial e sua altimetria. A origem desses modelos data da década de 1950 (MILLER, 1957:35, MILLER e LAFLAME, 1958:435), sendo utilizados atualmente com os seguintes objetivos básicos: obtenção de projeção planar; geração de mapas de contornos; perfis do terreno; determinação da intervisibilidade entre pontos; cálculo de volume; sombreamento sintético; geração de mapas de declividade; geração de mapas de orientação de vertentes; geração de mapas de exposição de vertentes; extração de padrões (vales, divisores, forma de vertentes, etc.); correção geométrica de produtos do SR; integração com imagens de satélite; determinação de rotas de acesso de acordo com critérios pré estabelecidos.

3.2.4.3 – Mapa de declividade

Conforme ANTUNES (1993:614), a declividade de uma superfície refere-se à variação de valores da coordenada z, numa determinada região da superfície, e geralmente é expressa em porcentagem. O conjunto das declividades entre os pontos cotados em curvas de nível permite uma análise de superfície muito importante no desenvolvimento dos mais diversos estudos do relevo. ESPARTEL (1973:455) apresenta um mapa de declividade como a forma de indicar as configurações do relevo no que tange às inclinações das vertentes. O mesmo autor comenta que para o planejamento regional, o mapa de declividade tem sido considerado elemento básico e tem por objetivo indicar a correta utilização do terreno, bem como o seu melhor aproveitamento, recomendando o emprego de mapas de declividade relacionadas com outros estudos geográficos e, entre estes, cita o uso da terra.

Um método largamente usado no Brasil é o proposto por DE BIASI (1970:10), consistindo na elaboração de um ábaco, que representa a relação entre faixas de declividade e as distâncias horizontais entre as curvas de nível presentes nas cartas topográficas. Esse processo, no entanto, além de despender um tempo considerável, requer prefixação de intervalos de classes de declividade. Caso se deseje modificar tais classes, o mapeamento deve ser totalmente refeito. Apresenta como vantagem a possibilidade de ser aplicável às mais diferentes escalas. O agrupamento dos dados de declividade em classes, forma segundo o qual essa característica do relevo é mais frequentemente mapeada, mostrou resultados mais consistentes, devido ao fato de minimizar a variação causada pela subjetividade do processo manual (MORETTI, KOFFLER e TEIXEIRA, 1989:51).

Percebe-se que o problema básico na elaboração de mapas de declividade é a grande quantidade de dados a serem manuseados. Com essa preocupação, o grau de complexidade a que chegaram os estudos de natureza geográfica tornou imprescindível o uso de computadores no manuseio das informações. As técnicas computacionais permitem a redução do tempo gasto pelo pesquisador em rotinas repetitivas TEIXEIRA (1988:107), possibilitando ainda a integração de diferentes tipos de informação geográfica e sua representação cartográfica de forma rápida e adequada.

3.2.5 - INTEGRAÇÃO DE DADOS EM SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Avanços nos campos da computação, cartografia e fotogrametria forneceram fundamentos tecnológicos para automatizar os sistemas de informações geográficas que

começam a aparecer na década de 60 (STAR e ESTES, 1990:19). A história do uso de computadores para mapear e analisar espacialmente mostra que o desenvolvimento tem sido paralelo na automação da captura dos dados, análise dos dados e apresentação nos vários campos relacionados (BURROUGH, 1986:6). Portanto, os SIGs são o resultado da junção do desenvolvimento paralelo de muitas áreas que processam dados espaciais.

Três importantes fatores ajudaram e induziram a criação dos SIGs digitais na década de 60 (STAR e ESTES, 1990:19):

- refinamentos nas técnicas cartográficas;
- desenvolvimento rápido nos sistemas de computação digital, e
- a crescente revolução na análise espacial.

É frequentemente observado que o elemento que distingue os SIG de outras formas de atividades de manipulação espacial de dados, tal como cartografia automatizada e SR, é a ênfase na análise (GOODCHILD, 1989:105). Apesar de ser clara a grande variação na capacidade de um sistema para outro, a habilidade para integrar e manipular dados espaciais em diferentes formas e de extrair informações adicionais desses dados é o centro atual das atenções voltadas para a tecnologia de SIG.

Para a solução de problemas complexos em áreas relacionadas a monitoramento ambiental, solos, mapeamento, planejamento rural, e outros, muitas vezes as informações de SR, devem ser complementadas com outros tipos de informações, tais como, dados de mapeamentos e de modelos numéricos de terreno (MNT). Os SIGs são bancos de dados, que permitem a entrada, armazenamento, recuperação, manipulação e análise dos dados (informações digitais) georreferenciados, associados a uma região, provenientes de imagens, mapas e MNTs. Além disso, tais sistemas fornecem ferramentas computacionais que permitem analisar e integrar essas informações com o objetivo de se obter soluções rápidas e precisas para problemas relacionados ao comportamento espacial dos dados contidos no sistema (FELGUEIRAS et al., 1990:735).

WALSH et al. (1990:1141) integraram dados de imagens tratadas do Landsat-TM e modelo numéricos de terreno através de um SIG para um melhor entendimento do processo hidrológico em área de topografia complexa e rugosa. No ambiente de SIGs, os autores integraram mapas digitais geológicos, hidrológicos, topográficos, vegetação e elevação do modelo numérico de terreno e as imagens realçadas do Landsat-TM. Concluíram que, a sobreposição e integração de dados no SIG, incrementou o poder de interpretação e análise dos dados, além de validar as diversas técnicas de realçamento de imagens utilizadas na interpretação visual. JANSSEN et al. (1990:1506), realizaram estudos de integração de dados topográficos com dados de SR em SIG para aumentar a possibilidade de obtenção de

mapas de uso do solo em escalas regionais na Holanda. Segundo os autores, cada vez mais uma grande quantidade de dados geográficos estão sendo armazenados em SIGs. Esses dados do SIG podem ser utilizados no processamento de imagens de SR. Por outro lado, as imagens de SR deverão ser aplicadas no armazenamento e atualização de dados no SIG. Os dados armazenados em SIG foram utilizados com sucesso para melhorar a classificação de uso da terra por meio da classificação dos objetos. De acordo com FERREIRA, MATTOS e FELGUEIRAS (1990:639), a evolução tecnológica na obtenção de dados pelos sistemas de SR vem gerando um elevado volume de dados. Segundo estes autores, as técnicas computacionais de integrações de dados possibilitam uma multiplicidade de maneiras de se tratar e apresentar informações geológicas – um dos pontos mais críticos dos SIGs é a entrada de dados, daí a importância da compatibilização de dados que já se encontram em formatos digitais com o sistema SIG.

3.2.5.1 - O ambiente de sistemas de informações geográficas (SIG)

Toda a história de desenvolvimento do SIG teve como princípio a técnica de “overlay” ou superposição de temas, que usa operações lógicas e aritméticas. O sistema teve suas raízes na história da cartografia temática, século XVIII, com a produção da primeira base de mapas (CÂMARA e MEDEIROS, 1998:6). A visão globalizada das questões ambientais tem contribuído para uma crescente demanda por informações cartográficas, obtidas em ritmo cada vez mais intenso graças ao desenvolvimento de técnicas apoiadas no uso de computadores e às imagens obtidas por sensores instalados a bordo de satélites espaciais. Tais imagens, com suas características de repetitividade e periodicidade, tornaram-se também ferramentas indispensáveis na análise e monitoramento multimétricos e multitemporais de fenômenos naturais ou decorrentes de ações antrópicas em nosso planeta. Além disso, o extraordinário avanço da informática nos últimos anos, tem permitido a integração de informações coletadas com o seu suporte geográfico por intermédio dos SIGs (CALIJURI e ROHM, 1994:6).

BURROUGH (1986:6) define SIG como sendo “um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e apresentar dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos”. Os dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de suas posições em relação a um sistema de coordenadas conhecido; seus atributos que não são relacionados a posição e suas interrelações espaciais, que descrevem como os objetos estão ligados entre si ou como podem relacionar-se com outros. Na concepção de STAR e ESTES (1990:2) o SIG é um

sistema de informação que é designado para trabalhar com dados georreferenciados por coordenadas. Em outras palavras, um SIG é um sistema de base de dados com capacidade específica para lidar com os mesmos referenciados espacialmente. A utilização dos SIGs tem como objetivo principal, o suporte à tomada de decisões para o gerenciamento do estudo do solo, inventários florestais, recursos hídricos ou todo e qualquer tipo de entidade distribuída espacialmente.

O termo SIG refere-se àqueles sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos (CÂMARA e MEDEIROS, 1998:6). Um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer. Os dados tratados em geoprocessamento, tem como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados. CASTAÑEDA FILHO (1989:625) comenta que a literatura especializada propõe uma série de variantes para a definição de um SIG, e que em síntese, elas convergem para o seguinte: Sistema automatizado, específico para aquisição, gerenciamento, análise e apresentação de dados do espaço geoambiental.

3.2.5.2 - Estrutura e representação de dados em ambiente de geoprocessamento

A busca de soluções e o gerenciamento de recursos de problemas localizados ou regionais, tais como: planejamento urbano, agrícola, monitoramento ambiental e serviços de água, esgoto, telefonia e outros, necessitam de bancos de dados que suportem na maioria das vezes, uma grande massa de dados interligados com informações espaciais (cartografia automatizada, imagens de satélite (CALIJURI e ROHM, 1994:5). A capacidade na gerência de dados de forma convencional, excede os limites oferecidos por este tipo de modelo. Por outro lado, a evolução na criação de sistemas diferenciados em relação ao supra citado, deu origem a um sistema de gerenciamento de dados não convencionais, onde pode-se destacar o de dados pictóricos. Esses tipos de programas computacionais, com aplicações voltadas a tratar dados com diferentes formatos, têm possibilitado a integração de um grande volume de informações provenientes de mapas, imagens, textos, gerenciamento de serviços, sistema de informação cadastral e outros complementares.

Segundo ARONOFF (1993:165), duas classes de modelos de dados geográficos têm sido usadas para armazenar e representar a informações espacializada em formato digital: a estrutura vetorial e a matricial ou raster. A primeira usa entidades (como pontos, linhas) para identificar as localizações, considerando o espaço geográfico contínuo; ao passo que a estrutura raster, divide o espaço em elementos discretos criando uma grade padrão

imaginária sobre a área de estudo, onde cada feição é associada a uma célula ou um conjunto das mesmas desta grade. Assim sendo, a matriz de dados pode ser entendida como uma matriz de células, onde cada célula é referenciada pelo número de linha e coluna, contendo um número que representa o tipo de ou valor do atributo que está sendo mapeado. Na estrutura matricial um ponto é representado por uma única célula, uma linha por um número de células vizinhas alinhadas segundo uma dada direção e uma área por um agrupamento de células vizinha. É esta a dimensão que define a resolução da malha.

Para BURROUGH (1986:25), a representação vetorial de um objeto é a tentativa de representá-lo o mais exatamente possível. Supõe-se que o espaço de coordenadas é contínuo, e não quantizado como no espaço matricial, permitindo que sejam definidas com boa precisão todas as posições, comprimentos e dimensões. Os elementos físicos do terreno podem ser reduzidos a três entidades básicas: pontos (nós), linhas e áreas ou polígonos. Os pontos ou nós, são elementos que podem ser representados por um único par de coordenadas (x e y), como por exemplo um poste, devendo o atributo ser armazenado junto com o par de coordenadas que define esta feição. As linhas são um conjunto de pontos, que mantém a relação de conectividade entre si.

Na concepção de BURROUGH (1986:7), a estrutura de um SIG, pode assim ser composta:

- subsistema (módulo) de coleta ou entrada de dados, que permite a inserção de dados de forma automática para dados digitais disponíveis, como imagens multiespectrais e através da digitalização de mapas topográficos, dados de solos, geologia e outros, definindo níveis de informação. Estão associados à entrada de dados as operações de edição, correção e eliminação;
- subsistema de armazenamento e recuperação de dados, quer permite a descrição da base de dados, com listagens, mapas, bem como operações de modificação, inserção e eliminação;
- subsistema de manipulação, que permite análise, síntese e modelagem a partir de operações em um plano de informação e entre planos de informação de acordo com critérios e procedimentos definidos pelo usuário;
- subsistema de saída, que permite a apresentação de dados na forma de tabelas, gráficos, mapas e imagens.

Neste sentido, MADRUGA (1992:64) comenta que os dados geográficos são referenciados sobre a superfície terrestre, tomando-se um sistema de coordenadas padrão. Esse sistema de coordenadas pode ser local quando se trabalha com áreas restritas, ou então, nacional ou internacional, tomando-se um sistema de coordenadas

internacionalmente aceito. Neste caso a projeção cartográfica adotada, é UTM (Universal Transverse of Mercator). Para BARBOSA (1997: 58), dentro de um SIG os dados são organizados por categorias que no caso do SPRING podem ser de seis tipos diferentes: imagem, temático, numérico, objeto, cadastral e não-espacial. Em uma categoria de dados de um projeto, dados distintos são guardados em planos de informação diferentes.

3.2.5.3 - O uso do geoprocessamento em estudo de solos

CASTAÑEDA FILHO (1989:630) diz que o simples fato de se poder digitalizar diretamente na tela de um computador gráfico, sobre o "display" de uma imagem proveniente de um sensor remoto, é o meio mais elementar de se detectar a capacidade de um SIG em integrar os dois tipos de estrutura de dados (raster-vetor), embora muitas vezes esta capacidade seja insuficiente. O ideal seria que o programa fornecesse ao usuário uma série de recursos computacionais, para processamento de imagens provenientes de sensores multiespectrais.

De LIMA et al. (1992:262) apresentam um método de utilização de um SIG e de dados de SR orbital para gerar mapas de suscetibilidade e de risco de erosão do solo, integrando informações originalmente quantitativas (erodibilidade, erosividade e declividade) e qualitativas (litologia), concluindo que os resultados foram bastante satisfatórios. VALÉRIO FILHO et al. (1992:2), com o objetivo de obter a indicação do potencial natural de erosão e expectativa de erosão para a microbacia do córrego São Joaquim (Pirassununga – SP). Através da integração dos dados georreferenciados em SIG, os autores constataram a eficiência dessa ferramenta para a classificação de áreas com base em dados multivariados.

FORMAGGIO et al. (1992:255) comprovaram a possibilidade de se obter um mapa de aptidão agrícola das terras, de maneira semi-automática, ou seja, através da digitalização dos planos de informação e da posterior integração e manipulação destes em ambiente SIG. Os autores estabeleceram um mapa de adequação de uso do solo a partir do cruzamento de interpretações do uso atual (obtido de imagens de satélite) com o mapa de aptidão agrícola. LOPES ASSAD (1995:139) utilizando ambiente SIG, concluiu que a quantificação automática de áreas, a obtenção de mapas de aptidão agrícola intermediários e a possibilidade de constante atualização das informações geoambientais espacializadas em base cartográfica devidamente arquivada em suporte informatizado, constituíram as grandes vantagens da utilização deste instrumental.

ROCHA e GHANI (1995:1640) utilizaram o SGI desenvolvido pelo INPE, para consolidar unidade de mapeamento de solos do Parque Estadual Pico do Marumbi na Serra

do Mar – PR, através de mapas de vegetação, geologia, hipsometria e zoneamento. Efetuaram a sobreposição de vários planos de informações e cruzaram os dados. Concluíram os autores, que as relações entre os solos e seus fatores de formação propiciaram informações significativas para o levantamento de solos. MOTTER (1996:40) também utilizando o SGI do INPE, gerou por tabulação cruzada dos dados, os seguintes mapas: de solos, de classes de declividade, de aptidão agrícola, de uso atual dos solos. RIBEIRO (1997:142) utilizou técnicas de geoprocessamento para estudos de solos no Município de Palotina – PR, concluiu que a utilização de cartas digitais, imagens multiespectrais, fotografias aéreas, como subsídios para a confecção de um banco de dados, foram instrumentos indispensáveis, agilizando e direcionando os trabalhos de campo. SCHMIDLIN (1998:81) concluiu que os processos de compilação de mapas de solos, exige que as informações no mapa final, estejam dispostas em ambiente único, de tal forma a serem analisadas em conjunto. Tendo em vista esta necessidade, foi estruturada uma base de dados digitais em ambiente SIG, permitindo a integração de todas as informações disponíveis, tais como: planimetria (rios, rodovias, estradas e caminhos), dados temáticos (solos), altimetria (curvas de nível) e imagens.

3.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.3.1 - MATERIAIS

3.3.1.1 - Material Temático

- Um mapa de solos na escala de 1:50.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado, contendo relatório técnico em dois volumes (RAUEN et al., 1994) (mapa das várzeas do rio Iguaçu);
- Um mapa de solos na escala de 1:300.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado, contendo relatório técnico em um volume (PARANÁ, 1974) (mapa do sudeste do Paraná);
- Um mapa de solos na escala de 1:300.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado, contendo relatório técnico em um volume (PARANÁ, 1977) (mapa do litoral do Paraná);
- Um mapa de solos na escala de 1:600.000 em meio analógico com coordenadas geográficas sem especificação de sistema de projeção utilizado (EMBRAPA, 1981)

(mapa do estado do Paraná), contendo relatório técnico em dois volumes (EMBRAPA, 1984);

- Um mapa geológico na escala de 1:50.000 em meio digital com coordenadas UTM e com sistema de projeção horizontal Córrego Alegre (MG) (MINEROPAR, 2000)

3.3.1.2 - Material Cartográfico

Para a execução do trabalho de compilação dos mapas de solos, foram utilizadas como bases cartográficas as cartas planialtimétricas (COMEC) nas escalas de 1:50.000 e 1:10.000, listadas a seguir:

- Quatro cartas planialtimétricas na escala de 1:50.000 em meio analógico com sistema de coordenadas UTM e Geográficas;
- Quatro cartas planialtimétricas na escala de 1:50.000 em meio digital com sistema de coordenadas UTM e Geográficas;
- Trinta e sete cartas planialtimétricas na escala de 1:10.000 em meio digital com sistema de coordenadas UTM e Geográficas.

3.3.1.3 - Material de sensoriamento remoto - SR

Foram utilizadas fotografias aéreas do recobrimento aerofotogramétrico pancromático nas escalas aproximadas de 1:25.000 (tomadas pela Aerosul S.A. para o Instituto de Terras, Cartografia e Florestas – ITCF em 1980).

Com relação às imagens de satélite, foram utilizadas as imagens multiespectrais digitais, obtidas pelo sensor do satélite LANDSAT-TM5, órbita 220 ponto 78, obtida em 18 de Abril de 1996. Foram empregadas as bandas 3 (visível – 0,60 a 0,69 μm), 4 (infra-vermelho próximo – 0,76 a 0,90 μm) e 5 (infra-vermelho médio – 1,55 a 1,75 μm).

3.3.1.4 - Equipamentos e programas computacionais (softwares)

Em termos de equipamentos, foi utilizado um microcomputador contendo Processador Pentium III, com 650 MHz, 196 Mb de Memória RAM (Random Access Memory), Winchester (Hard Disk) 20,2 Gbytes, Leitor/Gravador de CDW-ROM, Monitor de 17", drive 3,5" (para discos de 1.44 Mb) e respectivos periféricos: mesa digitalizadora Digigraph, tamanho A1, plotter HP 755 CM, impressora jato de tinta HP 610, Escaner AOC tamanho A4 e mesa de luz.

Os programas computacionais empregados foram o SPRING (CÂMARA et al. 1996), versão 3.5, específico para o processamento/tratamento de imagens e trabalho com informações georreferenciadas (SIG) e específico para as etapas da compilação propriamente dita (digitalização, edição, ajustes, poligonização); CAD Overlay, utilizado para vetorização das linhas das curvas de nível das cartas planialtimétricas; AutoCAD 14 e AutoCAD 2000, utilizados na edição das linhas e poligonização; Excel 7.0 utilizado na elaboração do banco de dados e organização dos dados alfanuméricos; Corel Draw 9.0 utilizado para editoração e plotagem dos mapas finais; Word 7.0 utilizado para a edição dos textos.

3.3.1.5 - Material de campo

Para apoio de campo foram utilizados estereoscópio de bolso, bússola, clinômetro, altímetro, trado holandês, trena plástica colorida e GPS de navegação Garmin modelo E-Trex. Além disso, utilizou-se a base planialtimétrica e imagens coloridas plotadas em papel para efetuar as anotações necessárias, máquina fotográfica Yashica, veículo de passeio para locomoção.

3.3.2 - MÉTODOS

3.3.2.1 - Coleta e avaliação dos materiais básicos existentes

De acordo com a metodologia preconizada por DANGERMOND, et al. (1989¹) citado por SCHMIDLIN (1998:54), o primeiro passo num processo de inventário de recursos naturais, onde técnicas de compilação de mapas estão envolvidas, constitui-se no agrupamento e exame de todo o material básico existente da área de estudo.

Assim sendo, a princípio foram coletados todos os materiais básicos necessários para a execução dos trabalhos. Os materiais em questão podem ser subdivididos em quatro grupos a saber: 1) temáticos: envolvendo os mapas de solos em formato analógico em várias escalas e sistemas de projeção diferentes; 2) planialtimétricos: constituindo as cartas planialtimétricas da COMEC em duas escalas diferentes; 3) alfanuméricos: envolvendo os

¹ DANGERMOND, J. A review of digital data commonly available and some of the practical problems of entering them into a GIS. **Fundamentals of Geographic Information Systems**: a compendium. 1989, p.41-58

relatórios técnicos dos levantamentos que deram origem aos mapas de solos e demais materiais bibliográficos; 4) produtos de SR (imagens de satélite e fotografias aéreas).

3.3.2.2 - Estruturação da base de dados no SPRING

A estruturação de uma base de dados digitais em ambiente SIG foi a etapa que subsidiou todo o processo de compilação propriamente dito. Esta base de dados, criada no programa SPRING, possibilitou a integração e análise conjunta das informações, além de permitir a manipulação e edição dos dados vetoriais através de ferramentas adequadas.

O primeiro passo para a estruturação da base de dados no SPRING foi a criação de um projeto denominado "Mananciais" na escala de 1:10.000, no sistema de projeção UTM/SAD-69, entre as coordenadas UTM envolvidas da área de estudo: 675500 - 707500 mE e 7164000 - 7207500 mS. Em seguida, o processo constituiu-se na entrada e armazenamento dos diversos tipos de dados, em planos de informação - PI (layers) distintos. Os métodos utilizados para a entrada dos dados foram: digitalização e conversão de projeção de arquivos de outros projetos.

Verificou-se uma grande vantagem no processo de criação e estruturação da base de dados única, devido ao fato da maioria dos mapas temáticos originais já se encontrarem no formato digital. Isto permitiu com que a maior parte da base de dados tenha sido formada com muita rapidez e agilidade, aumentando a eficácia do processo de compilação.

3.3.2.2.1 - Entrada da planimetria

As informações planialtimétricas foram extraídas dos arquivos digitais oriundos da vetorização das cartas utilizando-se do programa CAD OVERLAY. Os temas planialtimétricos extraídos das cartas e armazenados na forma de polígonos abertos no projeto "mananciais" foram: hidrografia, rodovias, ferrovias, caminhos, curvas de nível (mestras e intercalares).

3.3.2.2.2 - Entrada dos mapas de solos

A obtenção das informações de solos existentes na época da elaboração do trabalho seguiram a seguinte sequência:

- (i) primeiramente, de posse dos limites aproximados da área de trabalho, realizamos a transformação das coordenadas geográficas dos mapas para as coordenadas UTM;
- (ii) posteriormente, foram digitalizadas as informações dos mapas (PARANÁ, 1974 e 1977) ambos na escala de 1:300.000;
- (iii) nesta etapa foram digitalizados as informações do mapa (EMBRAPA, 1981) na escala de 1:600.000 para preencher toda a área de estudo;
- (iv) finalizando foram digitalizados as informações do mapa (RAUEN et al., 1994) na escala de 1:50.000.

Este último mapa apresentava-se em péssima qualidade no que diz respeito ao estado de apresentação, com todas as informações planimétricas (rios e estradas) na mesma cor das linhas de separação das classes de solos (em preto), dificultando a visualização e separabilidade das unidades de mapeamento; a conectividade entre as linhas solos também não estava clara, observando-se algumas unidades (polígonos) com dois símbolos diferentes, isto com a falta de linha separatória; a escala não é precisa, observando-se distorções nos elementos dos mapas quando comparados com a carta planialtimétrica; e, além disso não continham informações a respeito do sistema de projeção cartográfica utilizado. Devido a estas condições este mapa teve que ser submetido a um processo de realçamento das linhas de solos com lápis de cor (Figura 3.2 cor laranja).

O mapa de solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Sudeste do Estado do Paraná na escala de 1:300.000 foi digitalizado, entre os limites das coordenadas UTM 675000 – 701000 m E e 7178500 – 7206200 m N (Figura 3.2 cor azul).

O mapa de solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Litoral do Estado do Paraná na escala de 1:300.000 foi digitalizado, entre os limites das coordenadas UTM 701000 – 708000 m E e 7162500 – 7191000 m N (Figura 3.2 cor amarela).

O mapa de solos do Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná na escala de 1:600.000 foi digitalizado, entre os limites das coordenadas UTM 675000 – 701000 m E e 7162500 – 7178500 m N (Figura 3.2 cor verde), para completar todas as informações existentes para a área de trabalho.

Do mapa geológico (MINEROPAR, 2000), com limites compreendido entre as coordenadas UTM 670000 – 710000 m E e 7160000 – 7210000 m N, foi extraído o mapa geológico da área de estudo, o qual serviu para ilustrar a legenda das classes de solos, no que diz respeito ao substrato rochoso (Figura 1.7).

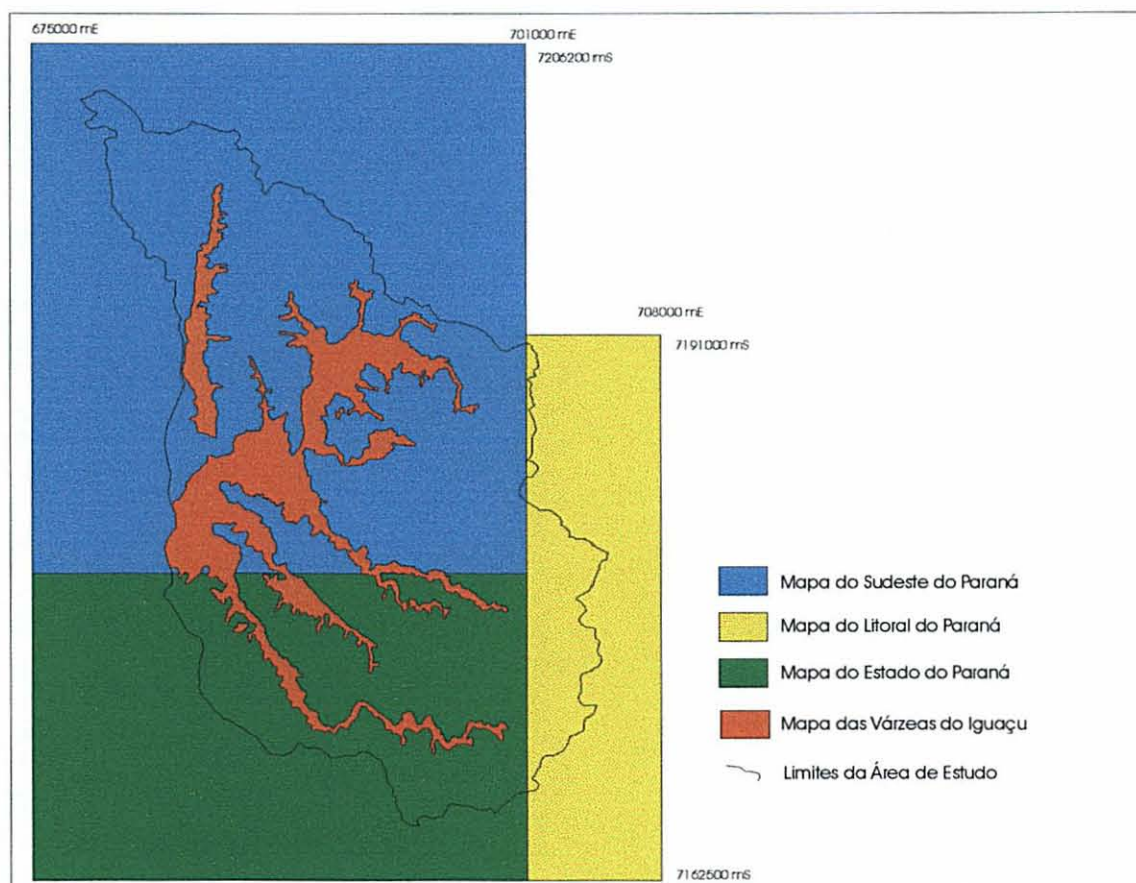


FIGURA 3.2 - Limites dos mapas de solos utilizados e limites da área de estudo

3.3.2.2.3 - Entrada da altimetria

As curvas de nível utilizadas na geração do MNT foram vetorizadas a partir de arquivos digitais escaneados das cartas da COMEC na escala de 1:10.000 e armazenadas em um PI Curvas de nível, através do programa CAD OVERLAY utilizando-se o programa AutoCAD R14. Estas cartas apresentam as curvas de nível equidistantes 10 m. Optou-se pela vetorização de todas as curvas de nível pois o objetivo principal da utilização das curvas de nível foi a geração de um MNT a ser utilizado na transformação IHS para ser integrado às imagens de satélite.

Posteriormente a vetorização das curvas de nível, as mesmas foram reunidas em um único arquivo "base" no programa AutoCAD 2000, onde foram editadas (unidas as curvas das diferentes cartas e fornecidos os valores altimétricos de cada uma das curvas), e posteriormente estas informações foram transferidas ao SPRING através do comando importar linhas.

Para a geração do mapa de declividades, foram utilizadas as curvas de nível retiradas das cartas digitais na escala de 1:50.000 e equidistantes 20 m.

3.3.2.2.4 - Entrada das imagens

As imagens de satélite foram primeiramente recortadas conjuntamente, as três bandas, no aplicativo IMPIMA do SPRING e posteriormente inseridas no projeto "Mananciais". Utilizou-se a correção geométrica, a qual baseia-se no princípio de que, para uma imagem digital ter propriedades cartográficas, torna-se necessário que a mesma seja corrigida segundo um sistema de coordenadas. O registro da imagem foi efetuado no programa SPRING, no módulo específico para este procedimento. A primeira fase do registro foi à obtenção de pontos de controle no terreno, obtidos a partir das cartas planialtimétricas. Os pontos de controle são feições claramente identificáveis nas cartas e na imagem. Foram coletados uma média de um ponto por carta topográfica, totalizando 30 pontos, eliminando-se os pontos com maior distorção. Tomou-se o cuidado de se fazer a coleta de pontos em locais estratégicos, de tal forma que os mesmos se apresentassem de maneira bem distribuída por toda a imagem. Optou-se por este método de registro, levando-se em consideração a escala de trabalho e a dificuldade de obtenção de pontos de controle da região de estudo, devido às suas condições fisiográficas e alta ocorrência de atividades antrópicas. Procedimentos semelhantes foram executados por IMHOFF et al. (1982:1339), RIBEIRO (1997:46) e SCHMIDLIN (1998:56).

No SPRING os arquivos de formato raster (imagens) podem ser visualizados nos canais 0 (vermelho), 1 (verde) ou 2 (azul). Desta forma as composições coloridas são formadas atribuindo-se para cada banda 256 tons de cinza uma cor primária (vermelho, verde ou azul) e visualizando-se as três bandas conjuntamente no monitor, obtendo-se uma imagem composta colorida com 16.777.216 cores. Foi utilizado inicialmente o realce linear de contraste (JENSEN, 1996:146), para todas as bandas. Este tratamento digital é necessário pois, os sensores dos satélites foram concebidos para registrar as respostas de radiância dos alvos naturais em uma faixa de brilho sem saturação. Com isto, as informações contidas em uma certa cena, ficam registradas apenas numa pequena porção do intervalo dos níveis de cinza. Assim sendo, visando a obtenção de composições coloridas diferentes, as bandas são importadas pelo programa SPRING e automaticamente são gravadas em PIs distintos.

3.3.2.2.5 - Integração de dados do modelo numérico do terreno e imagens Landsat através de transformação IHS

Para auxiliar o processo de revisão da interpretação e ajustes das unidades de mapeamento de solos foi produzida uma terceira imagem (composição colorida) que integra os dados do satélite com o relevo. Para gerar esta imagem foi utilizada a técnica denominada transformação IHS (FELGUEIRAS e ERTHAL 1988:488), a qual possibilita a integração de um MNT com as bandas da imagem de satélite. Este procedimento foi utilizado com sucesso por CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990:737) e SCHMIDLIN (1998:57).

No presente caso, as bandas 3, 4 e 5 na composição colorida 5R4G3B foram transformadas para o espaço de cores I (intensidade) H (matiz) e S (saturação), gerando três novas bandas denominadas, I H e S. As bandas I e S foram tratadas através de realce linear de contraste (RLC) para deixar as cores mais puras, o que oferece uma visualização de cores mais "vivas" na imagem final. Este tratamento das componentes intensidade e saturação foi baseado em procedimentos semelhantes aplicados por CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990:737) e SCHMIDLIN (1998:57). A banda H, por sua vez, foi substituída pela imagem correspondente ao MNT gerada no SPRING. A última etapa do processo envolveu a transformação inversa de IHS para RGB, gerando três novas bandas. A resultante do processo de transformação IHS é uma imagem cuja composição colorida mantém os aspectos originais de brilho e textura e as cores variam de acordo com a mudança de altitude.

Resumindo, o processo de transformação IHS-RGB e RGB-IHS, é iniciado pela transformação de uma composição colorida de três bandas RGB em uma composição colorida de três bandas IHS, sendo que posteriormente, duas destas bandas (I e S) sofrem um tratamento de realce linear de contraste de seus números cinzas, produzindo duas novas bandas tratadas (It e St) e a terceira banda, H é substituída pela Imagem MNT. Nesta fase, a composição das bandas (It-MNT-St), é novamente transformada para uma composição colorida no sistema RGB. Esta sequência foi realizada de acordo com o diagrama esquemático apresentado na Figura 3.3.



FIGURA 3.3 - Diagrama esquemático ilustrando o processo de transformação IHS.

3.3.2.3 - Edição preliminar das linhas no AutoCAD

Anteriormente aos processos de revisão da interpretação e ajustes, as linhas em formato vetorial sofreram uma edição preliminar, visando facilitar o processo de união dos mapas. Além disso, nesta etapa foram efetuadas as generalizações e padronizações necessárias na base cartográfica.

3.3.2.3.1 - Edição da planimetria

No caso dos rios, rodovias, estradas e caminhos a edição foi executada visando apenas a conexão adequada entre as linhas no programa AutoCAD 2000 e posteriormente as linhas foram salvas no formato DXF (Drawing Exchange Format) e, em seguida, importadas no programa SPRING.

3.3.2.3.2 - Edição das linhas de solos e geração do mapa compilado preliminar

A princípio foi atribuída uma cor para cada um dos 4 planos de informações contendo as linhas originais dos mapas de solos, de maneira a permitir uma visualização mais clara possível de todas as divisas, principalmente entre os mapas vizinhos. O próximo passo foi a eliminação das linhas de divisas entre os mapas, unificando as unidades de mapeamento que se encontravam particionadas em mapas distintos.

Após o processo de eliminação das linhas de divisas, as linhas de solos e os centróides contidos nos quatro planos de informações foram transferidos para um único

plano de informação. Com a junção dos planos de informações gerou-se o mapa compilado preliminar. Este procedimento possibilitou que as unidades de mapeamento encontradas nas divisas fossem transformadas em entidades únicas. Em seguida foi realizada a poligonização das linhas, criando-se a topologia dos polígonos.

É importante salientar que, nesta etapa foram feitas apenas edições de conectividade entre as linhas de solos. Portanto as unidades de mapeamento do mapa preliminar se encontravam exatamente como nos mapas originais.

3.3.2.3.3 - Edição das curvas de nível e geração do modelo numérico de terreno (MNT)

As curvas de nível vetorizadas passaram por uma etapa de conferência para a detecção e correção de erros relacionados principalmente à identificação das cotas altimétricas. Tendo sido feita a conferência as curvas de nível e a correção dos erros, as curvas de nível (mestras e intercalares) foram reunidas em um único PI – Curvas de nível e salvas no formato DXF pelo AutoCAD e importadas no SPRING onde passou-se para o processo de geração do MNT.

A partir das curvas de nível, a geração do MNT seguiu uma série de passos. O primeiro foi a “organização dos pontos”, que é um processo prévio a qualquer manipulação de informações altimétricas. A “organização dos pontos” é um algoritmo que organiza os dados de altimetria em blocos, visando otimizar o processo seguinte de “geração de grade”.

O próximo passo foi a geração da grade retangular da área de estudo. Uma grade retangular é um modelo numérico do terreno em forma de grade. Foi projetada a geração da grade de tal forma que o resultado conteria o mesmo número de linhas e colunas das imagens de satélite, para viabilizar o processo de integração entre as imagens via transformação IHS. Desta forma elaborou-se uma grade de 4250 linhas por 3200 colunas, utilizando-se uma resolução de 30 metros.

Após a geração da grade, passou-se para o “refinamento da grade retangular”. Este processo é utilizado para gerar uma imagem em tons de cinza a partir da grade retangular. Esta etapa foi executada dentro das mesmas coordenadas do retângulo envolvente da área e empregou-se a mesma resolução da grade, pelo mesmo motivo de se obter uma imagem com o mesmo número de linhas e colunas das imagens de satélite.

A imagem gerada no processo de refinamento da grade retangular é o MNT que representa o relevo em tons de cinza variando de 0-255, onde os tons mais escuros correspondem às áreas mais baixas e os mais claros às porções mais elevadas. A

declividade foi obtida utilizando-se de arquivo digital contendo as curvas de nível equidistantes 20 m, na escala de 1:50.000.

3.3.2.4 - Reestruturação e geração da legenda

Após a edição das entidades gráficas foi iniciado o processo de reestruturação das legendas, que compõem os dados alfanuméricos. Utilizando-se de uma planilha eletrônica, criou-se um banco de dados (tabela contendo todas as informações disponíveis nas legendas dos mapas fontes) com todas as informações contidas nas legendas originais, atribuindo-se uma sigla para cada elemento. Desta forma foram digitados todos os dados das legendas no banco de dados para que os solos pudessem ser organizados, ordenados e agrupados, possibilitando a geração da nova legenda.

3.3.2.5 - Revisão da interpretação e ajuste das linhas de solos

Nesta fase do trabalho o mapa geral preliminar de solos, no formato vetorial, foi sobreposto às composições coloridas das imagens de satélite, para que fossem efetuadas as correções necessárias, principalmente nos locais de divisas entre os mapas, e os devidos ajustes que compreenderam generalizações e detalhamentos conforme o caso.

Através do relacionamento solo-paisagem e com o auxílio dos planos de informação como guias, executou-se assim a delimitação de unidades de paisagem sobre a imagens através do traçado realizado com o mouse. As unidades fisiográficas correspondem portanto à análise visual das imagens orbitais e sua interpretação via monitor de vídeo mais o agrupamento de células que estavam sobrepostas as imagens, servindo portanto como "guias" para definição dos limites e polígonos que contenham as unidades fisiográficas traçadas.

Visando a concepção de polígonos bem definidos, imagens auxiliares da composição colorida foram utilizadas. A cada comparação realizada entre as células e novas composições os limites, quando necessário, eram corrigidos afim de se obter um produto final com elevado grau de precisão de interpretação. Afim de melhorar as possibilidades de interpretação de imagens, foram empregadas, principalmente, as composições coloridas 5R4G3B, 4R5G3B e 5IR4HG3SB, esta última proveniente do processo de transformação IHS. Essas composições foram escolhidas por já terem apresentado bons resultados nos trabalhos de ROCHA et al. (1993:297), CARMELO e CARVALHO (1993:184), NANNI, (1995:53) e SCHMIDLIN (1998:71). Além disso, a integração de outros temas como a rede

de drenagem por exemplo, contribui na discriminação e mapeamento das unidades de mapeamento de solos.

3.3.2.6 - Apoio de campo

Nas visitas em determinados locais da área de estudo foram realizadas observações e verificações em algumas unidades de mapeamento. Os principais aspectos verificados foram a morfologia dos solos (através de tradagens locais) e aspectos relacionados às fases de relevo e vegetação. Como apoio aos trabalhos de campo foram efetuadas análises, com esterescópio de bolso, nas fotografias aéreas e observações visuais nas imagens de satélite plotadas e plastificadas. As anotações foram efetuadas sobre as imagens de satélite com canetas especiais sobre material plástico.

JACOBS, MAXIMIANO e NANNI (1994:263) enfatizaram que a fotointerpretação não substitui as observações de campo e as análises de laboratório, mas se complementam, assumindo cada um deles, importância relativa, maior ou menor, dependendo do nível de generalização do trabalho.

3.3.2.7 - Geração do mapa compilado de solos

Com os dados originados através da revisão da interpretação e ajustes, complementados com o apoio de campo, foi gerado o mapa compilado de solos na escala 1:50.000. Neste mapa, todas as unidades de mapeamento foram fechadas na forma de polígonos e identificadas topologicamente. O próximo passo foi a transformação do mapa para o formato varredura, permitindo qualquer tipo de manipulação como cruzamentos, cálculo de áreas, tabulação cruzada e outros.

Em seguida os polígonos referentes ao mapa de solos e todas as demais informações componentes da base cartográfica foram exportadas para o formato DXF para serem inseridas no programa Corel Draw, específico para editoração e elaboração do produto final, incluindo "layout" e arte final.

3.3.2.8 - Editoração do mapa final

A seguir o mapa compilado dos solos, bem como a base cartográfica, foram submetidos aos processos de editoração e plotagens dos produtos finais. Nesta fase foi criado um layout contendo mapas de localização, informações técnicas, legenda, etc.

A Figura 3.4 apresenta um fluxograma resumindo todas as etapas da metodologia.

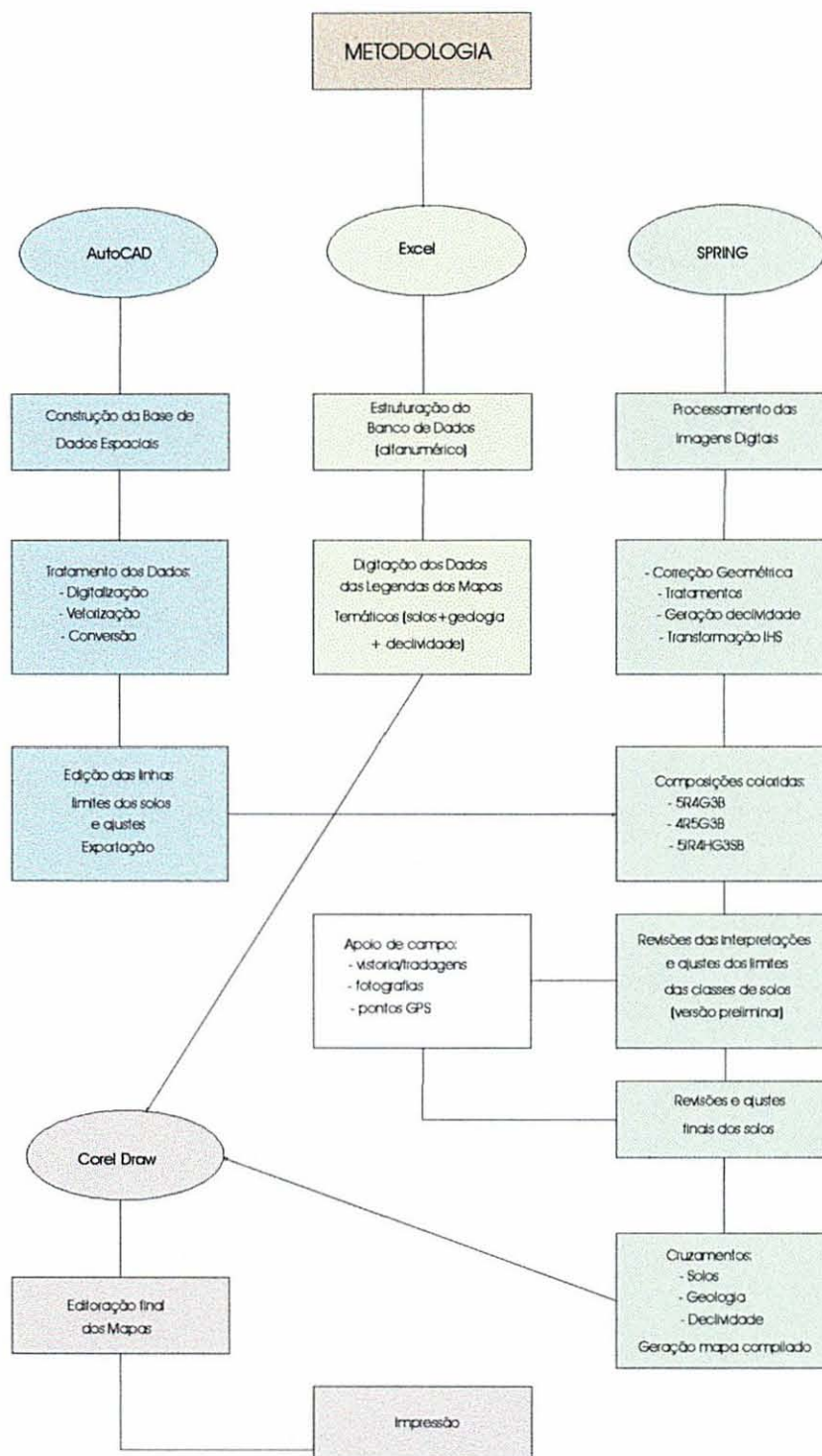


FIGURA 3.4 – Fluxograma demonstrativo da metodologia.

3.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 - RESULTADOS OBTIDOS COM O PROCESSAMENTO DIGITAL DAS IMAGENS ORBITAIS

3.4.1.1 - Composições coloridas padrões

De acordo com os procedimentos metodológicos já mencionados, a imagem do satélite, nas bandas 3, 4 e 5, foram manipuladas para se obter composições coloridas, as quais foram utilizadas como base nos processos de revisão da interpretação e ajustes das unidades fisiográficas. Inicialmente foram geradas duas composições coloridas, 5R4G3B e 4R5G3B, com as bandas no estado original, apenas como realce através da modificação de histograma.

Na Figura 3.5 é apresentado as bandas 3, 4 e 5, e uma composição destas (4R5G3B) em seu estado original, em comparação com as imagens realçadas, em uma pequena parte da área de estudo.

3.4.1.2 - Integração do relevo com as imagens Landsat – composição colorida obtida através da transformação IHS

Além das duas composições coloridas citadas acima, uma terceira composição com características próprias, gerada pela técnica de transformação IHS, foi empregada para dar maiores subsídios aos processos de revisão da interpretação e ajustes das unidades fisiográficas. Com a integração das informações relativas ao relevo às bandas do Landsat, observou-se um enriquecimento no conteúdo da informação resultante, o que veio a favorecer a revisão da interpretação. Também CORREIA, FELGUEIRAS e DUTRA (1990), ROCHA et al. (1993), RIBEIRO (1997) e SCHMIDLIN (1998:77) relataram um ganho quanto à qualidade das interpretações efetuadas sobre estas composições.

3.4.2 - RESULTADOS OBTIDOS NO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

3.4.2.1 - Integração dos dados, ajustes cartográficos e geração do mapa compilado preliminar de solos

O processo de compilação de mapas exige que as informações, que farão parte do mapa final, estejam dispostas em um ambiente único, de tal forma que possam ser analisadas em conjunto. Tendo em vista esta necessidade, foi estruturada uma base de dados digitais em ambiente SIG, permitindo a integração de todos os dados disponíveis, tais como: planimetria (rios, rodovias, estradas e caminhos), dados temáticos (solos); altimetria (curvas de nível) e imagens.

Autores como FELGUEIRAS et al. (1990) e GOODCHIEL (1994) consideram a entrada de dados como uma função básica e de extrema importância nos SIGs. Desta forma todos os dados foram cuidadosamente analisados antes de serem submetidos ao processo de entrada e armazenamento no SPRING. Os dados, mesmo antes de entrarem no SPRING, foram tratados (em pequenas amostras) visando sempre testar a metodologia, bem como uma melhor definição de como deveriam ser organizados estes dados no ambiente do SPRING.

As informações dos solos após a digitalização sofreram uma edição preliminar, no AutoCAD 2000, compreendendo ajustes de conectividade entre os polígonos (áreas de mesmas classes de solos oriundas de fontes diferentes) para corrigir pequenos deslocamentos existentes em função da própria qualidade dos dados originais, ajustes de coordenadas e/ou erros inerentes à própria digitalização dos dados.

Posteriormente, estas informações foram salvas no formato DXF e importadas no SPRING. Tais procedimentos originaram um mapa compilado preliminar de solos, o qual foi utilizado como informação básica no processo de elaboração do mapa final.

Após todas as informações (temáticas e planialtimétricas) estarem dispostas e ajustadas à mesma base cartográfica, foram efetuados alguns ajustes temáticos no sentido de melhorar as condições de interpretação do mapa compilado. Desta maneira, informações importantes puderam ser utilizadas, sendo inseridas no processo de interpretação como adição à informação existente. Também os resultados indicam que a combinação de processamento de imagens e SIGs aumenta muito o potencial de interpretação de dados de SR.

Na Figura 3.5, podemos verificar as bandas originais e uma composição com e sem realçamento do contraste.

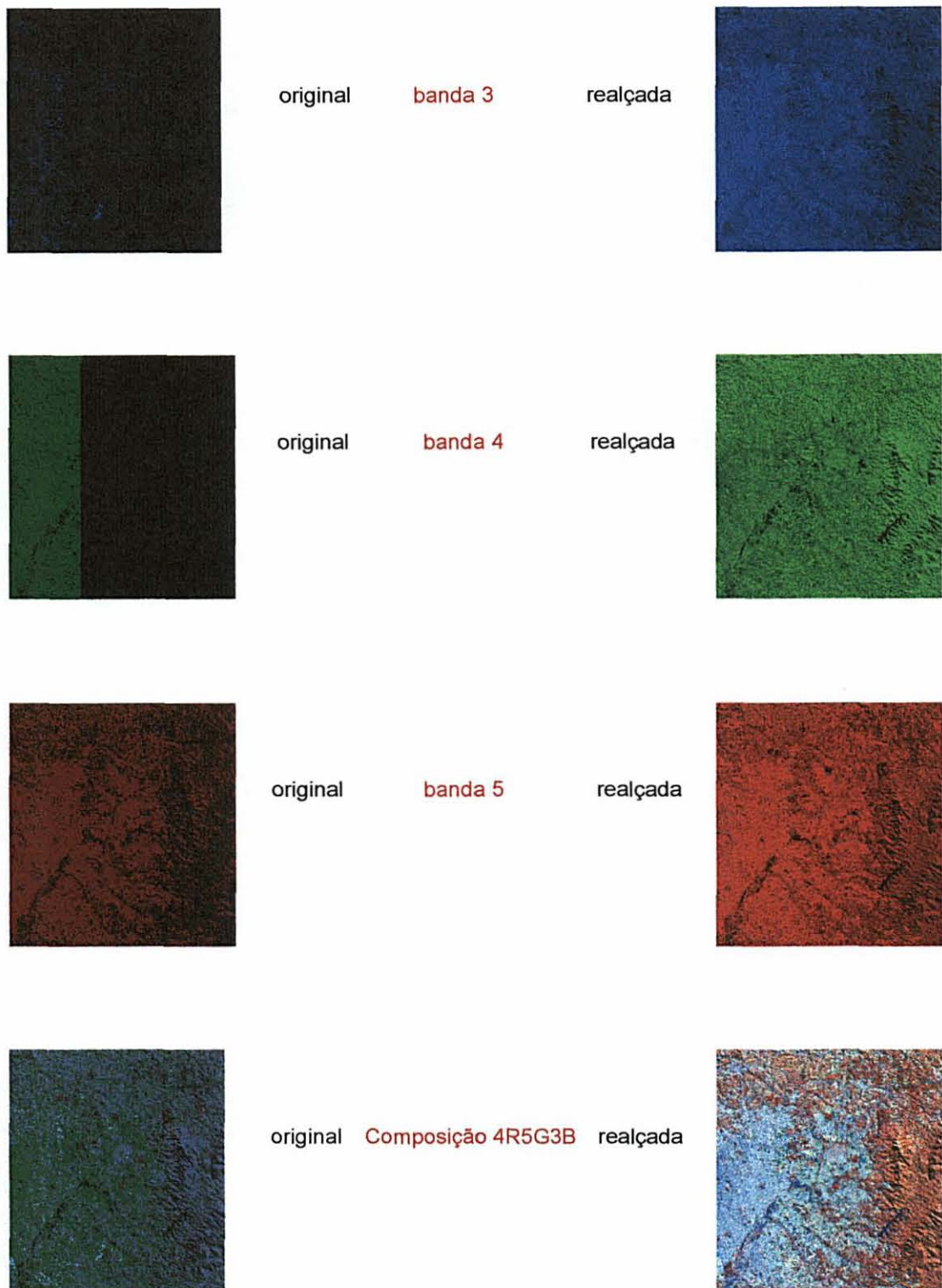


FIGURA 3.5 - Realce Linear de Contraste aplicado as bandas 3, 4 e 5 e a composição 4R5G3B da imagem.

3.4.3 - IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DOS SOLOS

3.4.3.1 – Mapa de declividade

A Figura 3.6, apresenta o mapa de declividade da área de estudo. A análise da declividade nos indica que 63,17 % da área se apresenta com relevo plano; 9,42 % com relevo suave ondulado; 17,80 % com relevo ondulado; 8,3 % com relevo forte ondulado, 1,22 % com relevo montanhoso e 0,09 % com relevo escarpado.

A predominância, na área de estudo, do relevo plano pode ser inferida principalmente às várzeas dos cursos d'água existentes e contrasta com as declividades relativamente altas verificadas no lado Leste da área de estudo, na Serra do Mar.

3.4.3.2 - Legenda de identificação do mapa compilado de solos

A partir das informações contidas nas legendas originais dos mapas de solos, foi efetuado o agrupamento das classes de solos para a geração da legenda do mapa compilado de solos. Após o agrupamento, as classes representadas pelo mesmo símbolo receberam a nova nomenclatura de acordo com a legenda final.

As cores empregadas no mapa foram escolhidas baseando-se EMBRAPA (1981). A legenda é denominada completa quando todas as classes de solos representativas da área foram identificadas e classificadas (IBGE, 1995:95). A legenda final, após reestruturação, apresentou 31 classes de solos (Figuras 3.7 e 3.8 e Tabela 3.1). As informações contidas neste mapa, posteriormente foram cruzadas com a geologia da área (Figura 1.7) gerando um mapa contendo 138 classes. As informações deste novo mapa foram cruzadas com as informações do mapa de declividade (Figura 3.6), resultando em um mapa final com 535 classes. Esta enorme quantidade de classes inviabiliza a apresentação dos resultados, que foi resolvido agrupando-se as classes de geologia em quatro grupos: sedimentares (Qha, Qpg), granitóides (APlg3, PEg1, PEg2, PEg6), metamórficas (PSacm, PSacd, PSacq) e migmáticas (APImge, APImgm, APImg) e as classes Egg e Egs pela sua pequena expressão espacial, foram agregadas aos grupos nos quais estão inseridas no mapa, o que fez com que o mapa final compilado apresente 223 classes (Mapa em anexo).

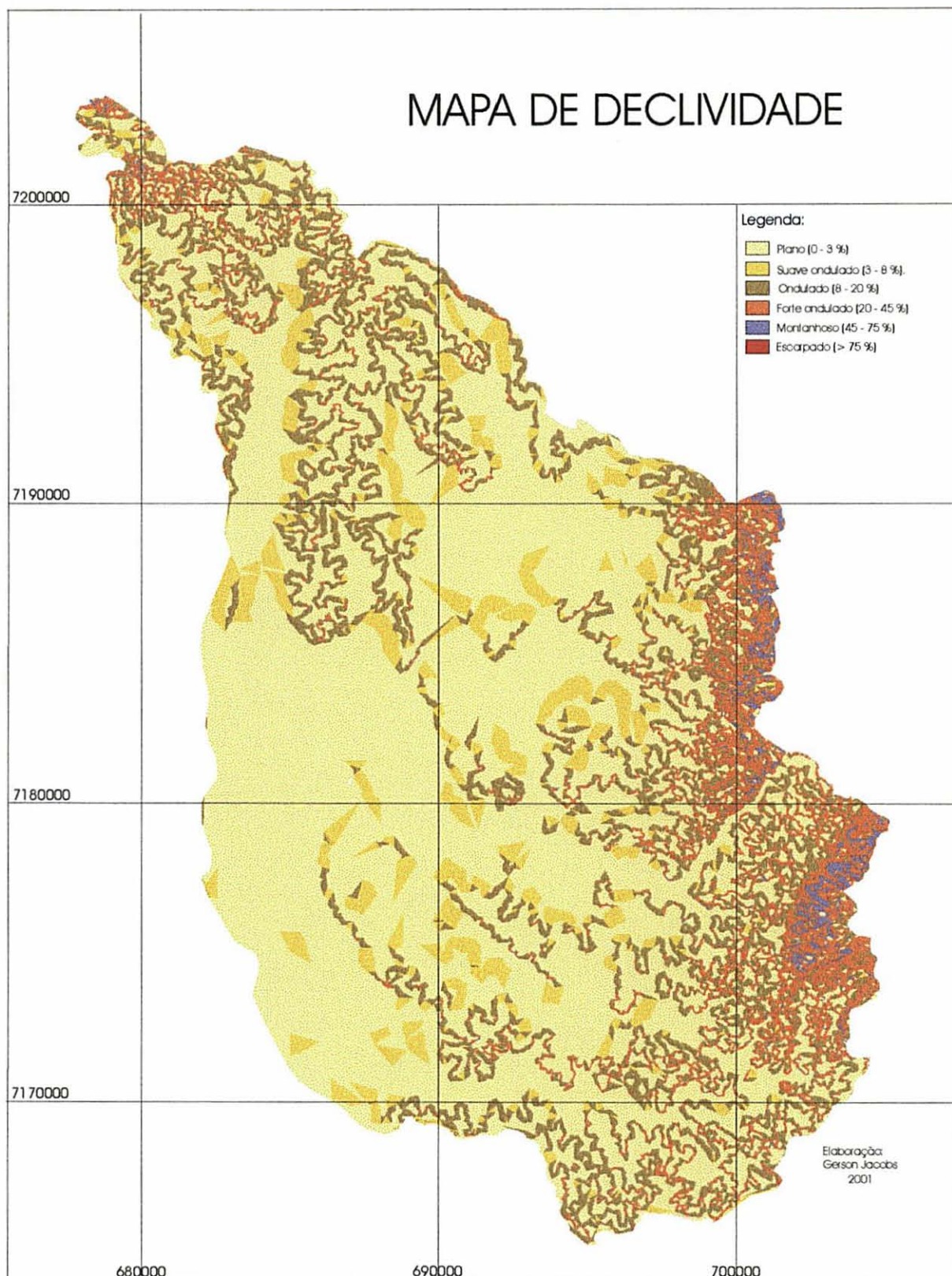


FIGURA 3.6 - Mapa de declividades da área de estudo.

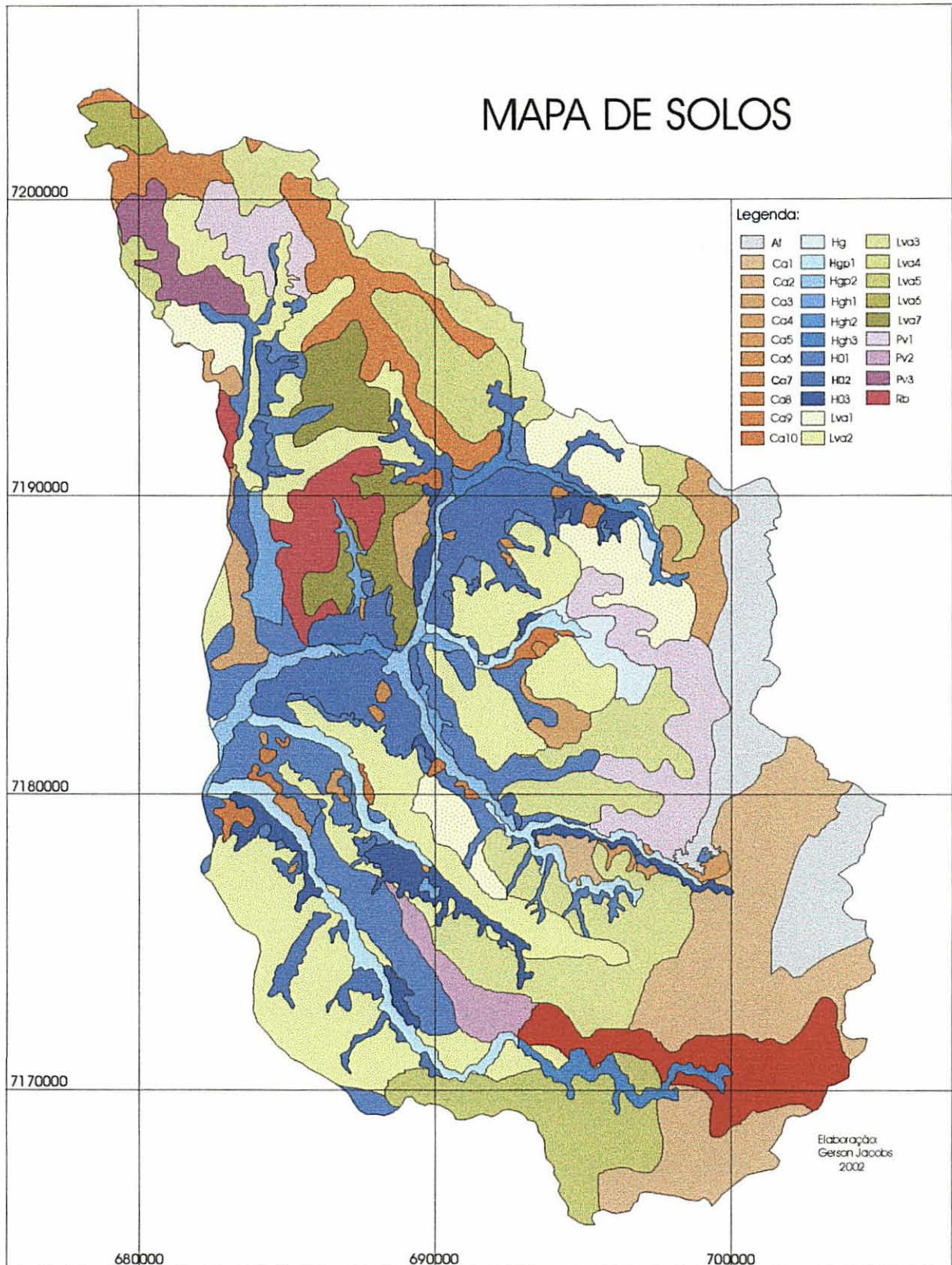


FIGURA 3.7 - Mapa compilado dos solos da área de estudo.































Legenda:	
<u>LATOSSOLOS</u>	
	LVa1 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO câmbico A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
	LVa2 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
	LVa3 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	LVa4 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO câmbico A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	LVa5 LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A moderado textura argilosa floresta sub-tropical
	LVa6 Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO latossolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical + cambissolo A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	LVa7 Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ÁLICO latossolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical+ cambissolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
<u>PODZÓLICOS</u>	
	PV1 PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	PV2 PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ÁLICO A proeminente textura argilosa floresta tropical perenifolia
<u>CAMBISSOLOS</u>	
	CA1 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura média campo sub-tropical
	CA2 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
	CA3 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	CA4 CAMBISSOLO ÁLICO A moderado textura média campo sub-tropical
	CA5 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa (moderadamente drenados)
	CA6 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa (bem drenados)
	CA7 CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
	CA8 CAMBISSOLO ÁLICO cambissolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
	CA9 Associação de CAMBISSOLO ÁLICO cambissolo A proeminente textura média campo sub-tropical + litólico A moderado textura argilosa campo sub-tropical
	CA10 Associação de CAMBISSOLO ÁLICO A proeminente textura argilosa (moderadamente drenados) + solos orgânicos
<u>SOLOS HIDROMÓRFICOS</u>	
	HG SOLOS HIDROMÓRFICOS indiscriminados
	HGP1 GLEI POUCO HÚMICO ÁLICO Ta textura argilosa (mal e imperfeitamente drenados)
	HGP2 Associação de GLEI POUCO HÚMICO ÁLICO Ta + SOLOS ALUVIAIS Ta
	HGH1 GLEI HÚMICO ÁLICO Ta textura argilosa (muito mal drenados)
	HGH2 Associação de GLEI HÚMICO ÁLICO Ta + GLEI TURFOSO ÁLICO Ta
	HGH3 Associação de GLEI HÚMICO ÁLICO Ta + GLEI POUCO HÚMICO ÁLICO Ta
<u>SOLOS ORGÂNICOS</u>	
	HO1 SOLOS ORGÂNICOS ÁLICO campo subtropical de várzea
	HO2 SOLOS ORGÂNICOS ÁLICO muito mal drenados
	HO3 SOLOS ORGÂNICOS ÁLICO campo subtropical de várzea + Associação de GLEI HÚMICO ÁLICO Ta + GLEI POUCO HÚMICO ÁLICO Ta
<u>SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS</u>	
	AF Associação de AFLORAMENTOS DE ROCHA + SOLOS LITÓLICOS ÁLICOS A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical + A moderado textura argilosa campo e floresta sub-tropical
<u>SOLOS HORIZONTE B TEXTURAL</u>	
	RB RUBROZEM textura argilosa campo sub-tropical
LEGENDA DAS FASES DE RELEVO E GEOLOGIA	
<u>RELEVO</u>	<u>GEOLOGIA</u>
Plano - PL	Sedimentares - Se
Suave Ondulado - SO	Migmatitos - Mg
Ondulado - OD	Granitóides - Gr
Forte Ondulado - FO	Metamórficas - Mt
Montanhoso - MO	
Escarpado - ES	

FIGURA 3.8 – LEGENDA DE IDENTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE SOLOS. Fonte: PARANÁ (1974, 1977, 1981) e (RAUEN et al, 1994) e IBGE (1995)

As classes oriundas do trabalho de RAUEN et al., (1994) por estarem na mesma escala do mapa final, não foram agrupadas, mas percebe-se que, neste caso, a utilização das ferramentas SIG aumentaram a confiabilidade das informações a sua área de abrangência, pois originalmente este mapa apresentou 9 (nove) classes e quando foi agregada as informações geológicas, resultou em 35 (quarenta) classes e ao final quando a estas foram agregadas as informações relativas às classes de relevo resultou em 123 classes.

3.4.3.2 - Quantificação de áreas e representação gráfica

Uma vez estabelecido o mapa final, a determinação da área das diferentes classes obtidas constitui tarefa bastante simples, bastando acionar uma função denominada “cálculo de área”. O cálculo é feito a partir do tamanho do pixel definido quando da conversão dos mapas para a forma rasterizada, que no caso foi de 30 x 30 m. A operação de cálculo de área é bastante rápida e de grande importância para fins de planejamento.

Quanto a saída dos mapas, alguns aspectos devem ser considerados. A representação gráfica de um dado mapa deve ser sempre compatível com a escala adotada (LOPES ASSAD, 1998:194). No SPRING (CÂMARA et al., 1996), os polígonos resultantes de cruzamento são obtidos a partir de matrizes estabelecidas por algoritmos que enunciam as diferentes possibilidades de cruzamento. Podem ser gerados, portanto, polígonos de diversos tamanhos, como pode ocorrer, também, que um ou mais algoritmos não tenham significado físico na área de estudo. Os algoritmos, enquanto funções teóricas, podem se materializar ou não em polígonos representativos de áreas reais da paisagem.

As áreas de ocorrência de cada classe de solo estão indicadas na Tabela 3.1. Nesta, também podem ser visualizados as áreas de ocorrência individualizadas por sub-bacia hidrográfica. A maior ocorrência verificada foi para a classe LVa2, com 15,92 % da área, seguida pela CA1, com 9,76 %, enquanto que as de menor ocorrência são as classes CA9 e HGH2, com 0,12 % da área.

A análise das áreas de ocorrência, nas sub-bacias, nos indica que na maioria delas destaca-se a ocorrência de Latossolos, com as sub-bacias do rio Pequeno e do rio Piraquara, apresentando também ocorrência de cerca 30 % de Cambissolos, e a sub-bacia do rio Curralinho com cerca de 25 % de solos Litólicos. Bastante significativa também é a ocorrência de hidromórficos na sub-bacia do rio Iraí e na área de influência (área não considerada como sub-bacia).

TABELA 3.1 - ÁREA E PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DAS CLASSES DE SOLO NA ÁREA DE ESTUDO E POR SUB-BACIA HIDROGRÁFICA.

	Área (ha)	%	cavari	%	curatino	%	iraizirio	%	iboga	%	palmeir	%	rio	%	sa	%	anta	%	pequeno	%	praca	%	Áreas de influência	%	
Af	2944,58	5,20			1030,41	25,57	472,86	8,82											312,57	2,31	1180,80	11,60			
Ca1	5601,90	9,78						543,68	10,90										2398,23	17,89	2672,64	26,28			
Ca2	780,75	1,36								377,91	4,12	8,10	0,65	224,46	8,29	58,85	2,28						119,34	5,24	
Ca3	2838,42	4,96			689,57	17,36	234,45	4,37	9,54	0,19	6,39								1889,37	13,94					
Ca4	300,06	0,52																			300,06	2,95			
Ca5	86,67	0,15																							
Ca6	221,49	0,39			55,44	1,38	19,71	0,36	4,32	0,09			11,16	0,80	10,17	0,38					7,38	0,05			
Ca7	528,23	0,92																				69,75	0,52	1,08	0,01
Ca8	1553,77	2,78	532,98	29,4																					
Ca9	67,05	0,12																							
Ca10	391,05	0,68	47,87	2,7																					
Hg	583,59	1,02			74,52	1,85	370,44	6,91																	
Hp1	599,58	1,04																							
Hp2	68,58	0,12																							
Hp3	1152,83	2,01	23,58	1,3	216,63	5,38																			
Hp4	1483,38	2,58																							
Hp5	810,39	1,41	0,72	0,04																					
Hp6	250,73	0,42	19,80	1,04	35,19	0,87	341,01	6,36	220,95	4,47	651,51	7,11	45,82	3,74	150,11	5,91	68,87	2,58	532,40	6,88	72,23	7,12	327,24	17,11	
Hb1	4204,52	7,33	225,39	12,45	177,30	4,40	12,78	0,24	451,53	6,13	448,64	4,91	204,84	16,42	1052,28	38,82	0,27	0,01	458,73	3,38	317,43	3,12	844,02	44,12	
Hb2	1420,47	2,46	0,36	0,02	112,59	2,79	25,65	0,48	485,82	9,82					178,58	6,52	73,26	2,81	348,84	2,57	199,80	1,98			
Hb3	1420,47	2,46			1186,11	29,44	217,53	4,06	0,54	0,01	372,66	4,06			131,94	4,67	70,29	2,70							
Lva1	8134,48	15,32	336,33	18,98																					
Lva2	5674,51	9,71																							
Lva3	1725,83	3,01	73,17	4,04	429,66	10,66																			
Lva4	2074,95	3,62																							
Lva5	346,59	0,60																							
Lva6	1641,89	2,88	401,94	22,20																					
Lva7	254,79	0,43			3,24	0,08	1145,79	21,37																	
Pv1	738,05	1,28																							
Pv2	704,16	1,23																							
Pv3	1236,87	2,16	148,86	8,22																					
Rb	57,382	0,10	1810,17		4029,30		3361,12		4945,05		8167,40		1247,49		2707,47		2807,57		13556,34		10177,92		20,70	1,08	

Na Tabela 3.2, é apresentada a área e respectiva porcentagem de ocorrência das classes de solos, agrupadas segundo IBGE (1995:76). Destes resultados, depreende-se que 40 % dos solos da área de estudo possuem horizonte "B" latossólico, sendo portanto solos profundos, geralmente com alta capacidade de infiltração e retenção de água enquanto que 42,75 % da área é composta de solos com horizontes incipientes ou pouco desenvolvidos. Estes solos normalmente apresentam restrições para o uso com culturas agrícolas, em função da baixa fertilidade, elevada pedregosidade, lençol de água muito próximo à superfície, etc.

TABELA 3.2 - ÁREA E PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIA DE GRUPOS DE SOLOS.

ORDEM*	CLASSE	ÁREA (ha)	%
Solos com horizonte "B" incipiente	cambissolos	12.407,49	21,64
Solos com horizonte "B" latossólico	latossolos	22.945,23	40,00
Solos com horizonte "B" textural	rubrozêm + hidromórficos	5.934,96	10,34
Solos com horizonte "B" textural	podzólicos	3.985,56	6,94
Solos pouco desenvolvidos	lítólicos + orgânicos	12.119,13	21,11
	TOTAL	57.392,37	100

*FONTE: Adaptação dos valores do mapa de compilado, de acordo com IBGE (1995:76)

3.5 - CONCLUSÕES

- A sobreposição de informações temáticas, com destaque para a rede de drenagem, às imagens de satélite, contribui de maneira significativa para o processo de ajuste e revisão da interpretação das unidades de mapeamento;
- O método de compilação utilizado e aprimorado neste estudo mostrou-se eficaz em relação à praticidade e tempo de execução, além de ser de baixo custo quando comparado com métodos convencionais;
- O mapa resultante no processo de compilação oferece uma visão circunstanciada dos solos presentes na área de estudo, facilitando a extração de informações e a própria utilização dos dados. Esta visão integrada dos solos permitirá um melhor entendimento dos fatores condicionantes das alterações do meio ambiente;
- Podemos destacar como vantagens da metodologia utilizada: a redução da subjetividade embutida em operações de cruzamento manual de informação, a rapidez nas operações de sobreposição de mapas e de cálculo de áreas, além da facilidade de atualização e aperfeiçoamento dos diagnósticos feitos a partir da introdução de novos dados na base de dados georreferenciada armazenada em forma digital.
- Apesar de comportar as principais nascentes do rio Iguaçu, a área de estudo é predominantemente plana, sob o ponto de vista do relevo, possuindo 63,17 % da superfície com relevo plano e 9,42 % com relevo suave ondulado;
- 40 % da área apresenta solos com alto grau de desenvolvimento, enquanto que 42,75 % da área é composta de solos com pequeno ou incipiente desenvolvimento;
- A maioria das sub-bacias apresenta os Latossolos com a maior ocorrência, sendo que as sub-bacias do rio Pequeno e rio Piraquara também é forte a ocorrência dos Cambissolos e a sub-bacia do rio Curralinho com cerca de 25 % de Litólicos. Já a sub-bacia do rio Iraí e na área de influência a ocorrência é mais significativa para a classe dos hidromórficos.



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO IV

Uso da terra

4.1 - INTRODUÇÃO

A necessidade de dados sobre o uso da terra só pode aumentar, na medida em que procuramos estimar e manejar áreas que constituem motivo de preocupação, fundamentais para o controle ambiental, como planícies inundáveis, áreas de desenvolvimento e produção de recursos energéticos (ANDERSON et al. 1979:15) e áreas contribuintes de mananciais de abastecimento público.

Os campos e florestas vêm sofrendo um processo intenso de apropriação de seus recursos, através de um sistema de atividades, caracterizando o desenvolvimento de uma ação predatória, do ponto de vista ambiental. Tal fato, agravado pela destruição natural e consequente uso e ocupação da terra, determinou a execução de uma abordagem no sentido de se observar como se deu o processo histórico de antropização, uso e ocupação na RMC, bem como as consequências da ocupação na área de estudo, situada nela.

A dinâmica espacial antrópica e a ocupação da terra da área de estudo são investigados através de mapeamentos, utilizando-se as técnicas de geoprocessamento. Tais técnicas se constituem num suporte indispensável e necessário para poder identificar e avaliar o potencial das áreas passíveis de utilização com atividades sustentáveis, bem como áreas que devem ser conservadas e ou preservadas.

O tratamento das informações constitui-se, atualmente, num requisito necessário para controlar e ordenar a ocupação das unidades físicas do meio ambiente, bastante pressionadas por decisões que invariavelmente se contrapõem a uma lógica racional de uso. Para acompanhar o ritmo veloz e a complexidade dessa ocupação, é preciso dispor de técnicas que permitam estudos sobre a ordenação dessa ocupação, passíveis de tratamentos automatizados. Neste contexto, o uso das técnicas de SR e de SIGs constituem-se em instrumentos imprescindíveis para a obtenção de um diagnóstico rápido e atualizado dos principais usos e ocupações, bem como de sua dinâmica espacial e temporal, servindo como base para a tomada de decisões e de planejamentos eficientes.

Nos últimos trinta anos, a tecnologia de utilização de sensores orbitais foi sendo progressivamente melhorada e assimilada e as áreas de aplicação crescerem gradualmente, tornando-se mais eficiente e possível de ser realizado em menores intervalos de tempo. Isto deveu-se ao significativo avanço da cartografia associada a informática, incluindo o uso de imagens de satélites e o desenvolvimento de novos sistemas orbitais. O surgimento de novas tecnologias (KALENSKY, 1996:414), tais como: Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Informação Geográfica (SIG), a padronização de formatos dos arquivos oriundos de sensores remotos e o estabelecimento de redes

mundiais de informação, contribuíram também para o aumento do número de usuários de imagens de satélite e na elaboração de mapas. Hoje em dia, é difícil pensar-se em projetos de monitoramento do uso da terra (urbano ou recursos naturais) sem a utilização de dados regularmente coletados pelo conjunto de equipamentos a bordo dessas plataformas orbitais.

O período temporal utilizado neste estudo, 1976-1999, está vinculado às datas em que poderia se obter informações (1976 e 1984 vôos aerofotogramétricos para a RMC e 1990, 1996 e 1999 a disponibilidade de imagens de satélite Landsat-TM). Este estudo espera poder contribuir, para que se repense a questão da utilização e gerenciamento das áreas de mananciais, principalmente dos ecossistemas naturais, que necessitam ser conservados e ou preservados, uma vez que essas áreas continuam recebendo fortes impactos. É o objetivo principal deste capítulo o desenvolvimento e aplicação de uma metodologia para processar, detectar, armazenar e quantificar as alterações do uso da terra, utilizando técnicas de SR e de geoprocessamento. Secundariamente, serão realizados os seguintes objetivos: (i) Processar imagens do satélite Landsat-TM no programa SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas) do INPE; (ii) Identificar e quantificar os diferentes usos (padrões de uso verificados na área de estudo); (iii) Analisar as informações existentes de uso da terra de 1976 e 1984; (iv) Quantificar as alterações de uso da terra em três épocas (1990, 1996 e 1999), demonstrando graficamente e espacialmente as alterações verificadas; (v) Integrar informações oriundas de diferentes formatos (cartas planialtimétricas, mapas temáticos, fotografias aéreas, imagens de satélite e informações de campo) em um ambiente de SIG; (vi) Formar um banco de dados espacial e numérico da área de estudo.

4.2 - REVISÃO DE LITERATURA

4.2.1 - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE EXPANSÃO URBANA

A principal preocupação deste capítulo é com relação ao conhecimento da dinâmica da transformação do espaço na área de estudo, tendo em vista os impactos gerados sobre o ambiente. Há, portanto, necessidade de evidenciar os elementos que caracterizam a influência no homem nestes espaços, principalmente em relação à urbanização.

A urbanização constitui-se num dos fenômenos de maior importância que ocorre na sociedade moderna. O significado da urbanização é amplo e pode estar aliado a uma série de aspectos, como esses propostos por OLIVA e GIANANTI (1995: 106):

- em um entendimento mais tradicional: crescimento maior da população urbana em relação à rural;
- o termo sugere o aparecimento de novas cidades;
- é considerada também como sendo a expansão do modo de vida urbana, que atualmente vem atingindo e ultrapassando o espaço geográfico denominado de cidade;
- a instalação de equipamentos como energia elétrica, água e esgoto, pavimentação, estradas, entre outros.

Segundo OLIVA e GIANANTI (1995: 116), urbanização se define pelo conjunto desses aspectos, tomando-se inadequada a sua utilização restrita a apenas um deles, e sendo basicamente obrigatória a sua concentração na questão das cidades. A urbanização não representa apenas um fenômeno de crescimento das cidades, significa uma nova forma de vida para a humanidade, com novas relações sociais, novos comportamentos e o afastamento definitivo de uma existência ligada à natureza.

CORRÊA (1995:7-11) revisou os conceitos de urbanização. Suas principais conclusões foram: (i) O espaço urbano de uma cidade é definido como o conjunto de diferentes usos da terra justapostos entre si; (ii) é caracterizado como um espaço em fragmentação e ao mesmo tempo articulado; (iii) é resultante das relações sociais incorporadas através do tempo e (iv) é um produto social resultante de ações acumuladas através do tempo e engendradas por agentes que produzem e consomem espaço.

CORRÊA (1995:13-29) também categorizou os principais agentes produtores e consumidores do espaço como sendo: (i) os proprietários dos meios de produção; (ii) os proprietários fundiários; (iii) os promotores imobiliários; (iv) o Estado e (v) os grupos sociais dos excluídos. Os proprietários dos meios de produção necessitam de terrenos amplos e baratos que satisfaçam requisitos locacionais pertinentes às atividades de suas empresas (junto ao porto, vias férreas ou em locais de ampla acessibilidade à população). Os proprietários fundiários procuram obter a maior renda de suas propriedades, sendo que o seu uso deve ser o mais remunerado possível, preferencialmente de "status" comercial ou residencial. Os promotores imobiliários atuam, num primeiro momento, como produtora de imóveis de luxo visando atender àqueles que dispõem de recursos, posteriormente com a ajuda do Estado na construção de residências para as camadas populares. O Estado também atua na organização espacial da cidade, sendo que a sua ação complexa e variável, no espaço e no tempo, reflete a dinâmica da sociedade da qual integra. Quanto ao

grupo social dos excluídos, a habitação torna-se um bem cujo acesso é seletivo, visto que não possui renda suficiente para pagar uma moradia decente.

A urbanização, portanto, é a mudança social em grande escala, que causa profundas transformações, por vezes irreversíveis, e que afeta cada aspecto da vida social e todas as seções da sociedade (MORAES, 1999:71). Neste contexto, o espaço urbano brasileiro também é resultante de relações sociais através do tempo, que têm se manifestado desde o período colonial, e vêm se refletindo no fenômeno da urbanização presente nas cidades atuais.

4.2.1.1 - O processo de expansão urbana no Brasil

Em meados do século XIX, aproximadamente no ano de 1850, a população urbana, ou seja, que morava nas cidades, representava apenas 1,7 % da população mundial. Em 1950, tal porcentagem havia se elevado para 21 % e em 1960 passou para 25 %. Dessa maneira, a urbanização se constitui num fenômeno não apenas recente como também crescente, em escala planetária. O fato de que, entre 1800 a 1950, a população mundial tenha se multiplicado por 2,5 e a população urbana por 20, demonstra a importância que o processo de urbanização vem exercendo no mundo, há pelo menos, mais de um século (OLIVA e GIANANTI, 1995: 105).

Se considerarmos a população mundial na sua totalidade, notaremos que houve, a partir de 1920, um crescimento de 69,6 %, sendo menor nos países industriais (45,3%) do que nos países subdesenvolvidos (73%). Na América do Sul, com exceção da Argentina e do Uruguai, o aumento da população veio se processando, desde 1920, segundo um modelo regular correspondente a 20 a 25 % em cada década. A partir de 1950, o ritmo se acelera, chegando ao índice de 31 %, entre 1950 e 1960 (SANTOS, 1989:18).

A urbanização, desenvolvida com o advento do capitalismo, apareceu na Europa como fato moderno logo após a Revolução Industrial. Mais recentemente e paralelamente à modernização, ela se generaliza nos países subdesenvolvidos. Assim, a Revolução Industrial apresenta-se como um novo ponto de partida para a urbanização no mundo e, se ela deu origem a uma presença humana cada vez mais importante nas cidades, também veio a contribuir para a multiplicação do número dessas aglomerações gigantescas, que concentram milhões de habitantes (SANTOS, 1989:249). Foi no século XVIII que ocorreu o primeiro surto de urbanização no Brasil, motivado pelo ciclo da mineração, originando várias cidades e vilas. Este fato promoveu, também, a interiorização do desenvolvimento econômico e urbano no país.

Depois da chegada da família real e do evento da Independência do Brasil, teve início uma nova etapa na evolução urbana do país, caracterizada pelo rápido crescimento urbano no sudeste, principalmente, nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, em função da expansão cafeeira (MORAES, 1999:73).

A partir de meados do século XIX a industrialização vai gerar dois padrões locacionais intra-urbanos. De um lado um padrão envolvendo áreas que eram periféricas, mas não distantes do espaço urbanizado de modo contínuo. Tal padrão tinha na indústria têxtil um bom exemplo. Tratava-se de fiações e tecelagens localizadas junto às fontes de energia hidráulica e de águas límpidas necessárias às suas diversas operações fabris. Isoladas da cidade, tais indústrias tinham junto a si uma força de trabalho cativa, residindo em vilas operárias: criou-se assim um espaço industrial constituído de lugar de produção e de residência. Em breve este espaço seria efetivamente incorporado à cidade, tomando-se um bairro ou um subúrbio (CORRÊA, 1995:53).

O Brasil, atualmente, é uma sociedade com alto nível de urbanização, pois segundo o IBGE (1996:), mais de 157 milhões de habitantes – correspondendo aproximadamente a 78 % da população – vivem nos centros urbanos do território nacional. Além de apresentar uma acelerada urbanização, o Brasil caracteriza-se por altas taxas de crescimento demográfico, sendo que, este setor obteve, num intervalo de 40 anos, uma elevação de mais de 600 %. De acordo com IBGE (1996: 23), em números absolutos, passou-se de 18 milhões de brasileiros citadinos em 1950, para 31 milhões em 1960; 52 milhões em 1970; 82 milhões em 1980; 110 milhões em 1991, até se chegar a cifra de 157 milhões em 1996. Quanto às projeções, os especialistas estimam que a população brasileira entrará no ano 2000 com mais de 80 % de seus habitantes alocados em áreas urbanas, índice este que o coloca entre os países mais urbanizados do mundo.

Embora a rede urbana brasileira seja bastante expressiva, encontra-se desigualmente distribuída dentro do território nacional, acompanhando por assim dizer, a variação espacial dos índices de densidade demográfica, num itinerário em que a população vai ficando mais escassa à medida que se caminha em direção às regiões oeste e norte do país. Há de se notar também que a amplitude de variação dos níveis de povoamento do país é vasta, pois possuímos Estados com menos de 300 mil habitantes (como os do Amapá e Roraima) até outros que ultrapassam o índice dos 30 milhões de habitantes (como São Paulo) (IBGE, 1996). Esta variação também é notada quando se analisa os níveis de ocupação do espaço nacional; temos Estados com densidade demográfica inferior a 3 habitantes/Km² e outros com cem vezes este valor.

Apesar desta variedade encontrada na organização do espaço brasileiro, o padrão urbano do povoamento manifesta-se em todas as regiões do país. Em 1980, todas as regiões já possuíam mais de 50 % de sua população urbanizada. Este valor aumentou durante a década de 90, chegando o grau de urbanização, em 1996, a 89 % para a região Sudeste, 62 % para o Norte, 65 % para o Nordeste, 77 % para o Sul e 84 % para o Centro-Oeste (IBGE, 1996:23).

Estes dados permitem dizer que o crescimento demográfico, em qualquer região do país, é essencialmente urbano, pois em 1996 a população urbana era 3,6 vezes maior que a rural, reafirmando a tendência verificada, já na década de 70, quando o efetivo urbano ultrapassou o rural (IBGE, 1996:21). Cabe assinalar que, quase 1/3 do total da população brasileira vive atualmente distribuída entre as nove regiões metropolitanas oficiais, quais sejam, Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Vitória, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Porto Alegre, sendo que, somente a metrópole paulista concentra mais de 10 % da população brasileira.

4.2.1.2 - O processo de ocupação do Estado do Paraná e da RMC

Historicamente, existem algumas opiniões quanto à colonização do território nacional. De acordo com AB'SABER (1990: 21), o território brasileiro foi conquistado a partir de diferentes frentes de penetração. Na pré-história, a infiltração do homem se iniciou pelas regiões Noroeste e Oeste, passando pelas terras ao Norte do planalto central brasileiro, até alcançar a região do atual Estado do Piauí, para depois chegar a diversos locais da costa litorânea. No pleistoceno superior, os grupos humanos que conseguiram alcançar as terras baixas da América do Sul, cruzando o istmo do Panamá e o setor norte/noroeste dos Andes, eram constituídos por caçadores/coletores, forçados a conviver com o continente. A partir do ano 6000 a.C., o homem veio a ocupar a costa atlântica, preferencialmente as restingas e lagunas, as quais passaram a ser o teatro de vida do homem brasileiro. Pode-se dizer que a formação territorial do Brasil, ocorreu, preferencialmente, adensada na zona litorânea, isto é, deu-se da costa para o interior, sendo este sentido de povoamento determinado, principalmente, pelo caráter colonial da formação do país.

CIGOLINI (1999:25-30) realizou uma revisão histórica da ocupação, a qual descrevemos a seguir os principais pontos: Pelo Tratado de Tordesilhas (Figura 4.1), as terras localizadas a oeste do atual território paranaense eram de domínio da Espanha incorporadas ao governo espanhol do Paraguai, que fundou a Ciudad Real Del Guayra, em 1557, próxima à foz do rio Piquiri no rio Paraná, atual município de Terra Roxa, e a Villa

Rica Del Espiritu Santo, em 1576, na confluência dos rios Corumbataí e Ivaí, atual município de Fênix.



FIGURA 4.1 - Mapa do Brasil com a linha divisória do Tratado de Tordesilhas (Mapa adaptado e digitalizado por CIGOLINI, 1999:9, a partir do original de ANDRADE, 1995¹)

O governo espanhol autorizou a Companhia de Jesus a fundar na região as reduções, povoados administrados pelos Jesuítas, onde os índios eram reunidos e

1 ANDRADE, M.C. de. **A questão do território no Brasil**. São Paulo/Recife: Hucitec/IPESP, 1995

catequizados. Apesar de existirem dúvidas sobre a localização de algumas delas, acredita-se que eram treze reduções, distribuídas conforme demonstra o mapa (Figura 4.2).

Com essa estratégia de ocupação, a Espanha desejava, além da subordinação indígena, impedir a penetração dos portugueses para oeste de Tordesilhas e chegar, por terra, à baía de Paranaguá, constituindo um esquema para defesa de seu território. Como Portugal também tinha como objetivo a expansão dos limites do Tratado de Tordesilhas até o rio da Prata, a expansão das reduções, que garantiam o poder espanhol na região, provocou forte reação dos portugueses que organizaram expedições para destruí-las. Ciudad Real e Villa Rica foram abandonadas em 1632, depois de terem sido atacadas por bandeirantes, enquanto que as reduções jesuíticas foram destruídas e abandonadas no decorrer do século XVII. Se a ocupação do território paranaense pelos espanhóis, do oeste para o leste fracassou, os portugueses, abandonando a região de onde haviam expulsado os espanhóis, passaram, lenta e gradualmente, a ocupar o território do leste para oeste, a partir da baía de Paranaguá.

Dos primeiros portugueses que chegaram ao litoral paranaense até a sua ocupação efetiva, passou-se praticamente um século. É somente em meados do século XVII, com a descoberta do ouro nas proximidades da baía de Paranaguá, que o povoamento é iniciado. No ano de 1648, Paranaguá, primeiro povoado estabelecido no Paraná, é elevado a vila. É, a partir da vila de Paranaguá, que os mineradores de ouro fundarão arraiais de mineração que, mais tarde, originaram outras vilas. No litoral, os atuais municípios de Antonina e Morretes têm suas origens ligadas a esses arraiais. Do litoral, os mineradores abriram picadas pela Serra do Mar que os conduziram ao Primeiro Planalto onde fundaram novos arraiais, que mais tarde vieram a se constituir nas primeiras vilas do planalto: Arraial Grande (atual São José dos Pinhais), Arraial Queimado (atual Bocaiúva do Sul), Tindiquira (atual Araucária) e os Arraiais de Atuba, Vilinha e Barigui, que formaram a Vila de Curitiba.

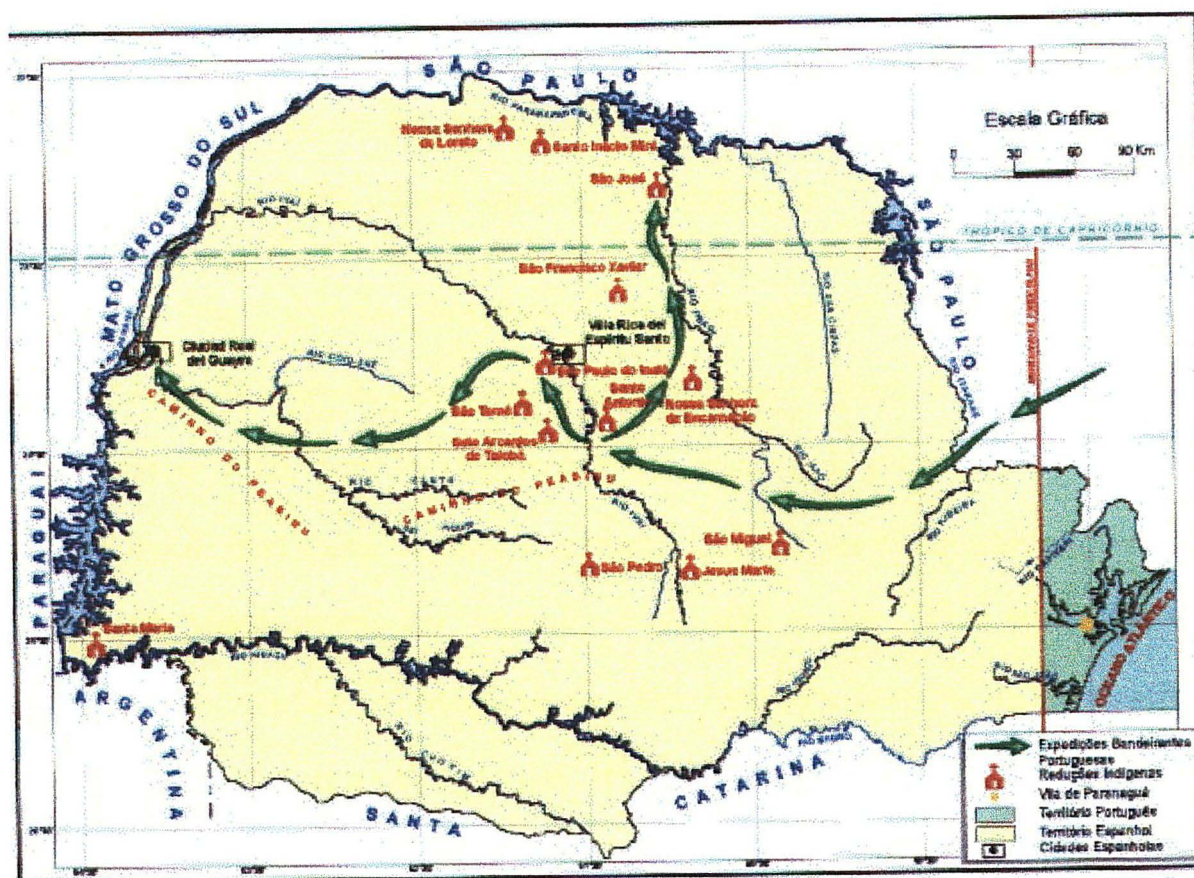


FIGURA 4.2 - Mapa da ocupação do Estado do Paraná pelas Reduções Jesuíticas (Mapa elaborado por CIGOLINI, 1999:26 a partir de informações de WACHOWICZ, 1968 e ITCF, 1988²)

Embora sendo o primeiro lugar do Brasil em que o ouro foi descoberto, as minas do Paraná não possuíam grande quantidade de ouro. No final do século XVII e início do século XVIII, elas estavam esgotadas. A descoberta de grandes minas em Minas Gerais causou grande êxodo de garimpeiros das vilas paranaenses. O ciclo do ouro marcou o início do povoamento do nosso território e durou quase um século. Ao seu final, restaram duas vilas que concentraram a maior parte da população: Curitiba e Paranaguá, ligadas por caminhos originados das antigas picadas abertas pelos mineradores: o caminho da Graciosa, o caminho do Itupava e o caminho do Arraial. A situação da ocupação do território paranaense ao fim desse período é demonstrada na Figura 4.3.

² WACHOWICZ, R. C. *História do Paraná*, 2ª ed., Curitiba: Edit. dos Professores, 1968. INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E FLORESTAS – ITCF. *Atlas do Estado do Paraná*. Curitiba. ITCF/SEAB, 1988

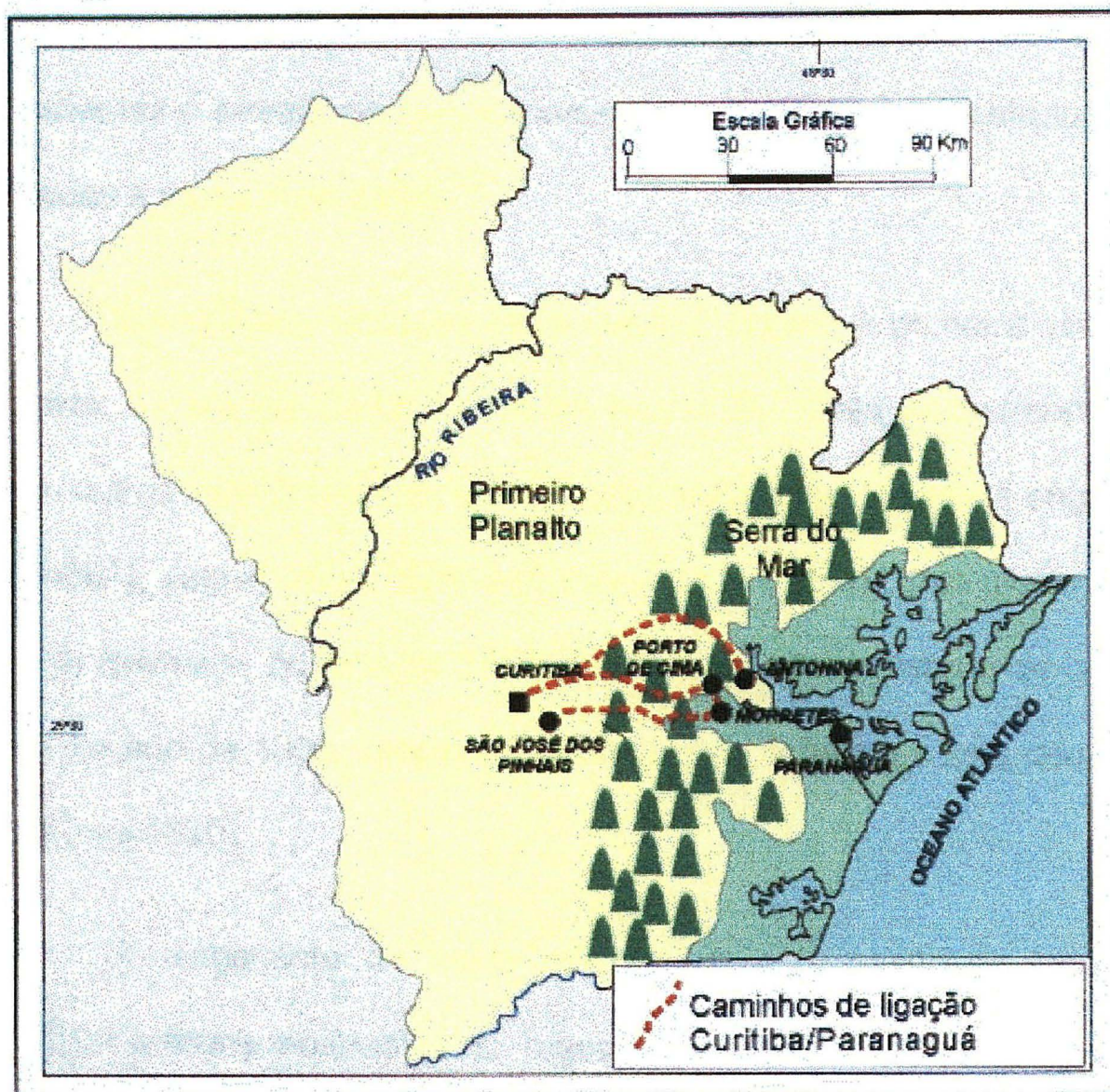


FIGURA 4.3 - Mapa de ocupação da área de estudo (Mapa organizado por CIGOLINI, 1999:28 a partir de informações de WACHOWICZ, 1968³)

Se o ciclo do ouro foi o responsável pela ocupação e surgimento das primeiras vilas e povoados no litoral e no primeiro planalto, a “Estrada da Mata” ou Caminho do Viamão, que ligava a região Sul à região Sudeste do Brasil, foi responsável pelo surgimento dos primeiros povoados no Segundo Planalto. A vila de Curitiba tendo em vista sua proximidade com o Caminho do Viamão, foi utilizada como posto de comércio pelos tropeiros. Nela, também iniciavam-se os caminhos que conduziam ao porto de Paranaguá, tornando-se um

³ WACHOWICZ, R.C. Bibliografia descrita na nota 2.

ponto de entroncamento entre o planalto e o litoral. Tal posição fez com que a Vila de Curitiba se desenvolvesse, superando a então capital da Comarca, Paranaguá, tomando-se a nova capital, em 1812. No Paraná, a dinâmica de ocupação territorial, que traz como consequência a divisão do território em unidades administrativas, prossegue, nos primeiros anos da República, de forma lenta e gradual, com a elevação para município de alguns núcleos de colonização instalados durante o período imperial: Colombo, Piraquara, São João do Triunfo e Ipiranga, os primeiros localizados nos arredores de Curitiba e os últimos no Segundo Planalto.

Devido a exuberância das florestas, o Paraná mostrava-se como um Estado detentor de um potencial “ilimitado” de recursos florestais no início deste século. A exploração sistemática destes recursos, ou mesmo a sua substituição por culturas agrícolas, sempre eram associadas à idéia de progresso, de “desbravamento”. Deste processo (JACOBS, 1999:73) resultou uma redução da cobertura vegetal a níveis alarmantes.

Na região Nordeste do Estado, conhecida também como Norte Pioneiro, começam a avançar as fazendas de café, a partir do rio Itararé, na direção leste, para os rios das Cinzas e Tibagi. A partir da segunda década do século XX, companhias colonizadoras privadas passam a adquirir terras na região Norte do Estado, estabelecendo novas colônias (CIGOLINI, 1999:35-36). No Sudoeste, inicia-se a entrada das correntes migratórias vindas dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, composta por pequenos agricultores, descendentes de italianos e alemães.

Reinhard Maack, descreve com detalhes alguns momentos históricos da ocupação do Estado e a redução dos seus remanescentes florestais. No ano de 1895, o Paraná apresentava uma superfície florestal de 16.782.400 ha (correspondente a 83,43 % da superfície do Estado). No decurso de 35 anos (1895-1930) foram desmatados 3.880.000 ha, atingindo em 1950 a 7.893.400 ha, restando, em 1965, 23,92 % da cobertura original (MAACK, 1981:232).

Em todas as diferentes formas de ocupação surgiram efeitos prejudiciais à flora e à fauna (JACOBS, 1999:75), mas foi no início da década de 70 que estes efeitos foram acentuados, com o uso de máquinas, agrotóxicos, etc., nas culturas extensivas de produtos agrícolas.

A população do Estado que, em 1950, era de 2.115.547 habitantes, passa, em 1960, para 4.296.375 habitantes, e, em 1970 para 6.997.682 habitantes, ou seja, triplicou em vinte anos (CIGOLINI, 1999:41). A RMC, composta por 23 municípios, concentra 25,34 % da população total e 30,53 % da população urbana do Estado do Paraná (COMEC, 1997:9-11). A área da RMC faz parte de um território de colonização antiga no Estado, decorrente da

fixação da população devido, inicialmente à mineração do ouro, posteriormente à criação de gado, à cultura do mate e extração de madeira, com a consolidação das vias de Curitiba e São José dos Pinhais.

Em meados da década de 1950, a malha urbana de Curitiba tinha um nítido desenvolvimento linear na direção nordeste-sudoeste (COMEC, 1997:9-10). A BR-116, a leste, servia de limite de contenção, ultrapassada por algumas manchas isoladas, porém de modo asistemático. Na década de 1960, a malha urbana ainda tinha uma direção predominantemente nordeste-sudoeste. A BR-116 era ultrapassada, e a cidade começava a assumir formas tentaculares a leste. Existia um forte vetor de ligação com São José dos Pinhais, ocupando a baixada do vale do Rio Iguaçu. Em meados da década de 1970, a malha urbana de Curitiba, assumiu uma forma compacta, ovalada, em que a dimensão na direção norte-sul era praticamente o dobro da leste-oeste. Nos anos de 1980 verificou-se um reforço na tendência de expansão da malha urbana de Curitiba em direção aos municípios limítrofes, com ampliação e maior adensamento em relação à malha existente anteriormente.

A rigor, 60 % da área da RMC é considerada como área potencial de mananciais hídricos para abastecimento público (COMEC, 1997:71). Sobre estas áreas, existe grande número de produtores explorando culturas agrícolas, com destaque à olericultura, o que imprime a necessidade de fortes ações de preservação dos recursos naturais.

Se considerarmos que um dos problemas ambientais mais sérios da RMC é a crescente poluição dos mananciais de abastecimento, então duas áreas merecem atenção especial para a sua preservação e/ou recuperação (COMEC, 1997:84-87). Em 1º lugar, a região Leste de Curitiba, compreendendo as nascentes do rio Iguaçu, hoje o principal manancial da RMC, respondendo por 70 % do abastecimento. Essas áreas vem sofrendo uma pressão de urbanização praticamente irrefreável, seja para ocupação das dezenas de milhares de lotes aprovados na década de 50, seja por invasões cada vez mais frequentes e que o Poder Público não tem sabido enfrentar. Em 2º lugar, essa ainda não comprometida, vem a ser a Região Norte, onde se situa o aquífero karst.

4.2.2 – UTILIZAÇÃO DE IMAGENS ORBITAIS

4.2.2.1 - Técnicas de classificação de imagens orbitais

Devido ao fato dos materiais superficiais terem comportamentos específicos ao longo do espectro eletromagnético, é possível distinguir e identificar as suas composições como por exemplo tipos de vegetação, padrões de uso do solo, rochas, etc., através da associação dos valores numéricos (DNs) com cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, para a produção de mapas temáticos.

O conteúdo de informação de uma imagem de SR segundo CRÓSTA (1992:112), se baseia na intensidade (nível de cinza ou cor) de cada pixel individual, como no arranjo espacial dos pixels (textura e forma), sendo que as técnicas padrão de classificação só utilizam características espectrais, deixando de lado as texturais; com isso, pode-se concluir que a classificação apresenta resultados satisfatórios na indicação de tipos de cobertura caracterizados apenas por variações de intensidade.

Para MORAES NOVO (1992:236), pode-se trabalhar com número variado de canais espectrais, representados pelas técnicas de classificação unidimensional e multiespectral. A classificação unidimensional é aplicada em apenas um canal espectral e tem como exemplo o fatiamento, que consiste na divisão do intervalo total de níveis de cinza de uma faixa espectral, em um certo número de classes. Outro tipo de classificação unidimensional é a que se baseia em técnicas de agrupamento. Na classificação multiespectral o critério de decisão depende da distribuição de nível de cinza nos canais espectrais utilizados.

A classificação de imagens multiespectrais de SR também é dividida em função de informações prévias ou amostras que o analista pode ou não fornecer ao sistema.

4.2.2.1.1 - Classificação supervisionada

Neste tipo de classificação, o analista utiliza-se de conhecimentos prévios de trabalhos de campo, fotointerpretação, e outras fontes, sobre pequenas regiões na imagem a ser classificada, denominadas de áreas de treinamento, para identificar aqueles pixels que se encontram ao longo das classes de interesse (SCHOWENGERDT, 1983:142).

Para RICHARDS (1986:173), neste tipo de classificação, além de se identificar as áreas de treinamento, deve-se decidir os tipos de cobertura no terreno nos quais a imagem será segmentada. Estas informações são chamadas de classes, como por exemplo regiões que contenham água, floresta, agricultura, etc. As áreas de treinamento devem ser usadas

para estimar os parâmetros do algoritmo de classificação a ser usado, que serão equações que definirão regiões do espaço multiespectral. Estes grupos de parâmetros para uma classe conhecida é chamado de “assinatura” das classes. Os algoritmos mais frequentemente usados neste tipo de classificação são o paralelepípedo, distância mínima e máxima verossimilhança (Maxver ou Maximum Likelihood).

O método Maxver, segundo WATRIN (1994⁴ citado por SILVEIRA, 1997:26), é um algoritmo estatístico que consiste em classificar a imagem ponto a ponto, usando o critério da máxima verossimilhança a partir das classes fornecidas pelo analista, baseando-se em associar o padrão à classe para a qual ele tenha a maior probabilidade de pertencer, considerando-se as suas características ou atributos.

De acordo com CRÓSTA (1992:119), para se analisar a precisão da classificação é necessário um número elevado de pixels para cada conjunto de treinamento, acima de uma centena, permitindo uma base segura para tratamento estatístico.

Para SANTOS e PINTO (1982:798), comparando-se o método supervisionado ao não supervisionado, este último requer menor tempo de máquina, o que acarreta menor custo. Porém através da experiência adquirida, o programa Maxver (supervisionado) é recomendável principalmente por permitir uma inferência de informação obtida na verificação de campo. A interação homem-máquina é importante, podendo parecer subjetiva, porém deve-se lembrar que o levantamento da cobertura vegetal, em especial, é uma etapa muito complexa, que geralmente exige o conhecimento prévio das condições fitofisionômicas da vegetação em estudo.

4.2.2.2 - A utilização de técnicas SR na área de recursos naturais

Em um cenário onde ocorre uma rápida expansão da população mundial, mudanças no uso da terra, com aumento da pressão sobre os recursos naturais, o uso de técnicas de SR está se expandindo, tornando-se uma ferramenta essencial em atividades relacionadas ao meio ambiente. Segundo HERNANDEZ FILHO e SARAIVA (1986:785), as imagens do satélite Landsat, devido à visão sinóptica, multiespectral da superfície terrestre, aliada a sua repetitividade, constituem-se em ferramentas extremamente úteis na detecção, localização, avaliação e monitoramento das alterações motivadas por atividades antrópicas ou agentes naturais na cobertura vegetal.

⁴ WATRIN, O.S. *Estudo da dinâmica na paisagem da Amazônia Oriental através de técnicas de geoprocessamento*. São José dos Campos, 1994. 175 p. Dissertação (mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE.

Abaixo são citadas algumas das contribuições que o SR oferece ao manejo de recursos renováveis em regiões tropicais:

- classificação e avaliação dos recursos terrestres;
- mapeamento do uso da terra;
- monitoramento da cobertura vegetal.

A escala sinóptica das imagens do Landsat é adequada para integrar várias condições simultâneas e mudanças em uma região, permitindo monitoramento de sistemas ambientais. Devido ao nível de detalhe obtido através de sua alta resolução, é precioso para monitoramento ambiental quantitativo. Entretanto, a principal característica dos dados deste satélite é que eles são disponíveis em uma base repetitiva, e conseqüentemente permitem avaliar e quantificar tendências com relação ao meio ambiente e mudanças causadas pelo homem.

SANTOS e PINTO (1982:797), afirmam que os produtos dos satélites Landsat tem sido amplamente utilizados no estudo e no melhor aproveitamento dos recursos naturais, devido às suas características multiespectrais, visão sinóptica e o caráter de repetitividade, ocasionando um maior dinamismo na etapa de levantamento, principalmente com relação à cobertura vegetal, podendo-se assim determinar o espaço físico ocupado pelos tipos de vegetação e acompanhar o processo evolutivo de ocupação das terras.

Para análise de cobertura vegetal, são utilizadas várias transformações dos dados originais comumente denominadas de “índices de vegetação”, como por exemplo, a diferença normalizada $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$ aplicadas à análise dos dados TM Landsat. De modo geral, essas transformações envolvem dados de um canal na faixa do visível e um canal na faixa do infravermelho (KOFFLER, 1992⁵ citado por SILVEIRA, 1997:12)

Em trabalho realizado no Parque Estadual de Jacupiranga (SP), com o objetivo de detectar e estimar as alterações na vegetação utilizando imagens Landsat dos anos de 1973 e 1983, HERNANDEZ FILHO e SARAIVA (1986:790) concluíram que os resultados das classificações e da comparação de imagens obtidos por processamento digital, foi possível avaliar e estimar as alterações ocorridas na vegetação entre as duas épocas.

BRONDIZIO et al. (1993:45), em trabalhos realizados no baixo Amazonas, tendo como um dos objetivos demonstrar o sucesso das imagens Landsat –TM na caracterização das formações vegetais presentes na região, mostraram que as características oferecidas

⁵ KOFFLER, N.F. Técnicas de sensoriamento remoto orbital aplicadas ao mapeamento de vegetação e uso da terra. *Geografia*, 17(2):1-26, 1992.

pelo sensor TM-Landsat apresentam grande aplicabilidade para o mapeamento detalhado de uso da terra.

KAZMIERCZAK e SHIMABUKURO (1993:123), utilizando dados Landsat-TM para a obtenção de dados florestais na Floresta Nacional de Passo Fundo (RS), afirmam que a proposta apresentou um grande potencial em função da associação entre a produtividade e sua resposta espectral. A associação dos três elementos (sítio, produção, resposta espectral) assume um caráter inovador, que permite a obtenção de informações de forma rápida e dentro dos limites aceitáveis de precisão, após a validação do modelo para aquele local.

Objetivando diagnosticar a cobertura vegetal em um região do Triângulo Mineiro (MG) através de imagens Landsat-TM baseando-se na técnica de identificação de objetos a partir da análise dos elementos como tonalidade, textura, cor, tamanho e forma. LIMA e LIMA (1990:169), concluíram que a metodologia utilizada durante a realização deste trabalho mostrou-se bastante satisfatória. Esta foi baseada principalmente nos métodos de análise visual, onde foi utilizada uma composição colorida (falsa-cor) das bandas 2B, 4G e 5R, que permitiu a diferenciação dos objetos a partir da cor.

4.2.2.3 - Características espectrais da vegetação

Segundo MEDEIROS (1987⁶ citado por SILVEIRA, 1997:13), os principais fatores que influenciam na resposta espectral da cobertura vegetal são fatores anatômicos e fisiológicos que estão relacionados com a estrutura celular das folhas e suas características particulares. Fatores morfológicos como a forma do vegetal; fatores atmosféricos como as diferentes condições atmosféricas (partículas em suspensão, espessura das camadas, névoas, nuvens, etc.), que alteram a qualidade e quantidade de radiação incidente; fatores ambientais que estão relacionados com a topografia e com o tipo de solo (composição físico-química e regime hídrico) e fatores sazonais que estão relacionados com as transformações no metabolismo dos vegetais que dão origem a floração, frutificação, rebrota, senescência foliar, etc., que aliados as mudanças climáticas e as condições de iluminação, irão alterar a resposta espectral da cobertura vegetal.

O comportamento da vegetação com relação à reflectância, transmitância e absorção da radiação eletromagnética é o seguinte: no intervalo de comprimento de onda entre 0,50 a

⁶ MEDEIROS, J.S. *Desenvolvimento metodológico para a detecção de alterações da cobertura vegetal através da análise de dados MSS Landsat*. São José dos Campos, 1987. 127 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE.

0,75 μm ., região do visível, o domínio da absorção é dos pigmentos da folha como clorofila, carotenos e xantofila. Entre 0,75 e 1,35 μm ., região do infravermelho próximo, é caracterizada como uma região de alta reflectância e baixa absorção causada pela estrutura interna da folha. Entre 1,35 e 2,50 μm ., região influenciada não só pela estrutura interna da folha como afetada principalmente pela concentração de água nos tecidos. As bandas que absorvem água estão principalmente entre 1,45 μm a 1,95 μm (Figura 4.4) citados por MORAES NOVO, (1992:191).

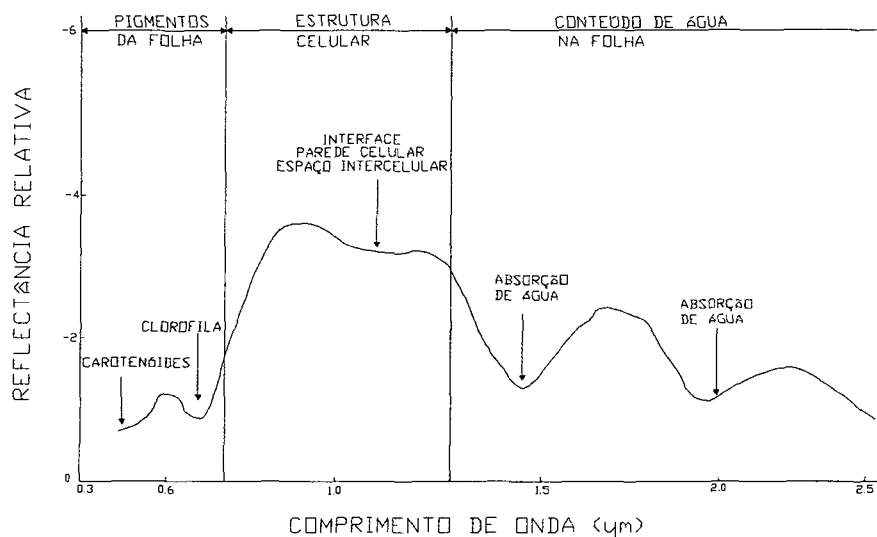


FIGURA 4.4 - Curva média da vegetação fotossinteticamente ativa (Fonte: BOWKER et al. (1985⁷) citados por MORAES NOVO (1988:191).

Segundo MORAES NOVO (1992:190), o decréscimo dos valores de reflectância para a região que vai de 1,3 μm a 2,5 μm (infravermelho médio) é devido principalmente ao conteúdo de água presente na folha. Para GAUSMAN et al. (1970⁸) citado por MORAES NOVO (1992:190), folhas hidratadas quando comparadas com as desidratadas, de uma maneira geral, refletem menos e absorvem mais radiação na faixa de 0,5 μm a 2,5 μm . A taxa de energia incidente absorvida na faixa do infravermelho médio pela vegetação é função da soma total da água presente no mesófilo, a qual está relacionada a uma porcentagem de umidade contida na folha e a espessura da mesma.

Provavelmente, o parâmetro mais frequentemente utilizado para analisar vegetação através de dados de SR é a tonalidade da imagem em uma ou mais banda espectral

⁷ BOWKER, D.E. et al. *Spectral reflectance of natural targets for use in remote sensing*. Hampton:NASA, 1985 (Nasa Reference Publication, 1139).

⁸ GAUSMAN, H.W.; ALLEN, W.A.; CARDENAS, R.; RICHARDSON, A.J. Relation of light reflectance to histological and physical evaluation of cotton leaf maturity. *Applied Optics*. 9:545-552, 1970

(COLWELL, 1974:175). A tonalidade, por conseguinte, é influenciada pela composição dos alvos refletidos na imagem, que podem ser influenciados pela existência de materiais em decomposição/mortos, pelas diferenças na estrutura das plantas, etc.

4.2.2.4 - Interpretação de imagens orbitais

Para SCHOWENGERDT (1983:3), a imagem em SR é um arranjo bidimensional de números, cada um representando o brilho da área de um pequeno elemento na imagem digital. Esta representação numérica de imagens permite a aplicação de um grande sortimento de processamento computacional e técnicas de análise de dados. O resultado deste processamento são novos arranjos de números, com o objetivo de realçar estas imagens para a classificação temática. Imagens digitais consistem de figuras elementares denominadas "pixel". A cada pixel é associado um número que representa a radiância média (brilho) de uma pequena área dentro de uma cena. A imagem é deste modo uma representação da radiância do terreno, e são chamadas multiespectrais porque a mesma cena pode ser vista simultaneamente em várias bandas espectrais do espectro eletromagnético.

Segundo MORAES NOVO (1992:206), pode-se dividir os métodos de análise de SR em dois grandes conjuntos:

(a) análise digital de imagens MORAES NOVO (1992:207) engloba uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais. Estes dados digitais normalmente provêm de sistemas de varredura multiespectral, que permitem a saída de dados em fitas magnéticas. Para que as imagens digitais possam ser numericamente manipuladas e transformadas em informações sobre a cena de estudo, o usuário precisará dispor de um sistema de análise de imagens digitais, que englobam aspectos relativos aos componentes técnicos de um sistema de processamento (equipamentos) e também os programas de manipulação de dados (programas computacionais).

(b) análise visual - para MORAES NOVO (1992:250) a análise visual de imagens baseia-se em certos princípios de análise, que incluem métodos para detectar, identificar e medir objetos observados a partir de uma perspectiva aérea ou orbital. No processo de interpretação, tem-se procedimentos de análise (teste de hipótese, convergência de evidências, etc.), técnicas (modelos de percepção, material complementar, visão estereoscópica) e elementos (tonalidade/cor, tamanho, forma, etc.).

Um intérprete pode discriminar aproximadamente 8 a 16 tons de cinza quando interpretando fotografias aéreas branco e preto. Se os dados são originalmente gravados em 256 tons de cinza, há muito mais informações presentes nesta imagem, tornando impossível a extração destas informações visualmente pelo intérprete (JENSEN, 1986:79). Em se tratando de características espectrais, devido à grande quantidade de informações, o computador é muito mais adaptado para armazenar e manipular estas informações, tornando possível uma conclusão mais apurada e confiável sobre a interpretação da superfície terrestre (JENSEN, 1986:66).

4.2.2.5 - Técnicas de detecção de alteração em imagens orbitais

Segundo MEDEIROS (1987⁹ citado por SILVEIRA, 1997:31), detecção de alteração é definido como o reconhecimento de modificações ocorridas através do tempo sobre a superfície terrestre. Estas alterações podem ser detectadas através das técnicas de análise visual e ou digital, utilizando dados obtidos em diferentes épocas (dados multitemporais) pelos sistemas de SR.

As técnicas visuais consistem simplesmente em comparar várias imagens de passagens diferentes, interpretando e mapeando as áreas onde ocorreram alterações. Porém segundo SHEPARD (1964:649), uma comparação visual pode ser lenta, cansativa e sendo subjetiva pode proporcionar vários erros. JENSEN (1986:259) afirma que estas são algumas das razões pelas quais o método digital é muito usado para correlacionar e comparar imagens de diferentes épocas para a identificação de mudanças no uso da terra.

Com relação às técnicas digitais, segundo GREEN, KEMPKA e LACKEY (1994:335), a análise multitemporal de imagens de satélite é eficaz justamente porque há uma alta correlação entre a variação espectral na imagem com a mudança da superfície florestadas, mas em áreas não florestadas é mais difícil devido a menor definição da relação entre as respostas espectrais e as mudanças no uso da terra.

De acordo com JENSEN (1986:259), um método de detecção de alteração deve ser baseado em um sistema sensor que:

- tenha um período sistemático entre órbitas;
- possua registro de imagens da mesma área geográfica na mesma hora do dia, para minimizar os efeitos do ângulo de incidência solar;
- mantenha a mesma escala e mesmo ângulo geométrico de visada;

⁹ MEDEIROS, J.S. Bibliografia descrita na nota 6.

- redução do deslocamento do relevo o máximo possível;
- registro do fluxo radiante refletido em uma consistente e proveitosa região espectral.

4.3 - MATERIAL E MÉTODOS

Para a execução deste trabalho, foi realizado um levantamento de material bibliográficos em diversas instituições, como por exemplo: COMEC, UFPR, IAP, SUDERHSA, etc. Para a extração das informações básicas, tais como cotas altimétricas, principais vias de acesso, ferrovias, rede de drenagem, linhas de transmissão de energia e oleodutos, foram utilizadas as cartas da COMEC na escala de 1:10.000, restituídas com base em vôo aerofotogramétrico de 1976.

O mapeamento utilizado para a obtenção das tipologias consiste nos levantamentos aerofotogramétricos realizados pela COMEC – Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba – em 1976 e pela FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais – com o “projeto biomassa” em 1984, ambos restituídos em escala de 1:20.000. Para 1990 e 1996 utilizou-se de imagens do Satélite Landsat-TM5 (09/09/1990 imagem contendo as bandas 2,3,4,5,7, do Instituto Ambiental do Paraná – IAP e 18/04/1996 contendo as bandas 3,4 e 5 cedidas pela UFPR – Curso de Pós-Graduação em Eng. Florestal) e imagem Landsat-ETM7, de 26/09/1999, da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos-SEMA, contendo as bandas 3, 4 e 5.

Tomou-se como padrão as tipologias mensuradas para 1976. As áreas em base ao mapeamento de 1984 sofreram ajustes por parte de RIZZI e GUIERA (1996:34), devido à disparidade das legendas utilizadas por COMEC e FUPEF, consistindo tais ajustes em agrupar as tipologias com características semelhantes, resultando apenas na somatória de suas áreas: as tipologias mata com araucária (Ma) e mata (Mt) do mapeamento de 1984 foi agrupado como tipologia mato (M) do mapeamento de 1976 (Tipo I); as tipologias capoeiras (Ca) e Bracatinga (Br) do mapeamento de 1984 foi agrupado como macega (m) do mapeamento de 1976 (Tipo II).

4.3.1 - SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA

Não existe classificação de uso da terra que seja única e ideal, e é pouco provável que uma possa vir a ser desenvolvida (ANDERSON et al. 1979:19). Cada classificação é feita de forma a atender às necessidades do usuário, mas o que constatamos é que a

maioria dos processos de classificação, dificilmente se encontram claramente definidas as classes que se deseja.

Salienta-se ainda que, neste processo de ocupação ou apropriação da terra, emergem confrontos, de acentuada intensidade, entre as limitações impostas pelo meio natural e a legislação Federal, Estadual e Municipal. Se por um lado, o meio natural coloca restrições de uso e ocupação abusivas, por outro lado, tem-se uma legislação que, ora reforça essas limitações do meio natural e ora deixa aberturas, as quais vêm originando inúmeros litígios e conflitos carentes de solução.

Para ANDERSON (1971:381) um sistema de classificação de uso da terra, que possa utilizar com eficiência dados de sensores remotos orbitais, deve atender aos seguintes critérios:

1. o nível mínimo de precisão para interpretar e identificar as categorias de uso da terra, a partir de dados de SR deverá ser de, pelo menos, 85 %;
2. a precisão de interpretação para as diferentes categorias deverá ser aproximadamente a mesma;
3. resultados repetíveis ou repetitivos devem ser capazes de se obter de um intérprete para outro e de um sensoriamento para outro;
4. o sistema de classificação deve ser aplicável há extensas áreas;
5. a categorização deve permitir que a vegetação e outros tipos de cobertura do solo sejam utilizados como substitutos da atividade;
6. o sistema de classificação deve ser passível de utilização com dados de SR obtidos em diferentes épocas do ano;
7. deve ser possível o uso de subcategorias a serem obtidas de levantamentos no campo ou a partir da utilização de maior escala ou com outros produtos de sensores remotos;
8. deve ser possível a agregação de categorias de uso de menor expressão;
9. deve ser possível a comparação com dados de uso da terra obtidos em diferentes datas e a serem obtidos posteriormente;
10. deve identificar os aspectos de usos múltiplos da terra, quando possível.

4.3.1.1 - Tipologias de uso da terra adotadas neste trabalho

Com base nas diferentes formações e associações vegetais existentes, surgiram as classificações da vegetação brasileira. A mais usual é a de VELOSO et al. (1991:97) e IBGE (1992:12), que utilizando o sistema internacional de classificação vegetal, deu suporte para

as classificações regionais. A vegetação brasileira foi, dessa maneira, classificada com base nas condições fisionômicas e ecológicas.

Para os mapeamentos de 1976 e 1984, foram utilizadas as adaptações realizada por RIZZI e GUIERA (1996:34) quando da análise dos trabalhos da COMEC, 1976 e FUPEF, 1984, para a área de estudo. A seguir são descritas as classes utilizadas por estes autores, com detalhes acrescentados neste trabalho, em função da utilização de classificações através do SPRING:

- TIPO I. FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA
- TIPO II – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA – SIST. VEG. SECUNDÁRIA
- TIPO III - REFLORESTAMENTO
- TIPO IV - ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA
- TIPO V - FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL
- TIPO VI - USO DA TERRA AGRICULTURA
- TIPO VII – ÁREAS URBANAS
- TIPO VIII - ÁREAS COM ÁGUA
- TIPO IX - ÁREAS NÃO CLASSIFICADAS

TIPO I. FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA

A Floresta Ombrófila Mista típica tem, como característica, fisionômica principal, a ocorrência do pinheiro-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*). Segundo REITZ e KLEIN (1966:24), o pinheiro é uma espécie pioneira e heliófita, avançando e irradiando-se sobre os campos de modo a formar continuamente novos capões cuja composição varia de acordo com condições edáficas e climáticas. Sobre o fenômeno de irradiação dos pinheiros, os autores escrevem:

“inicialmente se formam os começos dos capões nas pequenas depressões, beira de cursos de água, origem de fontes ou outros locais mais favoráveis. As espécies pioneiras e heliófitas, portanto as responsáveis pelos estágios iniciais, podem ser muito distintas, dependendo de diversos fatores bastante complexos, ainda não suficientemente esclarecidos, mas onde os de origem edáfica, geográfica e as altitudes devem desempenhar papel bastante relevante.”

Numa época ainda anterior a esse trabalho, KLEIN e HATSCHBACH (1962:24) acusavam a alteração desses ambientes pela exploração indevida. Esse desequilíbrio, junto às diferenças edafo-climáticas, gera a existência de inúmeras fases sucessionais distintas, cuja composição varia com a maturidade.

A Figura 4.5 é um perfil ideal de um dos capões baseado nos dados de todo o conjunto do levantamento da Floresta Ombrófila Mista-Montana, mostrando portanto um estágio sucessional avançado, embora o número de pinheiros seja mínimo devido à exploração madeireira (IAP, 1995:42)

Incluindo neste grupo de tipologias, verificamos parte da área de estudo, coberta por estágios arbóreos avançados da vegetação secundária (capoeirões ou 5ª fase de sucessão vegetal), que sucedem os estágios iniciais herbáceos ou arbustivos, ou aparecem a partir da retirada das árvores de maior porte e empobrecimento (com o consequente aumento de luminosidade) da antiga floresta, resultado da extração seletiva de espécies florestais de maior valor comercial.

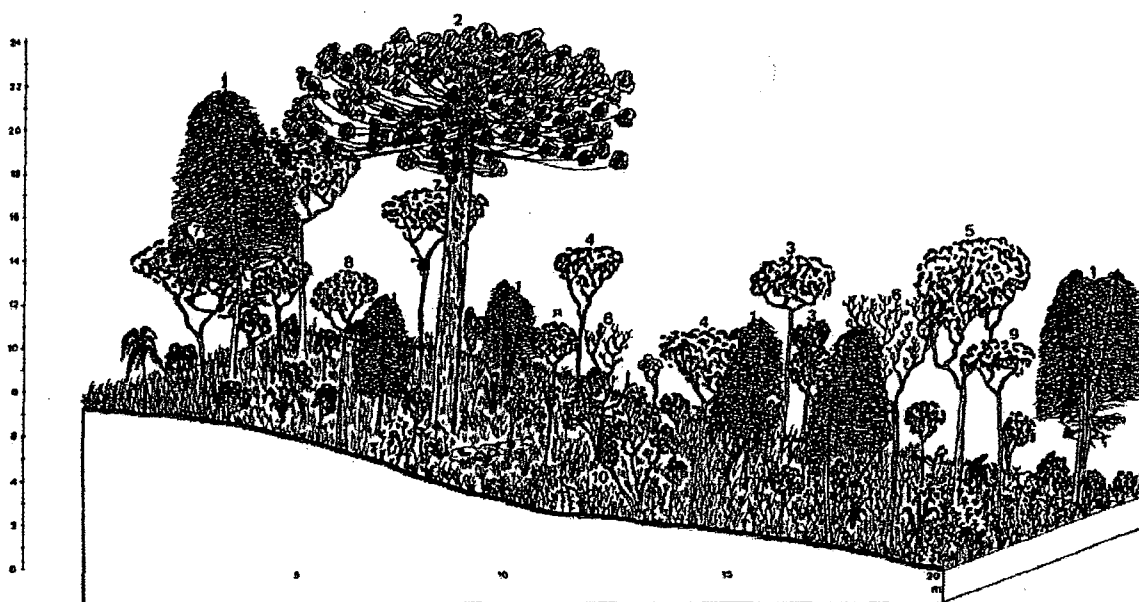


FIGURA 4.5 - Perfil esquemático da FLORESTA OMBRÓFILA MISTA MONTANA (Capões de araucária). Legenda: 1. *Podocarpus larbertii*; 2. *Araucaria angustifolia*; 3. *Capsicodendron dinisii*; 4. *Campomanesia xanthocarpa*; 5. *Rapanea ferruginea*; 6. árvores mortas, secas ou podres; 7. *Pimenta pseudocaryophyllus*; 8. *Myrcia rostrata* var. *gracilis*; 9. *Lithraea brasiliensis*; 10. *Myrcia obtecta*. (Fonte: IAP, 1995:45)

O capoeirão caracteriza-se pelo nítido aparecimento de dois estratos florestais, sendo que o estrato superior situa-se entre 10 a 15 metros de altura, sendo a família Asteraceae a mais importante da associação, quando o pinheiro está ausente.

O sub-bosque capoeirão da floresta com araucária compõe-se de indivíduos com altura média de 10-12 m de altura e diâmetros raramente acima de 30 cm, ora dominados

pelo pinho bravo, ora por um grupo heterogêneo de folhosas como a canela-alho, a caroba, a cataia, o pessegueiro bravo e a canela-guaicá.

Essa unidade aparece na imagem com resposta espectral homogênea, de textura granular grossa e coloração verde escuro. Tomando-se por base para a sua caracterização áreas conhecidas (e constatadas através de outros trabalhos e/ou saídas à campo).

TIPO II – FLORESTA OMBRÓFILA MISTA - SISTEMA DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

A interferência humana, nas mais variadas formas, bem como alterações acidentais ou naturais (incêndios, corte de vegetação, etc.), criou um mosaico de formações secundárias na área de estudo. A vegetação secundária é aquela que resulta de alterações antrópicas, surgindo imediatamente após a destruição da floresta ou abandono de terrenos cultivados e pastos, sendo demonstrada através do aparecimento de estágios sucessionais secundários (capoeiras), que tendem, entretanto, a reconstruir as condições de microclima e solo favoráveis à instalação de outras espécies arbóreas do ambiente original caso não sejam novamente perturbados.

A maior parte dos remanescentes florestais existentes hoje corresponde a áreas com vegetação secundária que subsistem em locais anteriormente ocupados pela Floresta Ombrófila Mista.

FASES DE SUCESSÃO SECUNDÁRIA (capoeiras)

Os terrenos abandonados, após a instalação inicial de gramíneas, pteridófitas, ciperáceas e asteráceas, são ocupados normalmente por espécies arbustivas pioneiras muito características, com 2 a 3 metros de altura. É chamada "capoeirinha", um estágio inicial da sucessão florestal, constituída por número reduzido de espécies dos gêneros *Baccharis*, *Eupatorium*, *Vernonia* e *Campovassourea* (RODERJAN e STRUMINISKI, 1992), que dão ao local inicialmente aparência de "campo sujo" passando posteriormente a ocupar de forma densa todo o terreno até onde podem, por um período que em média não ultrapassa 10 anos.

Nesta vegetação emergem esporadicamente representantes arbóreos das fases sucessionais seguintes ou mesmo da floresta original através de rebrotas, como os de aroeira, pessegueiro-bravo, caroba, que preparam o terreno para o gradual aparecimento da capoeira (Figura 4.6).

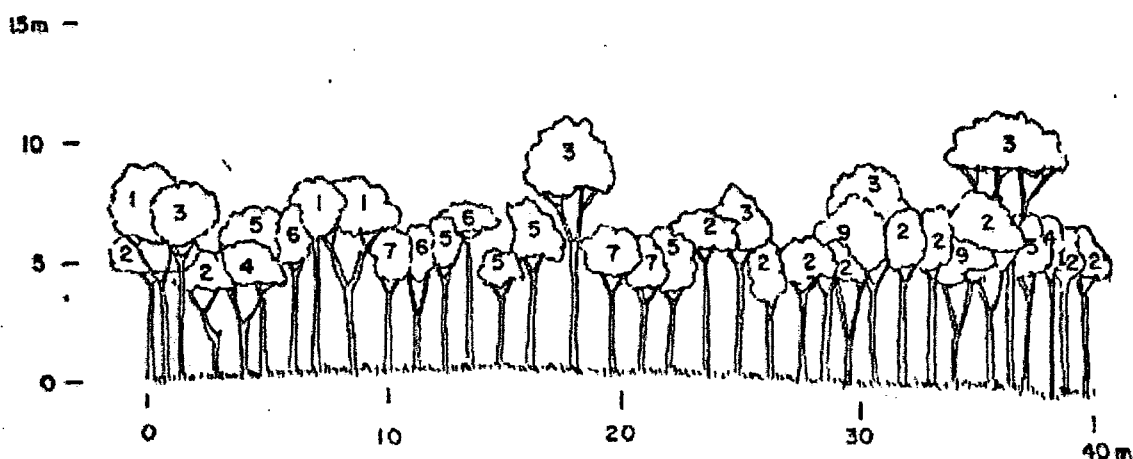


FIGURA 4.6 - Perfil esquemático de vegetação 4ª fase de sucessão secundária. Legenda: 1. Canela-guaicá; 2. maria-mole; 3. bracatinga; 4. congonha; 5. canela-alho; 6. capororoca; 7. mamica-de-porca; 8. canela-lageana; 9. cedreiro. (Fonte: RODERJAN, 1987:sp)

Inclui as áreas com vegetação baixa, desde subarbustos, arbustos até matas muito degradadas ou em fase de recuperação. Ou seja, foram incluídas nesta unidade todas as áreas que não apresentam uma cobertura significativa de florestas (mata e ou capoeirão) e ou campos e nas quais, pela análise das imagens, não se percebeu nenhum tipo de atividade agropecuária e também não são de influência fluvial.

Aqui nesta unidade, além das áreas homogêneas de bracatinga (*Mimosa scabrella*) estão contidas àquelas áreas com coloração verde mais claro, e que após a constatação a nível de campo de antemão sabia-se a sua composição (vegetal em estágio avançado de regeneração ou uma floresta em estágio avançado de degradação, pela extração seletiva, etc). O vegetação secundária às vezes é constituído por um bracatingal maduro e muitas vezes pelo sub-bosque remanescente após a retirada parcial da bracatinga.

O sub-bosque capoeira ocorre sob pinheiros adultos, remanescentes, distribuídos espaçadamente. A altura média é de 5 m e predominam espécies heliófilas como a maria-mole, o cambará, o pessegueiro-bravo e a capororoca, dentre as quais destacam-se grupos de quaresmeiras (*Tibouchina sellowiana*), outra espécie característica da encosta leste da Serra do Mar. O estrato herbáceo-arbustivo do sub-bosque capoeira é adensado por gramíneas e compostas (assa-peixe e carqueja) por entre as quais, emergem as uvaranas. O sub-bosque capoeirinha ocorrem em floresta com araucária mais recentemente abandonada, com predominância de espécies características desta fase como vassourinhas, fumo-bravo, capororoca e cafezeiro-bravo.

TIPO III - REFLORESTAMENTO

Essa unidade inclui os povoamentos homogêneos implantados. Com densidade de cobertura similar à unidade de mata, diferenciando-se em talhões geométricos de distribuição ordenada, na cor de verde escuro e uma textura granular fina originada pela presença de uma só espécie florestal (pinus e/ou eucaliptus).

Os reflorestamentos, em consequência de exploração inadequada ao longo dos anos na maioria das vezes apresentam rebrotas formando vários fustes e também apresentam-se de forma altamente heterôgenea

TIPO IV - ESTEPE GRAMÍNEO-LENHOSA

Ocupando as áreas mais baixas e planas, os campos edáficos ou várzeas exercem importante papel sobre a paisagem regional devido à sua homogeneidade fisionômica e fisiográfica, constituído por um reduzido número de espécies adaptadas às condições edáficas e às inundações periódicas.

Gramíneas dos gêneros *Andropogum* e *Panicum* são as espécies mais frequentes, entremeadas por compostas arbustivas (vassourinhas, assa-peixe), pteridófitas, ciperáceas e melastomatáceas seletivas. Esparsamente são observadas arvoretas isoladas em meio ao campo como a corticeira-do-banhado, o cambará, a aroeira e o araçá-do-campo (Figura 4.7).

A diversidade dos campos da região de estudo, que crescem sobre solos orgânicos, é bastante elevada apesar da alteração causada pelo seu uso pastoril e agrícola. São denominados campos edáficos por ser o fator solo o limitante ao desenvolvimento de outros tipos de vegetação. A paisagem plana de vegetação graminóide é entrecortada por corredores de florestas ao longo dos rios que cortam a região, as chamadas floresta de galeria ou, tecnicamente, Floresta Ombrófila Mista Aluvial (IAP, 1995:7). Capões tipicamente arredondados, que são remanescentes da floresta com Araucária – Floresta Ombrófila Mista Montana – também quebram a uniformidade da paisagem.

Os campos alagados, ou várzeas, como mais comumente são chamados, aparecem onde depressões do terreno permitem o acúmulo de matéria orgânica e água, tanto nas encostas, ou, mais comumente, nas margens dos rios.

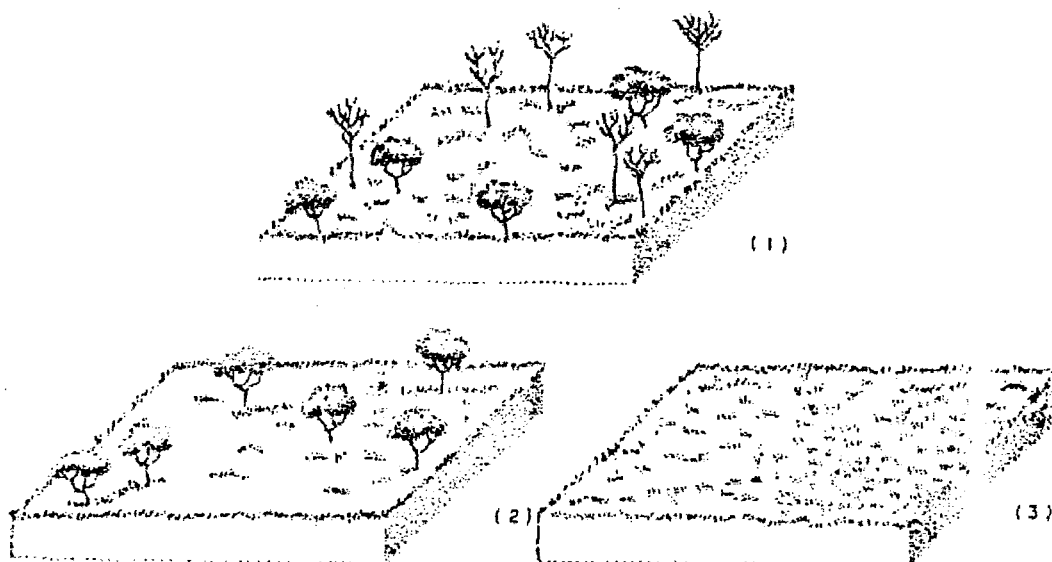


FIGURA 4.7 - Bloco diagrama esquemático da vegetação estépica. Legenda: 1. Arborizada; 2. Parque e 3. Gramíneo-Lenhosa (VELOSO, RANGEL e LIMA, 1991:95)

Quase todo o campo acumula água nas épocas de chuvas, porém há uma diferença de nível que torna a várzea mais profunda e portadora de uma vegetação diferenciada. Esses trechos alagadiços ocorrem não apenas onde o relevo é plano, mas igualmente nas encostas, onde há ocasionais “ilhas” de vegetação acusando a mudança de solo (IAP, 1995:7).

A várzea é uma formação essencialmente edáfica, ou seja, onde o solo limita a ocorrência e o desenvolvimento das plantas. O acúmulo de matéria orgânica nessas áreas é ainda maior do que nas extensões encharcadas das encostas, de modo que funcionam como reguladoras do fluxo hídrico dos rios que margeiam. A água das inundações é absorvida pela várzea e evita que áreas contíguas sejam afetadas (IAP, 1995:8). As várzeas atuam como reguladoras do fluxo hídrico dos rios que margeiam. Normalmente, a água das inundações é absorvida pela várzea evitando um impacto maior destas sobre áreas contíguas, atuando como um regularizador do fluxo hídrico.

Aqui foram agrupados tanto os pastos nativos, quanto os pastos artificiais, implantados pelo homem. Podem ser verificados pelo padrão amarelado que apresentam na composição (5R4G3B) em sua maioria de formas de ocorrência. Também são incluídas nesta classe aquelas áreas recentemente desmatadas (descapoeiradas) que apresentam vegetação herbácea, pela dificuldade em separá-los.

TIPO V - FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL

As florestas de galeria que acompanham os rios da área são, de maneira geral, bastante abertas em função de um sub-bosque quase inexistente e de uma condição adversa de inundações periódicas. Apenas em alguns trechos de solo mais elevado é que algumas plantas herbáceas e arbustivas conseguem crescer. (IAP, 1995:10). O solo, aluvial, argiloso na superfície mas muito arenoso nos horizontes mais profundos, apresenta uma coloração acinzentada devido às constantes lavagens que sofre quando das cheias dos rios (processo de gleização).

A espécie predominante neste ambiente é (*Sebastiania commersoniana*) (IAP, 1995:10), conhecida como branquilha ou branquinho devido à coloração de sua casca que, finamente fissurada e de descamação papirácea, é normalmente coberta por um fungo esbranquiçado. Essa espécie ocorre ao longo de toda a floresta de galeria, ora em associações quase exclusivas, ora misturadas a outras espécies adaptadas ao fluxo de água desse ambiente.

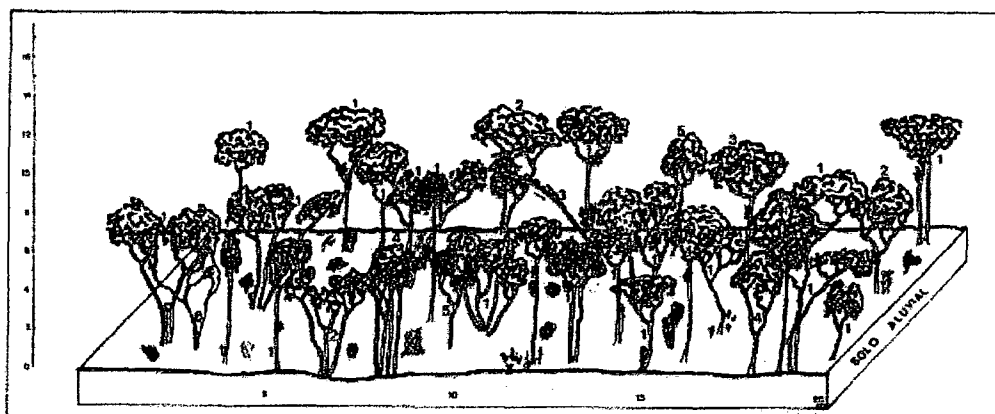


FIGURA 4.8 - Perfil esquemático da FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL (Inundações frequentes, sub-bosque quase inexistente). Legenda: 1. *Sebastiania commersoniana* (branquilha); 2. *Schinus therebinthifolius* (aroeira); 3. *Symplocos uniflora* (maria-mole); 4. *Myrcia* sp (guamirim-cascudo); 5. *Ilex theezans* (caúna); 6. *Guettarda uruguensis* (veludo). (Fonte: IAP, 1995:16)

As áreas de solo mais alto, onde as inundações são de menor frequência e duração, comportam vegetação de maior porte, com um estrato superior entre 10 e 14 metros de altura (Figura 4.8). Não ocorrem mais de dois estratos arbóreos, o segundo ocupando alturas entre 9 e 5 metros. (IAP, 1995:10).

A parte da galeria que sofre inundações mais pronunciadas (com água acumulada periodicamente entre 0,5 e 1,0 m) é muito aberta, constituída por árvores pequenas, esparsamente distribuídas e tipicamente rebrotadas (Figura 4.8). Nestes locais, a floresta é mais baixa, com alturas máximas de 9 metros (às vezes 5 ou 6 metros apenas), e sua composição também muda. O solo tem o mesmo aspecto já descrito e é tipicamente formado por grandes concavidades onde a água das chuvas e inundações fica retida por períodos longos. Praticamente não existem plantas herbáceas ou arbustos, e o único tipo de cobertura que o solo recebe consiste em folhas secas, galhos e troncos caídos.

Intercaladas às áreas de floresta, existem clareiras esporádicas de água empoçada geralmente dominadas por uma espécie de cada vez, formando “ilhas” de vegetação diferenciada. São áreas de depressão onde o tempo de residência da água das chuvas ou inundações é longo. Encontra-se, também, ocasionais tocos de grandes proporções cortados à machado, provas da exploração dessas florestas (IAP, 1995:17).

As florestas de galeria que ocupa as áreas menos sujeitas à inundações, encontram-se bastante depauperadas (Figura 4.9) e representam apenas parcialmente a formação típica da Floresta Ombrófila Mista Aluvial. Com boa parte da sua extensão suas margens estão ocupadas por uma capoeirinha densa e emaranhada, com ocasionais trechos de uma galeria baixa.

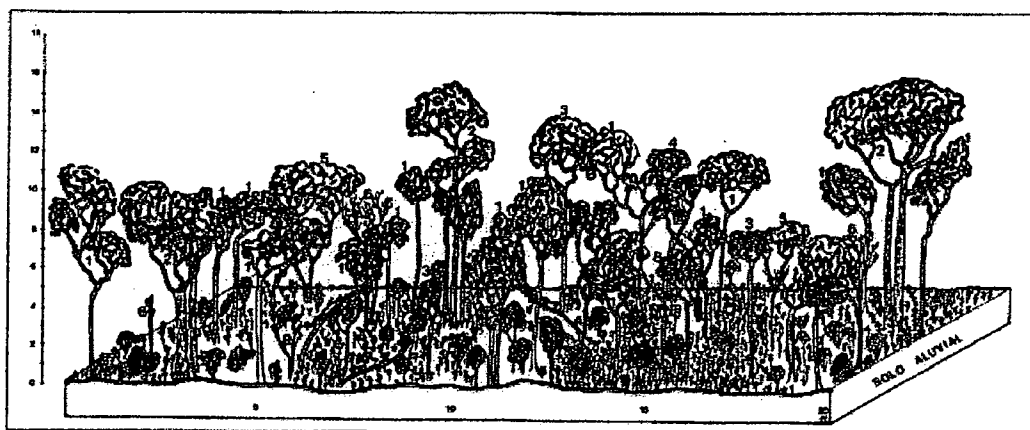


FIGURA 4.9 - Perfil esquemático da FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL (Inundações pouco frequentes, já com sub-bosque desenvolvido). Legenda: 1. *Sebastiania commersoniana* (branquilho); 2. *Myrcia* sp (guamirim-cascudo); 3. *Ilex theezans* (caúna); 4. *Symplocos uniflora* (maria-mole); 5. *Myrcia selloi* (cambuí); 6. árvores mortas, secas ou podres; 7. *Schinus therebinthifolius* (aroeira); 8. *Rapanea parvifolia* (capororoca); 9. *Guettarda uruguensis* (veludo). (Fonte: IAP, 1995:16)

Meandros abandonados ainda encharcados e povoados por plantas rasteiras são comuns ao longo de todas essas florestas de galeria, compondo clareiras onde a vegetação herbácea é pujante. O campo em volta é seco, a floresta atinge 13 metros de altura e há ocasionais árvores emergentes (corticeiras, jerivás) (IAP, 1995:20).

TIPO VI - USO DA TERRA AGRICULTURA

Uma parcela significativa da vegetação original que ocupava a área de estudo foi substituída por áreas agrícolas e principalmente por pastagens, sendo os haras, condomínios e chácaras de lazer uma das características da paisagem antrópica da região.

Esse padrão é quase totalmente representado por terras agrícolas, podendo ocorrer inclusões de parcelas com pastagens, pequenas áreas com capoeiras e capões de mato, que são, de modo geral, localizados nos fundos de vale. Podemos verificar um padrão de uso em terrenos movimentados, marginais à agricultura. A sucessão vegetal observável nas áreas em pousio indica um sistema de cultivo mais ou menos rotativo, onde após alguns anos de uso, as parcelas agrícolas são abandonadas para recuperação natural da fertilidade.

TIPO VII - ÁREAS URBANAS

Nesta unidade estão compreendidos as áreas de uso intensivo, com grande parte da terra coberta por estruturas. Incluem-se nesta unidade as cidades, vilas, áreas de rodovias, serviços de transporte, energia e comunicações e outras áreas como as ocupadas por fábricas, supermercados, complexos industriais e comerciais. Podem ser verificados também um uso residencial que pode ser de alta densidade, representada pelas estruturas de uso múltiplo dos núcleos urbanos, até baixa densidade, onde as casas se encontram em lotes maiores, na periferia da expansão urbana. As áreas urbanas localizadas nas zonas rurais, podem ser distinguidas quando apresentarem significativa representatividade em função da escala utilizada e o uso da área, tal como barracões, galpões, armazéns localizados em fazendas e/ou marginais à estrutura viária.

TIPO VIII – ÁREAS COM ÁGUA

O delineamento das áreas d' água depende da escala de apresentação dos dados e da escala e características de resolução das imagens de satélite utilizados para interpretação do uso da terra e revestimento do solo.

Os lagos são corpos d'água naturalmente fechados e não em movimento. Reservatórios são represamentos artificiais d'água utilizada para fornecimento d'água para população.

TIPO IX – ÁREAS NÃO CLASSIFICADAS

São aquelas áreas que apresentam, em função da inclinação da Terra e o ângulo de visada do sistema de captação orbital, uma sombra na imagem, e que portanto não podem ser utilizadas para a classificação, podendo variar em função da época de tomada da imagem. As áreas não classificadas também podem ser representativas de áreas cobertas por nuvens na época da tomada da imagem.

4.3.2 - ETAPAS DE OBTENÇÃO DOS MAPAS TEMÁTICOS

A execução do trabalho envolveu cinco etapas distintas: pré-processamento da imagem (leitura, registro e contraste); processamento (classificação); amostragem de campo para verificação do mapeamento; análise dos dados coletados em campo; elaboração e discussão dos mapas temáticos obtidos (Figura 4.10).

4.3.2.1 - Escala de trabalho

A definição da escala cartográfica, 1:50.000, para expressão dos resultados considerou características como padrão de fragmentação, heterogeneidade da paisagem e o nível de generalização desejado para o mapeamento final.

As imagens digitais do satélite Landsat-TM, originalmente composta por pixels de 30 x 30 metros, apresenta dificuldades para execução de classificações analógicas em escalas acima de 1:50.000, devido à granulação e à conseqüente redução da definição dos limites das unidades. Em função disto a utilização destas imagens neste trabalho constituiu-se em mais um desafio para a execução do mapeamento.

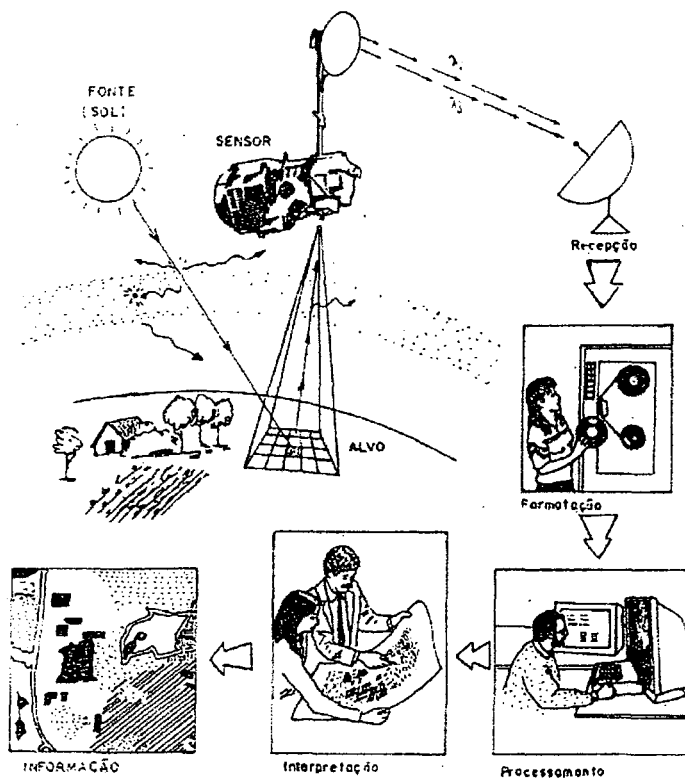


FIGURA 4.10 - Etapas do trabalho de interpretação de imagens de satélite (CENTENO, 1991:7)

4.3.2.2 - Registro

O registro é uma transformação geométrica que relaciona, neste caso, coordenadas geográficas (latitude e longitude) com coordenadas da imagem (linhas e colunas). Essa transformação corrige distorções existentes na imagem, causadas no processo de sua formação, pelo sistema sensor e por imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma do satélite.

4.3.2.3 - Contraste

A técnica de realce de contraste tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens sob critérios subjetivos do olho humano. É normalmente utilizada como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões.

No caso deste trabalho, a técnica de realce de contraste, visou equalizar as bandas, de forma a permitir que todas exercessem influência semelhante no processo de classificação da imagem. No caso da composição colorida 3,4 e 5 utilizada, a banda 5 apresentou um histograma de distribuição dos pixels mais abrangente, em relação aos 256 níveis de cinza possíveis (imagem de alto contraste), e as bandas 3 e 4 apresentaram histogramas, de distribuição dos pixels, mais estreitos (imagens de baixo contraste). Para que o classificador considerasse as três bandas de forma equivalente, foi necessário redistribuir os níveis de cinza das bandas 3, 4 e 5, de forma a abranger os 256 níveis de cinza possíveis em cada uma delas

A operação envolvida na correção dos níveis de cinza da composição colorida utilizada foi o ajuste linear. Nele, as barras que formam o histograma da imagem de saída são espaçadas igualmente, uma vez que a função de transferência é uma reta. O histograma de saída (cinza) tem a mesma forma do histograma de entrada (verde), não alterando portanto a relação entre os valores dos pixels, as retas verde e cinza representam respectivamente as funções lineares de distribuição antes e após o ajuste.

4.3.2.4 - Processamento Digital

A área de estudo, com aproximadamente 57.263 ha e delimitada em cartas planialtimétricas digitais, na escala 1:10.000 representou apenas uma parte da cena da imagem, que cobre uma superfície de aproximadamente 185x185 km. Para a leitura do fragmento da imagem, correspondente à área de estudo, foram estimadas e fornecidas as coordenadas (linhas e colunas) aproximadas e através do aplicativo IMPIMA (do SPRING), somente a área selecionada foi salva em disco (canais 2, 3, 4, 5 e 7 para a imagem de 1990 e canais 3, 4 e 5 para a imagem de 1996).

Para a sobreposição da imagem de satélite (de 1990) pela cartografia básica, retirada das cartas da COMEC, na escala de 1:10.000, foi necessário realizar a operação de registro imagem/carta, disponível no SPRING. O produto desta transformação permitiu a sobreposição das principais vias de acesso e rede de drenagem da área de estudo à imagem de satélite, apoiando a execução da etapa de levantamento de dados no campo (Tabela A4.1). O mesmo foi realizado para a imagem de 1996, sendo o registro da imagem realizada imagem a imagem.

4.3.2.5 - Classificação

Considerando que existe grande complexidade na identificação e classificação do uso da terra, principalmente quando associadas a formas de vegetação em estágios intermediários de crescimento e/ou degradação, o fornecimento de amostras das classes de uso para sua caracterização e posterior classificação da imagem de satélite, procurou envolver as mais variadas formas de ocorrência de cada uma delas, com o objetivo de definir, com a maior precisão possível, suas “nuvens” de distribuição. Com as amostras fornecidas, foi então realizada a classificação supervisionada de todos os polígonos da imagem, sendo obtido o mapa dos usos das terras, para a área de estudo. Este mesmo procedimento, foi realizado com as três imagens utilizadas (1990, 1996 e 1999).

4.4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.4.1 - VARIÁVEIS DA DINÂMICA ESPACIAL DO USO DA TERRA

Como neste estudo optou-se pela utilização de SIG para avaliar a ocupação do espaço, num determinado período de tempo (1976-1999), há necessidade de se eleger variáveis que comprovem esta espacialidade. Dessa forma, a ocupação antrópica (urbana, agricultura, etc) apesar de se constituírem em modalidades de uso da terra, foram considerados como uma das principais variáveis em função do ambiente estudado.

A área e respectivas representações percentuais dos diferentes tipos de usos da terra no período estudado podem ser visualizados no Quadro 4.1, enquanto nas Figuras 4.11, 4.12 e 4.13 é apresentado o resultado das interpretações e classificações das imagens, através dos mapas de uso da terra, respectivamente de 1990, 1996 e 1999.

Pela análise direta dos resultados (Quadro 4.1), podemos imaginar que algumas quantificações/classificações às vezes podem nos confundir devido a grande proximidade das suas respostas espectrais contidas nas imagens. Cabe neste momento, salientar que esta região possui uma grande diversidade de formas de ocupação, aliada a características muito particulares, tal como as várzeas do rio Iguaçu, que provocam alterações nas respostas espectrais em função do grau de umidade existente à época de tomada da imagem de satélite.

Algumas dificuldades no mapeamento já haviam sido constatadas por GUIMARÃES (2000:133), quando trabalhou na sub-bacia do rio Pequeno, em um mapeamento em três

épocas, 1953, 1980 e 1996, sendo os dois primeiros através de fotointerpretação e o último em análise à mesma imagem que utilizamos neste trabalho.

Pela análise dos resultados contidos no Quadro 4.1 e Figura 4.14 a tipologia I, foi a classe de uso que maior redução apresentou no período estudado, constatando-se para o ano 1999 apenas 46,9 % das florestas verificadas em 1976, correspondendo a uma redução média de 492,8 ha/ano. Entre o período 1976-1984, esta classe apresentou uma redução de 44 %, correspondendo a uma redução média de 1.070 ha/ano.

Observa-se mudanças na vegetação ao se atravessar cercas de arame onde o campo ao longo do rio encontra-se dividido em propriedades diferentes, de acordo com o uso dado ao solo por cada proprietário. Outra característica marcante é a ocorrência de algumas árvores isoladas nos limites dos capões e da floresta de galeria, como o pinheiro (*Araucaria angustifolia*), o pinho-bravo (*Podocarpus lambertii*) e o cambuí-vermelho (*Myrcia obtecta*), facilmente reconhecível pela descamação de sua casca, que deixa à mostra um tronco liso e muito vermelho. Essas árvores isoladas são, segundo KLEIN e HATSCHBACH (1962:9), núcleos formadores dos capões típicos dos campos edáficos, pois ao redor delas vão se agregando outras até formar os capões arredondados que são sempre mais altos no centro, com árvores mais velhas, e com espécies pioneiras heliófitas na bordadura. É dessa maneira que, segundo os mesmos autores, os capões vão se renovando e se alastrando pelos campos. Esse comportamento é comum no caso do pinheiro-do-Paraná, mas a espécie tipicamente formadora desses capões nas planícies da área de estudo é o (*Podocarpus lambertii*), pinho-bravo.

QUADRO 4.1 – ÁREAS POR TIPOS DE USO DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO, 1976 – 1999

Tipologias de uso da terra	1976 (ha)	%	1984 (ha)	%	1990 (ha)	%	1996 (ha)	%	1999 (ha)	%
Tipo I	19.527	34,1	10.961	19,2	10607	18,5	12102	21,2	9178	16,0
Tipo II	6.865	12,0	10.448	18,3	6979	12,2	5543	9,7	5938	10,3
Tipo III	71	0,1	1.136	2,0	591	0,9	1257	2,2	820	1,4
Tipo IV	18.721	32,7	21.163	37,0	14490	25,2	15900	27,7	16016	27,9
Tipo V	7.318	12,8	6.270	11,0	9327	16,2	6876	12,0	9763	17,0
Tipo VI	2.952	5,2	3.017	5,3	8077	14,1	3115	5,4	2666	4,6
Tipo VII	1.746	3,1	4.206	7,4	6154	10,7	10113	17,6	11352	19,8
Tipo VIII					653	1,1	960	1,7	1173	2,0
Não classificado					623	1,0	1545	2,6	505	0,8
total	57.204	100	57.204	100	57.411	100	57.411	100	57.411	100

FONTE: Para os anos de 1976 e 1984, adaptado de (RIZZI e GUIERA, 1996:34) e para os anos de 1990, 1996 e 1999, interpretação e classificação das imagens de satélite.

A tipologia II (Sucessão secundária) em 1999 apresentou 86 % da área que ocupava em 1976, correspondendo a uma redução muito pequena. Este fato, pode estar relacionada

aos sistemas de produção utilizados pelos agricultores da região, como também pela exploração seletiva de áreas da tipologia I, as quais também são classificadas como tipologia II não por seu estágio sucessional, mas pelo seu estágio de degradação, com alteração do porte e composição da sua vegetação.

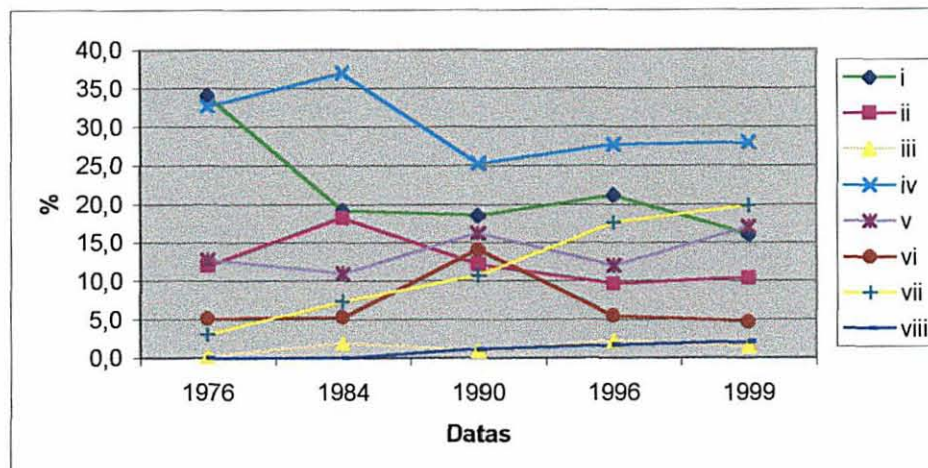


FIGURA 4.14 – Dinâmica de uso da terra no período de 1976 à 1999.

A tipologia IV (Estepe-gramíneo-lenhosa) em 1999 era representada por 85 % da área que ocupava em 1976, portanto teve uma redução muito pequena no período. Constatou-se para esta classe uma oscilação na área ocupada nas diferentes datas trabalhadas, o que se deve ao abandono e/ou retomada da atividade pastoril por parte dos proprietários rurais, o que já havia sido constatado por GUIMARÃES (2000:131).

A área ocupada pela tipologia V (Floresta Ombrófila Mista Aluvial) teve um acréscimo de 33 % no período estudado (1976-1999). Em relação à floresta aluvial, (GUIMARÃES 2000:132) indica que a utilização de imagens digitais para o mapeamento desta classe foi mais sensível, possibilitando a identificação das áreas não delimitadas nas fotointerpretações, o que certamente conclui que as áreas desta classe estão subestimadas quando da utilização da fotointerpretação. Outro fator, que pode contribuir para este fenômeno, é a localização das áreas ocupadas por esta tipologia, muito próximas aos cursos de água, o que torna a sua exploração mais difícil.

A tipologia VI (Agricultura) em 1999 apresenta 88 % da área ocupada com esta tipologia em 1976, portanto se constata que as áreas se mantiveram mais ou menos constantes ao longo do período estudado. Em trabalhos à nível de campo, se constatou da mesma maneira que IAP (1995) e GUIMARÃES (2000:132), que algumas áreas desta tipologias são transformadas em campo, da mesma forma que algumas áreas de campo e florestas foram transformadas em agricultura. Também é verificado um sistema de manejo

agro-florestal empregando espécies agrícolas e um florestal, a bracatinga (*Mimosa scabrella*), imprime forte feição à paisagem da região. Do ponto de vista ecológico este sistema apresenta maior importância que os reflorestamentos com espécies exóticas, pois estes apresentam um sub-bosque muito pobre, enquanto que no sistema com a bracatinga podem apresentar variado sub-bosque com espécies típicas da 4ª fase de sucessão secundária (capoeira), principalmente a partir do 5º ano, quando já se encontra sombreado. Após a formação e corte de um primeiro bracingal, os terrenos costumam ser aproveitados para plantio de milho e feijão. O uso do fogo para limpeza do terreno quebra a dormência da semente da bracatinga, podendo matar, porém, as outras espécies. A bracatinga cresce junto com as culturas agrícolas, em um típico sistema agro-florestal da região.

A tipologia VII (Urbana) foi a que mais variou, com crescimento de 538 % entre 1976-1999, representada por um acréscimo médio de 447 ha/ano. O período com maior crescimento em termos percentuais, está compreendido entre 1976-1984 o qual ocorreu crescimento de 138 % da área urbana, correspondendo a um aumento médio de 307 ha/ano. O período com maior aumento médio está compreendido entre 1990-1996, com 659,8 ha/ano e crescimento de 64 %.

A tipologia VII (corpos hídricos) é facilmente identificável nas imagens orbitais, principalmente quando abrangem extensões consideráveis do terreno. Um pouco mais difícil de identificar, pois são dependentes da época de tomada da imagem, são os chamados banhados ou cavas, que são aquelas áreas onde o lençol d'água se encontra na superfície ou está próximo, ou acima da superfície da terra durante uma boa parte do ano. O regime hídrico é tal que geralmente se estabelece uma vegetação aquática ou hidrofítica, embora os planos aluvial e de maré possam se apresentar sem vegetação. Os exemplos desta tipologia são verificados nas várzeas inundáveis de alguns rios e bacias estacionalmente úmidas ou alagadas. Podem apresentar vegetação herbácea de solos úmidos ou são desprovidas de vegetação, e das primeiras camadas de solos, em função da exploração de areia corrente.

A tipologia IX (áreas não classificadas), normalmente são áreas das imagens orbitais com presença de nuvens. Este fenômeno (nuvem) não teve influência nas áreas não classificadas, pois as imagens trabalhadas, não apresentaram nuvens nas áreas mapeadas, portanto, podemos afirmar que toda área não classificada verificada deve-se ao fenômeno de inclinação da Terra que provoca a ocorrência de sombra em determinadas áreas, principalmente àquelas localizadas em regiões de declives acentuados, como é o caso da região mais a Leste da área de estudo.

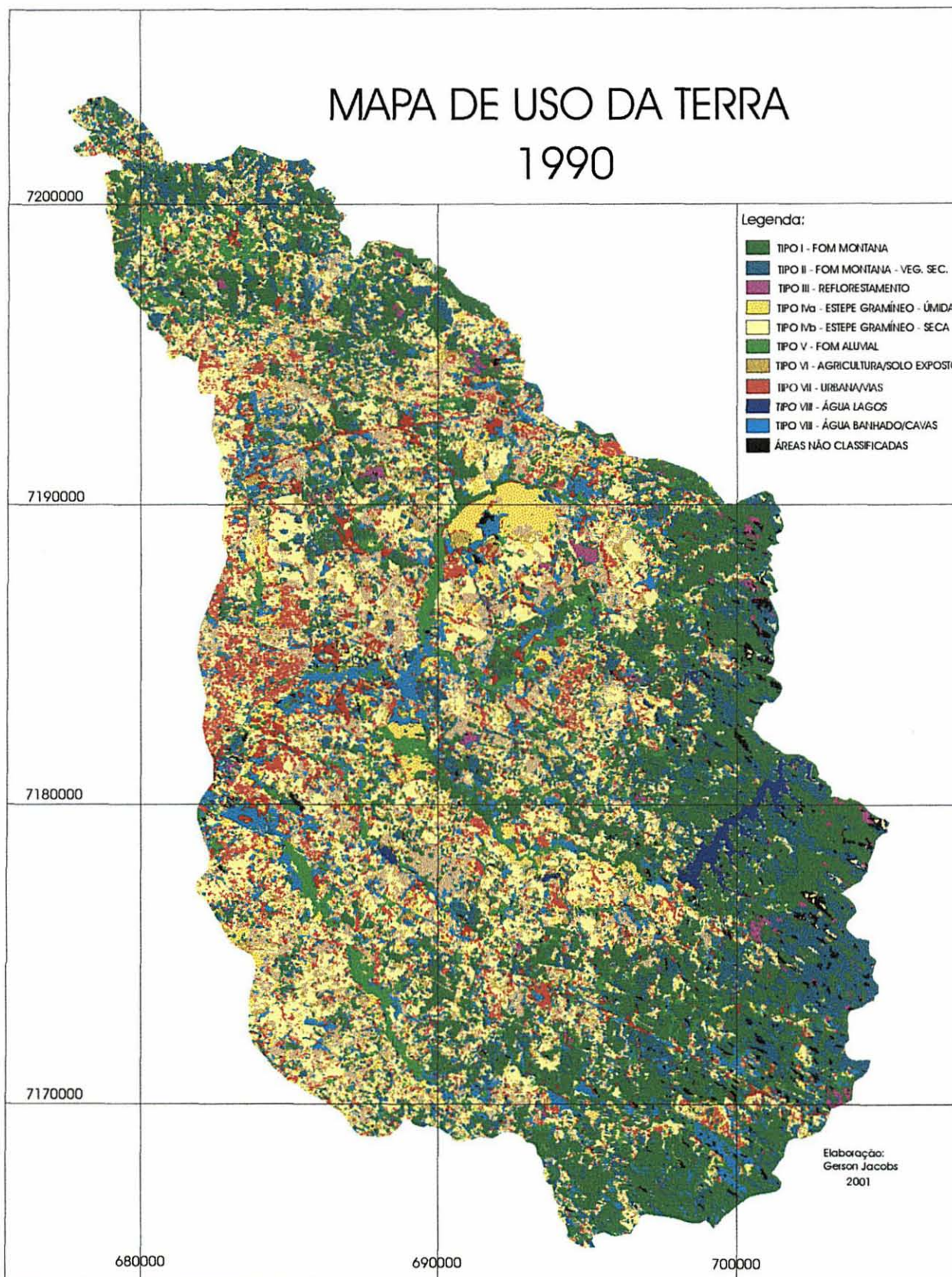


Figura 4.11 – Mapa de uso da terra para o ano de 1990.

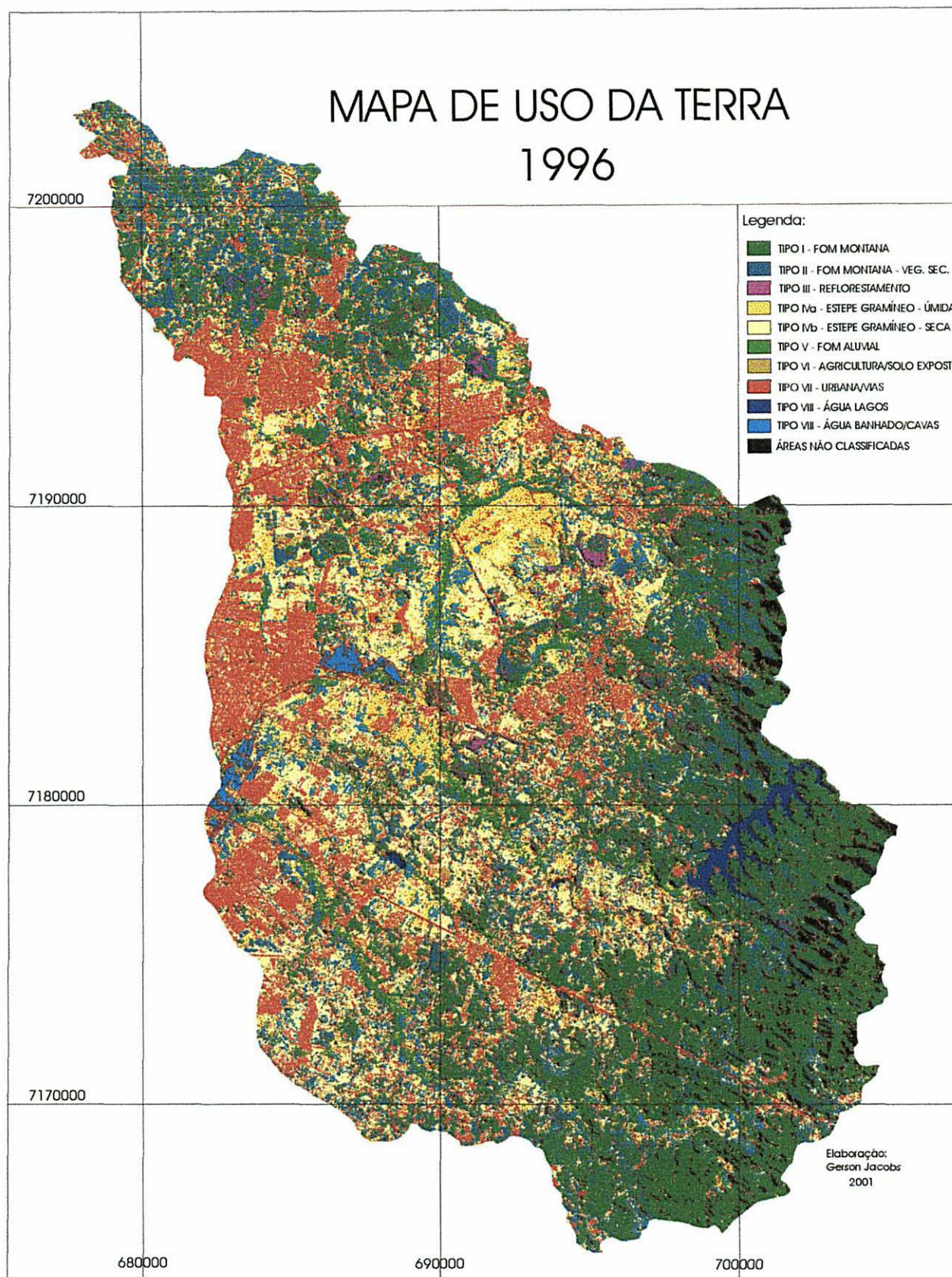


Figura 4.12 – Mapa de uso da terra para o ano de 1996.

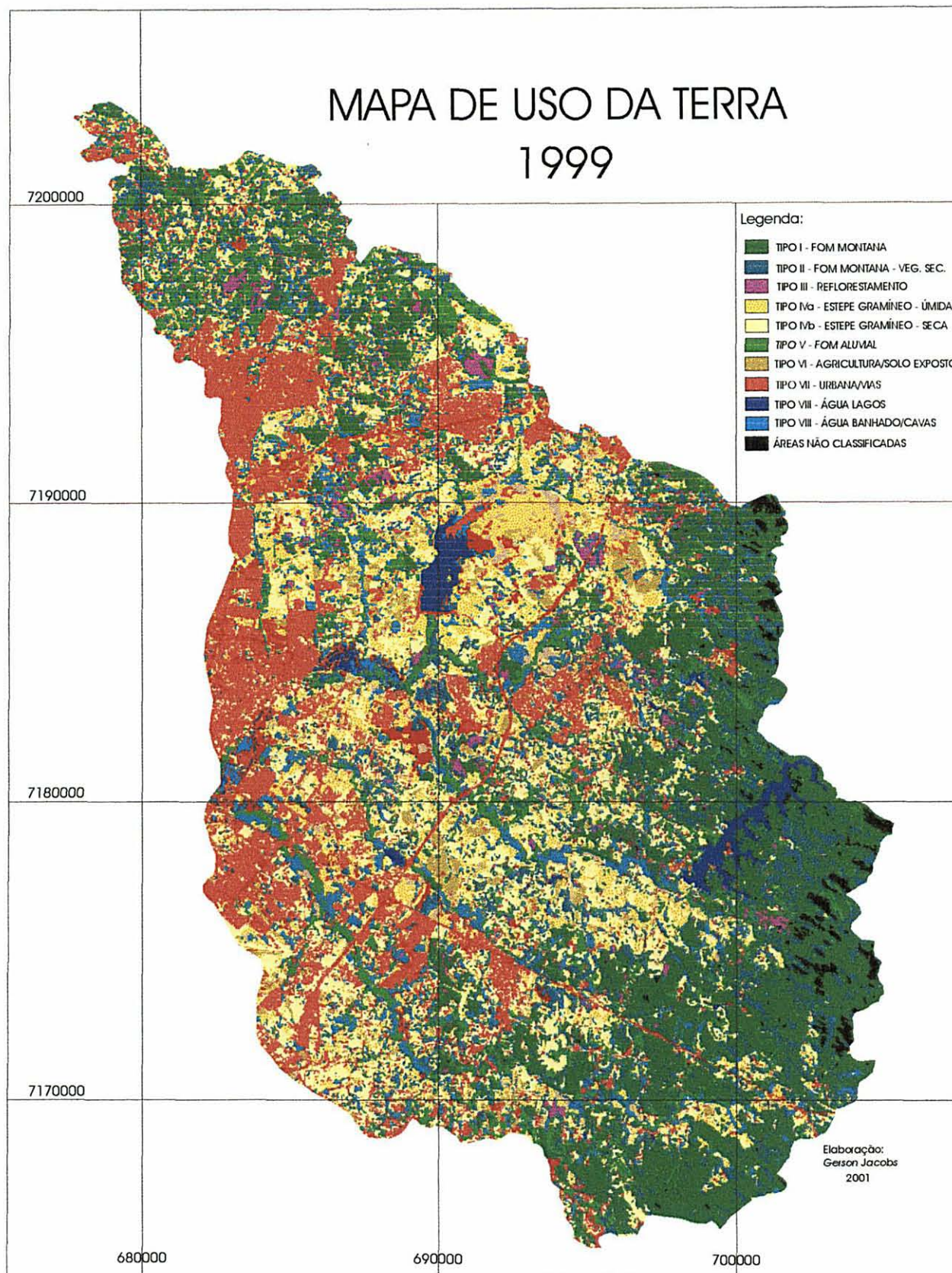


Figura 4.13 – Mapa de uso da terra para o ano de 1999.

A Quadro 4.2, apresenta as áreas ocupadas pelas diferentes tipologias de uso da terra para o período de 1976-1999, individualizada por sub-bacia hidrográfica. Pelos resultados obtidos, pode-se destacar que houve uma redução ao longo do tempo da área ocupada pela tipologia I (Floresta Ombrófila Mista Montana) e uma expansão da área ocupada pela tipologia VII (Urbana), para as sub-bacias dos rios Curralinho, Iraí, Itaqui, Pequeno, Rio do Meio e área de influência.

QUADRO 4.2 - USOS DA TERRA POR SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DE 1976 À 1999.

Data	Sub-bacia	Tipologias de uso da terra (Área em ha)									Área sub-bacia
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1976	Canguiri	383,57	214,68	0,00	721,35	207,92	49,54	216,93			2390,00
	Curralinho	1561,99	715,16	9,47	786,20	701,90	264,28	0,00			4264,00
	Iraí	150,96	121,40	9,50	906,82	1433,59	61,23	9,50			2551,00
	Iraizinho	1910,42	897,69	4,11	1350,64	542,31	225,96	411,87			5202,00
	Itaqui	1173,00	361,00	13,00	2111,00	868,00	158,00	26,00			4710,00
	Palmital	2583,23	1454,91	32,46	3045,58	746,64	689,58	628,59			9333,00
	Pequeno	6475,62	1148,17	0,00	3938,23	871,29	890,65	211,05			13981,00
	Piraquara	4330,10	1346,15	0,00	2908,18	1189,43	387,14	0,00			9790,00
	Rio do meio	285,19	63,74	3,24	827,49	49,69	8,64	0,00			1146,00
	Timbu	554,81	426,36	0,00	803,08	423,13	214,80	187,82			2418,00
Área de influência	119,07	115,99	0,00	1323,12	284,33	3,08	54,40			1851,00	
1984	Canguiri	85,57	373,81	96,08	853,46	3,00	184,65	197,42			2390,00
	Curralinho	968,07	656,43	205,55	1894,47	244,39	62,52	7,58			4264,00
	Iraí	28,50	185,80	42,23	1675,34	517,28	243,86	0,00			2551,00
	Iraizinho	960,34	1166,79	223,91	1735,81	379,00	183,85	693,30			5202,00
	Itaqui	636,00	653,00	47,00	2139,00	600,00	221,00	414,00			4710,00
	Palmital	396,44	2544,87	194,78	3128,21	923,71	360,04	1632,96			9333,00
	Pequeno	4329,34	1999,13	82,29	4154,12	1226,58	1168,50	575,05			13981,00
	Piraquara	3212,29	1919,07	162,95	3405,34	915,42	467,05	78,88			9790,00
	Rio do meio	48,61	240,90	18,36	687,06	199,85	7,56	35,65			1146,00
	Timbu	215,88	595,83	61,53	1161,44	182,42	94,99	297,92			2418,00
Área de influência	80,06	111,89	2,05	329,50	1078,82	23,61	274,07			1851,00	
1990	Canguiri	290,00	183,00	29,00	514,00	225,00	290,00	255,00	6,00	2,00	1794,00
	Curralinho	1163,00	597,00	92,00	783,00	523,00	502,00	252,00	31,00	96,00	4039,00
	Iraí	124,00	72,00	31,00	1067,00	461,00	649,00	227,00	38,00	24,00	2693,00
	Iraizinho	980,00	754,00	28,00	1144,00	1081,00	540,00	720,00	36,00	60,00	5343,00
	Itaqui	687,00	376,00	14,00	1399,00	807,00	1045,00	523,00	43,00	23,00	4917,00
	Palmital	1211,00	1125,00	32,00	2641,00	1492,00	795,00	1830,00	36,00	19,00	9181,00
	Pequeno	2924,00	1790,00	70,00	3178,00	2473,00	1935,00	925,00	54,00	186,00	13535,00
	Piraquara	2581,00	1689,00	143,00	2204,00	1280,00	1206,00	509,00	375,00	174,00	10161,00
	Rio do meio	119,00	108,00	4,00	346,00	174,00	328,00	148,00	5,00	6,00	1238,00
	Timbu	498,00	243,00	45,00	725,00	320,00	436,00	320,00	14,00	9,00	2610,00
Área de influência	30,00	42,00	13,00	489,00	491,00	351,00	445,00	15,00	24,00	1900,00	

											Continuação
1996	Canguiri	251,00	162,00	48,00	556,00	230,00	151,00	377,00	9,00	10,00	1794,00
	Curralinho	1113,00	495,00	184,00	875,00	548,00	145,00	391,00	31,00	257,00	4039,00
	Irai	114,00	105,00	39,00	1609,00	375,00	153,00	281,00	9,00	8,00	2693,00
	Iraizinho	1082,00	565,00	169,00	1357,00	657,00	284,00	1006,00	69,00	154,00	5343,00
	Itaqui	876,00	362,00	65,00	1768,00	547,00	318,00	861,00	57,00	63,00	4917,00
	Palmital	1065,00	1105,00	132,00	2332,00	1241,00	637,00	2585,00	52,00	32,00	9181,00
	Pequeno	4115,00	1271,00	226,00	3040,00	1513,00	689,00	2105,00	130,00	446,00	13535,00
	Piraquara	2946,00	1075,00	321,00	2474,00	1172,00	326,00	892,00	396,00	559,00	10161,00
	Rio do meio	117,00	70,00	15,00	526,00	147,00	81,00	240,00	37,00	5,00	1238,00
	Timbu	376,00	313,00	53,00	781,00	325,00	160,00	581,00	12,00	9,00	2610,00
Area de influência	47,00	20,00	5,00	582,00	121,00	171,00	794,00	158,00	2,00	1900,00	
1999	Canguiri	210,00	153,00	67,00	657,00	340,00	72,00	289,00	6,00	0,00	1794,00
	Curralinho	1001,00	666,00	82,00	911,00	602,00	285,00	351,00	14,00	127,00	4039,00
	Irai	38,00	129,00	45,00	1301,00	214,00	317,00	331,00	318,00	0,00	2693,00
	Iraizinho	886,00	648,00	97,00	1439,00	1069,00	259,00	882,00	48,00	15,00	5343,00
	Itaqui	541,00	380,00	29,00	1717,00	814,00	238,00	1140,00	55,00	3,00	4917,00
	Palmital	685,00	873,00	165,00	2404,00	1785,00	301,00	2928,00	39,00	1,00	9181,00
	Pequeno	3193,00	1205,00	46,00	3487,00	2408,00	451,00	2522,00	84,00	139,00	13535,00
	Piraquara	2367,00	1545,00	177,00	2248,00	1652,00	436,00	1086,00	430,00	220,00	10161,00
	Rio do meio	20,00	78,00	23,00	484,00	184,00	152,00	257,00	40,00	0,00	1238,00
	Timbu	233,00	209,00	82,00	868,00	523,00	76,00	606,00	13,00	0,00	2610,00
Area de influência	4,00	52,00	7,00	500,00	172,00	79,00	960,00	126,00	0,00	1900,00	

FONTE: Para os anos de 1976 e 1984, adaptado de (RIZZI e GUIERA, 1996:34) e para os anos de 1990, 1996 e 1999, interpretação e classificação das imagens de satélite.

Todas as sub-bacias apresentaram redução da área ocupada pela tipologia I, sendo esta redução da ordem de 70 % para as sub-bacias dos rios Iraí, Palmital, Rio do Meio e Área de Influência e de 50 % para as sub-bacias dos rios Canguiri, Curralinho, Iraizinho, Pequeno, Piraquara.

Outro resultado interessante é o aumento da área ocupada pela tipologia V (Floresta Ombrófila Mista Aluvial) nas sub-bacias dos rios Canguiri, Iraizinho, Palmital, Pequeno e Rio do Meio. Apesar deste aumento, esta tipologia nas sub-bacias dos rios Canguiri, Curralinho e Timbú, encontram-se bastante depauperadas e representam apenas parcialmente a formação típica desta tipologia. Os locais mais alterados, apresentam as suas margens ocupadas por uma capoeirinha densa e emaranhada, com ocasionais trechos de uma vegetação mais baixa. Para IAP (1995:18) havia diversas passagens onde a floresta foi muito alterada, havendo muitos arbustos, taquara e outra vegetação baixa que limita a passagem. Há interrupções da floresta de galeria tomadas pela várzea que acompanha o rio, formando "ilhas" de gramíneas e ciperáceas difíceis de transpor em função do solo orgânico alagado e profundo

A análise destes resultados, entre 1990 e 1996, nos indica que a urbanização verificada nas sub-bacias do rio Canguiri, Curralinho, Iraizinho, Itaqui, Palmital, Pequeno, Piraquara e Timbu, deu-se basicamente sobre a tipologia classificada como agricultura/solo exposto de 1990, sendo que as sub-bacias do rio Iraizinho, Palmital, Pequeno e Timbu, esta urbanização ocupou espaços anteriormente classificados com as tipologias florestais.

Em termos percentuais as sub-bacias dos rios Itaqui e Iraí, foram as que apresentaram a maior expansão urbana. Para a sub-bacia Itaqui o crescimento foi mais significativo no período de 76-84, enquanto que para a sub-bacia Iraí foi mais significativo entre 76-90. A urbanização destas sub-bacias, teve como principal causa a ocupação de áreas ao longo das rodovias existentes e/ou implantadas.

Entre 1996 e 1999, a urbanização na sub-bacia do rio Iraí, procedeu-se sobre florestas e campos, sendo que houve um crescimento grande da tipologia água, neste caso representada pelo represamento deste rio pela barragem do Iraí, concluída em 1999. Já a sub-bacia do rio Itaqui, teve a urbanização, em áreas anteriormente classificadas como florestas, a sub-bacia do rio Palmital, esta deu-se sobre as áreas de florestas, capoeira e agricultura e a sub-bacia do rio Pequeno, esta deu-se sobre as tipologias florestais e sobre o reflorestamento. Nas sub-bacias do rio Palmital e rio Iraizinho, a urbanização teve como causa principal o avanço dos aglomerados urbanos (núcleos urbanos) existentes, o que pode ser visualizado nas Figuras 4.11, 4.12 e 4.13.

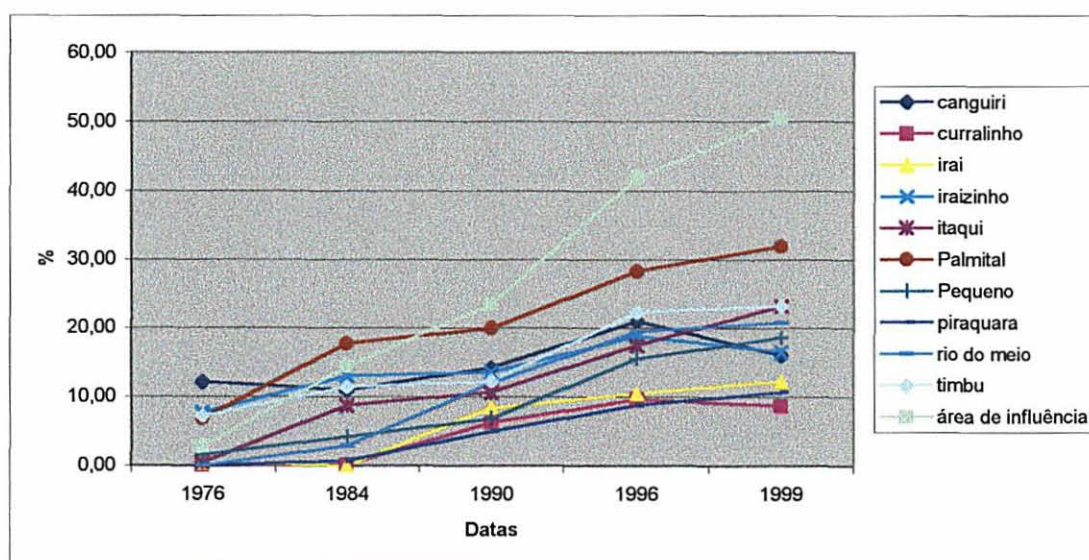


FIGURA 4.15 – Dinâmica de uso da terra das sub-bacias hidrográficas para o período de 1976-99, para a tipologia VII (Urbano)

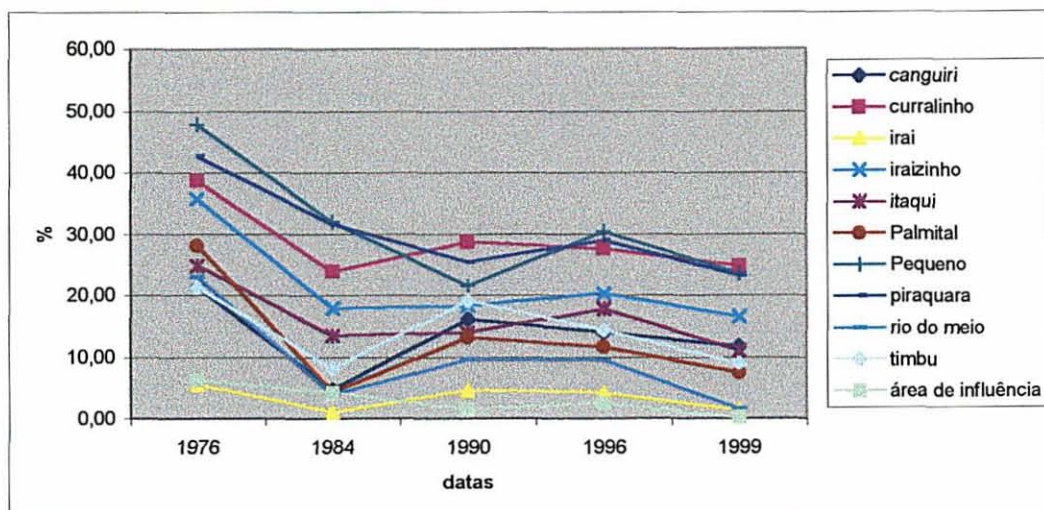


FIGURA 4.16 – Dinâmica de uso da terra das sub-bacias hidrográficas para o período de 1976-99, para a tipologia I (Floresta Ombrófila Mista Montana)

4.4.2 - PRECISÃO DAS CLASSIFICAÇÕES

A precisão das classificações de imagens é obtida pela razão entre o número de pixels corretamente classificados (soma da diagonal maior das Tabelas A4.2, A4.4 e A4.6) e o número total de pixels constantes na matriz de erros, sendo que a classificação da imagem de 1990 resultou em uma precisão de 97,08 %, para a imagem de 1996 em 94,98 % e 96,46 % para 1999.

Com o objetivo de desenvolver e testar o uso de imagens de satélite, BAUER et al. (1994:297) realizaram estudos em Minnesota (EUA). A precisão da classificação obtida foi de 75 % para as seis classes florestais e cinco classes não-florestais utilizadas. Sendo que o maior problema verificado na classificação das áreas florestais, foi o fato de que os padrões florestais serem misturas de duas ou mais espécies que podem também apresentarem diferenças no tamanho, densidade, forma de copa e idade.

A precisão das classificações individuais (tipologias de uso da terra), entretanto é mais complexa, sendo expressa pela razão entre o número de pixels corretamente classificados pelo total de pixels na correspondente linha ou coluna. Esta estatística indica a probabilidade de um pixel ser corretamente classificado e é denominada de exatidão do produtor, porque o analista (produtor da classificação) é o maior interessado na precisão desta. Já a precisão do usuário é a razão entre o número total de pixels corretamente classificados pelo número total de pixels que foram classificados nesta classe (tipologia), ou seja é a probabilidade que tem de um pixel classificado no mapa representar esta classe. Conforme podemos verificar pelos valores destas estatísticas (Tabelas A4.3, A4.5 e A4.7),

todas as classificações 1990, 1996 e 1999, apresentaram índices bastante satisfatórios, com uma precisão muito elevada.

4.5 - CONCLUSÕES

A proposta deste capítulo foi a de verificar a dinâmica espacial da ocupação antrópica da área de estudo e seus impactos sobre essa vegetação, utilizando-se de um SIG. Pode-se concluir que este sistema permitiu, através da seleção de variáveis, avaliar o processo de transformação do espaço antrópico, no período de tempo definido (1976-1999). As variáveis que possibilitaram a avaliação e as tendências dessa dinâmica foram: aquelas correlacionadas com o uso da terra. Todas essas variáveis geraram mapas que, quando analisados, possibilitaram avaliar e quantificar a dinâmica espacial da ocupação antrópica, a antropização sobre as áreas de floresta e campos. Desta forma, as técnicas de SR e SIG constituíram-se em ferramentas adequadas e imprescindíveis para a avaliação da dinâmica espacial verificada sobre as áreas de floresta/campos na área de estudo.

A dinâmica da ocupação da superfície pode ser analisada através das respectivas representações estudadas. Como por exemplo a superfície ocupada pelas florestas, em 1976, representavam 58,99 % da superfície, em 1984, ocupavam 50,22 %, em 1990, 48,08 %, em 1996, 44,99 % e em 1999, 44,95 %. O percentual de redução das cobertura florestal, acrescido com o percentual de redução dos campos, foi praticamente preenchido pelas áreas urbanas.

As áreas urbanas, compunham apenas 3,14 % da superfície total, em 1976, passando para 7,40 % em 1984, 8,95 % em 1990, 18,11 % em 1996 e 19,91 % em 1999. O aumento das áreas antropizadas ao longo do tempo, deu-se principalmente, pelo maior adensamento das áreas existentes, como foi constatado nas sub-bacias do rio Palmital, rio Pequeno e rio Iraizinho, como pela expansão sobre áreas localizadas às margens das rodovias BR-277, nas sub-bacias do rio Itaqui e rio Pequeno, BR-116 nas sub-bacia do rio Canguiri, rio Timbu e PR-415, nas sub-bacias do rio Iraizinho, rio Palmital e rio Pequeno.

A análise do uso da terra por grupo de solo demonstrou que as alterações do uso da terra, entre 1990-1999, não tiveram um comportamento preferencial sobre determinado grupo ou grupos de solos, pois em termos percentuais foram verificadas variações muito pequenas.



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO V

Recursos hídricos

5.1 - INTRODUÇÃO

As nascentes de água que abastecem as cidades são vitais. Depende delas cada gota que os cidadãos e as empresas usam. Por isso, é mais que estratégico garantir sua preservação e sua qualidade – uma tarefa difícil, em especial em regiões metropolitanas como Curitiba que, embora tendo uma rígida legislação de proteção aos mananciais, não conseguiu evitar o uso e ocupação irregulares da terra, com séria e progressiva deterioração dos seus mananciais.

No caso específico da área de estudo, percebe-se que a ocupação desordenada de espaços, aliada às questões de disponibilidade de água para fins de abastecimento público, nos indica que devemos questionar e analisar o modelo de uso e ocupação da terra, com vistas a garantir a qualidade da água.

As captações existentes na área de estudo, Iguaçu e Irai respondem por cerca de 70% do abastecimento de água das 2,4 milhões de pessoas (26,9% da população paranaense) que residiam na RMC em 1996, consumindo nada menos do que 7.000 litros de água por segundo. Este capítulo tem como objetivo a análise da disponibilidade hídrica e da qualidade da águas captadas e tratadas em duas ETAs (Tarumã e Iguaçu) no período compreendido entre 1976-1996, bem como dos insumos utilizados no tratamento destas águas.

5.2 - REVISÃO DE LITERATURA

5.2.1 – ASPECTOS QUANTITATIVOS

5.2.1.1 - Disponibilidade de recursos hídricos

A água é essencial à vida, constitui um elemento necessário para quase todas as atividades humanas, sendo, ainda, componente da paisagem e do meio ambiente (SETTI, 1994:37).

Considerando a hipótese de que toda água do Planeta pudesse ser contida em uma garrafa de dois litros (Figura 5.1), descobre-se que a água doce que efetivamente pode ser destinada ao consumo humano representa um volume extremamente pequeno. No total da água existente, 97 % do volume é água salgada; 2,3 % está concentrada em geleiras; 0,7 % é água doce concentrada em rios e lagos, distantes das concentrações populacionais.

Restam apenas 0,0081 % do volume total com qualidade suficiente para consumo humano (WEBER,1998:6). Este volume, no entanto representa metade da tampa da garrafa.



FIGURA 5.1 - Ilustração esquemática da distribuição da água no Planeta sob a forma de uma garrafa (Fonte: WEBER,1998:6)

Para SETTI (1994:74), do total de água doce disponível, somente 1,2 % (um vírgula dois por cento) se apresentam sob forma de rios e lagos, sendo os restantes 98,8 % água subterrânea, entretanto, é inviável para utilização humana pois está situada abaixo de uma profundidade de 800 m. Ainda segundo este autor, a água doce é um bem que permanece imutável, em que pesem suas impurezas, devido aos usos ou mesmo às diversas formas em que se apresenta. A renovação da água doce é devida ao seu permanente movimento circulatório contínuo em transformação de um estado para outro, denominado ciclo hidrológico. Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações na qualidade. Isso ocorre nas condições naturais, em razão das inter-relações dos componentes do sistema meio ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados devido ao uso para suprimento das demandas dos núcleos urbanos, das indústrias, da agricultura e das alterações do solo, urbano e rural.

O controle do regime das águas é ponto importante (SETTI, 1994:38), considerando as obras que possam afetar o comportamento hidrológico dos cursos e hidrogeologia dos aquíferos subterrâneos e, também, as ações do homem, que afetam o ciclo hidrológico, como o desmatamento e urbanização.

Este quadro de escassez faz com que sejam urgente e necessária medidas que venham a reverter um cenário pessimista que várias organizações mundiais, especialistas e centros de estudos apontam para o próximo século: uma grande parcela da população mundial sem acesso à água tratada e o comprometimento da produção de alimentos (WEBER,1998:7). Organismos financeiros apontam a disponibilidade hídrica de um país como fator estratégico no seu desenvolvimento, chegando a considerar que a água será o recurso natural mais importante no futuro.

A disponibilidade de recursos hídricos no Brasil é de 177.900.000 l/s, se for considerada somente a contribuição do território brasileiro (Figura 5.2), e de 251.000.000 l/s, se for levada em conta toda a vazão da bacia Amazônica (SETTI, 1994:107). Este potencial hídrico corresponde a 53 % do total referente à América do Sul e a 12 % do total mundial.

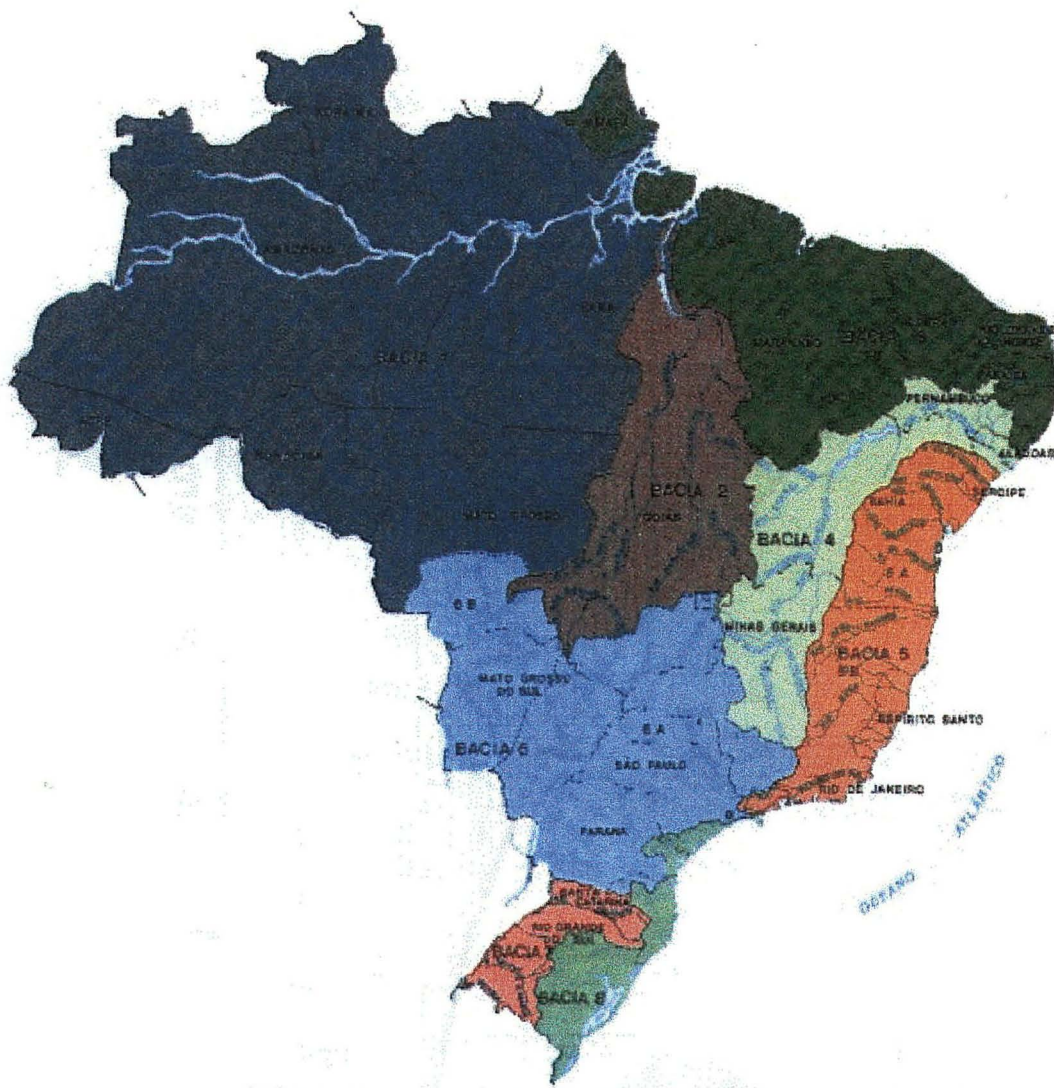


FIGURA 5.2. Bacias hidrográficas brasileiras (Fonte: DNAEE, 1984¹ citado por SETTI, 1994:105)

A maior ameaça da degradação dos mananciais da RMC (DALARMI, 1995:31) é representada pela ocupação urbana, a qual, continua na sua marcha lenta e silenciosa, porém progressiva, pondo em risco a perda de um patrimônio de valor inestimável e insubstituível, qual seja, os mananciais de abastecimento tão vitais à população da região. De nada adiantam planos de desenvolvimento econômico e tampouco obras urbanas de vulto, sem a garantia das condições mínimas de potabilização da água bruta de nossos mananciais.

¹ DNAEE. Ação do DNAEE na Área de Recursos Hídricos. 1984.

Sabe-se que a qualidade da água potabilizada depende da qualidade da água bruta (DALARMI, 1995:31). Se esta última ultrapassar certos limites de poluição, fatalmente o processo de tratamento terá que ser interrompido. Esta condição somada ao desenvolvimento do processo de degradação de um manancial em progressão geométrica, poderá surpreender a todos, se medidas preventivas não forem tomadas com antecedência, no sentido de disciplinar com rigor e eficiência a ocupação das áreas dos mananciais.

5.2.2 – SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

5.2.2.1 – Captações superficiais

Os rios constituem sistemas ecológicos abertos, onde os organismos se utilizam de um meio (água) no qual os nutrientes são permanentemente substituídos pois, com a água, são removidos sem oportunidade de retorno. A composição das comunidades bióticas que se desenvolvem nesses sistemas é determinada pelas características morfológicas do rio, características físicas da água e pela composição química da mesma, e estas por sua vez, dependem de fatores climáticos, geológicos, físicos, químicos e biológicos. Assim, a composição química das águas dos rios depende do tipo e composição das formações geológicas, da intensidade e composição das águas das chuvas que precipitam na área de drenagem, do uso da terra e das reações entre água, vegetação e solo/sedimento.

Da mesma forma, as variações estacionais podem produzir alterações no efeito de diluição de poluentes que são introduzidos num sistema fluvial. Assim, como consequência do aumento da precipitação pluviométrica, a vazão do rio aumenta e conseqüentemente os efluentes domésticos e industriais são diluídos em uma quantidade maior de água aumentando por seu turno, a capacidade assimiladora do rio. Por outro lado, pelo lançamento de efluentes em quantidade superiores à esta capacidade (diluição e depuração), a intensidade da poluição é aumentada (MAIER, 1983:84). Há um acentuado contraste entre a exportação de material dissolvido e em suspensão em relação à taxa de descarga do rio. A concentração das substâncias dissolvidas é pouco afetada pela taxa de fluxo enquanto a concentração de material em suspensão é direta e exponencialmente relacionada com a descarga do rio.

As características dos ecossistemas de rios estão intimamente ligadas à natureza de sua bacia de drenagem. Segundo BEAUMONT (1975² citado por MAIER, 1983:71), os principais fatores que controlam o regime de um rio são: as condições climáticas da bacia, as características geológicas, a cobertura vegetal, o uso da terra, a geometria do canal e as características morfológicas da bacia como um todo.

Em uma bacia de drenagem, o escoamento é dependente da hidrografia e muito influenciado por fatores climáticos, dos quais a precipitação é o mais importante. Se a precipitação é forte e demorada, pode aumentar significativamente o escoamento. Aumento significativo ocorre também quando por ocasião da chuva, o solo já está saturado. O tipo de solo da bacia também exerce forte influência; o escoamento em região de solo aberto e permeável é menor que em região de solo impermeável como argila. O sistema de drenagem representado pelo número e comprimento de rios também governa o escoamento.

Sendo a precipitação a principal fonte de água para a bacia de drenagem, a umidade do solo é um dos mais importantes reservatórios de água deste sistema. O padrão de escoamento é, em grande parte, controlado pela forma da bacia; geralmente há relação entre a taxa de bifurcação e a natureza da hidrografia de cheia.

Quando a precipitação é forte e concentrada em um curto período de tempo, o enriquecimento do rio pode ser quase inteiramente resultante da precipitação que transporta não apenas substâncias solúveis, mas também enormes massas de material em suspensão. Quando, durante algum tempo, a precipitação é fraca ou ausente, o enriquecimento é feito principalmente pelas águas subterrâneas, as quais pelo longo tempo em contato com a rocha e principalmente em condições de supersaturação de dióxido de carbono, usualmente possuem maior concentração de compostos dissolvidos (GOLTERMAN, 1975³ citado por MAIER, 1983:73). A diminuição da vazão provoca aumento nos teores dos íons predominantes (dissolvidos) duas a dez vezes maior que a concentração registrada nas maiores vazões.

Entre as fontes de sulfato e cloreto encontram-se os compostos de Ca e Na (CaSO_4 e NaCl) que comumente ocorrem no solo. Outra fonte de sulfato e cloreto, é a precipitação que cai na bacia do rio, mas que geralmente contribui pouco quando comparada à

² BEAUMONT, P. 1975. Hydrology In: Whitton, B.A. **River Ecology** London, Blackell Scientific Publications: 1-38

³ GOLTERMAN, H.L. 1975 . Chemistry. In: Whitton, BA. **River Ecology**. London. Blackwell Scientific Publications: 39-80

dissolução de rochas (MAIER, 1983:73); entretanto, a poluição pode tornar a precipitação o mais importante fornecedor desses íons para a bacia.

5.2.2.2 – Captações em reservatórios de acumulação

Em NOVA IORQUE (1971:7-10), pode-se verificar algumas vantagens e desvantagens deste tipo de captação. Os reservatórios de acumulação tem a vantagem de possibilitar a remoção de maior parte da turbidez, através da sedimentação, durante o armazenamento. Benefícios adicionais tais como redução do número de bactérias, podem ocorrer. Entretanto, podem existir desvantagens tais como a produção de sabor e odores desagradáveis pelas algas.

Normalmente, os rios somente são adotados para o abastecimento quando não se dispõe de outras fontes. O abastecimento direto de um rio tem uma vantagem sobre o abastecimento através de um reservatório de acumulação: os custos iniciais são menores, devido ao fato de não serem necessárias barragens, adutoras longas, desapropriação de terras e observação de direitos relativos à água. Os lagos, lagoas e reservatórios de acumulação, normalmente fornecem água de melhor qualidade do que a maioria dos cursos de água, devido ao efeito benéfico da autodepuração e armazenamento.

Para possibilitar a retirada da água, continuamente, de uma bacia de drenagem à uma taxa média (vazão média), ou a uma taxa próxima dela, a água deve ser acumulada durante os períodos de vazão elevada. O “abastecimento seguro” através de uma bacia de drenagem é a máxima taxa com a qual a água possa ser retirada, continuamente, durante um longo período de tempo. Sem acumulação, a taxa, para abastecimento seguro, seria igual à mínima taxa de vazão a ser esperada no futuro.

Sob um ponto de vista prático, o fornecimento (abastecimento seguro) através de uma bacia de drenagem, deverá estar entre a vazão mínima esperada e a vazão média a longo prazo. A quantidade exata depende da capacidade de armazenamento (condições de acumulação).

5.2.2.3 – Captações subterrâneas

Há dezenas de milhares de poços tubulares no Brasil (SETTI, 1994:109-112), tendo sido observado notável incremento de perfurações nas últimas décadas. Um número bastante expressivo de núcleos urbanos se abastece exclusivamente com águas subterrâneas, ou as utiliza complementarmente às águas superficiais. Muitas indústrias,

propriedades rurais, hospitais, escolas e outros estabelecimentos utilizam-se de poços. A utilização crescente das águas subterrâneas é, sem dúvida, resultado dos esforços que tem sido empreendidos para conhecimento de suas condições de ocorrência e de desenvolvimento de tecnologia de suas captações através de poços profundos.

Para LISBOA (1995:7) a RMC, representava em 1995, o pólo agregador de população, com a maior taxa de crescimento entre todas as capitais brasileiras, considerando-se as duas últimas décadas. Dos aquíferos existentes na região, merece destaque o aquífero Karst, localizado na região norte da cidade, apresentando um grande potencial de produção, entretanto para seu aproveitamento efetivo necessita ainda de um prolongado monitoramento e uma ampla pesquisa geotécnica e ambiental. Atualmente a SANEPAR está procedendo estudos visando seu aproveitamento como manancial de abastecimento. Em testes de curta duração foram obtidas vazões da ordem de 200 a 250 m³/h, para cada poço, porém não se conhece ainda o comportamento em períodos maiores (DALARMI, 1995:11).

Pela análise dos dados hidrológicos, existentes LISBOA (1995:11), verificou a situação de estiagem de 1 (um) ano a cada 10 (dez) anos, quando então pode haver déficit hídrico, o qual no entanto, é plenamente compensado nos 9 (nove) anos subsequentes, constituindo o gerenciamento deste episódio, apenas uma questão de manejo com vistas a regularização dos volumes de longo prazo disponíveis. Por outro lado, do ponto de vista geotécnico, o fenômeno da karstificação gera condições altamente instáveis no substrato rochoso, pela presença de cavernas, preenchimento de áreas abatidas com material coluvial ou aluvionar e zonas intensamente dolinizadas. Segundo este condicionamento, tais regiões caracterizam-se como de grande risco para concentrações urbanas, carecendo de estudos prévios para sua efetivação.

Segundo estimativas preliminares (LISBOA, 1995:12), avaliava-se um potencial de captação 40.000 l/s para o aquífero, ampliando de forma satisfatória o horizonte para atendimento da demanda da RMC, com a conveniência de pelo menos 30.000 l/s provenientes da bacia do Ribeira, até o momento inexplorada. Estas estimativas parecem não ter sido confirmadas, tendo em vista que a exploração de alguns poços instalados no aquífero pela SANEPAR, não proporcionaram a vazão esperada, além do fato de terem provocado rebaixamento no nível do lençol e desmoronamento de galerias e grutas.

A superfície da lâmina de água que satura o aquífero desenvolve-se de uma altitude mínima de 940 m junto a linha de contato com o Embasamento Cristalino, até 1.100 m nas proximidades da linha de interflúvio entre a bacia do Iguaçu com a bacia do Ribeira (LISBOA, 1995:12). Dentro deste condicionamento de potencial hidráulico, onde a altitude

média da lâmina de água é de 980 m, similar aos pontos mais altos a serem abastecidos, e superior a altitude média da cidade de Curitiba (em torno de 920 m), o manancial em questão, possibilita significativa economia referentes aos custos com energia elétrica para bombeamentos de recalque.

Em determinadas situações, o abastecimento pode ser viabilizado por gravidade (sifonamento), suprimindo totalmente os gastos com energia elétrica. Segundo critério de viabilidade econômica, os mananciais subterrâneos, via de regra, são mais competitivos que os mananciais superficiais, afora o aspecto inquestionável de melhor qualidade, onde o fator financeiro perde o seu sentido (LISBOA, 1995:22). Apesar deste condicionamento favorável, apenas 17 % da presente demanda total é suprida por mananciais subterrâneos.

5.2.2.4 - Curitiba – Sistema de abastecimento de água.

5.2.2.4.1 - Histórico até os dias atuais

O sistema de abastecimento de Curitiba teve suas primeiras instalações inauguradas em 1908, com a captação de águas da Serra do Mar, e sendo distribuída "in natura". O sistema dos "Mananciais da Serra", abasteceu a cidade até o ano de 1945, quando entrou em operação o sistema do rio Piraquara, com uma vazão média de 120 l/s (DALARMI, 1995:32). A partir dessa data, a captação passou a ser realizada no rio Piraquara, ficando os "Mananciais da Serra" exclusivamente para a sede municipal de Piraquara e região, a qual permanece até a data de hoje.

O projeto inicial, de autoria do Eng. Gastão Motta (PLANIDRO, 1975:38), concebido quando a cidade chegava aos 100.000 habitantes, em ritmo de crescimento moderado, previa o abastecimento até o ano de 1965, isto é, para um período de 20 anos. A captação foi executada no rio Piraquara, cujas águas de excelente qualidade, eram submetidas a tratamento por coágulo – sedimentação, filtração rápida e desinfecção, para eliminar o problema de cor e de matéria orgânica. A estação de tratamento, situada no bairro Tarumã, foi projetada para a capacidade nominal de 48.000.000 litros diários.

O surpreendente crescimento demográfico de Curitiba fez com que, já em 1957, a população de projeto fosse alcançada, levando o DAE (Depto. de Águas e Esgotos) a providenciar, nos dois anos seguintes, dois reforços de 7.000.000 litros diários cada um, com água do rio Atuba (PLANIDRO, 1975:39). A estação de tratamento passou a trabalhar com sobrecarga.

Em 1963 a captação foi transferida para o rio Iraí, em razão de sua maior proximidade (8 Km da ETA) e da sua maior vazão. Esse manancial, embora cruzado pelas linhas adutoras do Piraquara, havia sido desprezado no projeto inicial, por ser este último mais isento de poluição, embora as águas do rio Iraí apresentassem padrões de qualidade ainda perfeitamente aceitáveis, mediante tratamento. Inicialmente (DALARMI, 1995:32), a captação do rio Iraí era de 500 l/s, passando em seguida para 800 l/s, vazão essa que persistiu até final de década de 90. A ETA do Tarumã sofreu, então, uma ampliação nos canais de floculação, passando a capacidade nominal a 750 l/s, embora trabalhasse, nas épocas de maior demanda, no regime de 900 l/s ou 78.000.000 litros diários, com os filtros suportando o ônus da deficiente clarificação prévia (PLANIDRO, 1975:39).

Em 1963 foi iniciado o projeto das obras do aproveitamento do rio Iguaçu, projetado para uma vazão de 3.000 l/s, em duas etapas, tendo sido inaugurada em 1968 a primeira etapa de 1.500 l/s. As obras da captação foram implantadas pelo DNOCS (Depto. Nac. de Obras contra a Seca), enquanto que as da estação de tratamento foram executadas pela SANEPAR, ambas concluídas em 1969 (PLANIDRO, 1975:39). A previsão, na época, era dotar a cidade com cerca de 3.900 l/s, contando com o aumento da capacidade nominal do subsistema Iraí de 750 para 900 l/s, vazão esta que vinha produzindo em regime de sobrecarga. A vazão de 3.900 l/s incluía 60 l/s para o abastecimento de São José dos Pinhais, devendo os 3.840 l/s restantes ser suficientes para suprir uma população de 1.100.000 habitantes, prevista para Curitiba em 1990, segundo estimativas da SANEPAR (PLANIDRO, 1975:47).

Segundo PLANIDRO (1974:16-17), em 1974 existiam dois sistemas produtores de água tratada: o sistema Iraí e o sistema Iguaçu. O primeiro operava em sobrecarga para atendimento da maior parte da rede distribuidora da cidade; o segundo operava somente com 20 % de sua capacidade instalada de 1.500 l/s em virtude da inexistência de obras de subadução que o interligasse ao sistema distribuidor alimentado pelo sistema Iraí e obras de ampliação da capacidade dos reservatórios. Desta contradição resultava a falta de água à cidade em determinados momentos, notadamente nos fins de tarde, embora a rede abrangesse apenas parte da área urbanizada.

O sistema de abastecimento de água da cidade de Curitiba, em 1974, servia a uma população de aproximadamente 390.000 habitantes, envolvendo 83.000 economias, perfazendo 47.000 ligações domiciliares em 700 km de rede (PLANIDRO, 1974:16). Também neste período, cerca de 25 % da população urbana de Curitiba era atendida por rede de esgotos sanitários, que se estendia por 370 km (PLANIDRO, 1974:18). O rio Atuba e seu afluente Bacacheri drenavam uma área densamente povoada e destituída de rede

pública de esgotos, recebendo também considerável volume de despejos industriais, que comprometiam inteiramente sua qualidade. O projeto de captação do rio Iguaçu desviou as águas do rio Atuba para jusante da barragem (PLANIDRO, 1974:19), com sacrifício de cerca de 1.000 l/s para o abastecimento da cidade.

A seleção do local para a tomada de água no rio Iguaçu foi precedida de valiosos estudos, que segundo PLANIDRO (1975:48), concluíram com grande acerto, pela localização da tomada logo a montante da ponte da BR-116, trecho Curitiba-Paranaguá, que oferece as seguintes vantagens: facilidade de acesso, extensão razoável para o canal de desvio das águas poluídas no rio Atuba para jusante da captação (1.600 m), proximidade da subestação transformadora de energia (2 km), facilidade de locação das adutoras na faixa de domínio da rodovia, distância de adução e outras. A localização da tomada, embora a jusante do rio Pequeno, não sacrificou sua contribuição, uma vez que pode o mesmo, sem grandes ônus ser retificado e desviado para montante da captação, mediante a execução de um canal de 1.000 metros.

Em 1978 (DALARMI, 1995:32), foi construída a represa do rio Caignava, trazendo enorme reforço aos mananciais ora utilizados. Naquela época a capacidade instalada era de 3.800 l/s. Posteriormente foi construída a barragem do rio Passaúna, com uma capacidade nominal de 2.000 l/s. Resultando então uma capacidade total de 5.800 l/s, mesmo assim menor do que a demanda na época, estimada em 6.379 l/s (DALARMI, 1995:5 e 1995:35). A população da RMC alcançava em 1995 cerca de 2,6 milhões de habitantes, sendo que no Sistema Integrado de Curitiba (SIC), a população não era superior a 2,5 milhões de habitantes. O índice de atendimento, em 1995, era de 95 % da população urbana.

Segundo COMEC (1997:23) em 1997, praticamente 100 % da população urbana da RMC era servida por água potável em suas habitações. Entretanto, esse atendimento a praticamente todo o universo populacional não foi acompanhado de um adequado aumento na captação de água bruta e produção de água tratada. Com isso, tem sido freqüentes as interrupções e cortes no abastecimento: o déficit oscila entre 10 a 25 %, dependendo da estação do ano. Com isso, 70 % da população da região (2 milhões de pessoas) tem sido afetadas pelos programas de racionamento.

Além dos mananciais superficiais, o sistema recebe atualmente 200 l/s do aquífero cárstico, que abastece principalmente a cidade de Colombo (sistema interligado). O sistema produtor alcança desta forma uma produção 6.950 l/s, convivendo a região, portanto com um pequeno déficit operacional, pois a demanda é pouco superior a 7.000 l/s (ANDREOLI et al., 1999:21).

Mesmo que a SANEPAR denomine como Sistema Integrado de Abastecimento de Curitiba (SIC), na prática observamos que o SIC não é um sistema integrado, porque as águas captadas no Passaúna não podem ser disponibilizadas às mesmas regiões de distribuição das águas captadas pelas captações Irai e Iguaçu. Portanto, em Curitiba, percebe-se claramente a separação dos sistemas de captação e distribuição das águas em Região Oeste e Região Leste.

Na região oeste esta situada a captação do rio Passaúna. O aproveitamento desse rio é efetuado através da regularização de vazão com reservatório de volume útil igual a 48 hm³. A bacia hidrográfica, no local da barragem é de 143 km². A capacidade nominal do sistema de 2.000 l/s, porém a capacidade operacional pode oscilar de 1.300 a 1.700 l/s (DALARMI, 1995:35).

Na região leste da cidade (Figura 5.3), há a captação Irai, compreendendo uma bacia de contribuição de 293 km² (mananciais Canguiri+Timbu+Curralinho), e a captação Iguaçu, que possui uma bacia de contribuição de 565 km² (a área da captação Irai, acrescida de 272 km² dos mananciais Iraizinho, do Meio, Piraquara, Palmital, Itaquí e Pequeno), sendo que:

- (i) a captação Irai, que realizada diretamente no rio, com capacidade de 800 l/s em função da implantação da barragem do Irai, em 1999, com acréscimo de 1.800 l/s passando a ser captada no reservatório e
- (ii) a captação Iguaçu, também realizada diretamente no rio, com capacidade nominal de 3.000 l/s, com produção atual de 3.300 l/s (DALARMI, 1995:5 e 1995:35).

Estes mananciais tem o seu barramento em pontos mais afastados e a vazão regularizada alcança o ponto de captação, que se situa mais próximo do centro de consumo, percorrendo o próprio leito do rio, sendo portanto, uma opção bastante econômica. Esta concepção tem ainda a vantagem de otimizar as vazões passíveis de serem captadas, em função da utilização das bacias incrementais de forma associada. Outro ponto de grande importância destes mananciais é o fato de que por se localizarem na área de influência da Serra do Mar, apresentam altíssimos níveis de precipitação pluviométrica, caracterizando conseqüentemente altas vazões específicas. As características apresentadas do alto Iguaçu são fundamentais para o abastecimento público da região, pois representavam 61,70 % da oferta de água do potencial da bacia do alto Iguaçu, incluindo esta, coletados dentro da cidade e em uma posição topográfica favorável o que determina custos operacionais bastante reduzidos (ANDREOLI et al., 1999:22).

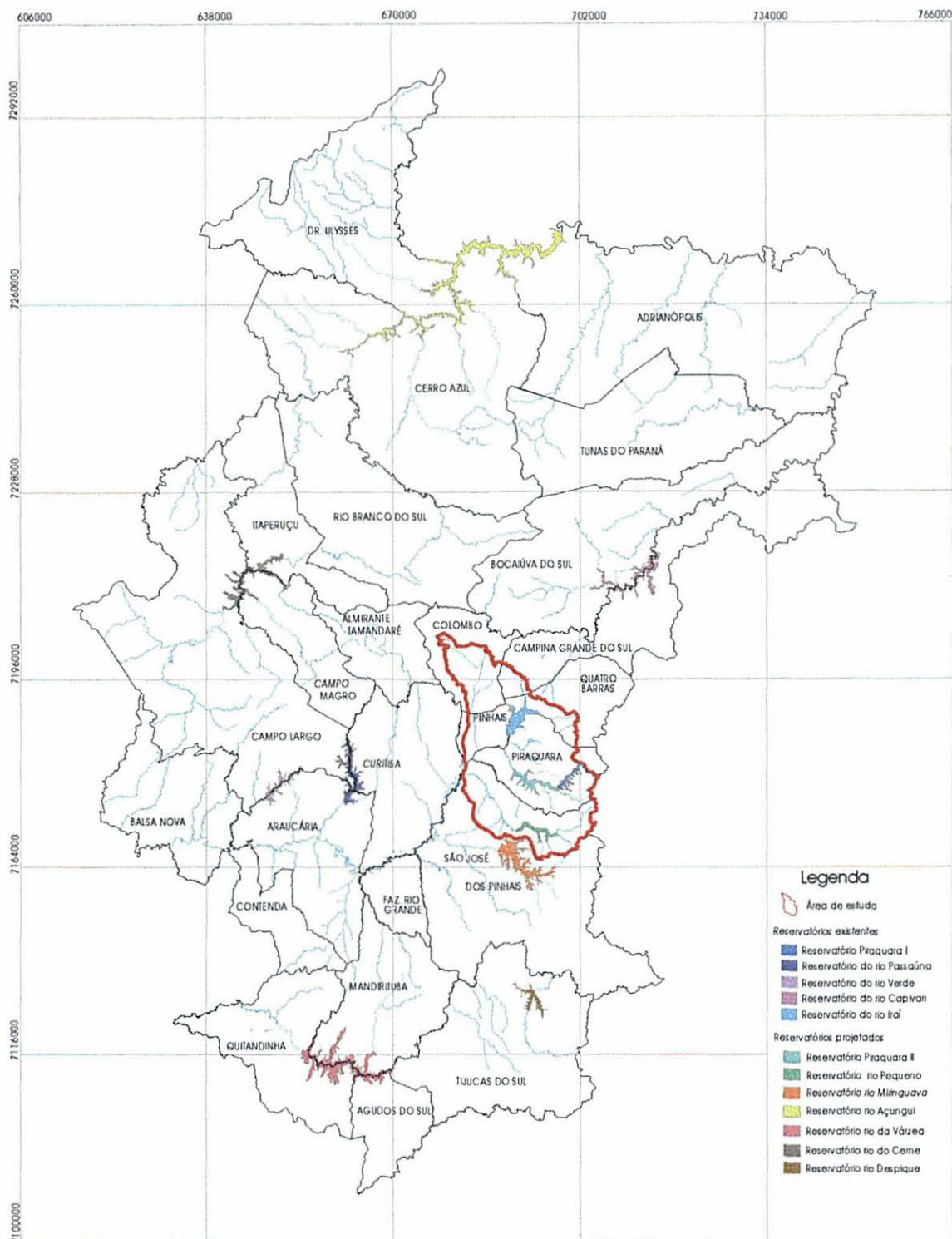


FIGURA 5.3 - Reservatórios de água existentes e projetados para a RMC

Sub-bacias hidrográficas da Região Leste

O Iguaçu (no local de captação), segundo SUREHMA, (1985:6), possui uma vazão média de 6.782 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ em 10 anos, 7 dias de recorrência de 1.227 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Pequeno

A sub-bacia do rio Pequeno tem uma área de 135,11 km² que produz 630 l/s, apresentando elevada vazão específica mínima $Q_{(10,7)}$ (PLANIDRO 1976:136). Esta bacia apresenta intensa ocupação urbana numa área cerca de 50 km² à jusante do rio Quissisana e no distrito industrial de São José dos Pinhais. A foz do rio Pequeno situava-se à jusante da captação do Iguaçu, a qual através de um canal foi desviada para montante. Embora atualmente suas águas não estejam sendo utilizadas para o abastecimento público, devido à sua proximidade e produção favorável, esse rio inevitavelmente voltará a ser manancial de abastecimento (ANDREOLI et al., 1999:24). A região mais à montante da bacia apresenta bom potencial, pois há uma boa cobertura florestal. Atualmente, suas águas estão sendo utilizadas apenas ao abastecimento do distrito industrial de São José dos Pinhais.

Há uma barragem projetada para esta sub-bacia, mas a sua construção tem sido postergada, em função da presença de 2 Km de oleoduto da Petrobrás na área do futuro reservatório. Segundo SUREHMA (1985:6), esta sub-bacia apresenta uma vazão média de 3.060 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 640 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Piraquara

Com uma área de 101,44 km², as águas do rio Piraquara são regularizadas através de uma barragem existente (Piraquara I – rio Caiguava, afluente do rio Piraquara) cuja bacia possui 27 km² de área, com área inundada de 3 km² e volume útil de 22,84 hm³ (PLANIDRO, 1976:138), proporcionando uma vazão garantida na captação de 3.300 l/s (SUREHMA, 1985:6). Apresenta boa qualidade de água decorrente da excelente condição das áreas e do uso predominante da bacia (ANDREOLI et al., 1999:23).

Sub-bacia hidrográfica do rio Iraí

A sub-bacia do rio Iraí apresenta uma área de 123,34 km², sendo que destes 26,86 km² são do rio Iraí propriamente dito, e o restante da área pertence às sub-bacias dos rios que contribuem para a formação do Iraí, que são os rios Canguiri, do Meio, Currallinho e Timbu.

A barragem do rio Iraí define uma bacia de 113 km² nas cabeceiras do vale do rio Iguaçu. O reservatório útil considerado será de 52,5 hm³ e destina-se à regularização da vazão em dois pontos de captação à jusante. No primeiro ponto temos a captação Tarumã com bacia hidrográfica de 293 km², e mais abaixo, a captação Iguaçu, alimentada por uma bacia de 475 km², dentro da qual encontra-se a bacia de captação Iraí (DALARMI, 1995:10 e 1995:37). Com uma área de 113 km², a bacia de contribuição da barragem do Iraí aumenta em 1.800 l/s a vazão atualmente produzida através de sua regularização e caracteriza-se como o principal manancial da área (ANDREOLI et al., 1999:22).

A construção da barragem do rio Iraí, desde o seu início foi marcada por diversas contradições:

- (i) os primeiros estudos de utilização dos recursos hídricos da RMC, tais como PLANIDRO (1974) e PLANIDRO (1976), não apresentaram a proposta de barramento do rio Iraí;
- (ii) os estudos de impacto ambiental e Relatório de Impacto Ambiental, fizeram diversas alegações para que não se efetivasse a construção da barragem;
- (iii) previsão por vários estudos, entre os quais o de ROSA FILHO, DIAS e RAMON (1997:95) de que nestas condições no futuro o reservatório sofreria eutrofização e proliferação de algas, um problema que veio a ocorrer em 2001.

Pelas informações contidas em DALARMI (1995:8), verificamos algumas das reais justificativas para a construção da barragem:

- situa-se na região mais carente de água da cidade;
- apresenta a menor área de desapropriação (cerca de 50 % são áreas públicas);
- necessidade de limitar a ocupação urbana da bacia;
- estudos preliminares em estágios mais avançados;
- necessidade de afastar as águas do rio Palmital da captação Iguaçu (existente);
- operação conjunta com o reservatório Piraquara I (existente), no rio Caiguava afluente do rio Piraquara para atender as captações Iraí e Iguaçu.

Tendo em vista os aspectos acima relacionados, podemos entender que os principais motivos para a implantação do reservatório Iraí, deveram-se aos aspectos econômicos, ou seja a SANEPAR, continua a ter uma política de obtenção de água a baixíssimos custos. Com muito pouco dos recursos aplicados em relação à recuperação e manutenção dos mananciais, a não ser aqueles recursos destinados à coleta e tratamento de esgotos, que são na realidade investimentos, tendo em vista que todos os recursos aplicados em esgotos retornam a SANEPAR, através da cobrança de taxas pelo uso deste serviço.

Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6) no local de captação, uma vazão média de 4.174 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 754 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Canguiri

As águas do rio Canguiri, com uma sub-bacia de 17,85 km² de área, são contribuintes do rio Iraí a montante da barragem. Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6), uma vazão média de 408 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 74 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Timbu

As águas do rio Timbu, com uma sub-bacia de 26,02 km² de área, são contribuintes do rio Iraí a montante da barragem. Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6), uma vazão média de 433 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 79 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Curralinho

As águas do rio Curralinho, com uma sub-bacia de 40,28 km² de área, são contribuintes do rio Iraí a montante da barragem. Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6), uma vazão média de 723 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 131 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio do Meio

As águas do rio do Meio, com uma sub-bacia de 12,33 km² de área, são contribuintes do rio Iraí a jusante da barragem.

Sub-bacia hidrográfica do rio Iraizinho

As águas do rio Iraizinho, com uma sub-bacia de 53,32 km² de área, e uma vazão de 156 l/s, são contribuintes do rio Iraí à jusante da barragem. Devido à influência da cidade de Piraquara, a qualidade da água encontra-se bastante comprometida. Como a localização desta bacia inviabiliza qualquer possibilidade de desvio do rio da captação do Iguazu (ANDREOLI et al., 1999:23), é necessária a implantação de obras de coleta e tratamento de esgotos e da definição de políticas de regulamentação do uso e ocupação urbana e industrial. Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6), uma vazão média de 800 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 156 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Palmital

Drenando os municípios de Colombo e de Pinhais, o rio Palmital com um bacia de 91,60 km² de área, tem uma vazão de 372 l/s. O rio recebe diversas contribuições de esgotos de áreas densamente povoadas, tais como a Vila Zumbi onde mais de 2.000 habitações não dispõem de estrutura de coleta e tratamento de esgoto. O carreamento de esgoto e lixo existente em galerias pluviais e valetas de drenagem nas fases iniciais de

chuvas, especialmente após períodos de estiagem, provoca grandes alterações na qualidade da água (efeito valetão), o que tem causado paralisações freqüentes na ETA Iguaçu (ANDREOLI et al., 1999:23). Manter o rio Palmital como manancial de Curitiba é um grande desafio (ANDREOLI et al., 1999:24), contudo é importante salientar que atualmente o mesmo não apresenta características de qualidade compatíveis com este uso.

A expansão urbana de certa forma tem avançado implacavelmente sobre a bacia do rio Palmital. O seu grau de poluição chegou a tal ponto que em certas épocas do ano, apesar da diluição com águas mais limpas de outros rios, obriga a paralisação da ETA por curtos períodos de tempo. Estudos tem sido feitos a fim de retroceder o processo de degradação de suas águas, concluindo-se pela sua exclusão futura do cenário dos mananciais de abastecimento (DALARMI, 1995:11).

Em função da qualidade das água do rio Palmital pensa-se, a exemplo do rio Atuba, em desviar as suas águas da captação Iguaçu (SUREHMA, 1985:13). Para COMEC, (1997:77) o processo de degradação do rio Palmital, cuja qualidade vem sistematicamente se deteriorando, torna quase irreversível seu abandono como manancial. Apresenta, segundo SUREHMA (1985:6), uma vazão média de 1.958 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 355 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Itaqui

Drenando uma área de 49,01 km² nos municípios de Piraquara e São José dos Pinhais, com loteamentos e com um processo de ocupação acelerada, o rio Itaqui tem uma vazão de 118 l/s. Recebe também o efluente da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) Borda do Campo (lagoa facultativa e de maturação), que apresenta uma eficiência superior a 95 % (ANDREOLI et al., 1999:24).

Apresentam, segundo SUREHMA, (1985:6), uma vazão média de 650 l/s e uma vazão mínima $Q_{(10,7)}$ de 118 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Atuba

A sub-bacia do rio Atuba faz parte da bacia do Altíssimo Iguaçu, mas dado seu alto grau de degradação na década de 70, o rio Atuba foi desviado para jusante da captação (COMEC, 1997:77), apresentando contudo grande importância no contexto da bacia para garantir a vazão remanescente exigida pelo Decreto 974/91 (ANDREOLI et al., 1999:22). Neste caso, o vazão existente no rio Atuba, não interfere nos aspectos relacionados ao Decreto mencionado, tendo em vista que o mesmo só faz menção às questões relacionadas à vazão para novos mananciais e não àqueles existentes em 1991.

5.2.2.4.2 – Sistema de abastecimento futuro

O abastecimento de água futuro, sua utilização e desenvolvimento são assuntos concernentes a várias entidades. Esta responsabilidade se refere tanto à quantidade como à qualidade da água.

As tendências atuais das populações são no sentido de criar grandes complexos urbanos, que consomem enormes quantidades de água e lançam quantidades equivalentes de esgotos domésticos e industriais nos principais cursos de água. Os mananciais estão sendo contaminados de uma maneira progressiva com muitas substâncias oriundas dos esgotos. A principal preocupação dos operadores de estações de tratamento de água, no passado, foi a remoção de bactérias, cor e turbidez. A remoção de contaminantes químicos terá a mesma importância. No futuro, a gravidade deste problema aumentará, conforme aumentar o fator de re-uso (NOVA IORQUE, 1971:18-19).

Se o grau de poluição for elevado, o oxigênio dissolvido na água pode vir a ser completamente exaurido. Isto resulta geralmente em condições objetáveis, produção de gases e maus odores e uma aparência turva acinzentada ou negra, da água. De outra maneira, se o grau de poluição for moderado e o teor de oxigênio dissolvido da água for suficiente, os odores não serão produzidos. Tal condição resulta quando o oxigênio dissolvido é reabastecido pela atmosfera e pelas plantas aquáticas em uma taxa maior do que aquela em que é consumido na oxidação do material poluente. A presença de corredeiras, quedas ou mesmo cursos rápidos nesta zona auxilia a proporcionar um suprimento adequado de oxigênio atmosférico, pois a taxa de re-aeração é intimamente relacionada com a turbulência da água. Para NOVA IORQUE (1971:117) deve ser notado, entretanto, que um suprimento de oxigênio excedendo sua necessidade não acelera os processos de purificação natural.

Infelizmente, os efeitos do armazenamento e do tempo não são todos benéficos em relação a certas características da água (NOVA IORQUE, 1971:118-9). Os resultados da purificação bioquímica conduzem, por exemplo, ao crescimento de algas e outras formas microscópicas de flora e fauna. Ainda que tais organismos possam ter eventualmente um pequeno efeito na saúde de uma comunidade, como resultado da ingestão de água, eles são a causa mais comum de sabores e odores e, geralmente, será necessário tratamento adicional quando estiverem presentes.

Com a participação do reservatório Piraquara I (existente) situado no rio Caignava, com 22,8 hm³, do reservatório Piraquara II (projetado) com 20,3 hm³, do reservatório do rio Pequeno (projetado) com 33,1 hm³ e mais o reservatório do rio Iraí (existente) será permitida

a vazão de 7.200 l/s (Figura 5.4). A captação do rio Iguaçu permanecerá em 3.000 l/s, com o aumento gradativo da captação do rio Iraí, conforme descrito em DALARMI (1995:10 e 1995:37) na Tabela 5.1 abaixo:

TABELA 5.1 – SISTEMA DE CAPTAÇÃO PLANEJADO PARA AS ETAS IGUAÇU E IRAÍ

Barragens	Captação Iraí l/s	Captação Iguaçu l/s	Total l/s
Situação atual (até 800 2000)		3.000	3.800
Barragem Iraí	2.600	3.000	5.600
Barragem Piraquara II	3.200	3.000	6.200
Barragem Pequeno	4.200	3.000	7.200

FONTE: DALARMI, (1995:10 e 1995:37)

As vazões regularizadas do sistema Iraí permitiram um aproveitamento global de 7.200 l/s com permanência de 80 a 85 % do tempo, garantindo uma vazão firme superior a 6.200 l/s. Devemos observar que a vazão ora considerada refere-se a uma área de bacia de 475 km², devido à exclusão do rio Palmital do cenário dos mananciais, com área de bacia igual a 91,60 km². Esse fato deve-se à poluição de suas águas que, por inúmeras vezes tem provocado a paralisação do sistema de produção Iguaçu em curtos períodos de tempo (DALARMI, 1995:36). A nova captação Iraí está situada junto à captação existente, onde foi inclusive construída a nova ETA. A partir desta, a água será conduzida aos novos centros de distribuição situados no quadrante nordeste da cidade, atualmente com suprimento bastante precário (DALARMI, 1995:10 e 1995:37).

A projeção da demanda dos municípios da grande Curitiba para o ano 2000, efetuada pelo consórcio Scope-Proensi indicava a necessidade de 10.700 l/s, valor este bastante próximo ao que se tem como vazão regularizada na captação Iguaçu + captação Passaúna no caso de se ter já implantadas as barragens Piraquara I e II, Iraí e Miringuava (SUREHMA, 1985:8).

A Tabela 5.2 apresenta a área e vazão de produção de água dos mananciais existentes na área, com as barragens do Iraí, Piraquara I e II.

TABELA 5.2 – Mananciais da área de estudo – área e vazão de produção

Bacia	Área total (Km ²)	Área-Barragem (Km ²)	Vazão de produção (l/s)
Área de estudo	572,62	24,13	7.525
a) rio Iraí	123,34	11,50	1.800
b) rio Iraizinho	53,32		
c) rio Piraquara	101,44	4,38 + 8,25	1.200
d) rio do Meio	12,33		
e) rio Palmital	91,60		
f) rio Itaquí	49,01		
g) rio Pequeno	135,11		1.000
h) bacias incrementais			3.525

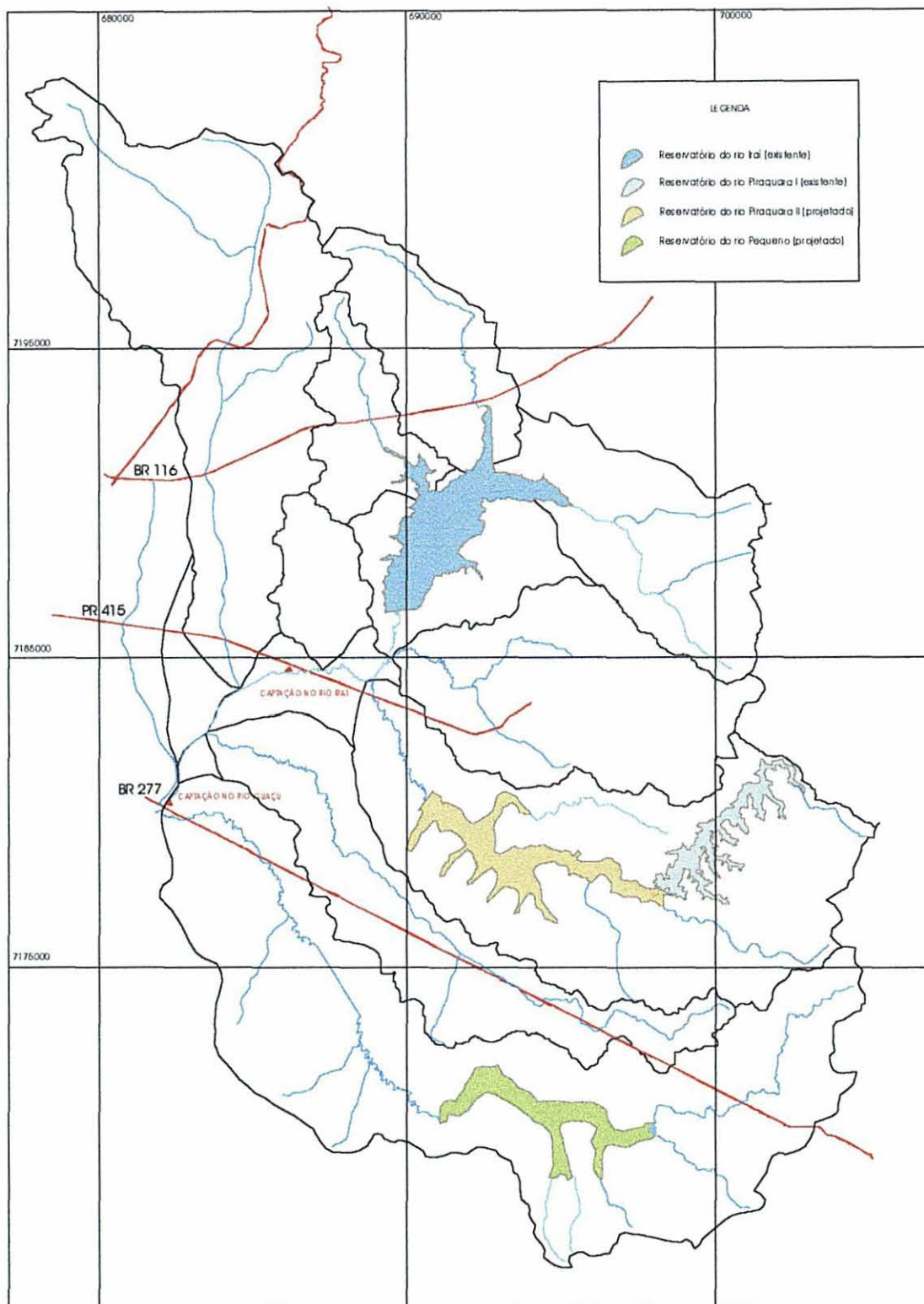


FIGURA 5.4 – Reservatórios existentes e projetados na área de estudo (Adaptado de DALARMI, 1995:39)

O Plano Diretor de 1976 (PLANIDRO, 1976:127), estabelecia que a RMC poderia contar com 3 grandes sistemas de suprimento de água (além de pequenos abastecimentos isolados), quais sejam:

- Sistema Alto Iguaçu com disponibilidade máxima da ordem de 15.500 l/s;
- Sistema Várzea com disponibilidade máxima da ordem de 13.000 l/s;
- Sistema Açungui com disponibilidade máxima da ordem de 10.000 l/s.

Sub-bacia do rio da Várzea

Há a previsão do aproveitamento deste manancial através de uma barragem, que compreenderá uma bacia de contribuição de 475 km² com uma vazão igual a 1.500 l/s (COMEC, 2001:104).

Sub-bacia do rio Açungui

O sistema Açungui consiste na regularização da vazão de vários rios da bacia do Açungui, sua interligação e transposição de suas águas para o rio Passaúna, para seu aproveitamento no abastecimento da RMC (PLANIDRO, 1976:151). Para COMEC (2001:104) a sub-bacia do rio Açungui será o último recurso hídrico disponível a ser aproveitado para abastecimento, fato este devido a seu maior desnível topográfico, quando comparado aos demais mananciais da região. Esta sub-bacia garante uma vazão média regularizada da ordem de 16.000 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Miringuava

A bacia do rio Miringuava tem uma área de 246,89 km² que produz 1.450 l/s (COMEC, 1997:24), e segundo PLANIDRO (1976:137), a barragem apresentará uma área de bacia contribuinte da ordem de 71,9 km², com uma área inundada de 45 km² e um volume útil de 146 hm³, sendo a captação projetada mais a jusante, com área de contribuição de 111,9 km², com produção total de 2.000 l/s (COMEC, 2001:103).

Sub-bacia hidrográfica do rio Pequeno

PLANIDRO, (1976:136), a barragem deverá apresentar uma área de bacia contribuinte da ordem de 104,31km², com uma área inundada de 10,3 km² e um volume útil de 63,44 hm³. A área definida pela futura barragem será de 62,3 km², capaz de regularizar um acréscimo de vazão de 1.000 l/s.

Sub-bacia hidrográfica do rio Piraquara

Outra barragem projetada (Piraquara II) com área de bacia de 58 km² a qual acrescentará ao sistema 600 l/s (PLANIDRO, 1976:138).

Do ponto de vista econômico, o Plano Diretor de 1976, apresenta algumas das alternativas propostas à época (Tabela 5.3), onde podemos verificar os custos estimados (Cr\$/m³), onde fica bastante claro que os custos de aproveitamento das águas nas alternativas que incluem tanto a sub-bacia da Várzea, quanto as que incluem a sub-bacia do Açungui, são em muito superior aos custos das alternativas sem o aproveitamento destes recursos hídricos.

TABELA 5.3 - CUSTOS DO M³ DE ÁGUA PRODUZIDO COM ALTERNATIVAS DE CAPTAÇÕES

Sistemas	Despesas totais 1,00/ano	anuais (Cr\$)	Volume produzido (m ³ /ano)	Custo (Cr\$/m ³)
Iguaçu – Alternativa 1 (Res. Pequeno e Miringuava) - Variante 1 (Ligação com bombeamento)	51.757.334		299.592.000	0,17
Iguaçu – Alternativa 1 – Variante 2 (Ligação por gravidade)	41935.833		299.592.000	0,14
Iguaçu – Alternativa 2 (Pequeno+Miringuava alterada o local de barramento a jusante da confluência do Miringuava-Mirim)	46.745.133		299.592.000	0,16
Iguaçu – Alternativa 3 (idem as localizações da Alternativa 2, mas com cotas maiores das barragens)	56.044.695		362.664.000	0,15
Várzea – Alternativa 1 (Barr. Rio das Várzeas+Duas Barr. Rio das Antas+Rio Maurício)	189.585.643		327.974.400	0,58
Várzea – Alternativa 2 (Três barr. rio da Várzea)	169.900.716		400.507.720	0,42
Açungui	229.590.849		312.206.400	0,74

FONTE: PLANIDRO (1976:246).

5.2.3 - ASPECTOS QUALITATIVOS

Do ponto de vista sanitário, a qualidade da água é definida por sua composição, sendo estabelecidas as possibilidades de sua utilização com base em limites de permissividade (MAIER, 1983:88). Esses limites são, por sua vez, estabelecidos através de estudos de toxicidade e/ou de tipos de tratamento que a água pode estar sujeita, antes de sua utilização. Assim, há limites que definem água para os vários usos como consumo humano, agrícola, industrial, esportivo, de lazer e pesqueiro. Este último envolve também desenvolvimento e reprodução de organismos aquáticos, principalmente peixes.

A Resolução nº 20/86 CONAMA (BRASIL, 1986), dividiu as águas do território brasileiro em águas doces (salinidade < 0,05 %), salobras (salinidade entre 0,05 e 3 %) e

salinas (salinidade > 3 %). Em função dos usos previstos, foram criadas nove classes de qualidade. O Quadro 5.1 apresenta um resumo dos usos preponderantes das classes relativas à água doce, em que a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres, e a Classe 4, os menos nobres.

A cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Esta qualidade é expressa na forma de padrões (BRASIL, 1986).

Os padrões de qualidade, segundo a ABNT (1993:74), são constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites, como por exemplo, concentrações de poluentes, em relação aos quais os resultados dos exames de uma amostra de água são comparados, aquilatando-se a qualidade da água, para um determinado fim. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para uma dada vítima e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente (NASCIMENTO e SPERLING, 1998:39). Em BRASIL (1990), verificamos as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano.

Um critério científico significa uma quantidade limite fixada para um determinado parâmetro que, estando dentro dos limites máximos (ou mínimos, conforme a natureza do constituinte), protegerá os usos desejados para um determinado corpo d'água, dentro de um grau de segurança. O critério pode ser também uma especificação escrita, não expresso em termos de concentrações. Dessa forma (NASCIMENTO e SPERLING, 1998:39), o padrão de qualidade para garantir um determinado uso deve ser no mínimo igual ao critério de qualidade para esse uso

QUADRO 5.1 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS DOCES EM FUNÇÃO DOS USOS PREPONDERANTES

Uso	Classe Especial	1	2	3	4
Abastecimento doméstico	X	X (a)	X(b)	X(b)	
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	X				
Proteção das comunidades aquáticas		X	X		
Recreação de contato primário		X	X		
Irrigação		X (c)	X(d)	X(e)	
Criação de espécies natural e/ou intensiva (aquicultura) destinadas à alimentação humana		X	X		
Dessedentação de animais				X	
Navegação					X
Harmonia paisagística					X
Usos menos exigentes					X

FONTE: ((BRASIL, 1986), (NASCIMENTO e SPERLING, 1998:40).

Nota: (a) após tratamento simplificado; (b) após tratamento convencional; (c) hortaliças e frutas rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas; (d) hortaliças e plantas frutíferas; (e) culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

5.2.3.1 – Parâmetros indicadores da qualidade das águas

5.2.3.1.1 – Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH é usado universalmente para expressar a intensidade de uma condição ácida ou alcalina de uma solução. Mede a concentração do íon hidrogênio ou sua atividade em cada fase do tratamento, sendo referido e acompanhado freqüentemente na coagulação, floculação, desinfecção e no controle da corrosão. No sistema de abastecimento público de água o pH recomenda-se manter entre 6,5 e 8,5 (BRASIL, 1990:6) e entre 6,0 e 9,5 (BRASIL, 2000) De modo geral, águas de pH baixo tendem ser corrosivas ou agressivas a certos metais, paredes de concreto, tubulações de ferro, enquanto que águas de pH elevado tendem a formar incrustações (BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS, 2000:27).

As águas das chuvas, que atingem os rios, podem apresentar pH baixo devido ao elevado teor de CO₂ e de SO₄ geralmente presente como ácido livre. Parte desse pH pode ser neutralizado antes que as águas dos rios sejam atingidos, devido a percolação e retirada de íons Ca e Mg dos componentes dos solos. Entretanto, em algumas áreas as águas chegam aos rios sem muito contato com os minerais do solo e portanto ainda ácida.

5.2.3.1.2 – Turbidez da água

Turbidez é o efeito óptico causado pela intercepção e dispersão de raios de luz que passam pela água que contém pequenas partículas em suspensão. Pode ser causada por silte ou argila extraídos do solo, lavagens de superfície contendo matéria suspensa orgânica e inorgânica, carbonato de cálcio precipitado em águas duras, hidrato de alumínio em águas tratadas, óxido de ferro precipitado em água corrosiva, organismos microscópicos e materiais similares (NOVA IORQUE, 1971:286).

A obtenção de uma turbidez baixa, menos do que 1,0 Unidade Jackson (UJ), na água tratada, é uma boa indicação de redução bacteriana e deve ser a meta desejada para assegurar reação ótima da aplicação da desinfecção (SÃO PAULO, 1974:75). A desinfecção é mais difícil se a água contiver turbidez apreciável. Materiais inorgânicos e orgânicos em suspensão são freqüentemente encontrados na água bruta e influenciam a aplicação da pré-cloração em termos de demanda de cloro e eficiência do desinfetante. A turbidez pode também ocorrer pela passagem de flocos durante a filtração, portando organismos patogênicos através da água tratada mesmo com pós-cloração. Sob condições ótimas de operação, o tratamento cuidadoso, envolvendo coagulação, sedimentação e filtração, pode

remover mais de 99 % dos patogênicos microbianos inicialmente introduzidos no manancial. As densidades de patogênicos residuais que possam estar presentes devem ser removidas para assegurar uma água potável. Para obter tal proteção desejada é requerida desinfecção. O desinfetante de uso mais freqüente é o cloro. A eficiência da desinfecção com cloro varia com os organismos envolvidos, tempo de contato, forma química e concentração do cloro residual e certas características da água tais como temperatura, pH e turbidez.

A turbidez da água tratada é um dos fatores de maior responsabilidade na entrega da água ao consumidor dentro das características e qualidade exigidas pela Portaria nº 36 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1990). Esta Portaria estabeleceu os VMPs – Valores Máximos Permissíveis dos parâmetros de qualidade da água tratada na saída do sistema produtor e na Rede de Distribuição de Água até o cavalete (hidrômetro), ponto de entrega da água ao consumidor.

Um dos principais fatores referentes à qualidade da água tratada é a turbidez, que deve sair do sistema produtor com o valor máximo de 1,0 UJ (BRASIL, 1990:5). SERENISKI e MEDEIROS, (2000:35) discorrendo sobre a qualidade das águas tratadas na unidade da SANEPAR de Foz do Iguaçu, comentam que os valores de turbidez da água entregue aos consumidores estavam acima desta exigência. A revisão dos procedimentos de lavagem determinou que a turbidez dos efluentes dos filtros fosse rigidamente controlada e que, quando se aproximasse de 1,0 UJ, os filtros fossem imediatamente lavados. Já em BRASIL (2000) os limites de VMPs são variáveis segundo o tratamento da água realizado, variando de 1,0 a 5,0 UJ, sendo que o padrão de aceitação para consumo humano é de 5,0 UJ.

Para reduzir a concentração dos vírus entéricos até abaixo de níveis demonstráveis, será necessário produzir uma água tratada com uma turbidez menor do que 1,0 unidade Jackson (preferencialmente 0,2 U.J.) e manter um residual de cloro livre de 0,3 mg/l no sistema de distribuição (SÃO PAULO, 1974:90). Segundo SUDERHSA, (1997:14) quanto maior a turbidez, maior o consumo de produtos químicos nas ETA para purificar as águas.

5.2.3.1.3 – Cor

Geralmente se distingue a cor aparente devido aos materiais em suspensão e em solução e a cor verdadeira devido somente aos materiais em dissolução. Em função da turbidez, da presença de plâncton, de materiais em dissolução, poderá virar verde, amarela ou marrom.

Ainda que a água colorida não seja prejudicial, apresenta certos inconvenientes para os consumidores. BRASIL (1990:6) determinou que o VMP, para a cor aparente, é de 5,0 Unidade na escala de Hazen (UH) para a água entrando no sistema de distribuição, enquanto que em BRASIL (2000) o padrão de aceitação para o consumo humano é de 15 UH. Em certos países, o valor de 10 UH, se considera como preferível de não ultrapassar e como limite superior aceitável 20 unidades.

5.2.3.1.4 – Alcalinidade Total

É um teste que determina a quantidade de substâncias alcalinas presentes na amostra, ou seja, substâncias que provocam uma elevação do pH (SUDERHSA, 1997:14).

5.2.4 - TRATAMENTOS DA ÁGUA

É o conjunto de ações destinadas a alterar as características físicas e/ou químicas ou biológicas da água, de modo a satisfazer aos padrões de potabilidade estabelecidos (ABNT, 1993:90). Em geral, as águas superficiais de rios, lagos ou reservatórios de acumulação, são inseguras para consumo humano e requerem tratamento (NOVA IORQUE, 1971:9). Cursos de água pequenos, de terras altas, alimentados por fontes, podem fornecer água praticamente clara e sem sabor, exceto durante chuvas intensas quando uma quantidade moderada de sólidos suspensos pode ocorrer.

O abastecimento de água através de rios, geralmente requer um tratamento mais extenso do que aqueles de outras fontes. A turbidez, o conteúdo mineral, e a grande poluição, variam consideravelmente de dia para dia (NOVA IORQUE, 1971:9). O maior impacto da poluição das águas na saúde do homem vem através da água de consumo público cuja fonte pode ser degradada por esgotos municipais, escoamento de águas pluviais, lavagem de criadouros de animais e efluentes do processamento de carnes de animais. Tal contaminação fecal trará vários patógenos à captação de água necessitando-se de um tratamento completo (SÃO PAULO, 1974:90).

Estação de tratamento de água (ETA) segundo ABNT (1993:44), é um conjunto de estruturas, dispositivos, instalações, equipamentos e aparelhos diversos, de maior ou menor complexidade, para tratamento de água. ETAs adequadamente projetadas e construídas podem tratar essas águas de baixa qualidade através de pré-cloração, coagulação, sedimentação, filtração rápida e pós-cloração para remover 99,999 % dos patógenos bacterianos e provavelmente 99,99 % dos vírus presentes na água (SÃO PAULO, 1974:90).

5.2.4.1 - Tratamentos Físicos

5.2.4.1.1 - Processos de tratamento de água

Os processos de tratamento de água dependem largamente do propósito pelo qual o manancial será usado e da qualidade da água a ser tratada. Para uso doméstico é desejável remover quaisquer materiais, sejam em suspensão sejam em solução, que sejam prejudiciais à aparência ou ao aspecto estético da água (NOVA IORQUE, 1971:119). Em geral, os vários métodos normalmente empregados, na prática do tratamento de água, usualmente tem como objetivo principal a redução da quantidade total de substâncias estranhas na água (NOVA IORQUE, 1971:119).

O tratamento de purificação das águas superficiais captadas é conhecido como "tratamento convencional das águas". Tem como finalidade melhorar a sua qualidade para abastecimento em três aspectos: higiênico, estético e econômico, segundo AZEVEDO, (1966⁴ citado por RIZZI, 1981:51). O aspecto higiênico é caracterizado pela remoção de bactérias, elementos venenosos ou nocivos, compostos orgânicos, protozoários e outros microorganismos; o estético refere-se à remoção ou correção da cor, turbidez, odor e sabor, enquanto que o econômico visa a redução da corrosividade, dureza, cor, turbidez, substâncias coloidais ou outras características que possam influir na qualidade dos produtos que necessitam de água na sua fabricação.

O tratamento convencional, mostrado de forma esquemática na Figura 5.5, consiste na captação, floculação, decantação (sulfato de alumínio), filtração, abrandamento ou correção (cal hidratada), desinfecção (cloro líquido ou gasoso) e profilaxia ou fluoretação (fluossilicato de sódio). As águas do rio Iraí são submetidas a tratamento completo por coágulo-sedimentação, filtração rápida, cloração, correção do pH e fluoretação.

5.2.4.1.1.1 – Sedimentação

A sedimentação é o processo pelo qual se verifica a deposição de partículas granulares e material floculante. Nos processos de tratamento da água, a floculação é induzida pela adição de coagulante (AZEVEDO, 1966⁵ citado por RIZZI, 1981:53-4). A sedimentação é mais ou menos eficiente na remoção de matéria em suspensão,

4 AZEVEDO, N. **Tratamento de águas de abastecimento**. São Paulo. Editora Universidade de São Paulo, 1966. 329 p.

5 AZEVEDO, N. Bibliografia descrita na nota 4.

dependendo do tamanho e da densidade das partículas a serem removidas e do tempo disponível para o processo. Partículas grandes ou pesadas são removidas em um intervalo de tempo relativamente curto enquanto que um período muito mais longo é exigido para materiais leves ou finamente divididos. Alguns dos mais finos em *granulometria*, tais como a argila erodida, podem deixar de ser removidos pela sedimentação ainda que esta se processe por vários dias. Se a concentração dessas partículas “não sedimentáveis” for excessiva a simples sedimentação não será um método adequado de tratamento e outros meios deverão ser empregados (NOVA IORQUE, 1971:119).

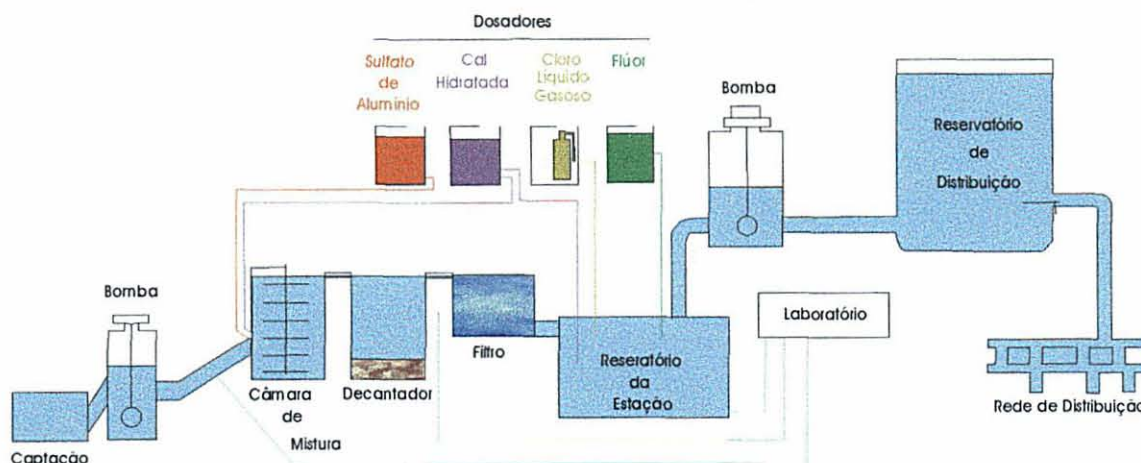


FIGURA 5.5 - Modelo esquemático de um sistema de tratamento convencional das águas

5.2.4.1.1.2 – Coagulação

Esta é uma técnica de tratar a água com certos produtos químicos aplicados com o propósito de agregar partículas não sedimentáveis em aglomerados mais prontamente removidos. Os aglomerados de materiais sólidos resultantes, chamados “flocos”, são removidos por sedimentação, por filtração, ou por ambas as operações (NOVA IORQUE, 1971:119-20). Os coagulantes (sulfato de alumínio) reagem com álcalis (alcalinidade natural ou cal hidratada), produzindo precipitações floculantes (hidróxido de alumínio).

5.2.4.1.1.3 – Filtração

Segundo a ABNT (1993:47) é a operação de separação de partículas sólidas em suspensão pela passagem da água a ser tratada, através de um meio poroso. A finalidade da filtração é remover a matéria em suspensão na água, através de elementos porosos, alterando as características da água, inclusive química, reduzindo substancialmente o

número de microorganismos presentes (RIZZI, 1981:54). Filtração da água através da areia, antracito, diatomita e outros materiais de granulometria fina, é também capaz de remover impurezas demasiadamente leves ou finamente divididas para serem removidas pela sedimentação. Filtros freqüentemente acompanham unidades de sedimentação de maneira que maior quantidade de material relativamente grosseiro é removido por sedimentação para evitar obstrução rápida dos filtros os quais, por sua vez, removem as partículas para as quais a sedimentação não é efetiva. Peneiras ou telas finas são algumas vezes usadas antes da filtração em areia (NOVA IORQUE, 1971:120).

5.2.4.1.1.4 – Desinfecção

A desinfecção da água destinada ao abastecimento é feita por meios físicos, como o calor e os raios ultravioleta, ou por meios químicos, como o cloro (ABNT, 1993:33). Em um sentido “lato” significa destruição de organismos patogênicos. Na prática de tratamento de água ela é usualmente levada a efeito pela aplicação de cloro ou de certos compostos de cloro. Ainda que muitos outros processos de tratamento mencionados também possuam algum efeito sobre a população microbiana da água, a desinfecção é a única etapa especificamente destinada ao controle da qualidade bacteriológica (NOVA IORQUE, 1971:120).

5.2.4.1.1.5 - Remoção da Dureza

A remoção dos elementos que conferem dureza à água, primariamente cálcio e magnésio, é chamada “abrandamento” (adição de cal hidratada). Muitas águas não requerem remoção da dureza e, em alguns casos, mesmo que a água seja dura nem sempre o processo é praticado. Quando as águas para abastecimento doméstico são submetidas ao abrandamento, usualmente o processo de cal e soda ou o processo de troca iônica são utilizados (NOVA IORQUE, 1971:120). Este processo eleva o pH para aproximadamente 8,5, evitando assim a existência de gás carbônico livre (corrosivo e tóxico) e as incrustações nas canalizações (alcalinidade cáustica).

5.2.4.1.1.6 – Aeração

Este processo pode ser utilizado para uma variedade de propósitos. Desde que substâncias voláteis são removidas em alguma extensão pelo processo, e estas podem

incluir materiais que tem influência sobre o sabor e o odor da água, a aeração é algumas vezes empregada em conexão com o controle de sabor e odor. Dióxido de carbono (CO_2) em quantidade excessiva pode também ser removido dessa maneira e o efeito corrosivo de algumas águas pode ser reduzido. A remoção de dióxido de carbono por aeração algumas vezes reduz as dosagens dos produtos químicos requeridos em processos de tratamento subsequentes. Finalmente, por suprir de oxigênio dissolvido, a aeração é freqüentemente útil na remoção do ferro (NOVA IORQUE, 1971:120-1).

5.2.4.1.1.7 - Remoção de Ferro e Manganês

Processos específicos para remoção de ferro e manganês são empregados somente em águas que contêm concentração suficiente dessas substâncias causando problemas persistentes (NOVA IORQUE, 1971:121). BRASIL (2000) define como padrão de aceitação para consumo humano os limites de 0,3 e 0,1 mg/l, respectivamente para ferro e manganês.

5.2.4.1.1.8 - Remoção de Sabor e Odor

Sabor e odor são afetados por muitos dos processos de tratamento que são empregados primariamente para outros propósitos e então, como ocorre com algumas outras características, não exigem processos especiais para controle a não ser que existam problemas fora do comum (NOVA IORQUE, 1971:121), à exemplo do que ocorreu 2001, com as águas captadas no reservatório do Iraí, com a proliferação de algas.

5.2.3.1.1.9 - Controle de Corrosão

Esse controle é levado a efeito em alguns casos pela remoção do excesso de dióxido de carbono (por exemplo – por aeração). Em outros casos, aumenta-se a alcalinidade da água pela aplicação de um produto químico alcalino tal como a cal e o carbonato de sódio (NOVA IORQUE, 1971:121).

5.2.3.1.1.10 - Fluoretação

A adição de uma substância química à água potável para aumentar a concentração de íon fluoreto, até um limite predeterminado, a fim de reduzir a incidência da cárie dentária (ABNT, 1993:49).

5.2.4.2 - Tratamentos Químicos

O tratamento químico da água destinada ao consumo humano é uma prática rotineira nas ETAs, que abastecem a cidade de Curitiba, tendo em vista a qualidade e as disposições prescritas na legislação. Até pouco tempo atrás, muito pouco ou nada se fazia no controle dos insumos utilizados para o tratamento das águas.

Com o objetivo de proporcionar maior rentabilidade à SANEPAR e reduzir os impactos ambientais, se faz necessário um controle rigoroso dos insumos operacionais que são utilizados nas ETAs (BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS, 2000:24). Estes insumos (energia elétrica, Sulfato de Alumínio, Cal, Cloro e Flúor), além do custo considerável dentro do processo de tratamento de água – em torno de 37 % do custo operacional para a unidade de Foz do Iguaçu da SANEPAR (BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS, 2000:24) – contribuem para a degradação do meio ambiente, tanto na extração da matéria-prima do meio ambiente para a fabricação dos mesmos, quanto no lançamento de resíduos que ficam agrupados ao lodo que sai das estações de tratamento quando da lavagem de filtros e descargas nos decantadores das unidades de tratamento.

5.2.4.2.1 – Insumos químicos utilizados no tratamento das águas

5.2.4.2.1.1 - Sulfato de Alumínio

Produto químico utilizado na desestabilização e agregação inicial da matéria coloidal para facilitar a coagulação/floculação no processo de tratamento de água. Segundo BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS (2000:25) na floculação há uma aglomeração das partículas já desestabilizadas pelas colisões induzidas por seus movimentos relativos (floculação hidráulica ou floculação mecânica).

5.2.4.2.1.2 - Cal hidratada

O principal produto químico utilizado para a correção do pH no processo de tratamento de água, é a cal hidratada $\text{Ca}(\text{OH})_2$. O pH e a temperatura da água são fatores inter-relacionados que são influências modificadoras importantes que afetam a eficiência da cloração. Em pH 7,0, aproximadamente 75 % do cloro residual livre está na forma de ácido hipocloroso enquanto que em pH 9,0 aproximadamente todo o cloro livre passa para a forma de íon hipoclorito. Desde que o ácido hipocloroso é mais ativo como desinfetante (SÃO

PAULO, 1974:80), é desejável ajustar o pH da água tratada para alcançar um rendimento ótimo dessa forma de cloro.

5.2.4.2.1.3 - Fluossilicato de sódio (flúor)

A fluoretação é o processo pelo qual se aplica o Fluossilicato de Sódio na água, visando prevenir as cáries dentárias na população. O íon fluoreto, natural ou artificial presente na água para o consumo humano é absorvido em alguns graus pela estrutura óssea do corpo, incluindo o esmalte dos dentes. A absorção do íon fluoreto pelos dentes é mais eficiente durante o estágio de formação dos dentes, por isto o efeito da fluoretação é mais benéfico às crianças que consomem água fluoretada na infância. Os adultos absorvem íon fluoreto em menor quantidade, porém os benefícios para a saúde bucal da população em qualquer faixa etária são amplamente descritos em literatura, portanto, inquestionáveis. Para BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS (2000:27-8) o flúor nas águas destinadas ao abastecimento público quando aplicado corretamente, e por meio de um controle eficaz jamais ocasiona danos à saúde da população abastecida.

5.2.4.2.1.4 – Cloro

No processo de tratamento de água, o cloro é utilizado para desinfecção. Esta tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água, sendo necessária porque não é possível assegurar a remoção total dos microrganismos pelos processos físico-químico, usualmente utilizados no tratamento da água (BUSNELLO, GONÇALVES e MEDEIROS, 2000:28). A concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição, deverá ser de 0,2 mg/l (BRASIL, 1990 e 2000).

5.2.5 - ASPECTOS RELATIVOS ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS/DEGRADAÇÃO

A integridade das bacias hidrográficas vem sendo ameaçada pelo uso que o homem faz do solo e da água. O uso indiscriminado de ambos tem provocado grandes alterações que são tanto maiores quanto maior a densidade demográfica. Atualmente a qualidade da água não pode mais ser entendida como uma consequência só de processos naturais (abióticos e bióticos), mas também de processos antrópicos, representados, principalmente,

por pressões urbanas, industriais e agrícolas (PROCHNOW, 1981⁶ citado por MAIER, 1983:82).

Os recursos hídricos estão sendo comprometidos pela degradação urbana, industrial e agrícola e por desequilíbrios ambientais resultantes do desmatamento e uso indevido do solo. Em cada cidade cresce a disputa entre os setores da agricultura, indústria e abastecimento humano, que tradicionalmente competem pelo uso da água, gerando sérios conflitos entre os usuários (FIGUEIREDO, 1997⁷ citado por ANDREOLI et al., 1999:32). O crescimento urbano e industrial são fatores irreversíveis, impondo cargas poluidoras cada vez maiores a serem transportadas pelos rios. O aumento do volume de esgotos domésticos é proporcional ao desenvolvimento populacional; daí o fato de considerar-se o tamanho e distribuição das populações como um dos fatores controladores da qualidade das águas fluviais (MAIER, 1983:84).

O desmatamento e a urbanização acarretam distúrbios como aumento da superfície de escoamento e do tamanho e densidade da rede de drenagem. Como resultado, o fluxo de escoamento é aumentado, dando um pico de cheia mais alto e um tempo de retenção menor, resultando numa resposta mais rápida ao afluxo da precipitação. Ao mesmo tempo, diminui a quantidade de água disponível à recarga do lençol subterrâneo e como consequência, o fluxo de base é reduzido. Como muitos rios são utilizados para diluição de efluentes industriais, a redução do fluxo básico aumenta a poluição por concentração dos efluentes. A urbanização acarreta também aumento do sedimento transportado e da deposição, que pode tornar-se muito grande no canal do rio. Toda a natureza do canal pode ser alterada e como resultado a vida animal e vegetal pode ser destruída pela qualidade imprópria do ambiente BEAUMONT, 1975⁸ citado por MAIER, 1983:83).

A maior parte da carga de nutrientes gerada pelos solos agrícolas, está relacionada com o conteúdo natural de nutrientes contido no solo e a fatores como: textura do solo, a química, o tipo de solos e a fisiografia. Porém, os usos de fertilizantes (com altos teores de fósforo e nitrogênio) afetam drasticamente as cargas de nutrientes em áreas de drenagem rurais (RYDING e RAST, 1989⁹ citados por DIAS, 1997:35). Ao analisar a qualidade das águas do rio Passaúna DIAS (1997:33), constatou que os rios e as áreas do entorno do

⁶ PROCHNOW, MCR 1981. **A qualidade das águas da bacia do rio Piracicaba**. Rio Claro, 168p. (Diss. de Mestrado do Inst. De Geociências e Ciências Exatas. UNESP, Campus Rio Claro).

⁷ FIGUEIREDO, S.V.A. Conflitos relativos ao uso da água. In: SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa, MG. : UFV, 1997. p. 37-44.

⁸ BEAUMONT, P. Bibliografia descrita na nota 2.

⁹ RYDING, S.O. e RAST, W. 1989. **The control of eutrophication of lakes and reservoirs**. Man and biosphere series. Unesco. Vol. I, United Kington, 314 p.

reservatório, protegidos por vegetação ciliar, apresentaram melhor qualidade de água, principalmente pelas menores concentrações de Sólidos em Suspensão, Nitratos e Fósforo Total.

A exportação de poluentes em áreas urbanas é diferente das rurais, principalmente porque 25 a 50 % da bacia urbanizada é geralmente impermeabilizada para a água, o que provoca um aumento significativo no fluxo superficial. As principais fontes contaminantes do escoamento urbano são: deposição ilegal de resíduos sólidos, produtos da combustão de gases; borracha; derivados do petróleo, redução da vegetação; efluentes oriundos de animais domésticos; produtos da combustão de indústrias e residências; produtos químicos aplicados em jardins, precipitações atmosféricas, entre outros (LOEHR, 1974¹⁰ citado por DIAS, 1997:37).

Para SANTOS (1998:33) o acelerado processo de urbanização nas cidades, inclusive alguns centros experimentando taxas de crescimento bem superiores à média brasileira, trouxeram como resultado um grande incremento da demanda por abastecimento público de água e, paralelamente, ocorre uma acentuada degradação da qualidade das águas dos mananciais, quer pelo aumento da atividade agrícola na bacia hidrográfica (erosão, agrotóxicos, etc), quer pela expansão urbana em bacias de mananciais (falta de rede de esgotos sanitários, resíduos industriais, erosão, lixões, etc.).

A RMC diante de seu acentuado crescimento populacional apresenta uma enorme complexidade no aproveitamento de seus recursos hídricos para abastecimento público. Tomam-se indispensáveis medidas de controle harmônicas nos aspectos qualidade e quantidade da água dos mananciais (DALARMI, 1995:31).

Os mananciais para abastecimento público devem apresentar uma distância das cidades a serem abastecidas, viável em termos econômicos sem perder de vista o equilíbrio de sua preservação. Esta relativa proximidade apresenta um sério conflito representado pela expansão espontânea da urbanização sobre os referidos mananciais, com sua inevitável degradação. Esta dinâmica leva ao abandono dos investimentos realizados e a criação de verdadeiros cadáveres hídricos, que poluem e envergonham as cidades (ANDREOLI et al., 1999:34). A definição de uma bacia como manancial de abastecimento estabelece a mais nobre e importante vocação desta área, que é a de produzir água de boa qualidade a qual, todos os demais usos devem estar subordinados.

¹⁰ LOEHR, R.C. 1974. Characteristics and comparative magnitude of non-point sources. *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 46(8):1849-1872.

A ocupação sobre mananciais gera a impermeabilização do solo, remoção florestal, aumento da produção de lixo e esgoto e eventualmente a localização de aterros sanitários em mananciais (ANDREOLI et al., 1999:33). Segundo estes autores esta pressão traz como efeitos à qualidade da água: o aumento da DBO, coliformes e outros contaminantes. Para DALARMI (1995:31) a maior ameaça à qualidade da água bruta dos mananciais reside na expansão urbana sobre suas bacias. Na bacia do Alto Iguaçu, os rios Palmital, Iraí, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Itaqui e Pequeno estão sob ameaça permanente de degradação de suas águas pela ocupação urbana. No Palmital, o grau de poluição obriga a paralisação da estação em curtos períodos após início de chuvas de grande intensidade, o que determinou estudos de sua exclusão futura do cenários dos mananciais de abastecimento.

A maior ameaça à qualidade da água bruta dos mananciais reside na expansão urbana sobre suas bacias. No caso presente da área de estudo, os rios Palmital, Iraí, Iraizinho, do Meio, Piraquara, Itaqui e Pequeno, estão sob ameaça permanente da degradação de suas águas pela ocupação urbana. Essas áreas sofrem uma pressão muito grande de ocupação urbana, em que pese a leis existentes desde 1970. Segundo DALARMI (1995:40), se não fosse essa legislação, embora precária, essa bacias não mais teriam condições de atender a população.

A expansão urbana de certa forma tem avançado implacavelmente sobre a bacia do rio Palmital. O seu grau de poluição chegou a tal ponto que em certas épocas do ano, apesar da diluição com águas mais limpas de outros rios, obriga a paralisação da ETA-Iguaçu, por curtos períodos de tempo. Alguns estudos foram realizados a fim de retroceder o processo de degradação de suas águas, mas os resultados estão conduzindo pela sua exclusão futura do cenário dos mananciais de abastecimento (DALARMI, 1995:40).

Para ANDREOLI et al. (1997:29) se o grau de deterioração da água bruta for mais acentuado, as características de projeto das estações de tratamento tomam-se inadequadas, exigindo novos investimentos para alteração das estações ou dos pontos de captação. Além da justificativa financeira deve ser avaliada a inviabilidade de sustentação deste processo por um longo prazo, além das implicações éticas de tal prática. Concluem os autores que medidas de conservação de mananciais devem ser tomadas, pois sua deterioração além de causar o aumento do consumo de produtos químicos para o tratamento, apresenta reflexos diretos na qualidade da água bruta e conseqüentemente na qualidade da água tratada.

A redução paulatina da qualidade da água bruta tem como conseqüência imediata o aumento do consumo dos produtos químicos utilizados para o tratamento de água, associado especialmente em casos críticos, à redução da qualidade da água tratada.

(ANDREOLI et al., 1997:29). Foi verificado um aumento do consumo de produtos químicos, em relação à redução dos índices de qualidade de água "in natura". As melhores correlações encontradas foram entre consumo de Cloro gasoso em relação a matéria orgânica e coliformes, onde os coeficientes de correlação (r) foram 0,77 e 0,64 respectivamente; consumo de sulfato de alumínio com a turbidez com uma correlação de 0,76. Mesmo considerando o maior consumo de produtos químicos, foi verificada uma grande influência do índice de qualidade de água bruta no índice de qualidade de água tratada (ANDREOLI et al., 1997:28).

5.2.6 - ASPECTOS RELATIVOS ÀS QUESTÕES LEGAIS/LEGISLAÇÃO

Na execução do disposto no Código de Águas, Decreto Federal nº 24.663/34 (BRASIL, 1934), que determina ser necessária prévia autorização para qualquer forma de derivação de água pública. É o controle num primeiro momento, o da captação, em que o poder público deve examinar a conveniência da derivação, tendo em vista os interesses da comunidade e estabelecer as condições em que esta pode ser executada para a preservação e melhor utilização do recurso hídrico (volume de captação, época, etc.) (PLANIDRO, 1976:401).

Outro aspecto consiste no estabelecimento de critérios para a devolução e lançamento nas águas públicas de efluentes e resíduos, tratados ou não, tendo em vista a proteção dos recursos existentes. Neste sentido, foi aprovada a Lei nº 6513/73 (PARANÁ, 1973), que dispôs sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores. A regulamentação desta Lei, foi realizada através do Decreto nº 5316/74 (PARANÁ, 1974) e a sua classificação é apresentada nas Tabelas 5.4.

TABELA 5.4 – CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS PÚBLICAS SEGUNDO O DEC. Nº 5316/74

Código	Classe	Destino
I	Classe Especial	Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem tratamento prévio ou com simples desinfecção;
II	Classe "A"	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após filtração seguida de desinfecção, à irrigação de hortaliças e à natação;
III	Classe "B"	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento por processo convencional, à preservação da flora e da fauna e à dessedentação de animais;
IV	Classe "C"	Águas destinadas ao abastecimento doméstico após tratamento especial, à irrigação, à harmonia paisagística e à navegação;
V	Classe "D"	Águas destinadas ao afastamento de despejos.

FONTE: PARANÁ, (1974)

Mais recentemente, a Lei nº 8935/89 (PARANÁ, 1989), determinou as diretrizes de uso e ocupação dos mananciais, sempre no sentido de garantir a ocupação racional dessas

áreas, sobretudo naquilo que diz respeito à sua potencialidade como produtora de grande parte da água consumida na área de estudo. Percebe-se agora que muitos dos seus esforços de proteção mostraram-se ineficientes frente à enorme pressão observada. Assim, a COMEC (SANEPAR, 1999:8) tem empenhado esforços no sentido de adotar novos parâmetros de uso e ocupação do solo conforme a nova realidade metropolitana (maiores pressões para ocupação do solo urbano e maior demanda por recursos hídricos).

COMEC (1997:94) relata que após a implementação do ICMS-Ecológico (PARANÁ, 1991), determinando que a partir de 1992, 2,5 % fosse repassado a municípios que possuem mananciais de abastecimento público, verificou-se que 75% dos mananciais apresentaram melhoria significativa quanto aos aspectos qualitativo das águas e condição ambiental das bacias hidrográficas. Entretanto a RMC não apresentou esse desempenho, embora, em 1996 tenha recebido 42 % do ICMS-Ecológico do Estado (COMEC, 1997:95). Naquele ano, os recursos do ICMS-Ecológico foram bastante significativos para os municípios da área de estudo, representando 73,6 % do ICMS recebido por Piraquara, 32,7 % para Quatro Barras, 22 % para Campina Grande do Sul, 14,9 % para Colombo e 10,9 % para Pinhais e São José dos Pinhais.

A Lei Especial de Proteção dos Mananciais da RMC – Lei nº 12248/98 (PARANÁ, 1998), que criou o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da Região altera fundamentalmente o processo de ocupação nessas áreas. Esta Lei cria as Unidades Territoriais de Planejamento – UTP, compostas por sub-bacias contribuintes de mananciais de interesse da RMC (SANEPAR, 1999:9). Sua importância específica é possibilitar a instituição da permuta de potencial construtivo por áreas de preservação, as quais constituirão patrimônio público. Esse recurso pode tornar-se potencial para ordenações territoriais em áreas de alta densidade, assim como para a viabilização de unidades de conservação. O uso do potencial construtivo, no entanto, só poderá ocorrer no interior de uma mesma UTP, sem acréscimo da ocupação total prevista para a mesma.

5.3 - MATERIAIS E MÉTODOS

5.3.1 - MATERIAIS

5.3.1.1 - Obtenção dos parâmetros de qualidade de água “in natura” das ETA

As informações relativas à qualidade de água bruta ou “in natura” da água que é captada nas duas ETAs (Iguaçu e Tarumã) foram obtidas através dos boletins quinzenais

e/ou mensais cedidos pela SANEPAR (Figura A5.1), relativos ao período compreendido entre Janeiro de 1976 a Dezembro de 1996, portanto, um período de 21 anos. Diariamente se determina os seguintes parâmetros de qualidade água: pH (média), matéria orgânica (máximo/ mínimo), cor (máximo/ mínima/média), turbidez (máximo/mínima/média), alcalinidade (média).

5.3.1.2 - Obtenção das quantidades de insumos utilizados para o tratamento das águas nas ETAs

As quantidades de insumos químicos utilizados no tratamento das águas foram obtidos dos Boletins Quinzenais e/ou Mensais das ETAs, relativos ao período compreendido entre Janeiro de 1976 a Dezembro de 1996, portanto, um período de 21 anos. Como pode ser observado através da Figura A5.2, estes boletins apresentam o volume de água tratado, o consumo de sulfato de alumínio, de cal hidratada, de cloro (frequentemente médias mensais) e do flúor (frequentemente médias mensais).

Os valores relativos ao custo dos insumos químicos utilizados nos tratamentos foram obtidos junto à SANEPAR e referem-se ao mês de Outubro de 2001¹¹: Sulfato de alumínio R\$ 0,1348/kg; Cal hidratada 0,162/kg, cloro líquido 1,50/kg e Flúor 1,46/kg.

5.3.1.3 - Obtenção dos valores relativos à vazão e precipitação

Em relação à precipitação foram utilizados os dados da Estação Meteorológica do IAPAR (Tabela A5.5), localizada na Fazenda Experimental do Canguiri (UFPR), por tratar-se de uma estação inserida na área de estudo. Quanto às questões relativas às vazões dos rios, foram utilizados os dados da Estação Fluviométrica Fazendinha – Piraquara (SUDERHSA) localizada um pouco abaixo da captação Iguaçu.

As áreas das sub-bacias foram obtidas através do uso do programa AutoCAD 2000, através de mapas elaborados com base às Cartas Planialtimétricas da COMEC – Coordenadoria da Região Metropolitana de Curitiba.

¹¹ Valores relativos ao mês de Outubro de 2001, com cotação média do Real: 2,52 R\$ = 1 US\$

5.3.2 - MÉTODOS

5.3.2.1 - Obtenção dos parâmetros de qualidade de água "in natura" das ETA

Após a leitura das informações contidas nos Boletins (qualidade das águas), os valores foram reunidos em arquivos tipo planilhas, onde foram agrupados de forma a possibilitar a obtenção dos valores mensais relativos a cada um dos parâmetros da qualidade da água "in natura".

5.3.2.2 - Obtenção das quantidade de insumos utilizados para o tratamento das águas nas ETAs (valores mensais/sazonais/períodos)

Após a leitura das informações contidas nos Boletins (consumo de insumos), os valores obtidos foram reunidos em arquivos tipo planilhas, aonde foram agrupados de forma a possibilitar a obtenção dos valores mensais relativos a cada um dos insumos utilizados no tratamento das águas.

5.3.2.3 - Obtenção dos valores relativos à vazão e precipitação

Os dados relativos à precipitação e vazão foram agrupados em arquivos do tipo planilha de forma a possibilitar a obtenção dos valores médios mensais/sazonais/períodos.

No caso específico das vazão do rio Iguaçu, os valores sofreram um tratamento matemático para que os dados sejam relativos à área de estudo, para tanto os valores foram deduzidos da vazão relativa ao rio Atuba, o qual contribui para o volume escoado e medido na Estação Fluviométrica, mas não contribui para o volume escoado no ponto de captação da ETA Iguaçu. Esta metodologia já foi empregada em (SUREHMA, 1985:21), quando da realização de correlações de vazões, turbidez, etc.

5.4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 – EM RELAÇÃO AO VOLUME DE ÁGUA

Pela análise das informações relativas à precipitação e vazão do rio Iguaçu (Figuras 5.6 e 5.7 e as Tabelas A5.4 e A5.5), constata-se que a variação no volume de água escoado no rio Iguaçu sofre influências diretas da variação da precipitação na bacia. Percebe-se que

os meses com menor precipitação, Abril (85,1 ml) e Agosto (69,8 ml) foram também os meses que houveram ou menores registros de vazão, com 9.803 l/s e 9.894 l/s respectivamente. Também no que se refere aos meses de maior precipitação, Janeiro (171,3 ml) e Fevereiro (140,7 ml), constatou-se também que foram os meses com os maiores valores de vazão, 15.668 l/s e 15.691 l/s respectivamente.

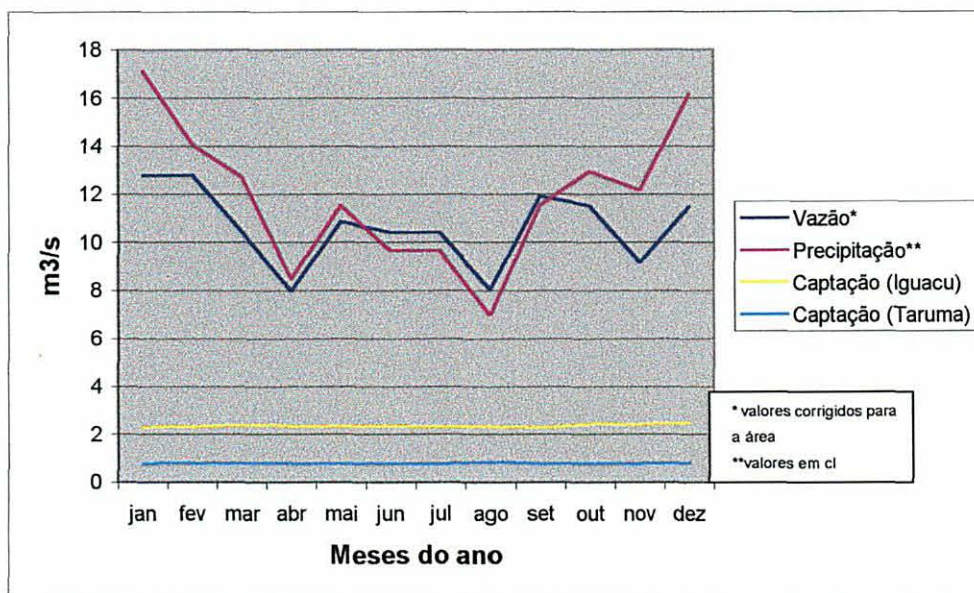


FIGURA 5.6 - Vazão, precipitação e captação nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano).

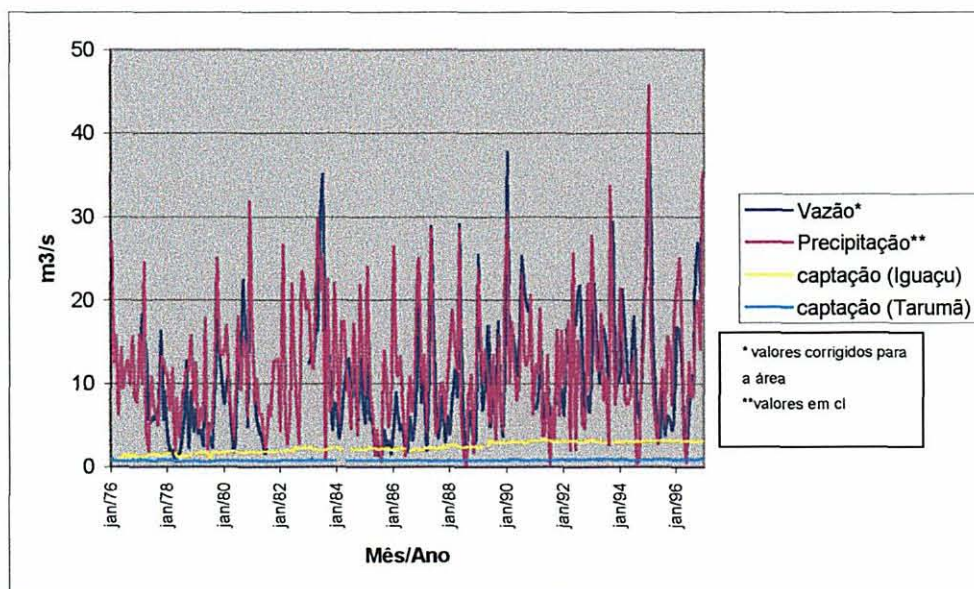


FIGURA 5.7 – Vazão, precipitação e captação nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de jan/1976 à dez/1996 (valores médios mensais).

A análise das informações relativas aos volumes captados pelas ETAs Iguaçu e Tarumã (Figura 5.8 e Tabela A5.3), nos indicam que em todo o período estudado, entre 1976 e 1996, o volume captado na ETA Tarumã se manteve mais ou menos constante, com o menor volume captado nos meses de Junho e Julho (volume igual) e o maior volume captado para o mês de Agosto, respectivamente de 770,7 l/s e 855,2 l/s, representando uma variação de 9,88 % entre o maior e o menor volume captado, o que demonstra uma certa estabilidade no volume captado. A análise dos volume captados pela ETA Iguaçu, com o menor volume captado em Janeiro e o maior volume captado em Dezembro, respectivamente de 2.267,4 l/s e 2.515,7 l/s, representando uma variação de 9,87 % entre o maior e o menor volume captado, o que demonstra uma certa estabilidade no volume captado. A maior variação no volume captado por esta ETA deu-se apartir do mês agosto/84, quando da conclusão das segunda fase da ETA (o projeto original previa duas fases de 1.500 l/s, sendo a primeira concluída em 1969). Portanto, para a ETA Iguaçu, pode-se inferir que há dois momentos: o primeiro onde o volume captado foi de aproximadamente 1.500 l/s e o segundo onde o volume captado foi de aproximadamente 3.200 l/s.

Ao analisarmos o volume de água retirado dos rios, através das duas captações, percebe-se que o volume é mais ou menos constante ao longo do tempo, alterando-se apenas em alguns momentos, em função do não funcionamento das ETAs, indicando claramente que o volume captado não procura correlacionar com o volume escoado naquele determinado momento no rio.

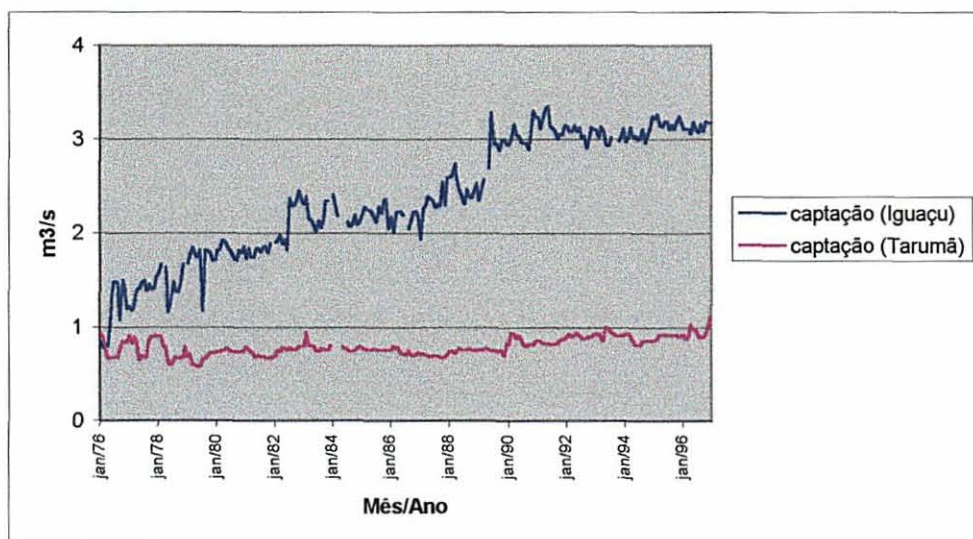


FIGURA 5.8 - Volumes médios mensais (m^3/s) de água captado nas ETAs Iguaçu e Tarumã no período de 1976-96

Apesar do Decreto 974/91 (PARANÁ, 1991) dizer claramente que os mananciais existentes não estariam obrigados a cumprir com os volumes necessários à vazão mínima (ou vazão ecológica), constatamos que a SANEPAR capta um volume de água condicionado à sua capacidade de tratamento e distribuição, considerado como constante ao longo do tempo, e que este volume não apresenta nenhuma relação com a vazão dos cursos d'água ou com a precipitação na área, as quais são bastante variáveis, mas sim à sua capacidade de captação-tratamento-armazenamento.

5.4.2 – EM RELAÇÃO À QUALIDADE DA ÁGUA

Os valores de pH das águas captadas nas ETAs Iguazu e Tarumã, no período de estudo, se encontraram com médias próximas a 6,5 unidades, com faixas de variações estreitas (Figura 5.9). Pela análise dos valores médios de pH apresentados na Tabela A5.1 e Figura 5.9, constata-se que o pH verificado na ETA-Iguazu apresenta normalmente valores mais elevados do que àqueles verificados para a ETA-Tarumã. Também constata-se que as variações durante o ano ocorrem em períodos diferenciados para ambas as ETAs (Figura 5.9). As águas captadas na ETA Iguazu apresentam valores menores para o período Janeiro-Março e para o mês de Setembro e os maiores valores para os períodos de Maio-Agosto e Novembro-Dezembro. Enquanto que as águas captadas na ETA Tarumã apresentaram os menores valores para o período de Outubro-Março e os maiores valores para o mês de Abril e período de Agosto-Setembro.

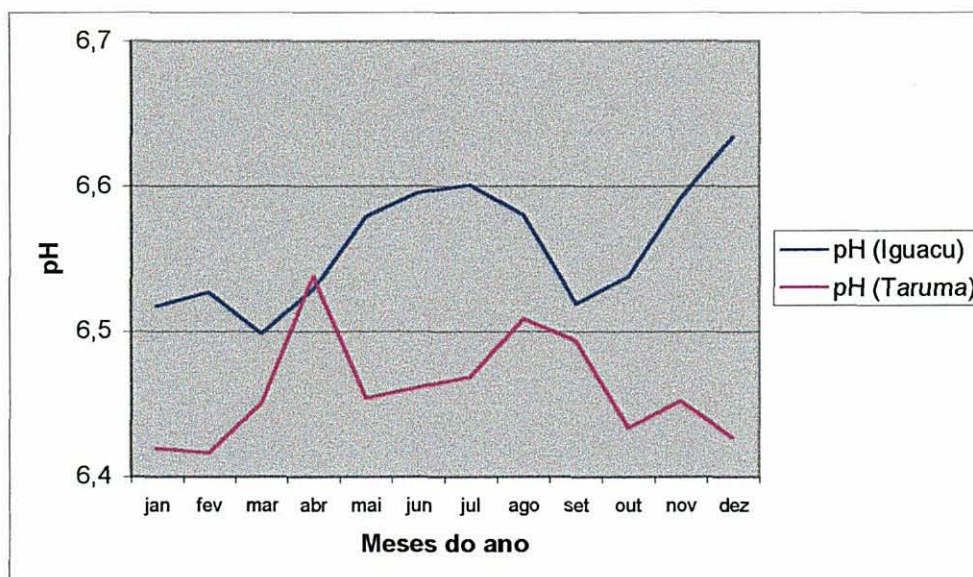


FIGURA 5.9 - Valores de pH das águas captadas nas ETAs (Iguazu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

Os valores médios mensais (Figura 5.10), demonstram que normalmente o pH das águas tratadas na ETA-Iguaçu são menores do que das águas tratadas na ETA-Tarumã.

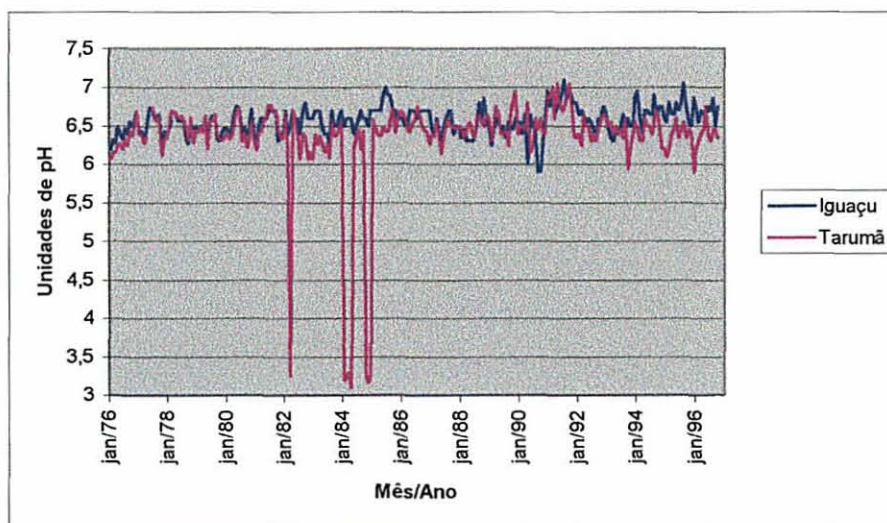


FIGURA 5.10 - Valores médios mensais de pH das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã).

Os resultados dos teores de Matéria Orgânica (Figura 5.11) para ambas as ETAs, demonstram que as curvas dos valores médios no geral são semelhantes àquelas verificadas para a precipitação e vazão (Figura 5.6), com valores mais elevados no período de Outubro-Fevereiro e valores mais baixos de Abril-Agosto, mesmo que sejam constatados para o período de maior vazão-precipitação (Dezembro-Janeiro) valores mais baixos para o parâmetro Matéria Orgânica, constata-se que esta queda é em função de que os maiores valores se apresentam no mês seguinte (Fevereiro).

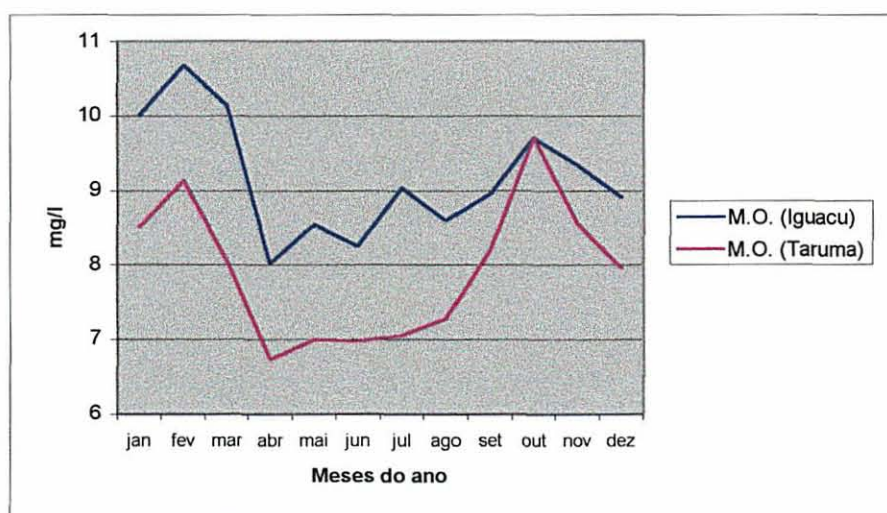


FIGURA 5.11 - Teores de Matéria Orgânica das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

Também constata-se que os teores de matéria orgânica das águas captadas na ETA Iguaçu são de maior magnitude do que das águas captadas na ETA Tarumã (Figura 5.12). Os teores mais elevados da matéria orgânica na ETA Tarumã, também correspondendo aos valores de cor mais elevados, foram consequências de períodos de estiagem (1 ou 2 meses) seguidos de períodos de chuvas. Para a ETA Iguaçu, o período de teores mais elevados de matéria orgânica, também resultaram em valores elevados para a cor, mas não podem ser relacionados com períodos de estiagem-chuva e sim com períodos de maior movimentação do solo.

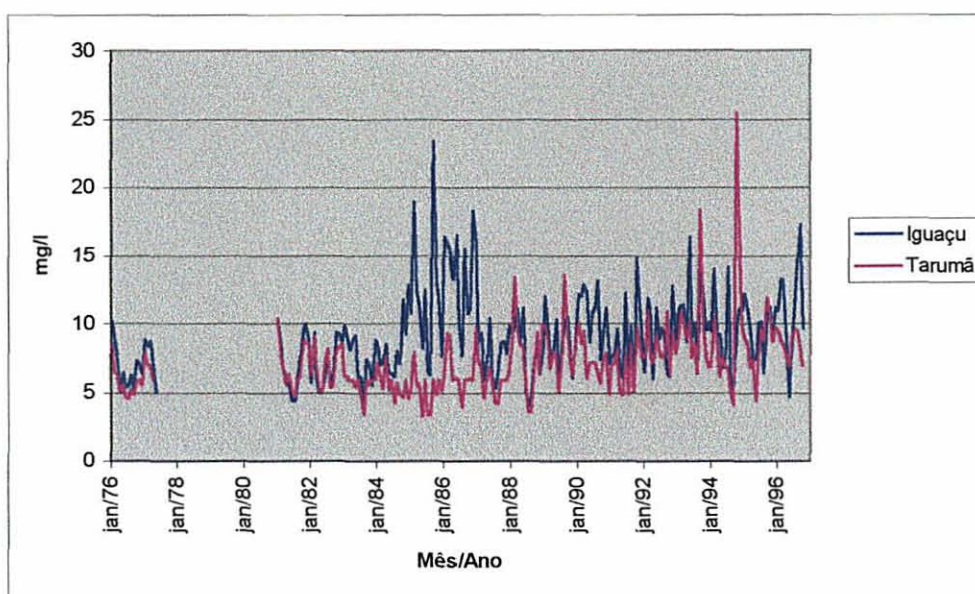


FIGURA 5.12 - Teores médios mensais de Matéria Orgânica das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã)

De maneira semelhante à matéria orgânica, foram verificados os valores médios para os meses do ano, para o parâmetro cor (Figura 5.13).

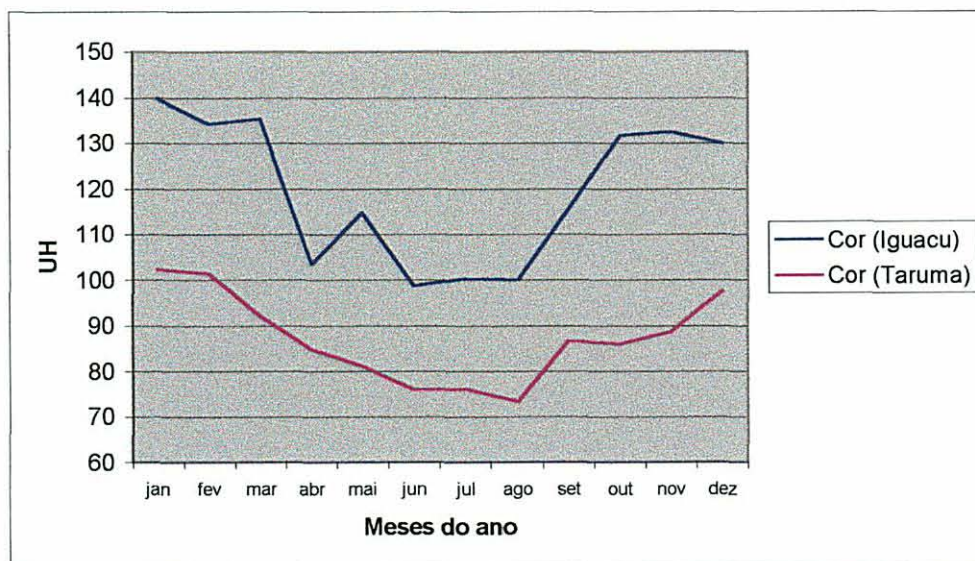


FIGURA 5.13 - Valores da cor das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

A Figura 5.14, apresenta os valores médios mensais do parâmetro cor, para ambas as ETAs, demonstrando que, geralmente, são verificados valores mais elevados para as águas captadas para a ETA-Iguaçu, do que para a ETA-Tarumã.

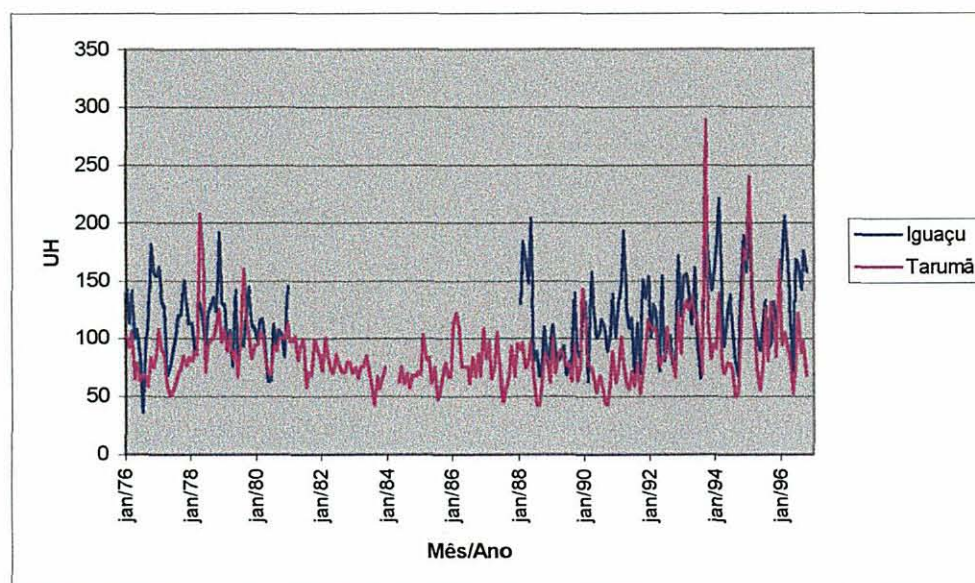


FIGURA 5.14 - Valores médios mensais da cor das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã)

A análise dos valores da turbidez (Figura 5.15) demonstraram que as águas captadas na ETA Iguaçu possuem maior magnitude, com valores compreendidos entre 30 e 42 UJ, do que as águas captadas na ETA Tarumã, com valores entre 19 e 24 UJ. Também

constata-se que os valores para a ETA Iguaçu, representam uma influência maior da precipitação e vazão do que as águas captadas na ETA Tarumã.

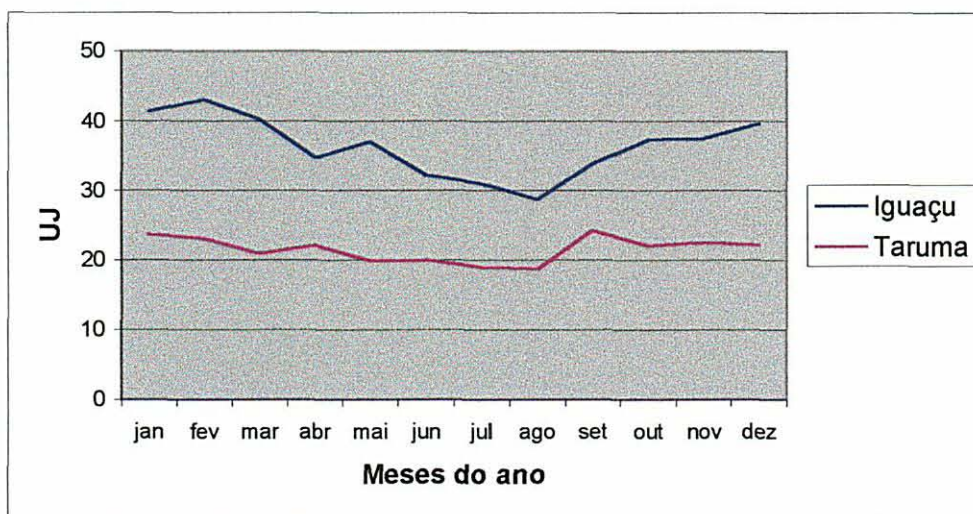


FIGURA 5.15 - Valores da Turbidez das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

Os resultados dos valores da turbidez média mensal (Figuras 5.16 e 5.17) nos indicam que a turbidez constatada para as águas captadas para a ETA-Iguaçu são em muito superiores àquelas constatadas nas águas captadas para a ETA-Iraí. Em estudo realizado no início da década de 80 por RIZZI (1981:95) já havia verificado que a turbidez das águas captadas para tratamento na ETA-Tarumã apresentava teores menores quando comparada à ETA-Iguaçu. Segundo este autor, isto poderia ser explicado por ser a captação feita mais próxima às nascentes dos mananciais e também pelo menor grau de influência urbana nos afluentes que dão origem a essas águas.

SUREHMA (1985:34), analisando uma série histórica, constatou-se que a taxa de crescimento da turbidez na captação Iraí é superior à do Iguaçu. Uma análise da questão levava a supor que a área da bacia correspondente à captação Iraí, em função de sua ocupação mais recente, estava produzindo turbidez a elevadas taxas, tendendo num futuro próximo a alcançar um estágio de produção menos acentuada de turbidez, semelhante à taxa, à época verificada na área da bacia correspondente à captação Iguaçu (SUREHMA, 1985:38).

Pelos resultados apresentados na Figura 5.17, constata-se que realmente houve um acréscimo nos valores da turbidez para a ETA Tarumã, no período de Janeiro de 1978 a Janeiro de 1982, conforme anteriormente já havia sido verificado por SUREHMA (1985:34),

mas que a partir deste período os valores se reduziram e se mantiveram mais ou menos constantes ao longo do tempo, demonstrando uma certa estabilidade. O mesmo não se pode concluir para as águas captadas na ETA Iguaçu (Figura 5.16), a qual apresenta valores com variações mais acentuadas. Os valores mais elevados de turbidez da ETA Tarumã foram constatados respectivamente em Abril de 1978, após um período de intensa precipitação e em Setembro de 1993 quando houve um volume de precipitação maior do que o normalmente é registrado.

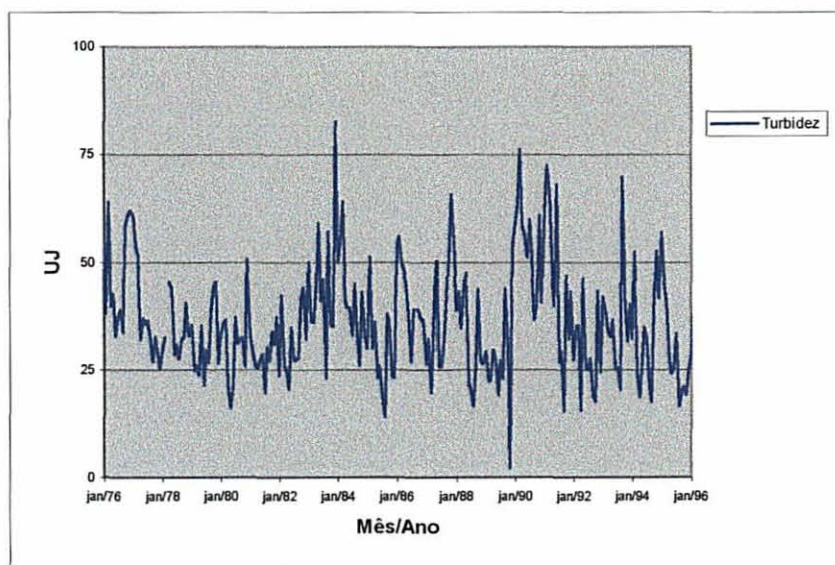


FIGURA 5.16 - Turbidez média mensal das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96

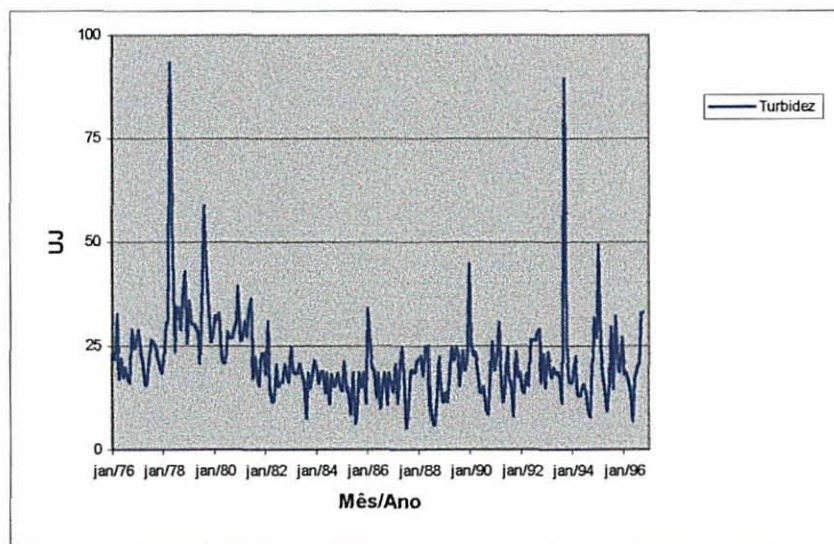


FIGURA 5.17 - Turbidez média mensal das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96

Da mesma forma que a turbidez, podemos verificar através da Figura 5.18, que os valores da alcalinidade das águas captada para a ETA-Iguaçu são superiores aos valores verificados para as águas captadas para a ETA-Tarumã, mas no caso deste parâmetro, parece não demonstrar influência do volume precipitado na área e da vazão registrada para o rio Iguaçu.

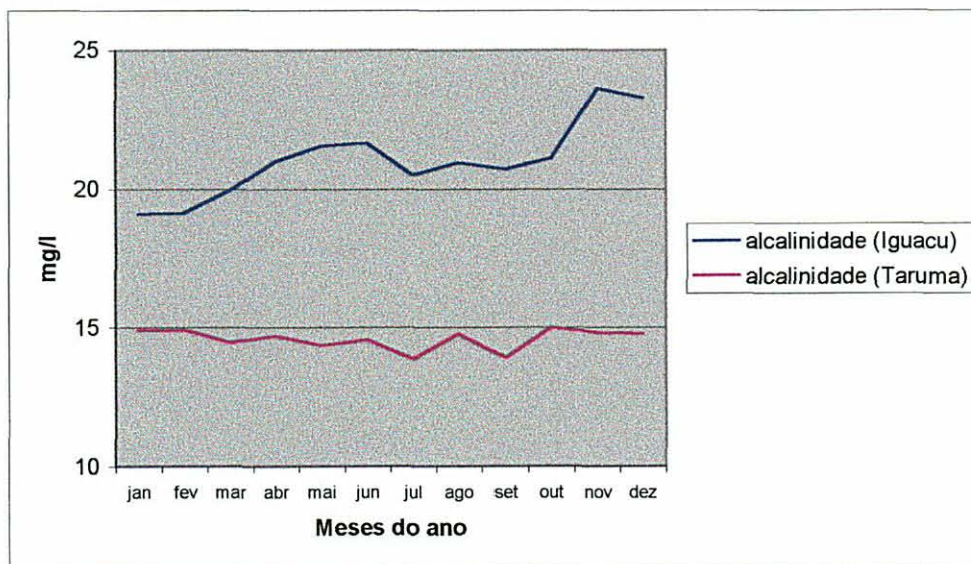


FIGURA 5.18 - Alcalinidade das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

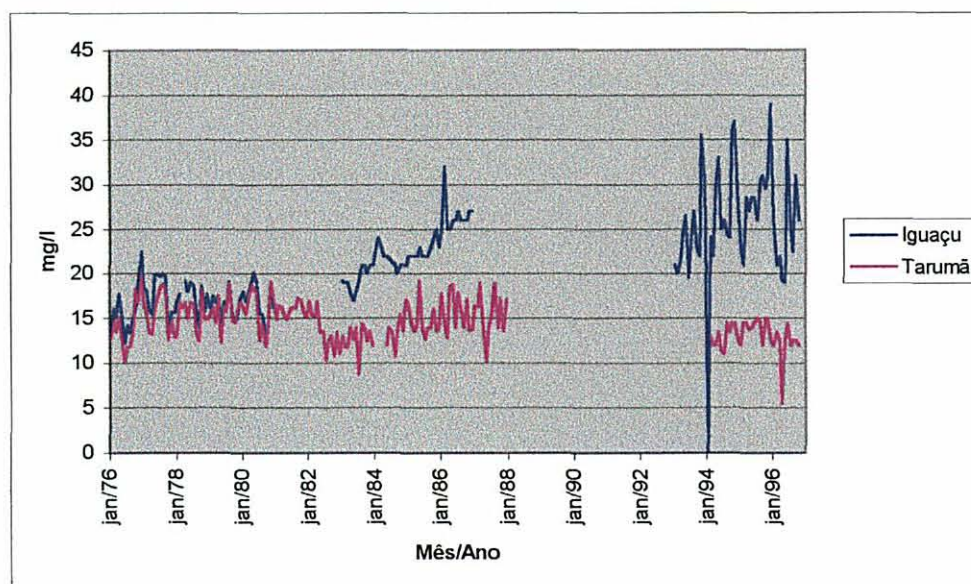


FIGURA 5.19 – Valores médios mensais de alcalinidade das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã)

5.4.3 – EM RELAÇÃO AO TRATAMENTO QUÍMICO DAS ÁGUAS

Pela Figura 5.20 constata-se que as variações da dosagem média mensal de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada ao longo do ano, para ambas as captações normalmente acompanham às variações dos volumes precipitados nas bacias e às vazões do rio Iguaçu. Como as águas captadas na ETA Iguaçu apresentaram maiores valores de Matéria Orgânica do que as captadas na ETA Tarumã, deveríamos esperar a utilização de dosagens mais elevadas de Sulfato de Alumínio no tratamento daquelas águas.

No que se refere às dosagens de Cal Hidratada, constatou-se mais ou menos as mesmas dosagens para ambas as captações, o que talvez possa ser explicado ao se verificar os resultados do índices de pH das águas. O pH das águas captadas na ETA Iguaçu é um pouco superior ao das águas captadas na ETA Tarumã, com valores compreendidos entre 6,41 e 6,63, portanto, com pequenas variações.

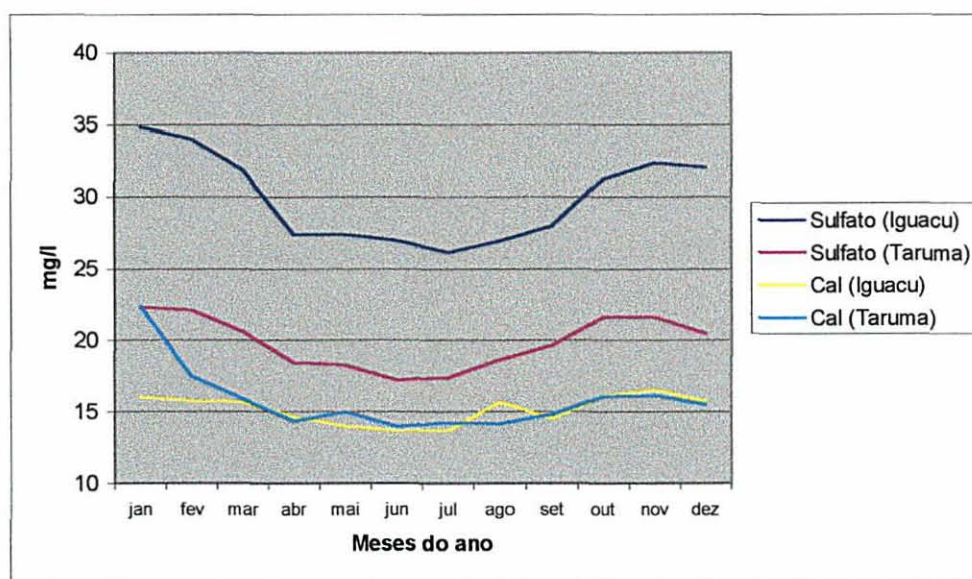


FIGURA 5.20 - Dosagem média mensal de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs (Iguaçu e Tarumã) no período de 1976-96 (valores médios dos 21 anos, relativos aos meses do ano)

Através da Figura 5.21, constata-se que há um gradativo aumento das quantidades de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizadas na ETA Iguaçu, apesar de que a dosagem de sulfato (Figura 5.22), se manter mais ou menos estável ao longo do período estudado, a dosagem de cal se elevou. Um aumento da quantidade de produto (Kg), era esperado,

tendo em vista que houve aumento do volume de água tratada a partir de 1984, mas o aumento nas dosagens é indicativo de alteração da qualidade das águas.

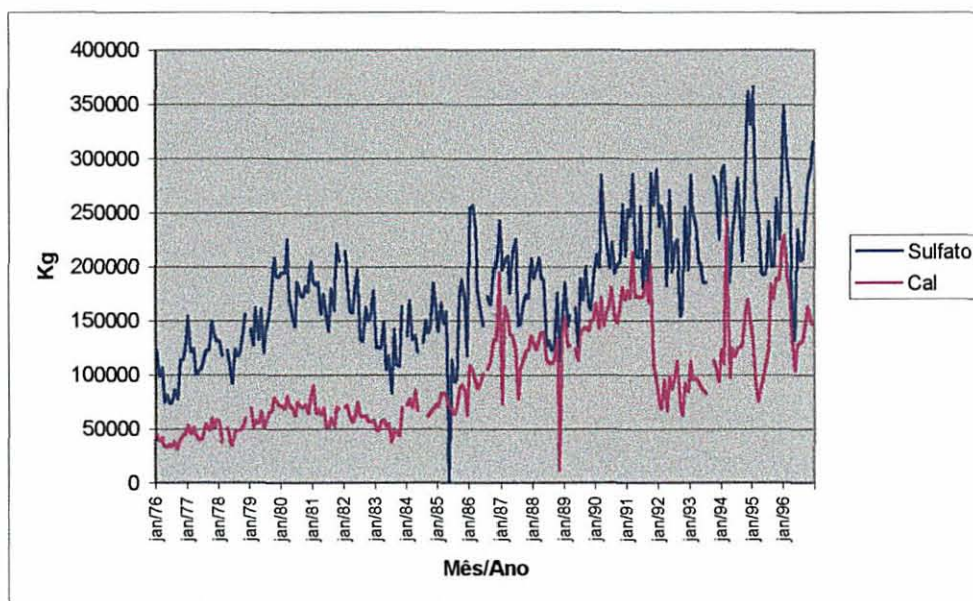


FIGURA 5.21 - Quantidade de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96

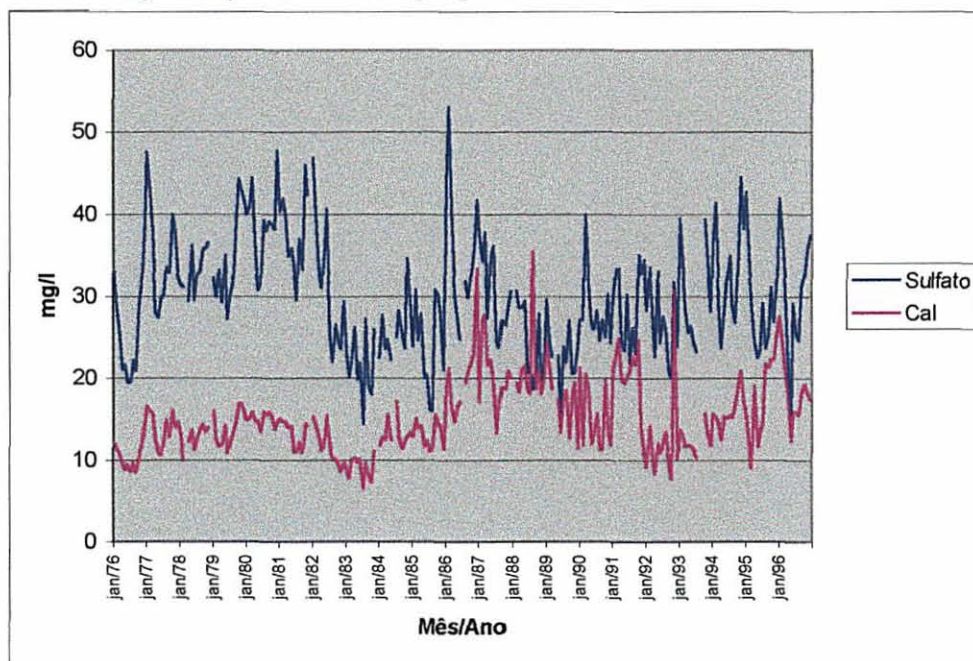


FIGURA 5.22 - Dosagem de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96

Pela análise dos resultados apresentados nas Figuras 5.23 (Quantidades) e 5.24 (Dosagens) de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA Tarumã, percebe-se a existência de dois momentos: o primeiro, onde as quantidades e dosagens de Sulfato de Alumínio utilizadas foram superiores às quantidades de Cal Hidratada (1976-1984) e (1992-1996) e o segundo onde estes valores foram inferiores aos valores da Cal Hidratada. Como os volumes de água captados na ETA Tarumã mantiveram-se mais ou menos constante neste período, pode-se inferir que o consumo adicional de produto tenha como causa a alteração da qualidade das águas captadas, o que pode ser confirmado quando observa-se que há um acréscimo dos valores da turbidez neste período, o que segundo SUDERHSA (1997:14) aumentaria o consumo de produtos utilizados no tratamento das águas.

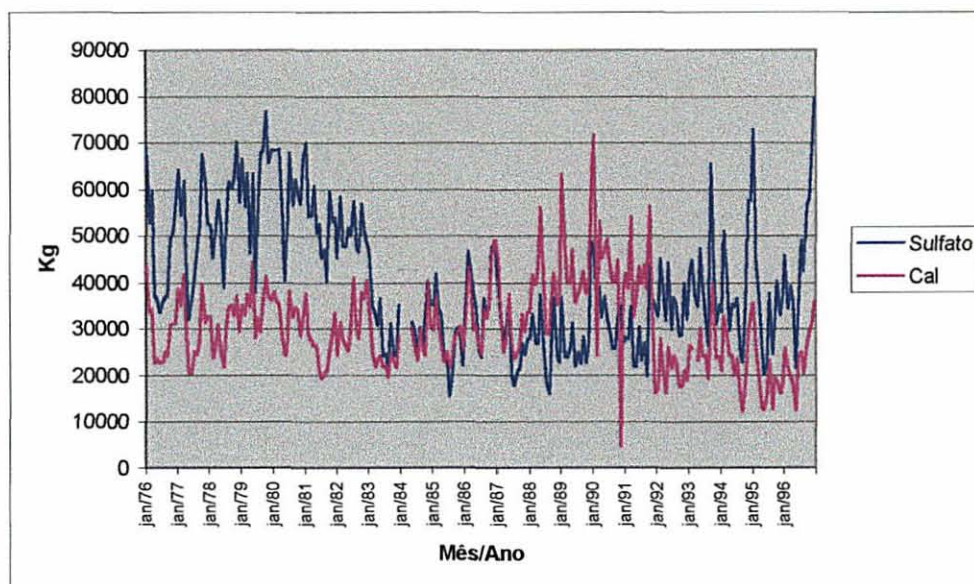


FIGURA 5.23 - Quantidade de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96

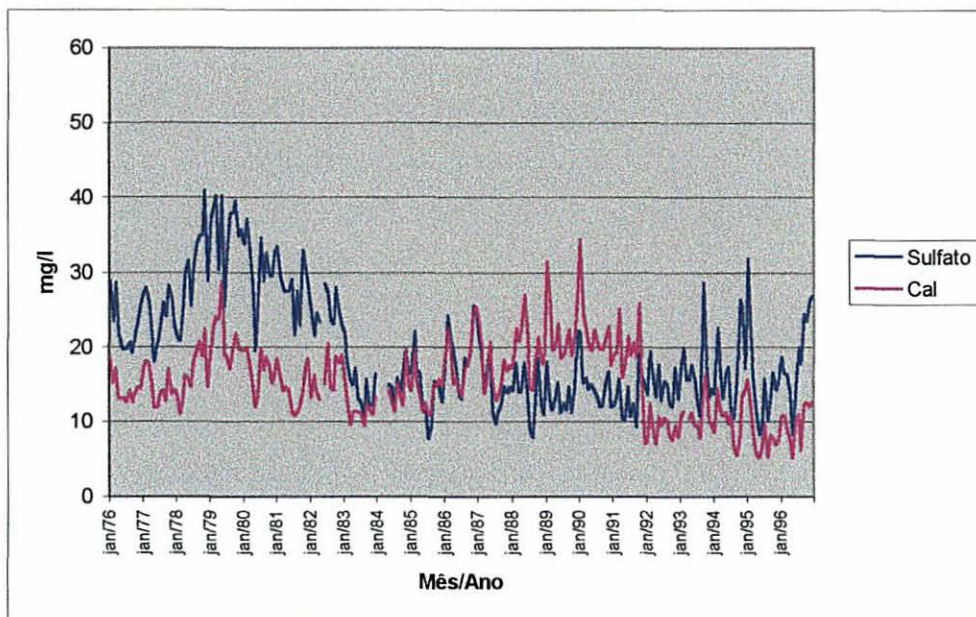


FIGURA 5.24 - Dosagem de Sulfato de Alumínio e Cal Hidratada utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96

A Figura 5.25, apresenta as dosagens médias ao longo dos meses do ano de cloro e flúor, configurando-se, para ambos os produtos, que as dosagens médias utilizadas na ETA-Iguaçu são de maior magnitude do que as utilizadas na ETA-Tarumã.

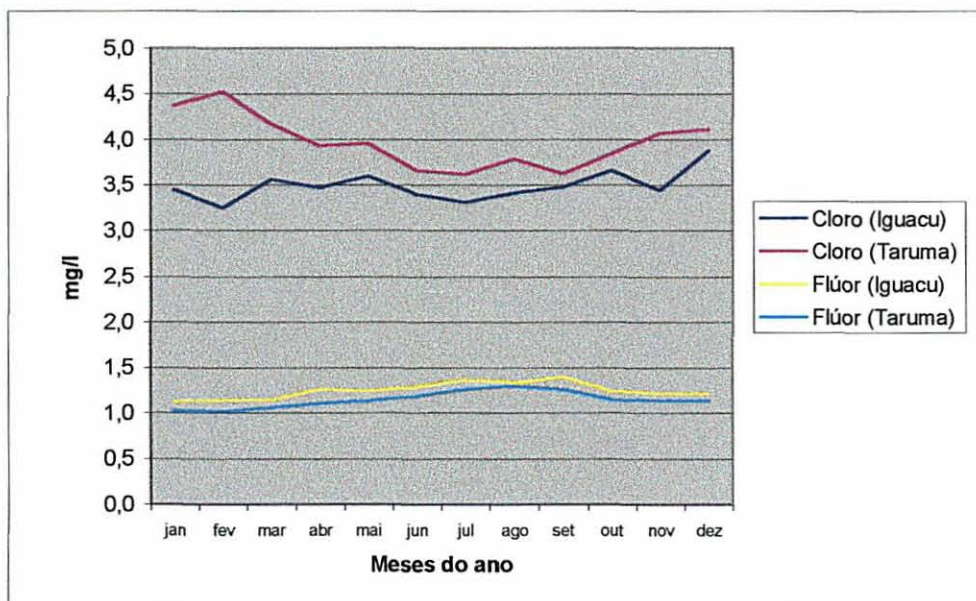


FIGURA 5.25 - Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs entre 1976/96

As Figuras 5.26 e 5.27, nos indicam que houve, ao longo do tempo, um aumento da quantidade e da dosagem de cloro utilizado no tratamento das águas destinadas à captação Iguaçu. Este aumento, em parte, pode ser explicado pelo aumento do volume de água captado, mas também pela alteração da qualidade das águas captadas ao longo deste período, ou ainda por má administração e/ou funcionamento da ETA. No que refere-se ao Flúor, mesmo com o aumento do volume captado, não foi constatado um aumento do consumo deste produto, o que deveria ser esperado, pois o produto não tem relação com a qualidade da água, mas sim com a prevenção de cáries na população.

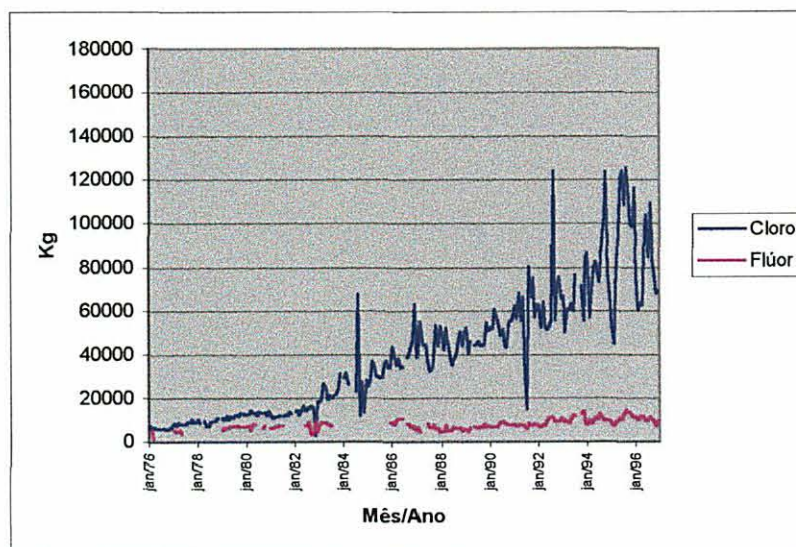


FIGURA 5.26 - Quantidades de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96

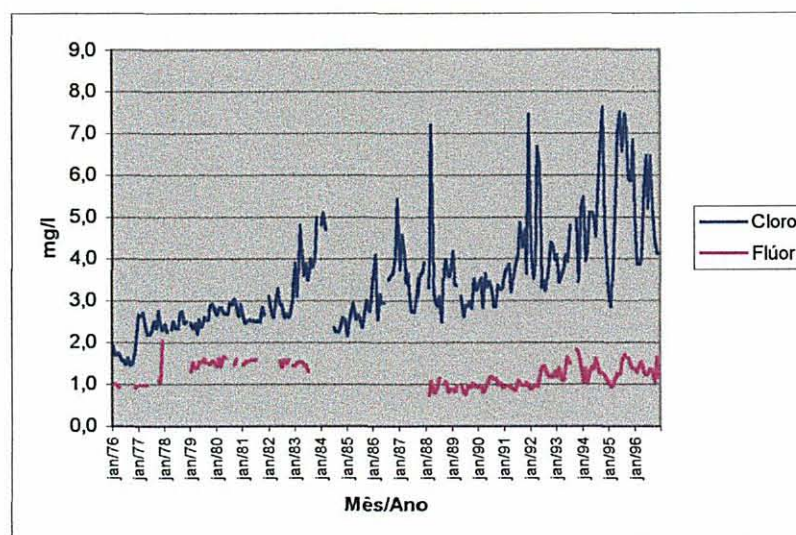


FIGURA 5.27 - Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Iguaçu entre 1976/96

As Figuras 5.28 e 5.29, nos demonstram que houve um período de crescimento no consumo de cloro utilizado no tratamento das águas na ETA-Tarumã entre 1980-1993, tanto em quantidade, quanto em dosagens. Como neste período não houve acréscimo de volume captado/produzido, a justificativa para este aumento é a qualidade inferior destas águas no período. DE 1994 a 1996, tanto a quantidade, quanto as dosagens do cloro consumido reduzem-se, chegando a valores semelhantes aos verificados nos anos de 1986-7.

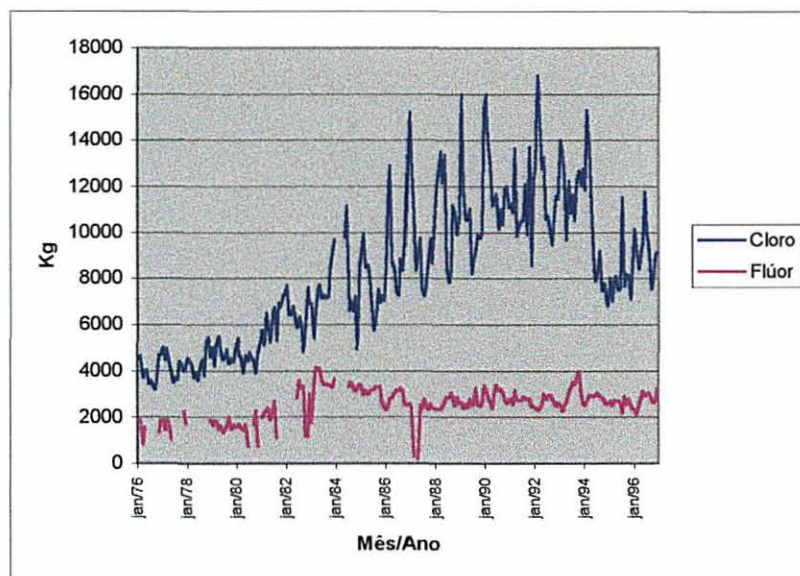


FIGURA 5.28 - Quantidade de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96

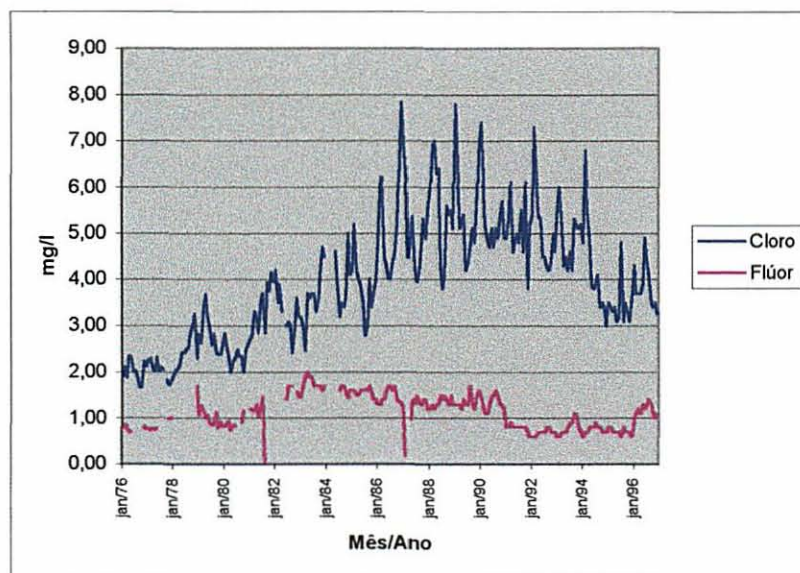


FIGURA 5.29 - Dosagem de Cloro e Flúor utilizados no tratamento das águas captadas na ETA-Tarumã entre 1976/96

5.4.4 – EM RELAÇÃO AOS CUSTOS DOS INSUMOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DAS ÁGUAS

Pela Figura 5.30, constata-se que houve um aumento dos custos de tratamento das águas captadas pela ETA-Iguaçu com o passar do tempo. Parte deste aumento, pode estar relacionado diretamente com o aumento do volume tratado, que realizado a partir de 1984, mas deve-se principalmente às condições da qualidade da água, pois o aumento foi provocado principalmente pelo aumento do uso do cloro.

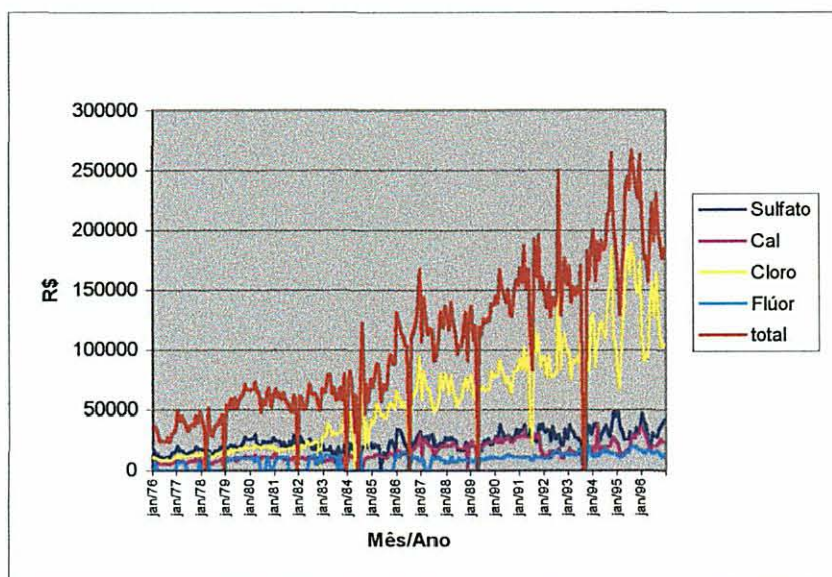


FIGURA 5.30 – Valores médios mensais gastos no tratamento das águas captadas pela ETA-Iguaçu.

Pela Figura 5.31, constata-se que houve um aumento dos custos de tratamento das águas captadas pela ETA-Tarumã, com o passar do tempo. Este aumento, foi provocado principalmente pelo aumento do consumo de cloro, como também durante um certo período, entre 1987 e 1992, por aumento do consumo de cal hidratada.

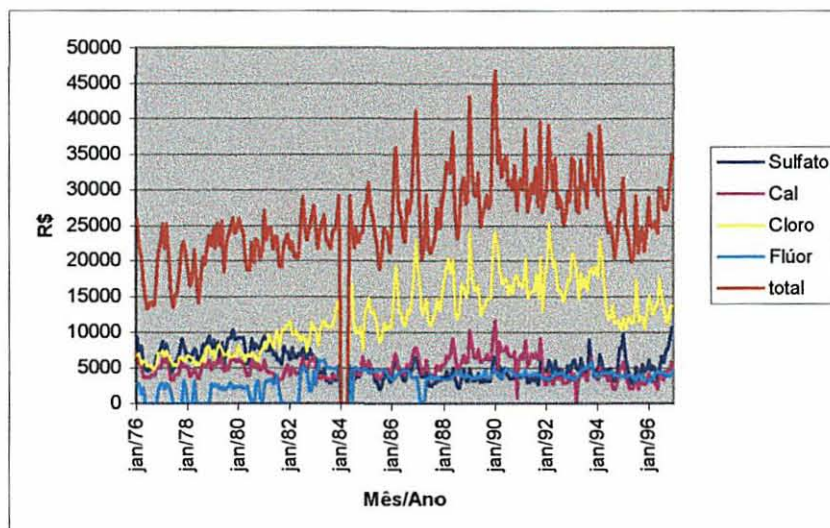


FIGURA 5.31 – Valores médios mensais gastos no tratamento das águas captadas pela ETA-Tarumã.

A Figura 5.32, apresenta os custos médios de produção para as duas ETAs. Percebe-se claramente que a partir de 1986, os custos de tratamento das águas captadas para a ETA-Iguaçu ficam superiores aos custos das águas para a ETA-Tarumã, e depois de 1990, estes custos para a ETA-Iguaçu apresentam uma curva crescente e para a ETA-Tarumã uma curva decrescente, o que está diretamente relacionado ao aumento dos produtos utilizados, no caso da ETA-Iguaçu e a redução para ETA-Tarumã, constatado nas Figuras 5.30 e 5.31. Em termos de valores médios para produção de um metro cúbico de água, a ETA-Iguaçu foi de R\$ 0,0169 e para a ETA-Tarumã de R\$ 0,0130, apresentando portanto a ETA-Iguaçu um custo em média 30 % superior aos custos de tratamento das águas da ETA-Tarumã.

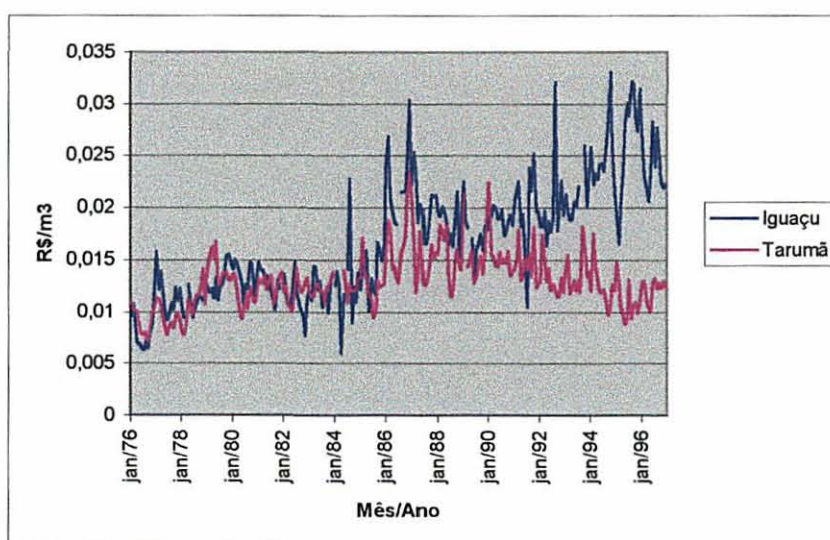


FIGURA 5.32 – Valores médios mensais para tratamento das águas captadas nas ETAs.

5.5 - CONCLUSÕES

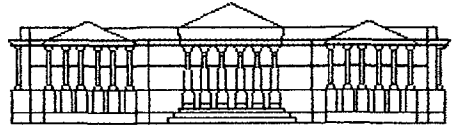
A disponibilidade hídrica na área de estudo, poderia suprir a demanda existente, que atualmente se encontra reprimida, mas a degradação dos mananciais esta sendo realizada de forma tão agressiva que muitos dos cursos de água da área já não tem mais capacidade de proporcionar águas com qualidade adequada para o abastecimento público.

Constatou-se que a SANEPAR capta um volume mais ou menos constante, próximo ou acima da capacidade ideal de tratamento sem que este volume de água tenha qualquer relação com as vazões existentes nos cursos de água, o que poderia em alguns momentos prejudicar o equilíbrio ecológico dos ambientes.

Em relação à qualidade, constatou-se que as águas captadas para a ETA-Iguaçu para os parâmetros estudados foram, em média superiores a ETA-Tarumã. Em relação ao consumo de produtos no tratamento das águas, pode-se concluir que houve um aumento do consumo dos produtos, na ETA-Iguaçu, o qual foi acompanhado de um aumento nas dosagens de cal hidratada e cloro e redução nas dosagens de sulfato de alumínio e flúor, demonstrando claramente que o aumento das quantidades dos produtos, não pode ser atribuído somente ao aumento do volume tratado, mas sim devido as alterações na qualidade das águas. Já para a ETA-Tarumã, os maiores volumes e dosagens de Sulfato foram utilizados no período anterior a 1983, passando por um período estável, até 1992, quando iniciaram um período de aumento do uso destes insumos, em consequência das alterações da qualidade das águas.

Destaca-se da análise dos produtos utilizados, os valores correspondentes ao cloro. Pois em ambas as ETAs, foi constatado um aumento das quantidades utilizadas, em 201 % para a ETA-Tarumã e em 585 % para a ETA-Iguaçu, bem como das dosagens utilizadas, em 65 % para a ETA-Tarumã e 70 % para a ETA-Iguaçu. Como este produto é utilizado para a desinfecção, conclui-se que no período, além do aumento da captação para a ETA-Iguaçu, houve uma degradação da qualidade das águas.

Em relação aos custos dos insumos utilizados no tratamento das águas, constatou-se um aumento dos custos para ambas as ETAs, provocado principalmente pelo maior consumo de cloro. Para a ETA-Tarumã, percebe-se que há uma tendência de redução destes custos, enquanto que para a ETA-Iguaçu, a tendência é de elevação. Os custos de produção de um litro de água, na ETA-Iguaçu foram em média 30 % superiores aos da ETA-Tarumã, sendo que a partir de 1992 este percentual foi mais elevado.



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO VI

Integração

6.1 – INTRODUÇÃO

As crescentes necessidades da população e a expansão das atividades econômicas e imobiliárias estão exercendo uma pressão cada vez maior sobre a área dos mananciais, criando uma competição e conflitos. Para atender, no futuro, às necessidades da população de uma maneira sustentável, é essencial resolver o mais rápido possível esses conflitos e avançar para um uso mais eficaz e eficiente da terra e de seus recursos naturais, em especial aos recursos hídricos.

Neste capítulo, as informações obtidas nos capítulos II (parâmetros morfométricos), III (solos), IV (uso da terra) e V (recursos hídricos), são analisadas de forma a proporcionar uma abordagem dinâmica e integrada. Em termos mais específicos os objetivos são: (i) analisar as relações existentes entre os parâmetros morfométricos e os solos; (ii) verificar a dinâmica de uso da terra sobre os diferentes grupos de solos e por área de contribuição e sua influência nos parâmetros de qualidade das águas e o consumo de produtos químicos e finalmente (iii) com base nas informações levantadas elaborar uma projeção da área para os próximos anos.

6.2 – RELAÇÕES ENTRE A MORFOMETRIA E OS SOLOS

Da análise das superfícies ocupadas pelos diferentes grupos de solos (Quadro 6.1 e Figura 6.1), pode-se classificar as sub-bacias em 5 grupos: (i) composto pela sub-bacia do rio Timbu, a qual apresenta mais de 75 % de solos do grupo 2; (ii) composto pelas sub-bacias dos rios Canguiri, Pequeno e Piraquara, os quais se apresentam com mais de 60 % de solos dos grupos 1 e 2; (iii) composto pelas sub-bacias dos rios Curralinho e Iraí, os quais apresentam mais de 30 % de solos do grupo 2 e mais de 30 % de solos do grupo 5; (iv) composto pela sub-bacia do rio do Meio, com mais de 40 % de sua superfície ocupada por solos do grupo 3 e (v) composto pelas sub-bacias dos rios Iraizinho, Itaqui e Palmital, com mais de 35 % de suas superfícies ocupadas por solos do grupo 2 e o restante distribuído de forma mais ou menos proporcional entre os demais grupos de solos.

QUADRO 6.1 – Área (ha) e porcentagem de ocorrência de grupos de solos por sub-bacia hidrográfica.

grupo de solos	Sub-bacia hidrográfica																					
	canguiri	%	curralinho	%	iraizinho	%	itaqui	%	palmital	%	rio do Meio	%	irai	%	timbu	%	pequeno	%	piraquara	%	Área de influência	%
Grupo 1	580,95	32,1	755,01	18,8	352,89	6,6	675,72	13,7	1677,24	18,3	19,26	1,5	270	10,0	433,35	16,6	4502,43	33,2	3017,97	29,7	163,53	8,6
Grupo 2	811,44	44,8	1624,41	40,3	2409,66	44,9	2329,74	47,1	13461,13	37,8	463,5	37,2	852,93	31,8	1973,77	75,7	5610,51	41,4	3329,82	32,7	201,33	10,5
Grupo 3	173,16	9,6	291,15	7,2	600,48	11,2	340,38	6,9	1468,53	16,0	513,27	41,1	195,48	7,2	60,12	2,3	1080,09	8,0	762,66	7,5	377,01	19,7
Grupo 4	0	0,0	3,24	0,1	1145,79	21,4	440,91	8,9	1459,35	15,9	0	0,0	0,09	0,0	0	0,0	310,77	2,3	645,21	6,3	0	0,0
Grupo 5	244,62	13,5	1355,49	33,6	852,3	15,8	1158,32	23,4	1101,15	12,0	251,46	20,2	1388,97	51,3	140,4	5,4	2052,54	15,1	2422,26	23,8	1171,26	61,2
	1810,17	100	4029,3	100	5361,12	100	4945,05	100	9167,4	100	1247,49	100	2707,47	100	2607,57	100	13556,34	100	10177,92	100	1913,13	100

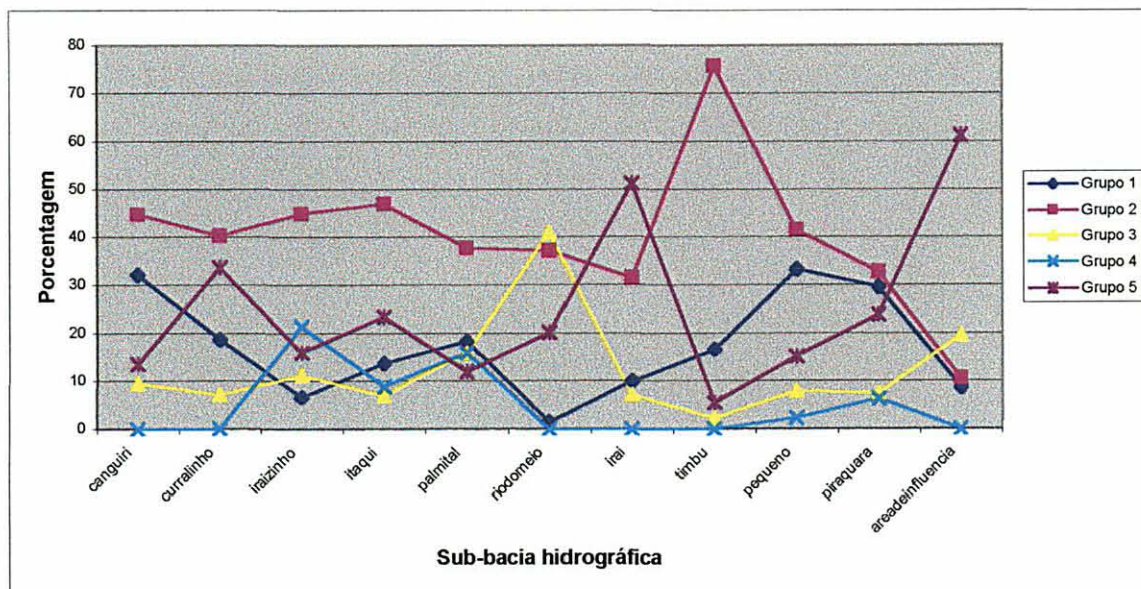


FIGURA 6.1 – Distribuição percentual da ocorrência dos grupos de solos por sub-bacia hidrográfica

A sub-bacia do rio Timbu foi a que apresentou uma estruturação e organização mais próxima dos padrões de normalidade estabelecidos pelas Leis de Horton, o que pode ser comprovado pela predominância de solos profundos, bem drenados e bastante desenvolvidos. Já as sub-bacias dos rios Pequeno, Palmital, Curralinho, Canguiri, do Meio e Iraí apresentaram distorções acentuadas em determinados elementos morfométricos, indicando um fraco desenvolvimento em sua estruturação, demonstrando que estas áreas serão objeto de alterações morfométricas no futuro. Esta tendência pode ser comprovada pela análise da constituição dos solos destas sub-bacias, com significativas parcelas de solos com baixo desenvolvimento estrutural.

A maioria das sub-bacias apresentaram valores para a Dd classificadas como altas (Quadro 6.2), o que são indicativas de terrenos impermeáveis, de regiões úmidas e montanhosas. As sub-bacias dos rios Itaqui, Iraí e Timbu apresentaram valores da Dd classificadas como medianas, portanto indicativas de terrenos mais permeáveis,

com uma melhor capacidade de infiltração e condições de relevo menos acidentado. A sub-bacia do rio Iraí, contendo em sua composição mais de 30 % de solos do grupo 2 e mais de 30 % de solos do grupo 5, apresentou elevados valores de Cm e Eps, mas com poucos cursos de água, resultando em baixa Dh. O elevado valor da Dh das sub-bacias dos rios Canguiri, Iraizinho, do Meio, Pequeno e Piraquara, tem uma importância ambiental fundamental, pois se por um lado possibilita a condução para o curso de água principal da variedade de substâncias de origem natural ou artificial (proveniente de atividades antrópicas) por outro, tem maiores possibilidades de diluições de uma contaminação pontual do que as sub-bacias de baixo valor de Dh.

QUADRO 6.2 – Quadro resumo dos parâmetros morfométricos das sub-bacias.

Parâmetro	Sub-bacia									
	Canguiri	Curralinho	Iraizinho	Itaqui	Palmital	Meio	Iraí	Timbu	Pequeno	Piraquara
NC de 1ª ordem	91	134	238	135	276	57	49	66	640	511
NC de 2ª ordem	22	32	59	33	78	17	9	15	144	123
NC de 3ª ordem	6	8	14	3	11	5	1	4	33	32
NC de 4ª ordem	1	3	4	1	3	1	0	1	5	3
NC de 5ª ordem	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
NC total	120	178	316	172	369	80	59	86	823	670
Lt canais de 1ª ordem	22007,06	44194,44	59127,65	39836,22	94520,43	13525,74	15572,95	18791,53	159496,8	127758,2
Lt canais de 2ª ordem	13771,92	22072,71	30393,08	13471,98	66622,87	8068,48	12111,77	19000,01	77320,32	51562,43
Lt canais de 3ª ordem	7934,7	15035,99	21145,58	13659,25	23106,76	3608,27	759,89	4159,61	35195,85	38046,37
Lt canais de 4ª ordem	4832,15	7006,08	8466,67	19791,78	12296,61	4369,73	0	6390,1	10178,62	10852,11
Lt canais de 5ª ordem	0	5546,94	13254,05	0	12062,82	0	0	0	49509,7	27288,98
Lt dos canais	48545,84	93856,16	132387	86759,23	208609,5	29572,23	28444,6	48341,25	331701,3	255508,1
Lm canais de 1ª ordem	241,84	329,81	248,44	295,08	342,47	237,29	317,85	284,72	249,21	250,02
Lm canais de 2ª ordem	626	689,77	515,14	408,24	854,14	474,62	1345,75	1266,67	536,95	419,21
Lm canais de 3ª ordem	1322,45	1879,5	1510,4	4553,08	2100,61	721,65	759,89	1039,9	1066,54	1188,95
Lm canais de 4ª ordem	4832,15	2335,36	2116,67	19791,78	4098,87	4369,73		6390,1	2035,72	3617,37
Lm canais de 5ª ordem		5546,94	13254,05		12062,82				49509,7	27288,98
R _b 2-1	4,14	4,19	4,03	4,1	3,54	3,35	5,44	4,4	4,44	4,15
R _b 3-2	3,67	4	4,21	11	7,1	3,4	9	3,75	4,36	3,84
R _b 4-3	6	2,67	3,5	3	3,67	5		4	6,6	10,67
R _b 5-4		3	4		3				5	3
R _{pm}	4,14	4,13	4,09	5,27	4,26	3,46	5,88	4,26	4,54	4,39
R _{ipm}	2,64	2,37	3,01	4,58	2,66	2,65	3,07	3,52	5,76	3,12
R _{ib} 2-1	0,63	0,5	0,51	0,34	0,7	0,6	0,78	1,01	0,48	0,4
R _{ib} 3-2	0,58	0,68	0,7	1,01	0,35	0,45	0,06	0,22	0,46	0,74
R _{ib} 4-3	0,61	0,47	0,4	1,45	0,53	1,21		1,54	0,29	0,29
R _{ib} 5-4		0,79	1,57		0,98				4,86	2,51
A	17,85	40,28	53,32	49,01	91,6	12,33	26,86	26,02	135,11	101,44
P	25,44	32,86	32,85	54,47	61,08	16,14	25,57	26,17	80,22	56,47
L	8,45	13,78	16,3	15,5	22,55	6,77	10,8	10,6	38,48	23,98

continua

	continuação									
Kc	1,7	1,46	1,27	2,19	1,8	1,3	1,39	1,45	1,95	1,58
Kf	0,25	0,21	0,2	0,2	0,18	0,27	0,23	0,23	0,17	0,18
D _h	6,72	4,42	5,93	3,51	4,03	6,49	2,2	3,31	6,09	6,6
D _a	2,72	2,33	2,48	1,77	2,28	2,4	1,06	1,86	2,46	2,52
C _m	367,7	429,17	402,76	564,9	440,1	416,95	944,3	538,26	407,32	397,01
E _{ps}	183,85	214,58	201,38	282,45	219,55	208,47	472,15	269,13	203,66	198,51
Ordem	4	5	5	4	5	4	3	4	5	5
Cota mais elevada	970	1425	1215	995	1110	1215	945	945	945	990
Cota mais baixa	885	890	885	875	875	875	880	880	880	890
H _m	85	535	330	120	235	340	65	65	65	100

6.3 – RELAÇÕES ENTRE OS SOLOS, OS USOS DA TERRA E OS RECURSOS HÍDRICOS

A análise da dinâmica de ocupação dos mananciais por grupo de solo demonstrou que as alterações do uso da terra, verificadas entre 1990-1999 (Quadro 6.3 e Figura 6.2), não tiveram um comportamento preferencial sobre determinado grupo ou grupos de solos. Isto pode ser comprovado através da análise dos valores percentuais da ocupação nestes anos sobre as áreas com solos homogêneos. Como as classes dos solos e os agrupamentos destas classes refletem as condições naturais da área de estudo, seria esperado uma ocupação de forma preferencial. Como isto não foi constatado, entendemos que no mínimo há implicações relativas ao planejamento do uso da terra, pois os solos mais frágeis, de menor potencial para uso urbano, estão sendo ocupados na mesma proporção que os solos menos frágeis, o que vem a se traduzir em enchentes, alagamentos, erosão, poluição dos cursos de água, etc.

QUADRO 6.3 - Ocupação dos solos por tipologia de uso entre 1990-1999 (área em hectares)

Grupos de solos	Tipologias de uso e ano																										
	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999	1990	1996	1999			
	Tipo I			Tipo II			Tipo III			Tipo IV			Tipo V			Tipo VI			Tipo VII			Tipo VIII					
Grupo 1	85,02	88,87	60,6	57,64	53,59	47,63	4,37	10,58	8,25	169,46	184,45	200,26	85,7	65,28	93,45	119,68	39,14	34,12	51,53	118,74	124,67	3,64	5,74	6,737			
Grupo 2	132,29	136,69	92,83	85,7	82,48	70,47	6,35	15,56	13,12	252,85	271,09	299,58	125,42	98,77	143,94	180,35	59,62	50,5	75,47	177,94	184,18	4,83	7,54	8,357			
Grupo 3	282,42	292,82	196,1	185,02	179,47	153,1	13,44	33,42	28,38	552,74	591,35	657,12	270,89	214,29	312,14	394,34	129,98	109,66	163,76	386,97	398,86	10,43	16,19	17,394			
Grupo 4	499,73	518,38	349,53	328,36	315,54	271,2	24,16	59,56	49,75	975,05	1046,89	1156,94	482,01	378,34	549,53	694,37	228,74	194,28	290,76	683,65	707,71	18,92	29,47	32,488			
Grupo 5	899,46	1036,76	699,06	656,72	631,08	542,4	48,32	119,12	99,5	1950,12	2093,78	2313,88	964,02	756,68	1099,06	1388,74	457,48	388,56	581,52	1367,3	1415,42	37,858	94,64	97,6			

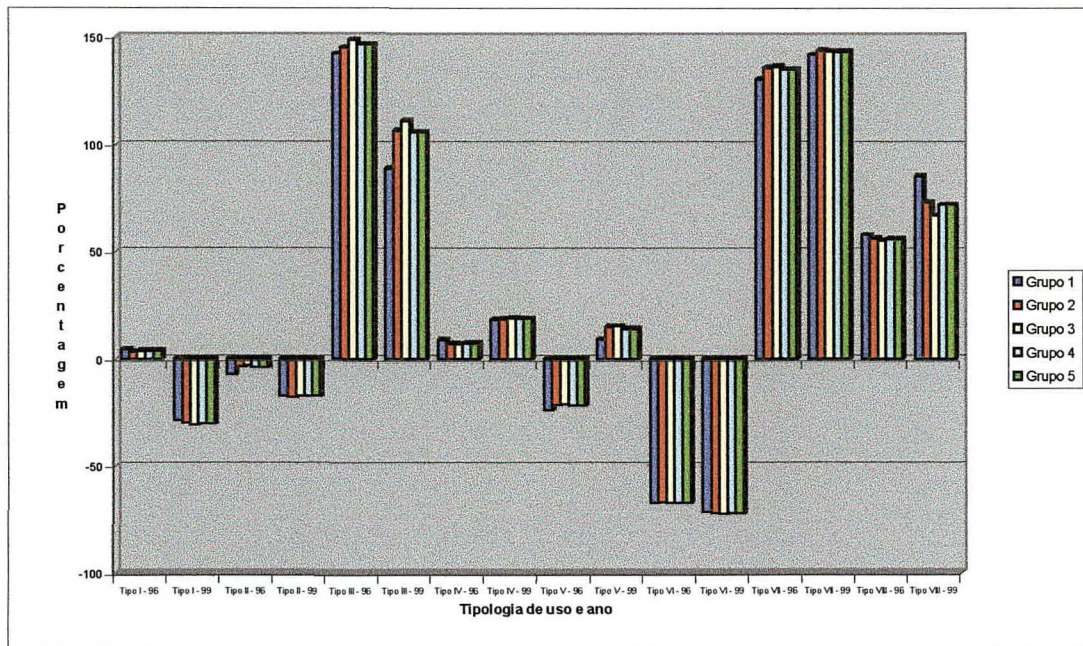


FIGURA 6.2 - Dinâmica de ocupação dos solos entre 1990-1999

6.4 – RELAÇÕES ENTRE OS USOS DA TERRA E OS RECURSOS HÍDRICOS

A análise do uso da terra de uma bacia hidrográfica tem importância na interpretação dos fenômenos hidrológicos que ocorrem na bacia, principalmente pela sua influência no escoamento superficial e na infiltração (LANCASTRE e FRANCO, 1984:41). Assim, a presença de tipologias florestais, ao eliminar o impacto direto das gotas de chuva com a superfície do solo e ao modificar as próprias características do solo, favorecem a infiltração e reduzem a velocidade de escoamento superficial, contribuindo eficazmente para a redução dos fenômenos da erosão, de ocorrência de cheias e para o aumento das reservas hídricas subterrâneas.

A remoção da cobertura vegetal tem a desvantagem da lavagem mais rápida dos nutrientes do solo, por aumento das velocidades do escoamento superficial. Há um substancial aumento do transporte de sedimentos, que empobrece o solo e cria problemas à jusante, com o acúmulo de material transportado pelas águas.

As alterações no uso da terra por área de contribuição, Quadro 6.4, demonstram que as áreas contribuintes apenas para a captação Iguaçu (sub-bacias dos rios Itaqui, Palmital e Pequeno acrescidas da área de influência) tiveram entre 1976-1999 as seguintes variações: tipologia I (-4,8 %); tipologia II (-2,6 %), tipologia III (-33,2 %), tipologia IV (-5,0 %), tipologia V (+15,1 %); tipologia VI (-18,9 %), tipologia VII (+13,8 %), tipologia VIII (+3,2 % para esta tipologia o período é entre 1990-1999).

Para a captação Irai as porcentagens são as mesmas da captação Iguaçu, mas com os sinais invertidos, tendo em vista que as porcentagens referem-se a área de estudo (Iguaçu + Irai), ao reduzir a ocupação de uma captação aumenta-se da outra e vice-versa. Destes resultados conclui-se que as tipologia V (Floresta Ombrófila Mista Aluvial) se manteve mais ou menos constante para a captação Irai (+- 4.500 ha), mas aumentou significativamente para a captação Iguaçu, passando de 2.770 a 5.179 ha, com crescimento de 87 %. O aumento da área desta tipologia deve ser analisado com bastante interesse, pois esta é a principal tipologia florestal das áreas de preservação permanente (matas ciliares) da área de estudo. Em ambas as captções houve um

QUADRO 6.4 – Uso da terra no período de 1976-1999 por área de contribuição (captação Iguaçu e Irai)*

Data	Captação	Classes de uso da terra								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1976	Iguaçu	10350,9	3080,1	45,5	10417,9	2770,3	1741,3	920,0		
1976	Irai	9177,0	3785,2	26,3	8303,8	4548,0	1211,6	826,1		
	total	19528,0	6865,3	71,8	18721,7	7318,2	2952,9	1746,2		
%	Iguaçu	53,0	44,9	63,3	55,6	37,9	59,0	52,7		
%	Irai	47,0	55,1	36,7	44,4	62,1	41,0	47,3		
1984	Iguaçu	5441,8	5308,9	326,1	9750,8	3829,1	1773,2	2896,1		
1984	Irai	5519,3	5138,6	810,6	11412,9	2441,4	1244,5	1310,8		
	total	10961,1	10447,5	1136,7	21163,8	6270,5	3017,6	4206,8		
%	Iguaçu	49,6	50,8	28,7	46,1	61,1	58,8	68,8		
%	Irai	50,4	49,2	71,3	53,9	38,9	41,2	31,2		
1990	Iguaçu	4852,0	3333,0	129,0	7707,0	5263,0	4126,0	3723,0	148,0	252,0
1990	Irai	5755,0	3646,0	372,0	6783,0	4064,0	3951,0	2431,0	505,0	371,0
	total	10607,0	6979,0	501,0	14490,0	9327,0	8077,0	6154,0	653,0	623,0
%	Iguaçu	45,7	47,8	25,7	53,2	56,4	51,1	60,5	22,7	40,4
%	Irai	54,3	52,2	74,3	46,8	43,6	48,9	39,5	77,3	59,6
1996	Iguaçu	6103,0	2758,0	428,0	7722,0	3422,0	1815,0	6345,0	397,0	543,0
1996	Irai	5999,0	2785,0	829,0	8178,0	3454,0	1300,0	3768,0	563,0	1002,0
	total	12102,0	5543,0	1257,0	15900,0	6876,0	3115,0	10113,0	960,0	1545,0
%	Iguaçu	50,4	49,8	34,0	48,6	49,8	58,3	62,7	41,4	35,1
%	Irai	49,6	50,2	66,0	51,4	50,2	41,7	37,3	58,6	64,9
1999	Iguaçu	4423,0	2510,0	247,0	8108,0	5179,0	1069,0	7550,0	304,0	143,0
1999	Irai	4755,0	3428,0	573,0	7908,0	4584,0	1597,0	3802,0	869,0	362,0
	total	9178,0	5938,0	820,0	16016,0	9763,0	2666,0	11352,0	1173,0	505,0
%	Iguaçu	48,2	42,3	30,1	50,6	53,0	40,1	66,5	25,9	28,3
%	Irai	51,8	57,7	69,9	49,4	47,0	59,9	33,5	74,1	71,7

* A captação Irai, neste caso é definida como a área à montante a sua captação (sub-bacias dos rios Canguiri, Curralinho, Iraizinho, Timbu, Irai, do Meio, Piraquara) e a captação Iguaçu como tendo a área a jusante da captação Irai (sub-bacias dos rios Itaquí, Palmital, Pequeno e área de influência).

aumento das áreas ocupadas pela tipologia VII (urbana), na captação Iguaçu em 820 % e na captação Irai em 460 %, mas constatou-se um crescimento muito maior das áreas da captação Iguaçu, tendo em vista apresentar uma área inicialmente mais

urbanizada, mais próxima de Curitiba e com condições de relevo mais adequadas à ocupação.

Os valores médios mensais das quantidades e dosagens de produtos, bem como dos parâmetros indicadores da qualidade das águas, para as ETAs (Iguaçu e Tarumã), foram agrupados em 3 períodos distintos, a saber: (i) de Janeiro de 1976 a Dezembro de 1983; (ii) de Janeiro de 1984 a Dezembro de 1989 e (iii) de Janeiro de 1990 a Dezembro de 1996, podem ser visualizados nos Quadros 6.5 e 6.6. Estes períodos foram definidos levando-se em consideração a disponibilidade de informações de uso da terra disponíveis, ou sejam, 1976, 1984, 1990 e 1996, com o propósito de analisar relações entre a dinâmica do uso da terra e a dinâmica da qualidade da água captada, e conseqüentemente o consumo de produtos químicos no tratamento das águas.

QUADRO 6.5 – Valores médios da quantidade e dosagens de produtos utilizados no tratamento das águas captadas nas ETAs (Tarumã e Iguaçu), agrupados em 3 períodos (1976-83, 1984-89 e 1990-96).

Captação	Período	Sulfato (kg)	Cal (kg)	Cloro (kg)	Flúor (kg)	Sulfato mg/l	Cal mg/l	Cloro mg/l	Flúor mg/l
Iguaçu	76-83	144.234	56.385	12.249	6.759	32,32	12,56	2,66	1,41
Iguaçu	84-89	164694	106.723	39.616	7.004	27,31	17,55	3,32	0,94
Iguaçu	90-96	237.858	135.440	71.670	9.577	29,50	16,12	4,55	1,21
Tarumã	76-83	51.189	29.972	5.266	2.147	26,44	15,77	2,76	1,19
Tarumã	84-89	29.731	34.554	9.510	2.748	15,30	17,87	4,90	1,42
Tarumã	90-96	37.049	28.551	10.597	2.792	15,82	12,84	4,57	0,89

No caso da ETA-Tarumã, o parâmetro que mais variou foi a turbidez, que apresentou 25,77 (1976-83), passando para 17,29 (1984-89) e 20,03 UJ (1990-96), com variação negativa de 23 %, seguido pelo teor de matéria orgânica, com 6,37 (1976-83), 6,53 (1984-89) e 8,30 mg/l (1990-96), com variação de 30 %. As dosagens com maior variação, foram as de cloro com 2,76 (1976-83), 4,90 (1984-89) e 4,57 mg/l (1990-96), com variação de 65 %. As quantidades de cloro que inicialmente estavam na ordem de 5.266 kg/mês(1976-83), passaram para 10.597 kg/mês (1990-96), com um acréscimo de mais de 200 %. A redução das quantidades médias consumidas de sulfato de alumínio (28 %) e o aumento do flúor (30 %), representaram uma redução nas dosagens, em 41 % para o sulfato e em 25 %, para o flúor.

QUADRO 6.6 – Valores médios dos parâmetros de qualidade das águas captadas nas ETAs (Tarumã e Iguaçu), agrupados em 3 períodos (1976-83, 1984-89 e 1990-96).

Captação	Período	pH	Matéria orgânica mg/l	Cor (UH)	Alcalinidade mg/l	Turbidez (UJ)
Iguaçu	76-83	6,52	7,19	113,55	17,29	35,93
Iguaçu	84-89	6,58	9,73	106,26	23,64	35,38
Iguaçu	90-96	6,63	9,93	127,68	26,52	36,63
Tarumã	76-83	6,39	6,37	86,66	14,94	25,77
Tarumã	84-89	6,18	6,53	77,61	15,03	17,29
Tarumã	90-96	6,40	8,30	94,13	12,99	20,03

Para a ETA-Iguaçu, o parâmetro que mais variou foi a alcalinidade, que apresentou 17,29 (1976-83), passando para 23,64 (1984-89) e 26,52 (1990-96), com variação de 53 %, seguido pelo teor de matéria orgânica, com 7,19 (1976-83), 9,73 (1984-89) e 9,93 mg/l (1990-96), com variação 38 %. As dosagens com maior variação, foram as de cal hidratada com 12,56 (1976-83), 17,55 (1984-89) e 16,12 mg/l (1990-96), com variação de 28 % e as do cloro com 2,66 (1976-83), 3,32 (1984-89) e 4,55 mg/l (1990-96), com variação de 70 %. As quantidades de cal hidratada, que inicialmente estavam na ordem de 56.385 kg/mês(1976-83), passaram para 135.440 kg/mês (1990-96), com um acréscimo de mais de 240 %, enquanto que as quantidades de cloro, que inicialmente estavam na ordem de 12.249 kg/mês(1976-83), passaram para 71.670 kg/mês (1990-96), com um acréscimo de mais de 580 %. O aumento das quantidades médias consumidas de sulfato de alumínio (60 %) e flúor (41 %), em função do aumento do volume tratado, representaram uma redução nas dosagens, em 9 % para o sulfato e em 15 %, para o flúor.

6.5 – ESTADO ATUAL E PROJEÇÃO FUTURA

Como forma de ludibriar a opinião pública, contrária a polêmica aprovação da unidade de montagem de veículos da Renault na área dos mananciais, em 1996 o Governo do Estado instituiu na área de estudo três Áreas de Proteção Ambiental - APAs: a APA do Pequeno (PARANÁ, 1996a), a APA do Irai (PARANÁ, 1996b), a APA do Piraquara (PARANÁ, 1996c). Destas até os primeiros meses do ano de 2002, somente a APA do Irai, possuía um Plano de uso e ocupação aprovado com a definição de zoneamento (CAT, 2000), mesmo assim um zoneamento realizado sob o enfoque mais urbanístico, do que ambiental. Em 1998, através da Lei nº 12.248/98 (PARANÁ, 1998), são criadas as UTPs, que se configuram por aquelas áreas inseridas na região dos mananciais, mas que não estão contempladas nos perímetros

da APAs. Na área de estudo, já foram criadas e regulamentadas, até o início de 2002, as UTPs de Pinhais (COMEC, 1999a), de Quatro Barras (COMEC, 1999b), do Itaqui (COMEC, 1999c) e do Guarituba (COMEC, 1999d). Da mesma forma que o zoneamento aprovado para a APA do Iraí, os zoneamentos das UTPs também tiveram o como enfoque principal os aspectos de ocupação urbanística e não ambiental.

Com uma maior cobrança e conscientização dos organismos financiadores mundiais e uma maior liberdade de expressão da população brasileira, surgem a partir da década de 80, novas leis ambientais, que associadas às crises econômicas do país, repercutiram de forma profunda no espaço regional. Ao mesmo tempo que restringiu-se o parcelamento legal, intensificaram-se os movimentos sociais urbanos de ocupação da terra. Neste período de aproximadamente 20 anos, as mudanças pelas quais passaram as políticas para a RMC, quer por fatores políticos, quer por fatores econômicos, evidenciaram a fragilidade institucional do modelo de gestão adotado e que atualmente foi alterado somente nos aspectos de edição de legislação, mas na prática continua a prevalecer os interesses momentâneos e setoriais.

Os fatores que direcionaram a ocupação da área de estudo são diversos, passando pela apropriação vantajosa de rendas fundiárias pelo mercado imobiliário até a eficácia ou ineficácia das políticas urbanas e ambientais implantadas. Muitas áreas que foram parceladas à espera de uma renda relativa da terra, hoje são caracterizadas por um contexto de ocupação difusa, invasões, áreas de difícil estruturação. Todos aspectos que indicam perdas na renda da terra. Neste sentido, com as informações produzidas neste estudo e acrescidas aos zoneamentos em vigor, desenvolvemos algumas projeções ainda para o ano de 2002 e também para os anos de 2005 e 2010.

Para SUREHMA (1992:11), a degradação da qualidade das águas da área de estudo é devida principalmente, à contaminação dos corpos de água por esgotos domésticos, evidenciando através dos resultados das análises bacteriológicas. Os rios Timbu, Canguiri, Iraí, Palmital apresentavam qualidade de água "comprometida". Nestes corpos de água ocorrem violações aos limites estabelecidos pela legislação, tanto sob o aspecto físico-químico como bacteriológico. Isto é devido ao lançamento de esgotos domésticos sem tratamento, agravado pelo crescimento urbano desordenado na região de Campina Grande do Sul, Quatro Barras e Colombo (SUREHMA, 1992:11).

Os rios Currealinho, Iraizinho, Piraquara, Pequeno e Itaqui, afluentes da margem esquerda do rio Iraí, apresentavam qualidade de água "moderadamente comprometida". O rio Itaqui, apesar de apresentar um grande número de violações do

parâmetro bacteriológico, mostra resultados físico-químicos satisfatórios. Deve ser destacado que este rio vem apresentando uma degradação progressiva da qualidade das águas, devido a ocupação inadequada que vem ocorrendo nesta região nos últimos anos (SUREHMA, 1992:5).

Projeção 1996-2002

Para COMEC (1997:77) no que diz respeito aos mananciais superficiais, a perda não é decorrente de uma eventual diminuição de vazões por algum processo natural ou antrópico. Essa redução é função da perda de qualidade de água, devido à ocupação urbana das áreas de mananciais chegando a um grau tão crítico que um dado afluente tem que ser desviado para jusante da captação das águas.

A área reduz-se a 35.582 ha, 62,13 % da área original, pela perda de parte do rio Pequeno e da sub-bacia do rio Palmital e área de influência desta sub-bacia. A área de estudo perde/deixa de utilizar-se dos recursos hídricos, pelo menos de uma forma sistemática e contínua, oriundos da sub-bacia do rio Palmital, em função dos elevados índices de poluição constatados. A SANEPAR implanta um sistema de bombeamento para retirar as águas desta sub-bacia da captação Iguaçu em 2001. O manancial da sub-bacia do rio Pequeno, em função da implantação do Distrito Industrial de São José dos Pinhais, leia-se Renault, 1996, deixa de ser um manancial de abastecimento público, apesar de que a SANEPAR em determinados momentos ainda se utilize de suas águas para abastecimento público¹. É construída a represa do Iraí e em 1999, forma-se o reservatório, que amplia a capacidade de regularização da vazão.

Manter o rio Palmital como manancial de Curitiba era um grande desafio (ANDREOLI et al., 1999:24), contudo é importante salientar que há vários anos o mesmo não apresenta características de qualidade compatíveis com este uso.

A coleta de esgotos ainda é muito incipiente, somente 51 % da produção de esgotos domésticos são coletados e um percentual menor é tratado. As perdas no sistema produtor-armazenador-distribuidor da SANEPAR são da ordem de 43 %. Em contrapartida, perde-se 372 e 630 l/s (SUREHMA, 1985:6), de vazão mínima dos mananciais, respectivamente pela perda do rio Palmital e do rio Pequeno.

¹ ANDREOLI, C.V. 2002. Comunicação pessoal.

Projeção - 2002-2005

A área reduz-se a 29.450 ha, 51,43 % da área original, mantendo as perdas de 2002 e acrescenta as perdas das áreas de influência dos rios Itaqui e Iraí e da sub-bacia do rio Itaqui. Já em 1999, a sub-bacia do rio Itaqui apresentava um processo de ocupação acelerada, com a implantação de muitos loteamentos e também recebia o efluente da ETE Borda do Campo (ANDREOLI et al. 1999:24 e COMEC, 1999) .

O manancial da sub-bacia do rio Pequeno, não mais será utilizado no abastecimento público, mas sim uma pequena área da sub-bacia, localizada à montante do ponto de cruzamento do rio Pequeno com a BR-277, passará a contribuir para a captação de água destinada exclusivamente ao Distrito Industrial de São José dos Pinhais.

Há uma certa estabilidade no consumo de insumos no tratamento das águas, tendo em vista que são eliminados da captação as maiores fontes de poluição, as sub-bacias do rio Palmital, parte da sub-bacia do rio Pequeno e sub-bacia do rio Itaqui, além da ampliação do sistema de coleta de esgotos domésticos e uma maior fiscalização do lançamento de efluentes por parte das indústrias. A coleta de esgotos domésticos passa a ser de 75,6 % do volume produzido, apesar de que ainda uma parte significativa dos esgotos coletados não serão devidamente tratados. As perdas no sistema produtor-armazenador-distribuidor da SANEPAR reduzem-se a 25 %.

É concluída a represa do Piraquara II, com a formação do lago em 2003 ampliando-se a capacidade de regularização deste manancial. Em contrapartida, perde-se 178 l/s de vazão mínima (SUREHMA, 1985:6) do rio Itaqui.

Projeção - 2006-2010

Nesta projeção considera-se a manutenção das perdas dos mananciais descritos na projeção 2002-2005 e acrescenta outras perdas, tais como toda área das bacias incrementais da área de estudo, ou seja, as sub-bacias dos rios Iraizinho, do Meio e toda a área de contribuição situada a jusante das barragens Iraí e Piraquara II, chegando a área a 21.187 ha, ou seja 37,00 % da área original dos mananciais.

Nesta projeção, a área urbana das sub-bacias do rio do Meio passa de 12,7 % verificada em 1999 à uma projeção de 38 % de sua superfície ocupada por tipologias urbanas (residências, indústrias, comércios, serviços, etc.)

A sub-bacia do rio Iraizinho que apresentou em 1999, 16,5 % de tipologia urbana, passara a contar em 2010 com 37 % de sua superfície ocupada por esta

tipologia. Devido à influência da cidade de Piraquara, a qualidade da água do rio Iraizinho, se encontrará bastante comprometida. Como a localização desta bacia inviabiliza qualquer possibilidade de desvio do rio da captação do Iguaçu será necessária a implantação de obras de coleta e tratamento de esgotos e da definição de políticas de regulamentação do uso e ocupação urbana e industrial (ANDREOLI et al., 1999:23). Este fato aliado à outros anteriormente descritos, conduzirá a que suas águas cheguem a níveis muito baixos de qualidade, levando a SANEPAR à construção de uma tubulação para condução das águas do reservatório do Piraquara II até a ETA-Iguaçu, com aproximadamente 8.300 m de extensão, com o objetivo de desviar as águas oriundas dos rios Iraizinho e do Meio da captação das águas para esta ETA.

E em uma projeção ainda mais pessimista, mas com grandes possibilidades de vir a se concretizar, poderíamos ainda considerar a exclusão dos mananciais o reservatório do Iraí com uma vazão de 1.500 l/s. Nesta projeção, a produção da área de estudo ficaria reduzida a 1.200 l/s correspondente às barragens Piraquara I e II e mais a produção do rio Pequeno para o Distrito Industrial de São José dos Pinhais. Esta poderá ser apenas uma projeção, desde que a SANEPAR realize os devidos investimentos necessários para a consolidação destas áreas como mananciais. Perde-se 236,7 l/s de vazão mínima (SUREHMA, 1985:6) do rio Iraizinho e mais 121,5 l/s de vazão mínima (SUREHMA, 1985:6) do rio do Meio.

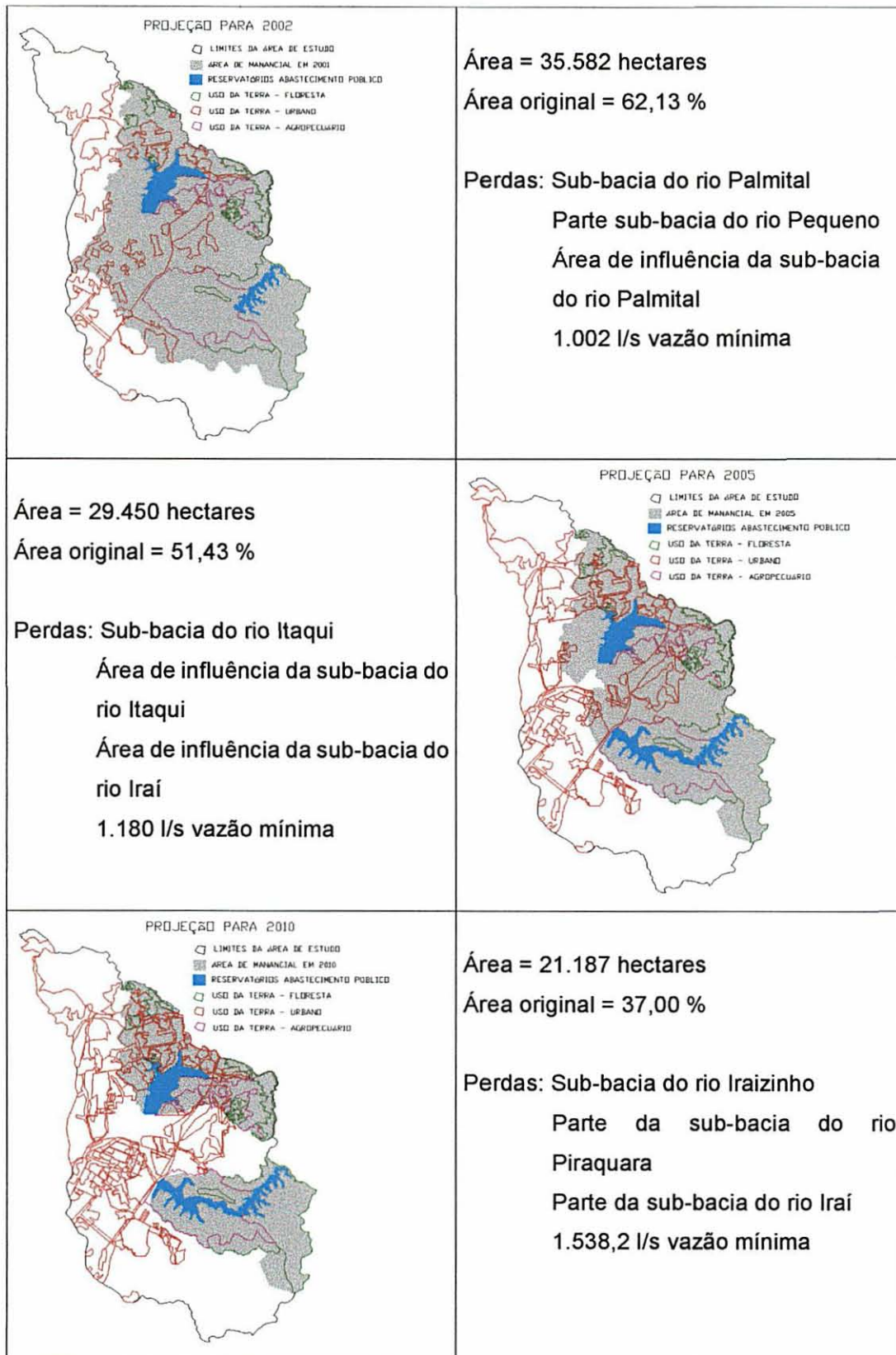


FIGURA 6.3 – Projeção dos mananciais da área de estudo para os anos de 2002-2005-2010



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

CAPÍTULO VII

Considerações finais

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A possibilidade de obtenção de água em outros mananciais, historicamente tem desviado o foco das atenções para os efeitos da degradação dos mananciais, desprezando suas causas;

A disponibilidade hídrica na área de estudo, poderia suprir a demanda existente, que atualmente encontra-se reprimida, pela falta de investimentos em sistemas de tratamento e distribuição de água, mas os impactos que a mesma tem recebido nos últimos anos foram realizados de forma tão agressiva que muitos cursos de água da área já não tem mais capacidade de proporcionar água com a qualidade adequada para o abastecimento público;

O método de compilação, utilizado e aprimorado neste trabalho, mostrou-se eficaz em relação à praticidade e tempo de execução, além de ser de baixo custo quando comparado com métodos convencionais mapeamentos dos solos;

Destacando-se como vantagens da metodologia utilizada, a redução da subjetividade embutida em operações de cruzamento manual de informação, a rapidez nas operações de sobreposição de mapas e de cálculo de áreas;

Da caracterização morfométrica, conclui-se que a sub-bacia do rio Timbu possui estrutura e organização mais próxima dos padrões de normalidade, o que significa dizer que as demais sub-bacias possuem distorções em determinados elementos morfométricos, indicando que estarão sujeitas a alterações em suas estruturas;

O crescimento urbano, ao longo do tempo, deu-se principalmente, pelo maior adensamento das áreas urbanas existentes e pela incorporação de áreas contíguas às rodovias;

Este crescimento, foi verificado principalmente sobre áreas anteriormente ocupadas por tipologias florestais, mas também foi significativo sobre as áreas ocupadas pelos campos;

Da constatação de que a urbanização ocupou indiscriminadamente, de forma muito homogênea, os diferentes grupos de solos, depreende-se que há uma falha do Poder Público na execução e fiscalização dos planos de uso e ocupação das áreas dos mananciais, pois os solos com maior fragilidade e com baixa aptidão para este uso foram ocupados na mesma que os solos mais aptos a este uso;

A redução da qualidade das águas, esta diretamente relacionada à degradação dos ambientes naturais, principalmente pelo crescimento urbano realizado de forma

desordenada, em ambientes frágeis e com baixo investimento em infraestrutura por parte do Poder Público;

Em consequência da redução da qualidade, em um primeiro momento há um aumento do consumo de produtos químicos utilizados no tratamento das águas, levando à interrupção temporária e finalmente ao abandono dos mananciais, com a perda parcial ou total da infraestrutura existente;

As águas captadas para a ETA-Iguaçu, apresentaram, em média, para todos os parâmetros indicadores da qualidade da água, valores superiores àqueles constatados nas águas captadas para a ETA-Tarumã, o que ficou claro nas projeções para 2005 e 2010, quando a bacia de contribuição da ETA-Iguaçu sofrerá as maiores perdas em relação às áreas dos mananciais;

Os custos de produção de um litro de água, realizado na ETA-Iguaçu, em média foram 30 % mais onerosos do que um litro produzido na ETA-Tarumã, com a tendência de que estes se ampliarão no futuro;

8 – RECOMENDAÇÕES

É importante frisar que a dinâmica de degradação ambiental da área de estudo é gradativa e vem se manifestando de forma mais rápida nos últimos anos, portanto deve ser revisto o modelo de uso e ocupação destas áreas por parte do Poder Público, inclusive com perspectivas de proibição de funcionamento de determinadas atividades degradadoras, tais como a mineração, a presença de indústrias consumidoras de água, às quais competem com a água destinada ao abastecimento público;

Elaborar um plano de gestão e reordenamento de uso dos mananciais, estabelecendo critérios para a ocupação dessas áreas e medidas compensatórias às restrições de ocupação;

Que este plano de gestão e reordenamento, não tenha somente o enfoque urbanístico dado pela COMEC aos atuais zoneamentos das UTPs, mas tenha como prioridade a preservação dos recursos hídricos, através da melhoria das condições do meio ambiente;

Consulta e participação efetiva da população nos processos de planejamento e decisão, como um importante instrumento para a gestão das áreas dos mananciais;

Estabelecer critérios e padrões de controles mais rigorosos de atividades potencialmente degradadoras localizadas em áreas de mananciais;

Que os órgãos responsáveis pelo monitoramento da qualidade das águas revejam a sua metodologia, principalmente nos aspectos relacionados à periodicidade e análises realizadas;

Que sejam realizadas articulações dos diferentes níveis da administração pública (federal, estadual e municipal), visando a melhoria das condições de vida da população local, com ênfase nas questões relativas à educação e saúde;

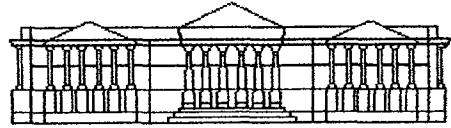
É fundamental, que a SANEPAR, como a principal beneficiária da melhoria da qualidade da água proporcionada por uma melhoria das condições ambientais venha a se engajar no sentido de disponibilizar recursos financeiros e técnicos para a recomposição ambiental das áreas dos mananciais;

A simples edição de Leis que venham a regular as áreas dos mananciais urbanos, não está significando nada se não houver a efetiva atenção do Poder Público;

Os mecanismos de incentivo à melhoria ambiental, tal como o ICMS-Ecológico, devem ser revistos, pois os recursos recebidos pelas municipalidades não vem se revertendo em benefícios ao meio ambiente;

A recomendação de criação e implementação de parques sempre pode ser bem vinda para a comunidade e no caso específico das áreas dos mananciais a finalidade dos parques, além de servirem como espaços de uso da comunidade, podem ser utilizados como zonas de amortecimento de enchentes e perspectiva de redução de gastos públicos e privados com este tipo de impacto;

Que estudos futuros sejam agregadas as informações relativas a economias com e sem captação de efluentes (domésticos e industriais) e também com o número de população residente nas áreas dos mananciais;



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

REFERÊNCIAS

9. REFERÊNCIAS

9.1 – REFERÊNCIAS DA APRESENTAÇÃO E DO CAPÍTULO I - DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; TOACH, J.T. & WITMER, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Tradução Harold Strang. SUPREN/IBGE, Rio de Janeiro, 1979, 78p
- BIGARRELLA, J.J. (Coordenador e redator). **A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná.** 1978, 248 p. Curitiba SEPLAN/ADEA.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 2001, 181 p (Documento para discussão)
- IAPAR. INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do Estado do Paraná.** Londrina, 1994, 49 p. (IAPAR, Documento nº 18).
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira.** Série Manuais Técnicos em Geociências, nº1. Rio de Janeiro, 1992. 92 p.
- ITCF. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas. **Mapa Político-Administrativo do Estado do Paraná.** Curitiba, 1990. 1 mapa: color.; 120 x 80 cm. Escala 1:500.000
- LEITE, P.F. e KLEIN, R.M. Vegetação. In: IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil: região sul.** Vol. 2. Rio de Janeiro:IBGE, 1990. 420 p.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** J.Olympio – Rio de Janeiro e Sec. Cultura e Esporte do Paraná - Curitiba, 1981 2ª. ed, 450 p.
- MAACK, R. **Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná.** Organizado e desenhado pelo Serviço de Geologia e Petrografia do IBPT/SAIC em colaboração com o INP. Curitiba, 1950. 1 mapa: color.; 115 x 79 cm. Escala 1:750.000.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Plano diretor de mineração: região metropolitana de Curitiba – Mapa Geológico.** (SEID/MINEROPAR). Curitiba, 2001. 1 mapa: color.; 67 x 116 cm. Escala 1:200.000
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil.** (DNPM/CPRM) realizado em 1989 e digitalizados no Projeto Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 2000. 1 mapa: digital, color. Escala 1:50.000
- MORAES, M.E.S. de. A ocupação antrópica e as questões ambientais no ecossistema restinga – o caso do perímetro urbano do município de Paranaguá. In: LIMA, R.E. & NEGRELLE, R.R.B. (organizadores). **Meio ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: diagnóstico.** Curitiba: Editora UFPR, Brasília, CNPq, 1998, p. 145-153, 266 p.
- PLANIDRO. Planidro – Engenheiros Consultores S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água e de Controle de Poluição da Área Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 1975, 222 p (Relatório Preliminar nº 6)
- PLANIDRO. Planidro – Engenheiros Consultores S.A. Proposta de Execução Edital nº 18/74. **Serviço de Consultoria: Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 1974, 54 p (mais anexos não paginados).
- RIZZI, N.E. **Avaliação do benefício florestal de proteção à potabilidade natural das águas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba.** UFPR. Curitiba, 1981. 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- ROSS, J.L.S. A expansão urbana e as questões ambientais no município de Guarujá-SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE. (3.: 1991: Londrina) **Anais...** Londrina : UEL/NEMA, 1991. Vol. 2 (Comunicações) p. 69-70.
- SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Divisão Político-Administrativo do Estado do Paraná.** Curitiba, 2001. 1 mapa: digital, color. Escala 1:50.000
- SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná 1987-1995.** Curitiba. 257 p., 1997.

9.2 – REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

- BARROS, M.C.V. de. Estudo geral das características flúvio-morfológicas da bacia do rio Piranga em Ponte Nova Estado de Minas Gerais. 9-37 p. In.: Barros, M.C.V. de e Antônio, D.V. **Estudo das características físicas e hidrológicas da bacia do rio Piranga até Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais**. MME/DNAE/DA, Rio de Janeiro, 1967. 68 p.
- BELTRAME, A. da V. 1994. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994, 112 p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. e MITSUO JR., F. Spring: integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. **Computer & Graphics**, 20(3):395-403, May-Jun, 1996.
- CANALI, N.E, OKA-FIORI, C. e GUEDES, J.A. Propriedades físicas das bacias hidrográficas das baías de Antonina e Paranaguá – Pr. p. 269-272. Florianópolis – SC. II Simpósio Nacional de Geomorfologia. Edição especial da **Revista GEOSUL**, 14(27):01-712, 1998
- CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R. e MAYS, L.W. **Applied Hydrology**. New York, McGraw-Hill, 1988. 572 p. (Civil Engineering Series).
- CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas (MG)**. Rio Claro, 1970. 215 f. Tese (Livre Docência apresentada a cadeira de geografia do Brasil) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 2ª edição, 1980, 188 p.
- FAO. **Manual de campo para la ordenacion de cuencas hidrograficas. Estudio y planificacion de cuencas hidrograficas**. Organización das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Roma, 1992. 185 p. (Guia FAO Conservacion 13/6)
- FATTORELLI, S.; NARDIN, D. e FERNANDEZ, P.C. **Estudio de factibilidad de la correccion de la cuenca del divisadero Largo. Mendoza. Argentina**. IILA/INCYTH, Roma, 1985. 181 p.
- FENDRICH, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. Texto de aula da disciplina de Análise e Gestão de Bacias Hidrográficas, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Curitiba, pg. 18-22, 1999.
- FERREIRA, M.C. Análise espacial da densidade de drenagem em sistema de informações geográficas através de um modelo digital de distâncias interfluviais. **Geociências**. São Paulo, 18(1):7-22, 1999.
- HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin Geol. Soc. America**. New York, 56(3):275-370, 1945.
- LANCASTRE, A. e FRANCO, F.M. **Lições de Hidrologia**. Lisboa, Portugal. Universidade Nova de Lisboa. 1984. 451 p.
- SCHUMM, S.A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Bulletin Geol. Soc. America**. New York, 67(5):597-646, 1956.
- SHREVE, R. L. Statistical law of stream numbers. **Journal of Geology**. Chicago, 74(1):17-37, 1966.
- STRAHLER, A.N. Hypsometric (area, altitude) analysis of erosion al topography. **Bulletin Geol. Soc. America**. New York, 63(10):117-1142, 1952.
- STRAHLER, A.N. **Physical Geography**. John Wiley e Sons. New York, 2ª ed. 1960, 534 p.
- STRAHLER, A.N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Section 4-II. In: Chow, V.T. (Ed.) **Handbook of applied hydrology: a compendium of water-resources technology**. New York, McGraw-Hill, 29 sections, 1964
- VILLELA, S.M. e MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw Hill do Brasil, 245 p., 1975.

9.3 – REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO III – SOLOS

- ABDEL RAHMAN, S.I. e ONSI, H.M. Application of remote sensing and Gis for mapping of El-Hasana Central Sinais, Egypt. Internation Archieves of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS). (1996: Vienna, Áustria). **Anais...** Vienna , 1996. 31(B4):1-6.
- AGBU, P.A.; FEHRENBACHER, D.J. e JANSEN, I.J. Soil property relationships with spot satellite digital data in East Central Illinois. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 54(3):807-812, 1990
- AMARAL, A.Z. do e AUDI, R. Fotopedologia Capítulo 35 p. 429-442. In: MONIZ, A.C. (Coord.). **Elementos de Pedologia**. São Paulo, Polígono, Ed. USP, 1972, 459 p.

- ANDRADE, L.A. de. Possibilidade de obtenção de produtos cartográficos com utilização de imagens do satélite SPOT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais...** Natal: INPE/SELPER/Governo do Estado, 1988 1:245-252.
- ANTUNES, A.F.B. Aplicações do Modelo Numérico do Terreno em cartografia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA (16.: 1993: Rio de Janeiro). **Anais...** Rio de Janeiro: Soc. Bras. de Cartografia, 1993, 3:610-618.
- ARAÚJO, C.A.G. e D'ALGE, J.C.L. Correção geométrica de imagens: uma abordagem para o registro de imagens digitais Landsat-TM apoiado em cartas topográficas de grande e média escala. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO (1.: 1986: Gramado) e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (4.: 1986: Gramado). **Anais...** Gramado: INPE/SELPER/SBC, 1986, 1:526-530.
- ARONOFF, S. **Geographic Information System: a management perspective**. Ottawa, Canadá. WDL Publications, 1989 4ª. reimpressão (1995) 294 p.
- BARBOSA, C.C.F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos – SP, 1997. 121 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT.
- BISWAS, R.R. e SINGH, C.P. Capability of TM data for evaluation of soil and land resources in the Malwa Plateau (Chambal and Mahi Catchment) in Madhya Pradesh, India. **International Journal of Remote Sensing**, Taylor e Francis, London, 12(9):1905-1913, 1991.
- BOGO, A.C. Metodologia alternativa para a geração de mapas temáticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais...** Natal: INPE/SELPER/Governo do Estado, 1988. 3:547-554.
- BRIDGES, E.M. e DOORNKAMP, J.C. Morphological mapping and the study of soil pattern. **Geography**. Journal of the Geographical Association, Bristol, Great Britain, 46(2):175-181, 1963.
- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical information system for land resources assessment**. Oxford Science Publications (Monographs on Soil and Resources Survey nº 12) Calderon Press, Oxford. 1986. (reimpressão com correções em 1991) 194 p.
- CALIJURI, M.L. e ROHM, S.A. **Sistemas de Informações Geográficas**. Viçosa – MG, Universidade Federal de Viçosa, 1994. 34 p.
- CÂMARA, G. e MEDEIROS, J.S. Princípios básicos em geoprocessamento. Cap. 1. p.3-11. In: . ASSAD, E.D. e SANO, E.E. (Coord.) **Sistema de informações geográficas: Aplicações na agricultura**. 1998, Brasília, DF, 2ª. ed., rev. e ampl., EMBRAPA/CPAC., 434 p.
- CÂMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. e MITSUO JR., F. Spring: integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. **Computer & Graphics**, 20(3):395-403, May-Jun, 1996.
- CARMELO, A.C. e CARVALHO, A. de S. Realce Digital para o Greenstone Belt de Orixás, Goiás. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993. 3:182-187.
- CARNEIRO, C.M.R. e AZOLIN, M.A.D. Utilização de imagens MSS do ERTS-1 em levantamentos de solos em comparação com fotografias aéreas verticais. **Rev. do Centro de Ciências Rurais**. Santa Maria-RS, 6(1):55-65, 1976.
- CASTAÑEDA FILHO, R.M. Fatores determinantes na implantação de um Sistema de Informações Geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA (14.: 1989: Gramado). **Anais...** Gramado: Soc. Bras. de Cartografia, 1989. 3:625-635.
- CORREIA, V.R.M.; FELGUEIRAS, C.A. e DUTRA, L.V. Integração de dados de Modelo Numérico de Terreno e imagens de satélite utilizando-se transformação IHS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais...** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS/SBC, 1990. 3:736-739.
- COSTA, R.N.S. da; BEZERRA LEITE, F. de A.; BEZERRA LEITE, F.R. e BARRETO, M.M.S. Identificação de unidades de solos em parte da chapada da Ibiapaba – Ce, Através de imagem do satélite HRV-SPOT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993, 3:199-201.
- CRESWICK, W.J. e ROCKWELL, W.H. Applications of aerial-photographic techniques to agricultural surveys. Cap. 21 p 373-385 In: LUEDER, D.R. (President). **Aerial photographic interpretation: principles and applications**. New York, McGraw-Hill, 459 p. 1959
- CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: Instituto de Geociências/Unicamp. 1993, ed. rev. 170 p.

- De BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, USP (Instituto Geográfico). 21:8-13, 1970.
- De LIMA, E.R.V.; KUX, H.J.H. e SAUSEN, T.M. Sistemas de Informações Geográficas e técnicas de Sensoriamento Remoto na elaboração de mapa de riscos de erosão no Sertão da Paraíba. **Rev. Bras. Ci. do Solo**. Campinas, 16(2):257-263, 1992.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Ministério da Agricultura/Ministério do Interior/ Governo do Paraná (SEAB-IAPAR). 1984
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa do Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Ministério da Agricultura(EMBRAPA)/Ministério do Interior(SUDESUL) / Governo do Paraná (SEAB-IAPAR). Curitiba, 1981. 1 mapa: color.; 98 x 114 cm. Escala 1:600.000
- ESPARTEL, L. **Curso de topografia**. Porto Alegre, Ed. Globo, 1 ed., 1973, 655 p.
- FABRI, A.G. Remote sensing, geographic information systems and the environment: a review of interdisciplinary issues. **ITC Journal**. Enschede, The Netherlands. 1992(2):119-126, 1992.
- FELGUEIRAS, C.A. e ERTHAL, G.J. Aplicações de modelos numéricos de elevação e integração com imagens digitais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais...** Natal: INPE/SELPER/Governo do Estado, 1988 3:485-490.
- FELGUEIRAS, C.A.; ERTHAL, G.J.; PAIVA, J.A.C. e ALVES, D.S. Metodologias de integração de dados em Sistemas de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais...** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS/SBC, 1990. 3:732-735.
- FERREIRA, J.C.G.; MATTOS, J.T. de e FELGUEIRAS, C.A. Integração de dados geológicos, geofísicos e imagens TM/Landsat na região de Pontes e Lacerda, utilizando-se de um Sistema de Informações Geográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais...** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS/SBC, 1990. 3:634-640.
- FORMAGGIO, A.R.; ALVES, D.S. e EPIPHANIO, J.C.N. Sistemas de informações geográficas na obtenção de mapas de aptidão agrícola e de taxa de adequação de uso das terras. **R.Bras.Ci.Solo**. Campinas, 16:249-256, 1992.
- GARCIA, G.J. e PIEDADE, G.C.R. **Topografia aplicada às ciências agrárias**. São Paulo, Nobel, 5ª ed., 1984, 257 p.
- GARCIA, G.J. **Sensoriamento Remoto: princípios e interpretação de imagens**. São Paulo, Nobel, 357 p., 1982.
- GEWANDSZNAJDER, F. Aplicações da cartografia temática em Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais...** Natal: INPE/SELPER/Governo do Estado, 1988. 1:258-266.
- GOODCHILD, M.F. Modeling error in objects and fields. Chapter 10. 107-113 p. In: GOODCHIEL, M. F. e GOPAL, S. (Ed.). **Accuracy of spatial database**. London, Taylor e Francis, reimpresso 1994. 1989, 290 p.
- GOOSEN, D. **Interpretacion de foto aerea y su importancia em levantamiento de suelos**. Roma, FAO/ITC, Boletim sobre suelos nº 6, 1968, 176 p.
- HARA, L.T. **Técnicas de apresentação de dados em geoprocessamento**. São José dos Campos – SP, 1997. 87 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/MCT.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos**. Brasília-DF, Serviço de Produção da Informação, 1995. 116 p.
- IMHOFF, M.L.; PETERSEN, G.W.; SYKES, S.G. e IRONS, J.R. Digital overlay of cartographic information on Landsat MSS data for soil surveys. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 48(8):1337-1342, 1982.
- JACOBS, G.A.; MAXIMIANO, G.A. e IHLENFELD, R.G.K. Identificação do uso atual do solo através de imagens de satélite para subsidiar ações de âmbito fundiário no Paraná. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993. 1:68-74.
- JACOBS, G.A.; MAXIMIANO, G.A. e NANNI, M.R. Environmental Planning Of Watershed to use Techniques of Remote Sensing. In: Proceedings Resource and Environmental Monitoring (Eco-

- 94) (ISPRS). **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1994. 30(7^a):258-263.
- JANSSEN, L.L.F.; JAARSMA, M.N. e van der LINDEN, E.T.M. Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 56(11):1503-1506, 1990.
- JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. New Jersey, 2^a ed. Prentice Hall, 1996, 316 p.
- KRISTOF, S.J. e ZACHARY, A.L. Mapping soil features from multispectral scanner data. **Photogrammetric Engineering**. Virginia, 40(12):1427-34, 1974.
- LARACH, J.O.I. **Bases para leitura de mapas de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS. 1981. Série Miscelânea, 4
- LOPES ASSAD, M. L., HAMADA, E. e CAVALIERI, A. Sistema de informações geográficas na avaliação de terras para agricultura. 191-232p. In: ASSAD, E.D. e SANO, E.E. (Coord.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília, DF, 2^a ed., rev. e ampl., EMBRAPA/CPAC., 1998, 434 p.
- LOPES ASSAD, M.L. Uso de um SIG na determinação da aptidão agrícola de terras. **R.Bras.Ci.Solo**, Campinas, 19(1):133-139, 1995.
- MADRUGA, P.R.A. **Sistema integrado de mapeamento para manejo de bacias hidrográficas**. Curitiba, 1992. 237 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MILLER, C.L. e LAFLAME, R.A. The digital terrain model – theory e application. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 24(3):433-442, 1958.
- MILLER, C.L. The spatial model concept of photogrammetry. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 23(1):31-35, 1957.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Plano diretor de mineração: região metropolitana de Curitiba – Mapa Geológico**. (SEID/MINEROPAR). Curitiba, 2001. 1 mapa: color.; 67 x 116 cm. Escala 1:200.000
- MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. (DNPM/CPRM) realizado em 1989 e digitalizados no Projeto Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Curitiba. Curitiba, 2000. 1 mapa: digital, color. Escala 1:50.000
- MITSHITA, E.A.; KIRCHNER, F.F.; ANDRADE, J.B. de; DESTRO, J.N. e PREOSCK, R.E. Transformação de entidades naturais e artificiais para o sistema cartográfico, obtidas a partir de imagens digitais de satélite. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (5.: 1988: Natal). **Anais...** Natal: INPE/SELPER/Governo do Estado, 1988. 2:497-504.
- MOREIRA, M.L.C.; LEITE SOBRINHO, J.B.P. e JACOMINE, P.K.T. Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do município de Jaurú-MT – área piloto para teste de metodologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993. 3:275-281.
- MORETTI, E. ; KOFFLER, N.F. e TEIXEIRA, A.L. de A. Técnicas digitais para mapeamento da declividade e orientação de vertentes baseadas no uso de Sistema de Informações Geográficas. **Boletim de Geografia Teórica**. Associação de Geografia Teórica, Rio Claro-SP, 19(37-38):29-52, 1989.
- MOTTER, I. **Uso do geoprocessamento como auxílio no monitoramento da ocupação do solo em microbacias**. Curitiba, 1996. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- MULDERS, M.A. e EPEMA, G.F. The thematic mapper: a new tool for soil mapping in arid areas. **ITC Journal** (Symposium Proceedings ISSS Working Group on remote Sensing for soil surveys), Enschede, The Netherlands. 1986(1):24-29, 1986.
- MYERS, V.I. Chapter 33. Remote Sensing Application in Agriculture. Vol II p. 2111-2228 In: **Manual of Remote Sensing**, 2nd. Edition, American Society of Photogrammetry. The Sheridan Press, Virgínia, 1983, 2440 p.

- NANNI, M.R. **Delimitação de unidades fisiográficas para estudo de solos utilizando análise multivariada e técnicas de sensoriamento remoto**. Curitiba, 1995. 183 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- OLIVEIRA, C. de. **Curso de cartografia moderna**. Rio de Janeiro. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 1988, 152p.
- PARANÁ. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Litoral do Estado do Paraná (Área 11)**. Ministério da Agricultura (EMBRAPA)/Ministério do Interior (SUDESUL) / Governo do Paraná (SEAB-IAPAR). Curitiba, 1977. 1 mapa: color.; 63 x 73 cm. Escala 1:300.000
- PARANÁ. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Sudeste do Estado do Paraná (1ª Parte)**. Ministério da Agricultura (EMBRAPA)/Ministério do Interior (SUDESUL) / Governo do Paraná. Curitiba, 1974. 1 mapa: color.; 50 x 60 cm. Escala 1:300.000
- PAREDES, E.A. **Práticas aerofotogramétricas e suas aplicações na engenharia**. Maringá – PR, CNPq/CONCITEC/UEM, Vol II, 1987, 355 p.
- RAUEN, M. de J.; FASOLO, P.J.; POTTER, R.O.; CARDOSO, A.; CARVALHO, A.P.; HOCHMULLER, D.P.; CURCIO, G.R. e RACHWAL, M.F.G. Levantamento Semidetalhado dos Solos. p. 7-59. In: HENKLAIN, J.C. (Coord.). **Potencial de uso agrícola das áreas de várzea do Estado do Paraná: Bacias Hidrográficas dos Rios das Cinzas e Laranjinha, Iapó, Iguacu, Piquiri, Pirapó, Tibagi e Litoral**. Londrina: IAPAR, 1994. V.2. 172 p. (IAPAR. Boletim técnico, 24) Curitiba, 1994. 2 mapas: preto e branco; 40 x 50 cm. Escala 1:50.000
- RAY, R.G. e FISCHER, W.A. Quantitative photography – a geologic research tool. **Photogrammetric Engineering**. Virginia, 26(1):143-150, 1960.
- RAY, R.G. **Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológicos**. São Paulo, Secretaria de Agricultura-SP (Instituto Geográfico e Geológico) (Tradução do U.S. Geological Survey Paper 373, 1960), 1963, 88p.
- RESENDE, M.; CURI, N. e SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações**. Brasília-DF, MEC/ESAL/POTAFOZ, 1988, 83 p.
- RIBEIRO, S.R.A. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento no estudo de solos e confecção de banco de dados relacional digital no município de Palotina - PR**. Curitiba, 1997. 166 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- ROBINSON, A.H.; MORRISON, J.L.; MUEHRCKE, P.C.; jon KIMERLING, A. e GUPTILL, S.C. **Elements of cartography**. New York, John Wiley e Sons, 6ª ed., 1995, 674 p.
- ROCHA, H. O. da e GHANI, N. L. B. Sobreposição dos solo com vegetação, geologia, hipsometria, zoneamento, através do sistema de informações geográficas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. (25.: 1995: Viçosa, MG). **Resumos Expandidos...** Viçosa: SBCS/UFV-Depto. de Solos, 1995. 3:1640-1642.
- ROCHA, H.O. da e SCHMIDLIN, D. Application of remote sensing and gis to compile and update soil maps at the environmental protection area – APA of Guaratuba – PR. Brazil. *Internation Archives of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS)*. (1996: Vienna, Áustria). **Anais...** Vienna: 1996. 31(B7): 555-556.
- ROCHA, H.O. da; NANNI, M.R. Levantamento pedológico semidetalhado em porção Noroeste do Estado do Paraná. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO (13.: 1996: Águas de Lindóia). **Anais CD-ROM...** Águas de Lindóia - SP: Comissão 5 – Gênese, Morfologia e Classificação de Solos, USP/SBCS/SBM/SLACS, 1996. 5 p.
- ROCHA, H.O. da; SCHMIDLIN, D.; DIMAS, C. MOTTER, I.; SIRTOLI, A.; MORAES, M.E.S. e SCOPEL, I. Emprego de imagens Landsat-TM e de fotointerpretação aplicada a levantamento de solos na porção sul da Serra do Mar – PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993. 3:295-303.
- SÁ, J. de F. de; RISSO A. e HAERTEL, V. Uma avaliação de distintas metodologias para extração de informações topográficas utilizando um modelo numérico do terreno e o algoritmo de um modelo hidrológico distribuído. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993. 4:252-260.
- SANTOS, M. J. dos; MENINO, I. B. e FERNANDES, M. F. Caracterização das unidades de mapeamento de solos da Folha Itaporanga SB.24-Z-C-II, com base em imagem de satélite e trabalho de campo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais...** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS/SBC, 1990. 4:892-897.

- SCHMIDLIN, D. **Utilização de técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informações geográficas para atualização e geração do mapa compilado de solos da área de proteção ambiental – APA de Guaratuba (PR)**. Curitiba, 1998. 110 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- STAR, J. e ESTES, J. **Geographic information system an introduction**. Englewwod Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall , 1990. 303 p.
- STRELNÍKOV, S.I. GIS Technology of using remote surveying materials in compilation of geological maps. Internation Archieves of Photogrammetry and Remote Sensing (IAPRS). (1996, Vienna, Áustria). **Anais...** Vienna: 1996. 31(B7):669-670.
- TEIXEIRA, A.L. de A. Notas sobre a otimização de um Sistema de Informações Geográficas para microcomputadores da linha IBM-PC. **Boletim de geografia teórica**. Rio Claro, 18(35/36):105-110, 1988
- VALÉRIO FILHO, M.; DONZELLI, P.L. e PINTO, S.A.F. Técnicas de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica aplicadas ao plano de manejo de microbacias hidrográficas. In.: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água. (9: 1992: Jaboticabal). Jaboticabal-SP, UNESP, (**Separata...**) 4 p. 1992.
- VETTORAZZI, C.A. e do COUTO, H.T.Z. Análise da exatidão de classificação em mapas de solos obtidos através da interpretação de imagens orbitais em duas escalas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (6.: 1990: Manaus). **Anais...** Manaus: INPE/SELPER/ISPRS/SBC, 1990. 3:769-775.
- WALSH, S.J. User considerations in landscape characterization. Chapter 3. 35-43 p. In: GOODCHIEL, M.F. e GOPAL, S. (Ed.). **Accuracy of spatial database**. London, Taylor e Francis, reimpresso 1994. 1989, 290 p.
- WALSH, S.J.; COOPER, J.W.; von ESSEN, I.E. e GALLAGER, K.R. Image enhancement of Landsat Thematic Mapper data and GIS data integration for evaluation of resource characteristics. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 56(8):1135-1141, 1990.

9.4 - REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO IV – USO DA TERRA

- AB'SABER, A.N. Painel das interferências antrópicas na fachada Atlântica do Brasil – litoral e retroterra imediata. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA (2.: 1990: Águas de Lindóia). **Anais...** Águas de Lindóia (SP): Academia de Ciência do Estado de São Paulo / CNPq, 1990. p.1-25 (Publicação ACIESP, 71-2).
- ANDERSON, J.R. Land use classification schemes used in selected recent geographic applications of remote sensing. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C. 37(4):379-87, 1971.
- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; TOACH, J.T. & WITMER, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução Harold Strang. SUPREN/IBGE, Rio de Janeiro, 1979, 78p
- BAUER, M.E.; BURK, T.E.; EK, A.R.; COPPIN,P.R.; LIME, S.D.; WALSH, T.A.; WALTERS, D.K.; BEFORT, W. & HEINZEN, D.F. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 60(3):286-298, 1994.
- BRONDIZIO, E.S.; MORAN, E.F.; MAUSEL, P. & WU, Y. Dinâmica da vegetação do Baixo Amazonas: análise temporal do uso da terra integrando imagens Landsat-TM, levantamento florístico e etnográfico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELPER/ISPRS/SBC, 1993, 2:38-46.
- CENTENO, J.A.S. **Exploração de atributos de contexto em imagens digitais no estudo da cobertura vegetal em bacias hidrográficas**. UFRGS. Porto Alegre, 1991. 130 f. (mais anexos) Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- CIGOLINI, A.A. **A fragmentação do território em unidades político-administrativas: análise da criação de municípios no Estado do Paraná**. UFSC. Florianópolis, 1999. 106 f. (mais anexo). Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências – Universidade Federal de Santa Catarina.
- COLWELL, JE. Vegetation canopy reflectance. **Remote sensing of environment : an interdisciplinary journal**, American Elsevier Publishing Company, New York. 3(3)175-183, 1974.

- COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA – **Restituição Aerofotogramétrica reproduzida em Cartas na escala de 1:20.000**. 1976
- COMEC – COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Relatório ambiental da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1997 100p.
- CORRÊA, R.L. **O espaço urbano**. 3ª ed. São Paulo : Ed. Ática, Série Princípios. 1995,.94p.
- CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: Instituto de Geociências/Unicamp. 1992, ed. rev. 170 p.
- FUPEF – FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS. **Estudos da biomassa e do mercado de energéticos e de produtos florestais no sudoeste Paranaense**. Curitiba, Paraná: FUPEF, p.149, 1984
- GREEN, K.; KEMPKA, D.; LACKEY, L. Using remote sensing to detect and monitor land-cover and land-use change. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 60(3)331-337, 1994.
- GUIMARÃES, J.L.B. **Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico da bacia do rio Pequeno – São José dos Pinhais-PR**. UFPR. Curitiba, 2000. 205 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- HERNANDEZ FILHO, P.; SARAIVA, I.R. Análise temporal das alterações na vegetação do Parque Estadual de Jacupiranga através de tratamento digital das imagens Landsat. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE SENSORIAMENTO REMOTO (1.: 1986: Gramado) e SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (4.: 1986: Gramado). **Anais...** Gramado: INPE/SELP/PER/SBC, 1986, 1:785-791.
- IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **As formações vegetais da área de influência do futuro reservatório do Rio Iraí – Piraquara/Quatro Barras – PR**. Org. Sílvia Ziller, Curitiba, IAP/SEMA/GTZ. 1995. 87 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contagem da população – 1996**. v.1. Rio de Janeiro : IBGE, 1996. 723 p.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, nº.1. Rio de Janeiro, 1992. 92p.
- JACOBS, G.A. **Evolução dos remanescentes florestais e áreas protegidas no Estado do Paraná. Cadernos de Biodiversidade**. Curitiba. DIBAP/IAP. 2(1):73-81, 1999.
- JENSEN, J.R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. Upper Saddle River, New Jersey: 2ª ed. Prentice Hall, 1986, 316 p.
- KALENSKY, Z.D. Regional and global land cover mapping and environmental monitoring by remote sensing. In: Internation Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. (31.: 1996: Vienna). **Anais...** Vienna-Áustria, ISPRS. 1996, 31(B4)413-426.
- KAZMIERCZAK, M.L. & SHIMABUKURO, Y.E.; Metodologia para obtenção de dados florestais a partir de dados TM-Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELP/PER/ISPRS/SBC, 1993, 2:120-128.
- KLEIN, R.M. & HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica o município de Curitiba e arredores (Paraná). **Boletim da Universidade do Paraná - Instituto de Geologia**. Geografia Física, nº4. Curitiba, UFPR, Dezembro 1962. 29 p.
- LANDSAT. **Imagem de satélite Landsat TM-5**. INPE. 1996, 18/04/1996 órbita 220 ponto 78, bandas 3,4,5
- LANDSAT. **Imagem de satélite Landsat TM-7**. INPE. 1999, 26/09/1999 órbita 220 ponto 77, bandas 3,4,5
- LANDSAT. **Imagem do satélite Landsat TM-5**. INPE. 1990, 09/09/1990 órbita 220 ponto 78, bandas 2,3,4,5,7
- LIMA, J.D.; LIMA, S.C. Mapeamento da cobertura vegetal e do uso antrópico na região do Triângulo Mineiro (MG), através de imagens TM/Landsat. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (7.: 1993: Curitiba). **Anais...** Curitiba: INPE/SEMA/SELP/PER/ISPRS/SBC, 1993, 2:162-170.
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. J.Olympio – Rio de Janeiro e Sec. Cultura e Esporte do Paraná - Curitiba, 1981 2ª. ed, 450 p.
- MORAES NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: E. Blucher, 2ª ed., 1992, 308 p.

- MORAES, M.E.S. **Dinâmica espacial da ocupação antrópica na restinga do perímetro urbano de Paranaguá-PR**. UFPR. Curitiba, 1999. 280 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná.
- OLIVA, J.; GIANANTI, R. **Espaço e modernidade**. São Paulo : Atual, 1995. p. 106-117.
- REITZ, R. & KLEIN, R.M. Araucariáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 62 p
- RICHARDS, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 2^a ed. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1986, 281 p.
- RIZZI, N.E. & GUIERA, F.M. Análise de tipologias de ocupação da bacia hidrográfica do rio Iraí. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Ed. da UFPR. Curitiba. 15(2):33-49, 1996.
- RODERJAN, C.V. & STRUMINSKI, E. **Caracterização e proposta de manejo da Serra da Baitaca – Quatro Barras – PR**, 2v. Curitiba: FUPEF/FBPN, 1992.
- RODERJAN, C.V. **Caracterização da vegetação da Floresta Estadual Metropolitana**. Curitiba. 1987. (não paginado).
- SANTOS, J.R.; PINTO, J.H.D. Análise da utilização dos produtos do Landsat no monitoramento de parques nacionais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (2.: 1982: Brasília). **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1982 v.3 p793-798.
- SANTOS, M. **Manual de geografia urbana**. 2^a ed. São Paulo : HUCITEC, 1989. 214p.
- SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for image processing and classification in remote sensing**. Orlando: Academic Press, 1983. 249 p.
- SHEPARD, J.R. A concept of change detection. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Journal of the American Society of Photogrammetry. Washington, D.C., 30(4):648-651, 1964.
- SILVEIRA, P. **Detecção de alterações na cobertura vegetal ocasionadas pela expansão urbana em uma região do litoral Paranaense, através de técnicas de sensoriamento remoto**. UFPR. Curitiba, 1997. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro : IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 110.

9.5 - REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO V – RECURSOS HÍDRICOS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9896** Glossário de poluição das águas : terminologia. Rio de Janeiro, 1993. 94 p.
- ANDREOLI, C.V.; ANDREOLI, F.N.; ILHENFELD, R.G.K. e RODRIGUES, E.M. Influência da deterioração da água bruta no consumo de produtos químicos e na qualidade da água tratada. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba, 7(7):28-32, 1997.
- ANDREOLI, C.V.; DALARMI, O.; LARA, A.I. e ANDREOLI, F. N. Limites ao desenvolvimento da região metropolitana de Curitiba, impostos pela escassez de água. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 12(12):31-42, 1999.
- ANDREOLI, C.V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; RODRIGUES, E.M. e ANDREOLI, F. N. Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da região metropolitana de Curitiba – RMC. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 12(12):19-30, 1999.
- BRASIL. Decreto federal nº 24.663, de 16 de Julho de 1934. Criou o Código das Águas Brasileiro. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília. 1934.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1469, de 20 de Dezembro de 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. nº 7, seção 1. Brasília, p. 26-28 (inclui os anexos), 10/jan/2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 36, de 19 de Janeiro de 1990. Aprova normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observados em todo o território nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 1.651-1654, 23/jan/1990.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação de águas doces, salobras e salinas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 11.356, 30 jul. 1986.

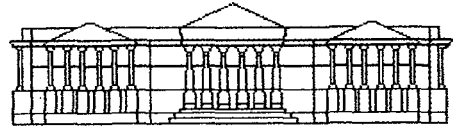
- BUSNELLO, J.F.; GONÇALVES, J.A. e MEDEIROS, L.C. Insumos operacionais. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 14(14):24-33, 2000.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Plano de desenvolvimento integrado da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2001, 181 p (Documento para discussão)
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Relatório Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1997. 100 p (mais ilustrações)
- DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da região metropolitana de Curitiba. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 4(4):31-43, 1995.
- DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. In: Seminário Técnico Plano de Estudo de Utilização dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná – Brasil. (2.: 1995: Curitiba). **Anais...** Curitiba: JICA/SEPLAN/PR. 1995. Seção 4 - 13 p.
- DIAS, LN. 1997. **Estudo da bacia hidrográfica do reservatório Passaúna (Araucária – Paraná – Brasil), considerando a interrelação da ocupação dos solos com a qualidade das águas**. UFSCar. São Carlos, 1997. 141 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Universidade Federal de São Carlos.
- LISBOA, A.A. Potencial Aquífero do Estado do Paraná. In: Seminário Técnico Plano de Estudo de Utilização dos Recursos Hídricos do Estado do Paraná – Brasil. (2.: 1995: Curitiba). **Anais...** Curitiba: JICA/SEPLAN/PR. 1995. Seção 2 - 22 p.
- MAIER, M.H. 1983. **Geoecologia, hidrografia, hidroquímica, clima e processos antrópicos da bacia do rio Jacaré Pepira (SP)**. UFSCar. São Carlos, 1983, 305 f. Tese (Doutorado em Ciências). Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de São Carlos.
- NASCIMENTO, L.V. do e SPERLING, M. von. Os padrões brasileiros de qualidade das águas e os critérios para proteção da vida aquática, saúde humana e animal. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 10(10):39-46, 1998.
- NOVA IORQUE. **Manual para operadores de estações de tratamento de água**. Faculdade de Saúde Pública/USP. São Paulo 1971. 328 p. Tradução do "Manual of instruction of water treatment plant operators", de autoria do Departamento de Saúde do Estado de Nova Iorque. Tradutores Ivanildo Hespanhol e Carlos Celso do Amaral e Silva.
- PARANÁ. Decreto nº 5.316, de 17.04.1974. Aprova o regulamento da Lei nº 6.513, de 18.07.1973, que dispõem sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. nº 35. Curitiba, 1974. p.1. 22/abr/1974.
- PARANÁ. Decreto nº 974, de 09.12.1991. Regulamenta a Lei Complementar nº 59, de 01 de outubro de 1991, que dispõe sobre a repartição de 5 % do ICMS aos municípios com mananciais de abastecimento e unidades de conservação ambiental. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. nº 3.657. Curitiba, 1991. p.4-5, 09/dez/1991.
- PARANÁ. Lei nº 12.248, de 31.07.1998. Cria o Sistema Integrado de Gestão e Proteção dos Mananciais da RMC. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. nº 5.305. Curitiba, 1998. p.6-10, 03/ago/1998.
- PARANÁ. Lei nº 6.513, de 18.09.1973. Dispõe sobre a proteção dos recursos hídricos contra agentes poluidores e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. nº 202. Curitiba, 1973. p. 1. 21/dez/1973.
- PARANÁ. Lei nº 8.935, de 07.03.1989. Dispõe sobre requisitos mínimos para as águas provenientes de bacias mananciais destinadas ao abastecimento público e adota outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. nº 2.972. Curitiba, 1989. p.1-3, 08/mar/1989
- PLANIDRO. Planidro – Engenheiros Consultores S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água e de Controle de Poluição da Área Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1975, 222 p (Relatório Preliminar nº 6)
- PLANIDRO. Planidro – Engenheiros Consultores S.A. **Plano Diretor de Abastecimento de Água e de Controle de Poluição da Área Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1976, (Relatório Final, Volume II Otimização do Sistema, Planejamento e Programação), 126-419 p.
- PLANIDRO. Planidro – Engenheiros Consultores S.A. Proposta de Execução Edital nº 18/74. **Serviço de Consultoria: Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1974, 54 p (mais anexos não paginados).
- RIZZI, N.E. **Avaliação do benefício florestal de proteção à potabilidade natural das águas para abastecimento da região metropolitana de Curitiba**. UFPR. Curitiba, 1981. 128 f. Dissertação

- (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná.
- ROSA FILHO, E.F.; DIAS, L. e RAMON, N. Prognóstico sobre a qualidade das águas do futuro reservatório do Iraí. **Bol. Par. de Geociências**. Ed. UFPR. Curitiba. 45:89-96, 1997.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Estado do Paraná 1999. **Barragem e Reservatório do rio Iraí – Projeto Básico Ambiental – PBA** (Vol. II/II Julho 1999 – PROENSI, 23).
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Estado do Paraná. **Boletins Quinzenais e/ou Mensais das ETAs Iguazu e Tatumã**. Volume, condições e insumos utilizados no tratamento das águas, 2000
- SANTOS, R.J.R. dos Programa de conservação de mananciais. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 9(9)33-40, 1998.
- SÃO PAULO. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas. **Desinfecção de águas**. São Paulo, CETESB (Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das águas), 1974. 210 p.
- SERENISKI, D. e MEDEIROS, L.C. Tratamento e qualidade da água distribuída. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 14(14):34-39. 2000.
- SETTI, A.A. **A necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos**. Brasília: MMA/IBAMA. 1994. 344 p.
- SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Qualidade das águas interiores do Estado do Paraná 1987-1995**. Curitiba. 257 p., 1997.
- SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Vazões mensais do rio Iguazu na Estação Fluviométrica Ponte BR-277**. Código DNAEE 65009000/ANEEL. Rio Iguazu, São José dos Pinhais. Altitude 880 m Latitude: 25° 28' S Longitude: 49° 11' W, 2001
- SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Precipitações mensais na Estação Pluviométrica Faz. Exp. Fac. Agronomia**. Código DNAEE 02549041/IAPAR. PIRAQUARA. Altitude 930 m. Latitude: 25° 25' S Longitude: 49° 08' W, 2001
- SUREHMA. SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Análise dos mananciais hídricos da região metropolitana de Curitiba**. Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento. Serviço de Hidrologia Aplicada. Curitiba, 1985, 66 p.
- WEBER, P.S. Água, o ouro do século XXI. **Sanare**. Revista Técnica da Sanepar. Curitiba. 10(10):5-7, 1998.

9.6 - REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO VI – INTEGRAÇÃO

- CAT – Iraí – CÂMARA DE APOIO TÉCNICA – **Zoneamento Ecológico-Econômico APA do Iraí**, Junho 2000 Secretaria Executiva, 18 p.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Unidade Territorial de Planejamento Pinhais**. Curitiba. Abril, 1999ª, 27 f.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Unidade Territorial de Planejamento Quatro Barras**. Curitiba. Outubro, 1999b, 46 f.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Unidade Territorial de Planejamento Itaqui**. Curitiba. Maio, 1999c, 49 f.
- COMEC - COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA. **Unidade Territorial de Planejamento Guarituba**. Curitiba. Fevereiro, 1999d, 45 f.
- LANCASTRE, A. e FRANCO, F.M. **Lições de Hidrologia**. Lisboa, Portugal. Universidade Nova de Lisboa. 1984. 451 p.
- PARANÁ. Decreto nº 1.752, de 06.05.1996. Institui a Área de Proteção Ambiental Estadual do Pequeno. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba, 1996. 06/mai/1996.
- PARANÁ. Decreto nº 1.753, de 06.05.1996. Institui a Área de Proteção Ambiental Estadual do Iraí. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba, 1996. 06/mai/1996.
- PARANÁ. Decreto nº 1.754, de 06.05.1996. Institui a Área de Proteção Ambiental Estadual do Piraquara. **Diário Oficial do Estado do Paraná**. Curitiba, 1996. 06/mai/1996.
- SUREHMA. SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Análise dos mananciais hídricos da região metropolitana de Curitiba**. Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento. Serviço de Hidrologia Aplicada. Curitiba, 1985, 66 p.

SUREHMA. SUPERINTENDÊNCIA DOS RECURSOS HÍDRICOS E MEIO AMBIENTE. **Relatório da qualidade das águas de rios do altíssimo iguaçu com destaque para a região metropolitana de Curitiba.** Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento. Serviço de Hidrologia Aplicada. Curitiba, 1992, (12 p. + anexos)



UFPR

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
DO PARANÁ**

**SETOR DE
CIÊNCIAS
AGRÁRIAS**

**CURSO DE
PÓS GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA
FLORESTAL**

**DINÂMICA DE USO
E OCUPAÇÃO
DOS MANANCIAIS
DA REGIÃO METROPOLITANA
DE CURITIBA - PR**

ANEXOS

9.1 – ANEXOS – CAPÍTULO IV - USO DA TERRA

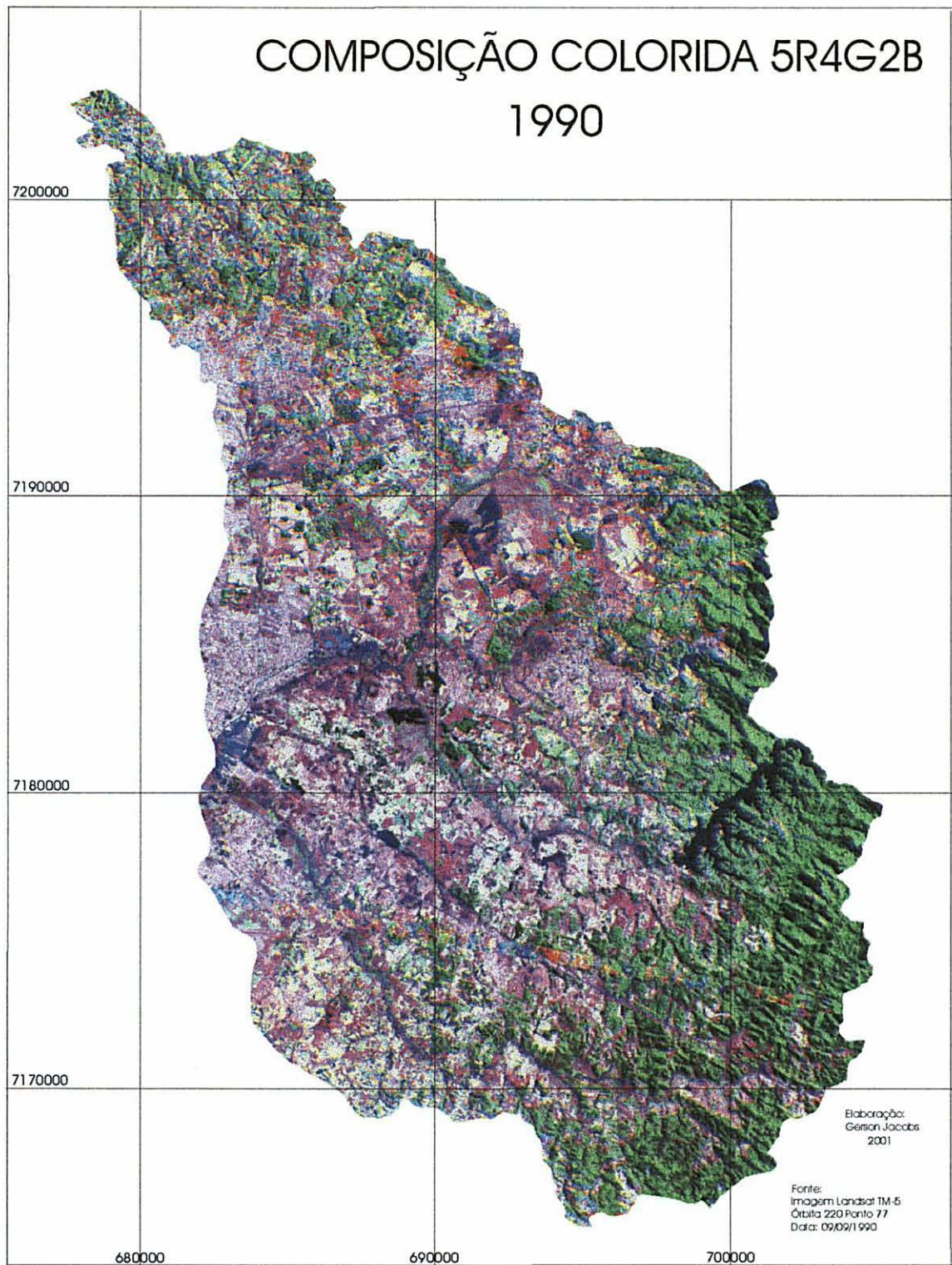


FIGURA A4.1 – Composição colorida realçada das bandas 5-4-2 da imagem Landsat TM-5 de 1990.

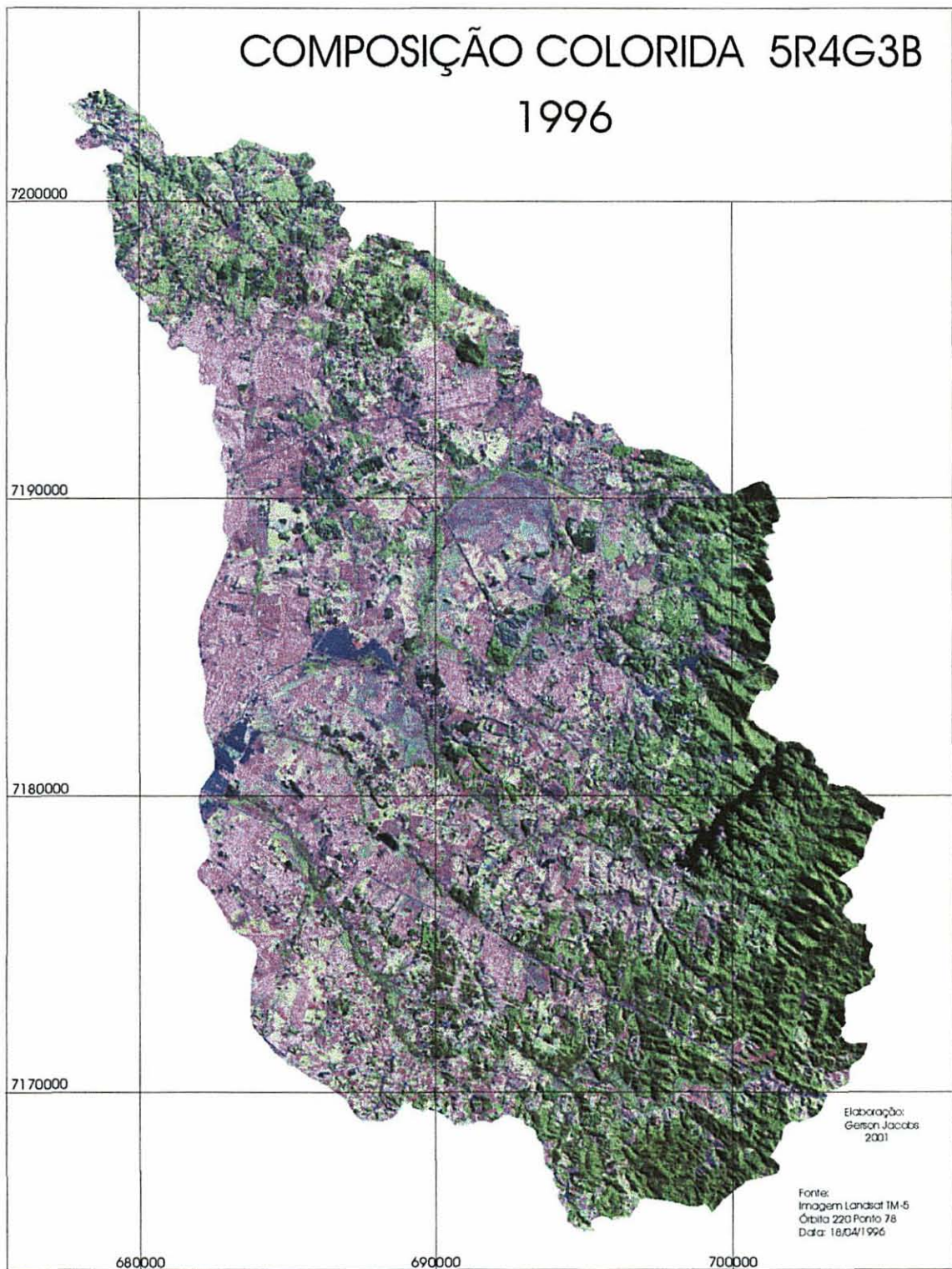


FIGURA A4.2 – Composição colorida realçada das bandas 5-4-3 da imagem Landsat TM-5 de 1996.

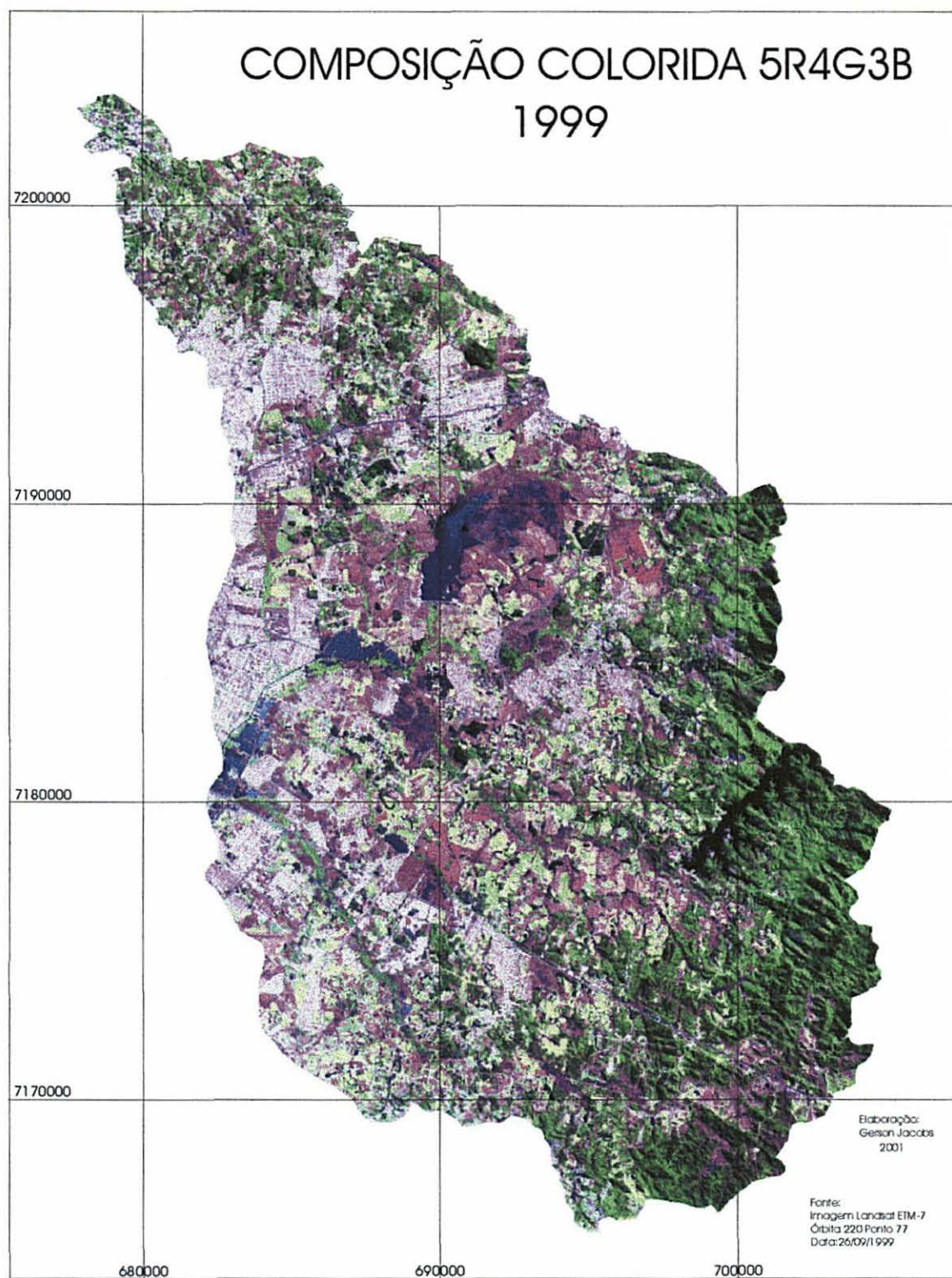


FIGURA A4.3 – Composição colorida realçada das bandas 5-4-3 da imagem Landsat ETM-7 de 1999.

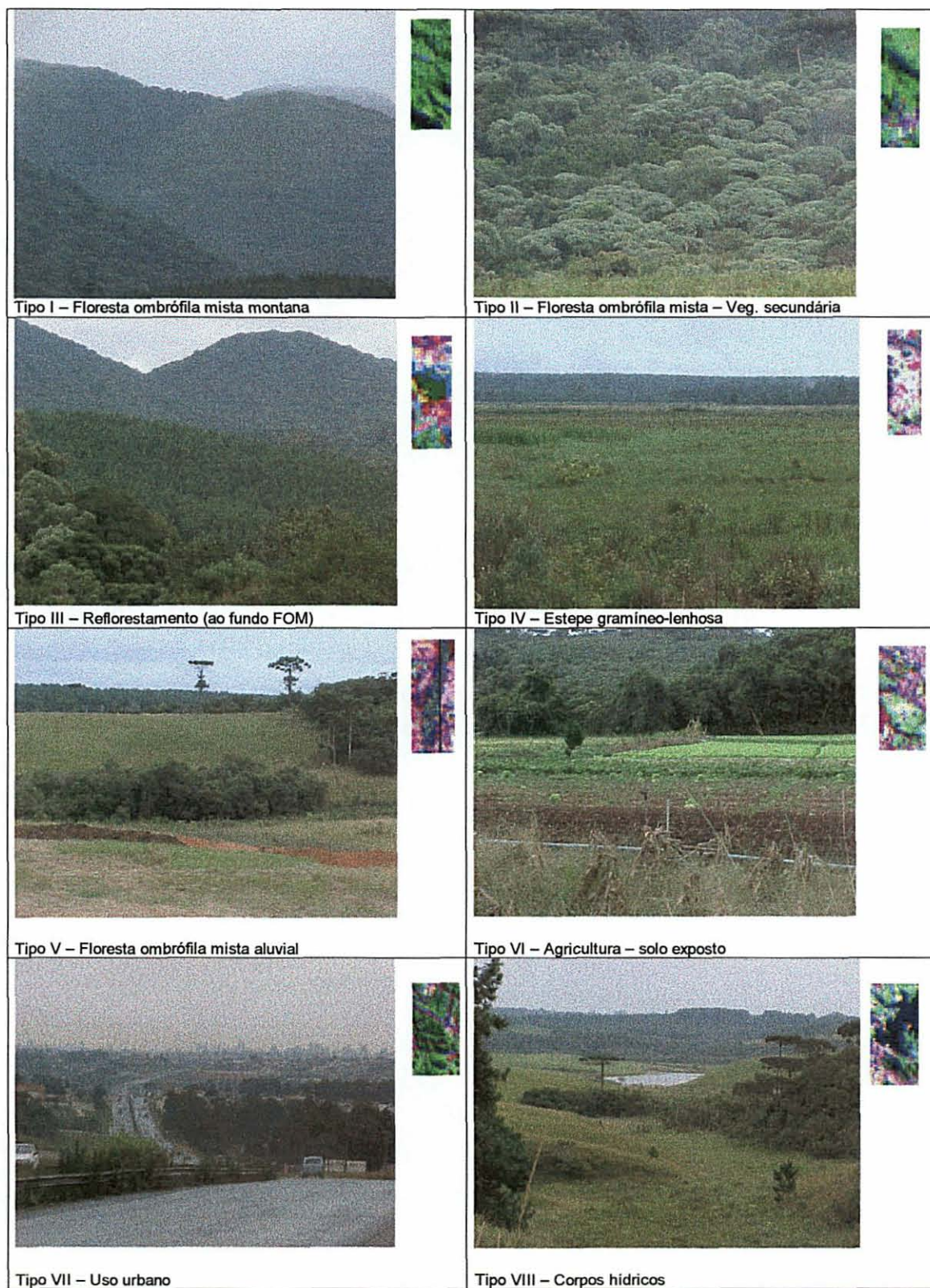


Figura A4.4 – Padrões de tipologias de uso da terra, no campo e nas imagens Landsat.

TABELA A4.1 – Coordenadas UTM dos pontos utilizados na retificação da imagem Landsat TM-5

Nº do ponto	deslocamento x	deslocamento y	Coord. UTM Este	Coord. UTM Norte	Localização no mapa
1	-0,034	0,042	698535	7177620	Cruzamento em ferrovia
2	0,062	-0,000	700656	7180182	Limite lago reservatório
3	0,055	0,053	688058	7177149	Limite lago reservatório
4	0,039	0,025	703278	7169872	Limite lago reservatório
5	-0,050	-0,089	682565	7171122	Cruzamento em rodovia
6	0,058	0,066	678201	7186431	Cruzamento em rodovia
7	0,031	0,067	680570	7184751	Ponte rodovia-rio
8	-0,063	0,071	677664	7184944	Final de estrada-loteamento
9	-0,083	0,059	703975	7185277	Cruzamento em ferrovia
10	-0,056	-0,041	683449	7190934	Cruzamento em rodovia
11	0,041	-0,098	685849	7200941	Cruzamento em rodovia

* Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator), fuso 22, SAD-69

** Erros dos pontos de controle: 0.082, valor abaixo dos 0.5 recomendado pelos técnicos do INPE.

TABELA A4.2 - MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO – POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1990

Classes	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI	Tipo VII	Tipo VIII	Tipo IX	Abstenção	Soma linha
Tipo I	153		11								164
Tipo II		45			1						46
Tipo III			10								10
Tipo IV				266		3	5	2			276
Tipo V					75						75
Tipo VI				2		54					56
Tipo VII							69				69
Tipo VIII								88			88
Tipo IX									37		37
Soma coluna	153	45	21	268	76	57	74	90	37	0	821

Classes: Tipo I – Floresta Ombrófila Mista Montana; Tipo II – Sucessão secundária (FOM); Tipo III – Reflorestamento; Tipo IV – Estepe-Gramíneo-lenhosa (Campos); Tipo V – Floresta Ombrófila Mista Aluvial; Tipo VI – Agricultura e Solo exposto; Tipo VII – Áreas Urbanas; Tipo VIII – Corpos hídricos; Tipo IX – Sombra (não Classificadas). Classificados corretamente: $(\sum X_{ij}, i = j) = 786$

TABELA A4.3 – PRECISÃO DETERMINADAS POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1990

Classes	Exatidão do produtor (%)	Exatidão do usuário (%)
Tipo I	100.00	93.29
Tipo II	100.00	97.83
Tipo III	47.62	100.00
Tipo IV	97.26	87.65
Tipo V	100.00	100.00
Tipo VI	93.62	95.65
Tipo VII	92.06	100.00
Tipo VIII	100.00	100.00
Tipo IX	100.00	100.00
Desempenho geral	97.08	
Confusão média	2.92	
Abstenção média	0.00	
Estatística KHAT	96.65 %	
Variância KHAT	4.517e-005	
Estatística TAU	96.85 %	

TABELA A4.4 - MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO – POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1996

Classes	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VI	Tipo VII	Tipo VIII	Tipo IX	Abstenção	Soma linha
Tipo I	105	16									121
Tipo II	1	19									20
Tipo III			49								49
Tipo IV				221		6					227
Tipo V		1			47						48
Tipo VIa						22					22
Tipo VII				31		1	305				337
Tipo VIII		1						266			267
Tipo IX									45		45
Soma coluna	106	37	49	252	47	29	305	266	45	0	1136

Classes: Tipo I – Floresta Ombrófila Mista Montana; Tipo II – Sucessão secundária (FOM); Tipo III – Reflorestamento; Tipo IV – Estepe-Gramíneo-lenhosa (Campos); Tipo V – Floresta Ombrófila Mista Aluvial; Tipo VI – Agricultura e Solo exposto; Tipo VII – Áreas Urbanas; Tipo VIII – Corpos hídricos; Tipo IX – Sombra (não Classificadas). Classificados corretamente: $(\sum X_{ij}, i = j) = 1079$

TABELA A4.5 – PRECISÃO DETERMINADAS POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1996

Classes	Exatidão do produtor (%)	Exatidão do usuário (%)
Tipo I	99.06	86.78
Tipo II	51.35	95.00
Tipo III	100.00	100.00
Tipo IV	100.00	100.00
Tipo V	100.00	100.00
Tipo VI	69.57	100.00
Tipo VII	100.00	89.97
Tipo VIII	100.00	99.48
Tipo IX	100.00	100.00
Desempenho geral	94.98	
Confusão média	5.02	
Abstenção média	0.00	
Estatística KHAT	94.19 %	
Variância KHAT	5.617e-005	
Estatística TAU	94.60 %	

TABELA A4.6 - MATRIZ DE ERROS DE CLASSIFICACAO – POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1999

Classes	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V	Tipo VIa	Tipo VIIa	Tipo VIIIa	Tipo IX	Abstenção	Soma linha
Tipo I	403	18			50					1	472
Tipo II	1	88									88
Tipo III			62								62
Tipo IV				276			7				253
Tipo V	12			1	53						66
Tipo VI				6		78	2				86
Tipo VII				7		4	201				212
Tipo VIII								377			377
Tipo IX	2							5	369	1	377
Soma coluna	417	107	62	293	103	82	212	383	369	9	2037

Classes: Tipo I – Floresta Ombrófila Mista Montana; Tipo II – Sucessão secundária (FOM); Tipo III – Reflorestamento; Tipo IV – Estepe-Gramíneo-lenhosa (Campos); Tipo V – Floresta Ombrófila Mista Aluvial; Tipo VI – Agricultura e Solo exposto; Tipo VII – Áreas Urbanas; Tipo VIII – Corpos hídricos; Tipo IX – Sombra (não Classificadas). Classificados corretamente: $(\sum x_{ij}, i = j) = 1901$

TABELA A4.7 – PRECISÃO DETERMINADAS POR CLASSES DO MAPA DE USO DA TERRA – ANO DE 1999

Classes	Exatidão do produtor (%)	Exatidão do usuário (%)
Tipo I	96.64	85.56
Tipo II	82.24	95.00
Tipo III	100.00	100.00
Tipo IV	98.59	95.24
Tipo V	36.51	74.19
Tipo VI	100.00	89.47
Tipo VII	91.67	84.62
Tipo VIII	98.13	98.87
Tipo IX	100.00	97.88
Desempenho geral	96.46	
Confusão média	3.28	
Abstenção média	0.26	
Estatística KHAT	96.64	85.56
Variância KHAT	82.24	95.00
Estatística TAU	100.00	100.00

BOLETIM MENSAL DE TRATAMENTO (CONSUMO DE PRODUTOS QUÍMICOS E CONSUMO DE ÁGUA NA ETA)													ETA IGUAÇU						MÊS:		SANEPAR															
TEMPERATURA				HORAS	VOLUME	CONSUMO DE ÁGUA NA ETA			VOLUME	CLORETO FÉRRICO		SULFATO DE ALUMÍNIO		CAL HIDRATADA			CLORO				CARVÃO		ORTO FOSFATO		UNIDADES FILTRANTES											
AR		ÁGUA		DE	ADUZO	LAVAGEM FILTROS	LAVAGEM DECANTADOR	%	PRODUZIDO	Kg	ppm	Kg	ppm	COAG	CORREÇÃO	INTERMEDIÁRIA	PÓS		FLUOR		ATIVADO	PÓS	FILT.	CARRERA FILTRAÇÃO	DURAÇÃO LAVAGEM	CONSUMO LAVAGEM	Nº DE LAVAGEM									
DIA	MED	MÁX	MIN	MED	MÁX	MIN	FUNC.	m³	m³	m³	m³	Kg	ppm	Kg	ppm	ppm	Kg	ppm	Kg	ppm	Kg	ppm	Kg	ppm	Kg	ppm	Kg	ppm	Nº	HORAS	MINUTOS	m³	TOTAIS			
01																																				
02																																				
03																																				
04																																				
05																																				
06																																				
07																																				
08																																				
09																																				
10																																				
11																																				
12																																				
13																																				
14																																				
15																																				
16																																				
17																																				
18																																				
19																																				
20																																				
21																																				
22																																				
23																																				
24																																				
25																																				
26																																				
27																																				
28																																				
29																																				
30																																				
31																																				
MED																																				
TOTAL																																				
ETA IGUAÇU				SETOR DE TRATAMENTO				COORDENAÇÃO - SISTEMA IGUAÇU										USPD																		

FIGURA A5.2-- Modelo de boletim de tratamento: consumo de produtos químicos e consumo de água nas ETAs

TABELA A5.1 – VALORES MÉDIOS MENSIS DA DOSAGEM (mg/l) E PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS CAPTADAS PARA ETA-IGUAÇU, NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1976 A DEZEMBRO DE 1996*.

	PRODUTOS QUÍMICOS				QUALIDADE DAS ÁGUAS				
	Sulfato	Cal	Cloro	Flúor	pH	Matéria Orgânica	Cor	Turbidez	alcalinidade
jan	34,87	16,06	3,44	1,13	6,52	10,01	139,83	41,35	19,13
fev	34,09	15,80	3,24	1,15	6,53	10,68	134,26	43,01	19,15
mar	31,91	15,67	3,56	1,15	6,50	10,14	135,34	40,20	19,98
abr	27,39	14,60	3,47	1,27	6,53	8,02	103,54	34,76	21,01
mai	27,41	14,04	3,60	1,24	6,58	8,55	114,81	37,05	21,55
jun	26,97	13,66	3,40	1,29	6,60	8,25	98,78	32,24	21,68
jul	26,12	13,68	3,30	1,37	6,60	9,04	100,40	30,98	20,52
ago	26,92	15,67	3,41	1,33	6,58	8,60	100,03	28,73	20,95
set	27,98	14,55	3,48	1,41	6,52	8,96	115,60	33,88	20,72
out	31,28	16,08	3,66	1,26	6,54	9,71	131,73	37,41	21,11
nov	32,40	16,46	3,44	1,22	6,59	9,34	132,61	37,55	23,63
dez	32,10	15,74	3,88	1,21	6,63	8,91	130,05	39,60	23,28

FONTE: SANEPAR, 2000

TABELA A5.2 - VALORES MÉDIOS MENSIS DA DOSAGEM (mg/l) E PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS CAPTADAS PARA ETA-TARUMÃ, NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1976 A DEZEMBRO DE 1996*.

	PRODUTOS QUÍMICOS				QUALIDADE DAS ÁGUAS				
	Sulfato	Cal	Cloro	Flúor	pH	Matéria Orgânica	Cor	Turbidez	Alcalinidade
jan	22,3	22,4	4,38	1,04	6,42	8,51	102,49	23,72	14,91
fev	22,1	17,5	4,53	1,02	6,42	9,14	101,34	23,05	14,94
mar	20,6	15,9	4,18	1,06	6,45	8,05	92,21	20,95	14,48
abr	18,4	14,3	3,93	1,11	6,54	6,74	84,88	22,09	14,70
mai	18,3	15,0	3,96	1,14	6,45	7,00	81,17	19,91	14,35
jun	17,2	14,0	3,66	1,19	6,46	6,98	76,13	20,07	14,57
jul	17,4	14,2	3,62	1,27	6,47	7,05	76,19	18,97	13,87
ago	18,6	14,1	3,79	1,30	6,51	7,28	73,33	18,73	14,80
set	19,7	14,8	3,63	1,27	6,49	8,21	86,69	24,32	13,92
out	21,6	16,1	3,85	1,16	6,43	9,71	86,00	22,06	15,01
nov	21,6	16,2	4,07	1,13	6,45	8,56	88,56	22,43	14,84
dez	20,4	15,5	4,11	1,13	6,43	7,96	97,52	22,09	14,80

* FONTE: SANEPAR, 2000

TABELA A5.3 - VOLUME DE ÁGUA ADUZIDO E PRODUZIDO NAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA IGUAÇU E TARUMÃ NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1976 A DEZEMBRO DE 1996*.

Meses do ano	ETA Iguaçu		ETA Tarumã	
	Volume aduzido (l/s)	Volume produzido (l/s)	Volume aduzido (l/s)	Volume produzido (l/s)
Janeiro	2267,4	2206,1	776,6	752,1
Fevereiro	2330,1	2273,8	834,7	809,7
Março	2398,1	2333,3	810,6	786,0
Abril	2346,5	2282,8	803,9	779,3
Mai	2333,0	2263,9	786,1	761,2
Junho	2339,6	2254,1	770,7	707,7
Julho	2339,6	2254,1	770,7	707,7
Agosto	2331,3	2270,6	855,2	824,7
Setembro	2287,3	2223,9	785,4	754,6
Outubro	2414,2	2341,8	795,3	766,0
Novembro	2437,6	2374,7	798,9	773,4
dezembro	2515,7	2448,4	826,8	799,9

* Valores médios mensais Fonte: SANEPAR, 2000

TABELA A5.4 - VAZÕES DE ÁGUA OBSERVADOS NA ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICA DO RIO IGUAÇU NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1976 A DEZEMBRO DE 1996*.

Meses do ano	Vazões mensais m ³ /s
jan	15,668
fev	15,691
mar	12,765
abr	9,803
mai	13,302
jun	12,751
jul	12,751
ago	9,894
set	14,598
out	14,092
nov	11,224
dez	14,064

* Valores médios mensais Fonte: SUDERHSA, 2001

TABELA A5.5 - PRECIPITAÇÃO OBSERVADA NA ESTAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA FAZ. EXP. FAC. AGRONOMIA NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1976 A DEZEMBRO DE 1996*.

	Precipitação (ml)	Precipitação (cl)
jan	171,3	17,130
fev	140,7	14,072
mar	127,5	12,746
abr	85,1	8,515
mai	115,4	11,540
jun	96,7	9,666
jul	96,7	9,666
ago	69,8	6,977
set	115,5	11,548
out	129,4	12,944
nov	121,6	12,162
dez	161,8	16,183

* Valores médios mensais Fonte: SUDERHSA, 2001

TABELA A5.6 - VOLUME E DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA DA ETA-IGUAÇU, NO PERÍODO DE JAN/1976 A DEZ/1996.

Mês/Ano	Volume de Produtos Químicos (Kg)				Dosagem de Produtos Químicos (mg/l)			
	Sulfato	Cal	Cloro	Flúor	Sulfato	Cal	Cloro	Flúor
jan/76	123036	45000	7538		32,90	11,99	1,91	0,99
fev/76	98664	39070	5835	5600	28,74	11,39	1,69	1,02
mar/76	106580	42240	6879	1050	26,07	11,02	1,76	0,97
abr/76	74520	34620	5930		21,07	9,79	1,71	0,92
mai/76	81240	33280	5926		21,57	8,80	1,59	
jun/76	73236	36000	5860		19,35	9,50	1,55	
jul/76	77040	33600	5772		19,70	8,60	1,48	
ago/76	86460	38594	6342		22,18	9,86	1,62	
set/76	77880	31304	5440		20,87	8,44	1,45	
out/76	114000	40380	5910		28,75	10,22	1,50	
nov/76	113636	43570	6324		31,51	12,09	1,76	0,92
dez/76	125724	45984	7024		39,12	14,41	2,20	0,96
jan/77	154080	53374	8646	5250	47,60	16,54	2,67	0,98
fev/77	120900	45160	7352	4500	42,73	15,95	2,63	0,97
mar/77	124500	51420	8978	4400	37,99	15,74	2,74	0,99
abr/77	100402	44160	8356	5200	28,16	12,65	2,34	0,99
mai/77	103160	41220	8176	3600	27,48	11,01	2,18	0,97
jun/77	106820	39588	8022		29,51	10,61	2,21	
jul/77	116780	49170	8736		30,38	12,75	2,27	
ago/77	121620	54136	9150		33,48	14,93	2,51	

continua

								continuação
set/77	123782	48468	8783		32,86	12,79	2,34	
out/77	149156	59702	10282		40,06	16,06	2,76	1,09
nov/77	136892	50792	8823		37,78	14,00	2,43	1,05
dez/77	132096	59094	9315	5119	32,66	14,66	2,30	2,04
jan/78	131016	56106	10184		31,60	13,63	2,46	
fev/78	117914	38040	8555		31,12	10,02	2,25	
mar/78								
abr/78	122490	51260	9639	8598,5	29,39	12,29	2,31	2,37
mai/78	108099	40708	7540		36,20	13,65	2,51	
jun/78	91724	34858	7277		29,63	11,24	2,35	
jul/78	124010	48150	8817		32,66	12,70	2,33	
ago/78	117000	48525	9515		32,93	13,65	2,68	
set/78	122400	49425	9567		35,64	14,33	2,76	
out/78	141120	52650	10622		35,94	13,39	2,47	
nov/78	155890	59775	10728		36,52	14,02	2,52	
dez/78								
jan/79	142190	68745	10998	5231	32,26	15,94	2,49	1,31
fev/79	127440	51670	9938	6500	29,97	12,20	2,34	1,53
mar/79	162180	57475	12205	6750	33,12	11,69	2,48	1,38
abr/79	132570	54935	10078	6350	29,24	11,99	2,21	1,39
mai/79	160890	65355	11830	7100	34,96	14,20	2,56	1,54
jun/79	120142	50605	11070	7100	27,19	10,83	2,37	1,52
jul/79	141016	57122	12227	7550	30,27	12,24	2,62	1,61
ago/79	153770	65005	12383	7400	31,47	13,32	2,54	1,53
set/79	175020	66425	11953	7000	37,72	14,34	2,57	1,51
out/79	208460	78900	13425	6950	44,30	16,77	2,86	1,48
nov/79	190740	74950	12966	7000	43,02	16,90	2,93	1,58
dez/79	191760	71725	12609	6900	41,62	15,66	2,79	1,51
jan/80	194460	71370	12792	6800	40,04	14,85	2,66	1,42
fev/80	194800	68206	12659	7400	41,08	15,17	2,82	1,63
mar/80	225600	80380	14445	5350	44,44	15,83	2,85	1,41
abr/80	170500	71940	13349	8150	34,98	14,75	2,74	1,67
mai/80	153360	68820	13330	8116,6	30,69	14,77	2,67	1,62
jun/80	144720	61745	12276		31,59	13,42	2,67	
jul/80	185520	75060	13921		39,25	15,87	2,95	
ago/80	174600	70845	13241		37,93	15,44	2,89	
set/80	171840	69525	13384	6453	39,11	15,86	3,05	1,47
out/80	181900	72195	13683	7531	38,74	15,26	2,89	1,59
nov/80	176700	63615	12161		38,15	13,73	2,63	
dez/80	204660	79275	14229		47,69	14,68	2,91	
jan/81	187170	90140	12361	6261	40,38	15,11	2,67	1,46
fev/81	182980	64050	10756	6637,4	41,90	14,67	2,47	1,52
mar/81	185220	68370	11758	7281,9	39,83	14,66	2,53	1,56
abr/81	155760	62845	11527	6964,5	34,89	13,99	2,56	1,57
mai/81	174930	69330	12182	7767,2	35,90	14,23	2,51	1,60
jun/81	156070	51750	11964	7410,7	33,50	11,02	2,55	1,58
jul/81	140520	52695	11915	7620,9	29,49	11,05	2,50	1,60
ago/81	180036	59823	12527		36,90	12,15	2,54	
set/81	158880	52325	12175		33,20	10,90	2,50	
out/81	221420	69840	13880		46,05	14,45	2,85	
nov/81	204972	68305	12997		42,40	14,15	2,65	
dez/81								
jan/82	214090	70030	13914		46,90	15,30	3,10	

continuação

fev/82	196734	71500	14447		38,40	13,90	2,80	
mar/82	159060	61930	12362		33,70	13,10	2,60	
abr/82	157115	56565	14784		31,10	11,20	2,90	
mai/82	178800	62325	16623		36,20	12,60	3,30	
jun/82	196716	74485	14080	7619	40,60	15,40	2,90	1,57
jul/82	134010	62386	15704	7659	25,20	11,70	2,90	1,40
ago/82	130740	61020	15535	9064	22,00	10,30	2,60	1,60
set/82	162568	61952	16604	3351	26,50	10,10	2,70	1,50
out/82	149388	57765	15579	3532	24,70	9,60	2,60	1,60
nov/82	154040	56130	3064	10250	23,60	8,60	2,70	
dez/82	177840	58530	18366	4534	29,30	9,60	3,00	1,44
jan/83	124872	50100	18482	8055	23,00	9,10	3,90	1,47
fev/83	126020	48360	19588	9288	20,20	7,80	3,10	1,52
mar/83	124404	55860	26683	8626	22,20	10,00	4,80	1,55
abr/83	148977	58605	24811	8792	26,20	10,30	4,30	1,55
mai/83	104628	51900	19536	7978	19,80	9,80	3,60	1,49
jun/83	117576	55020	21292	7947	21,80	10,20	3,90	1,48
jul/83	82646	37335	20126	7300	14,40	6,50	3,50	1,30
ago/83	142344	50020	21233		27,20	9,60	4,00	
set/83	109644	47415	21707	9100	19,00	8,20	3,80	1,60
out/83	107774	43920	24067		18,00	7,30	4,00	
nov/83	162902	69545	31384		26,00	11,10	5,00	
dez/83								
jan/84	136046	71580	29246		22,50	11,80	4,80	
fev/84	167793	77920	31650		27,70	12,80	5,10	
mar/84	132537	69960	26230		23,60	12,50	4,70	
abr/84	135978	85961			24,70	15,50		
mai/84	120675	67180	23038		22,30	12,40	4,20	
jun/84								
jul/84	129173	68200	23091	9500	25,00	17,10	2,35	1,70
ago/84	150115		67740		28,20	12,80	2,25	
set/84	138489	61400	12286,09		25,60	11,40	2,25	
out/84	143882	65106	27361		23,70	12,50	2,45	
nov/84	184165	69080	13706		34,60	12,90	2,60	
dez/84	161982	72460	27930		29,70	13,30	2,55	
jan/85	139442	69920	25520		23,90	12,90	2,15	
fev/85	165665	82160	28449		30,70	15,10	2,55	
mar/85	147285	83584	36828		24,60	13,90	2,75	
abr/85	157835	79960	34650		27,80	14,20	2,95	
mai/85	117,373	69420	30409		20,00	11,70	2,55	
jun/85	113712	69010	29975		20,40	12,40	2,65	
jul/85	93097	63240	29102		16,30	11,10	2,55	
ago/85	97033	69760	29309		16,00	11,50	2,35	
set/85	171690	86560	35530		30,80	15,50	2,65	
out/85	188196	91000	37052		30,30	14,60	3,00	
nov/85	168480	85100	34211		27,80	14,00	2,75	
dez/85	117920	62360	33906	9000	21,10	11,30	3,00	
jan/86	254301	108520	43733	9000	43,70	18,70	3,65	
fev/86	257182	102560	40103	8000	53,10	21,20	4,10	
mar/86	235325	94920	35184	10000	40,70	16,40	2,55	
abr/86	179356	87482	37960	10500	30,20	14,70	3,15	
mai/86	158981	94056	34010	10500	27,70	16,40	2,95	
jun/86	145114	100590	34779	10500	24,80	17,20	2,95	

continuação

jul/86									
ago/86	172758	105520	38965	8400	31,80	19,40	3,50		
set/86	164481	114040	40451	8400	29,90	20,80	3,60		
out/86	194511	131360	43836	6900	32,90	22,00	3,65		
nov/86	207292	133060	46958	7500	35,90	23,10	4,05		
dez/86	242565	194180	63240	5650	41,71	33,39	5,44	0,97	
jan/87	196838	72660	38891	7000	37,60	17,20	3,75		
fev/87	206595	163300	55180	4800	34,27	27,09	4,58	0,80	
mar/87	209819	154120	47219		37,84	27,74	4,28		
abr/87	175479	138040	44356		27,39	21,58	3,45		
mai/87	213058	135990	44779		34,88	22,30	3,67		
jun/87	225742	123500	36035	8300	36,09	19,72	2,88		
jul/87	145641	77720	32407	6900	24,80	13,23	2,75		
ago/87	146032	105192	34213	6550	23,76	16,80	2,73		
set/87	165648	114960	38844	7950	27,07	18,78	3,15		
out/87	173604	121960	53398	5750	26,49	18,61	3,62	0,88	
nov/87	170597	123340	44100	6050	28,62	20,87	3,70		
dez/87	207966	136187	53368	4500	30,53	19,99	3,92		
jan/88	189474	128680	49648	5050					
fev/88	196019	123350	42292	4600	30,66	19,29	3,31	0,72	
mar/88	208311	132840	52502	7800	28,60	18,23	7,20	1,07	
abr/88	190564	139680	45588	5400	28,63	20,99	3,43	0,82	
mai/88	187335	137020	39206	4900	29,35	21,47	3,07	0,78	
jun/88	126368	114060	35150	5750	20,62	18,57	2,86	0,95	
jul/88	131169	111140	37916	6950	21,34	18,08	3,09	1,15	
ago/88	122589	109960	39590	6050	18,63	35,47	2,50		
set/88	125777	114140	45674	6000	20,57	18,66	3,73	1,00	
out/88	175552,5	133820	50414	6600	27,83	21,22	4,00	1,06	
nov/88	111825	11904	44176	5100	18,06	18,07	3,57	0,82	
dez/88	148239	135260	49699	5900	22,08	20,15	3,67	0,88	
jan/89	184653	153680	52292	5500	29,54	24,58	4,19	0,89	
fev/89	145026	126100	40558	4750	24,50	21,51	3,43	0,81	
mar/89	154539	127360	46024	6550	22,63	18,61	3,35	0,96	
abr/89									
mai/89	162162	123952	44334	7000	22,69	17,35	3,10	0,98	
jun/89	125685	113380	44516	6850	14,77	13,33	2,62	0,80	
jul/89	188559	139340	46060	6000	23,82	17,60	2,89	0,76	
ago/89	168777	142500	44003	7300	21,91	18,51	2,86	0,96	
set/89	200214	143780	44247	6700	27,07	12,65	2,99	0,90	
out/89	163548	140340	45101	8200	20,46	17,56	2,82	1,03	
nov/89	160209	150220	54588	7050	20,70	19,41	3,53	0,93	
dez/89	187123	150540	51100	7550	23,84	11,48	3,25	0,96	
jan/90	211365	165940	52792	7100	27,01	21,20	3,38	0,91	
fev/90	199422	143060	51865	7050	27,30	11,80	3,55	0,96	
mar/90	284649	171500	60858	6850	39,97	20,46	2,83	0,80	
abr/90	244053	144960	57027	6900	31,24	18,55	3,65	0,90	
mai/90	217900	159220	53716	8000	26,96	11,90	3,32	0,98	
jun/90	198789	165920	48903	8900	25,97	13,16	3,47	1,16	
jul/90	222663	181040	51687	9350	28,18	15,64	3,27	1,17	
ago/90	193823	153460	45099	8850	24,54	11,24	2,85	1,11	
set/90	202170	147360	42981	8400	27,16	11,34	2,88	1,13	
out/90	204791	160940	54839	8000	25,04	19,68	3,37	0,98	
nov/90	257439	180765	55415	7850	30,22	13,37	3,26	1,03	

									continuação
dez/90	210330	169200	57527	7850	24,27	11,87	3,32	0,90	
jan/91	252540	178240	62278	8050	29,86	21,07	3,68	0,95	
fev/91	247296	170720	56240	7250	33,33	23,01	3,78	0,97	
mar/91	285936	212820	68091	8000	33,35	24,86	3,86	0,96	
abr/91	211412	171600	55367	7950	24,54	19,92	3,21	0,92	
mai/91	208587	172920	66482	7800	23,31	19,32	3,71	0,87	
jun/91	256266	171640	29160	7100	30,21	20,23	3,86	0,84	
jul/91	181085	172560	15030	5752,5	21,80	20,77	4,11	1,09	
ago/91	215832	187040	80459	8550	26,11	22,62	4,86	1,03	
set/91	177744	166640	66014	7450	22,97	21,54	4,27	0,96	
out/91	286005	201460	75431	8050	34,99	24,64	4,71	0,98	
nov/91	257094	110800	57354	8200	32,69	14,08	3,64	1,04	
dez/91	289869	92380	62864	8000	34,40	10,97	7,44	0,95	
jan/92	237400	76140	62788	7250	28,33	9,09	4,25	0,87	
fev/92	256542	68260	52429	7050	33,54	14,15	3,53	0,93	
mar/92	240286	95460	63951	8050	29,51	11,72	3,93	0,99	
abr/92	182634	66846	53901	7550	22,65	8,29	6,68	0,93	
mai/92	270798	98590	51386	9650	32,92	11,98	6,24	1,17	
jun/92	195090	86830	53323	11250	24,23	10,78	3,31	1,40	
jul/92	220756	98190	55795	11550	27,49	12,22	3,47	1,44	
ago/92	224598	112404	123939	10750	25,95	13,49	3,24	1,33	
set/92	153846	69990	55760	9050	20,57	9,35	3,72	1,20	
out/92	161832	62180	70904	9400	20,02	7,69	4,38	1,16	
nov/92	255618	92029	75818	9500	31,65	30,68	4,31	1,17	
dez/92	196416	83830	65417	10700	23,79	10,15	3,96	1,30	
jan/93	284328	112880	66770	9050	39,47	13,68	4,09	1,16	
fev/93	249612	95530	50194	10100	34,15	13,07	3,44	1,39	
mar/93	238854	96980	60682	9200	28,71	11,65	3,64	1,10	
abr/93	203118	94310	60193	8550	25,51	11,84	3,78	1,07	
mai/93	203082	89900	63243	10850	26,36	11,67	4,10	1,41	
jun/93	185058	85930	59776	12500	24,43	11,34	3,94	1,64	
jul/93	185328	82390	76502	11900	23,18	10,31	4,79	1,49	
ago/set/93									
out/93	283338	113120	71440	13150	39,36	15,71	4,96	1,83	
nov/93	274820	106430	55548	14250	34,18	13,23	3,45	1,77	
dez/93	225522	94100	83951	8750	28,13	11,74	5,23	1,48	
jan/94	286572	123440	86434	8150	36,29	15,63	5,47	1,03	
fev/94	293606	109820	57024	9950	41,36	15,22	3,95	1,38	
mar/94	244261	245200	70041	8400	29,40	14,75	4,21	1,01	
abr/94	185164	97360	79904	9700	23,65	12,43	5,10	1,23	
mai/94	229152	124272	82656	11452	28,27	15,33	5,10	1,41	
jun/94	248688	116560	77666	10400	32,14	15,06	5,02	1,35	
jul/94	281688	124820	73165	13000	34,89	15,46	4,53	1,61	
ago/94	240504	125360	95963	11250	29,12	15,18	5,81	1,36	
set/94	204930	127300	102838	9600	26,69	16,58	6,70	1,25	
out/94	287232	154880	123812	10350	35,38	19,08	7,63	1,27	
nov/94	362010	170020	77520	9850	44,51	20,91	4,77	1,22	
dez/94	331448	149780	67169	9600	38,24	17,28	3,88	1,11	
jan/95	366168	132660	53518	8550	42,66	15,45	3,12	1,01	
fev/95	263802	92380	44905	7250	33,40	11,59	2,84	0,91	
mar/95	247698	75720	71299	8800	29,51	9,02	4,25	1,05	
abr/95	196416	88460	88096	9350	24,40	18,99	5,47	1,16	
mai/95	192057	98840	119731	10700	22,50	11,62	7,02	1,26	

									conclusão
jun/95	194172	110580	124045	10100	23,51	13,39	7,51	1,24	
jul/95	241230	123400	108678	12775	29,09	14,88	6,56	1,57	
ago/95	200274	183820	125863	14500	23,71	21,77	7,46	1,72	
set/95	202623	170240	116674	13300	25,33	21,28	7,30	1,66	
out/95	263076	189140	100341	13650	31,04	22,31	5,92	1,62	
nov/95	225720	187440	98732	12000	26,82	22,27	5,87	1,42	
dez/95	273645	214860	116342	11550	32,22	25,30	6,85	1,36	
jan/96	348810	228860	75720	11450	41,91	27,50	4,55	1,37	
fev/96	292908	192980	60339	9850	37,84	24,93	3,90	1,28	
mar/96	269142	178200	63808	11900	32,51	21,53	3,86	1,46	
abr/96	170346	139650	62566	12000	21,98	17,98	4,02	1,54	
mai/96	131934	104480	96388	10950	15,57	12,33	5,68	1,29	
jun/96	233970	127520	104046	9700	29,07	15,84	6,46	1,21	
jul/96	205454	129000	85006	10300	25,20	15,82	5,22	1,27	
ago/96	208362	131020	109488	11550	24,58	15,46	6,46	1,36	
set/96	247764	144480	83639	10400	31,05	18,10	5,24	1,31	
out/96	279510	163070	74868	8900	32,79	19,13	4,39	1,04	
nov/96	292644	149740	68049	7250	35,76	18,23	4,16	1,64	
dez/96	315480	146240	69474	9600	37,40	17,33	4,12	1,14	
Média	181637	97317	40073	8127	29,96	15,17	3,49	1,24	
Desvio padrão	58177	45983	29121	2255	7,13	4,66	1,26	0,37	

TABELA A5.7 - VOLUME E DOSAGEM DE PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO TRATAMENTO DA ÁGUA DA ETA-TARUMÃ, NO PERÍODO DE JAN/1976 A DEZ/1996.

Mês/Ano	Volume de Produtos Químicos (Kg)				Dosagem de Produtos Químicos (ppm)				continua
	Sulfato	Cal	Cloro	Fluór	Sulfato	Cal	Cloro	Fluór	
jan/76	68999	43656	4500	1850	28,80	18,50	1,91	0,78	
fev/76	52801	33720	4650	1900	23,47	15,19	2,11	0,87	
mar/76	59837	34240	3700	850	28,63	17,13	1,87	0,83	
abr/76	37238	22650	3950	1550	21,69	13,22	2,35	0,73	
mai/76	36605	23576	4050		20,40	13,09	2,31	0,70	
jun/76	33647	22700	3450		19,68	13,17	2,01		
jul/76	36112	23112	3600		19,84	12,70	2,02		
ago/76	37041,8	25176	3420		20,62	14,19	1,93		
set/76	37268	24060	3200		19,24	12,65	1,66		
out/76	49026	30768	3680		21,84	13,92	1,67		
nov/76	51379	31264	4700	1350	23,87	14,69	2,23	0,82	
dez/76	57603	31404	4700	1900	25,96	14,36	2,13	0,76	
jan/77	64319	38704	5000	1900	27,31	16,87	2,25	0,77	
fev/77	54492	35085	4450	1450	27,90	18,08	2,29	0,74	
mar/77	61893	41766	4950	1900	25,95	17,86	2,11	0,78	
abr/77	45437	31702	4400	1700	20,56	14,50	2,02	0,74	
mai/77	32010	20511	4000	1050	18,04	11,84	2,31	0,78	
jun/77	36635	20592	3500		20,57	11,86	2,01		
jul/77	41059	25198	3700		22,72	13,81	2,10		
ago/77	46026	24488	3600		26,00	14,22	2,05		
set/77	52575	27476	4400		24,02	12,74			
out/77	67579,9	39902	4300		28,27	17,05	1,83		
nov/77	61530	31488	4000	2246	26,60	13,81	1,73	0,99	
dez/77	52727	32832	4200	1699,1	22,91	14,28	1,83	1,01	
jan/78	52114	32632	4550		21,53	13,87	1,94		

continuação

fev/78	45225	23684	4400		20,84	11,06	2,05	
mar/78	51867	26248	4300		24,67	12,71	2,06	
abr/78	57759	31104	3700	2200	30,02	16,26	2,18	1,15
mai/78	52137	25256	3900		31,60	15,68	2,43	
jun/78	38933	21732	3600		25,61	14,65	2,42	
jul/78	51864	29652	4100		30,83	18,12	2,51	
ago/78	61481	34696	4450		33,82	19,48	2,51	
set/78	60188	35110	3800		34,75	20,80	2,84	
out/78	62901	32800	5310		35,17	18,82	3,02	
nov/78	70189	37260	5422		40,88	22,34	3,25	
dez/78	57137	29336	4600	1900	28,84	14,61	2,30	1,70
jan/79	66658	35195	5000	1650	37,08	19,74	2,82	1,08
fev/79	56222,5	32928	4200	1860	38,54	22,96	2,63	1,29
mar/79	63526	37568	5310	1837	40,20	24,00	3,41	1,17
abr/79	46216,2	34733	5490	1472	30,36	23,82	3,69	1,00
mai/79	63365	44156	4950	1656	40,29	28,84	3,20	1,08
jun/79	38075	28106	4500	1334	25,45	19,25	3,00	0,90
jul/79	57663	32361	4560	1518	32,70	18,64	2,60	0,85
ago/79	67658	29396	4901,5	1616	37,85	17,08	2,82	0,90
set/79	68554	36182	4298,2	2002,6	38,04	20,26	2,42	1,13
out/79	76738	41519	4508,7	1479,8	39,55	21,85	2,39	0,79
nov/79	65689	37099	4389,5	1681,6	34,85	20,15	2,39	0,92
dez/79	68435	36347	4840	1550	35,70	19,56	2,55	0,83
jan/80	68593	38187	5400	1630	33,84	19,56	2,84	0,84
fev/80	68347	36124	4650	1700	37,10	20,00	2,55	0,90
mar/80	68681	35408	4598	1519,1	33,60	18,10	2,32	0,94
abr/80	56120	29536	3900	1436	28,45	15,20	2,00	0,73
mai/80	40478	24285	4650	1700	19,50	11,95	2,25	0,86
jun/80	50495	25424	4400	760	26,30	13,55	2,30	0,82
jul/80	67849	38354	4790		34,63	19,85	2,49	
ago/80	56541	32519	4560		28,80	16,90	2,35	
set/80	62197	34737	4440	1650	32,65	18,65	2,35	0,90
out/80	59073	34207	3900	2289	29,70	17,50	2,00	1,15
nov/80	56794	28497	4743	734	29,59	15,15	2,50	
dez/80	66402	31993	5130		32,65	16,30	2,60	
jan/81	70002	37792	5751	1980	33,45	18,40	2,70	1,20
fev/81	54320	29010	5119	2200	29,50	16,15	2,75	1,20
mar/81	54146	27640	6501	2250	27,65	14,15	3,30	1,15
abr/81	60723,2	26188,2	5847	2400	27,45	14,60	3,15	1,30
mai/81	50480	26384	5250	1850	27,50	14,35	2,85	1,05
jun/81	52499	20960	6513	2244	29,05	11,55	3,55	1,24
jul/81	45275	19256	6749	2714	21,65	10,80	3,70	1,48
ago/81	46997,5	20813	5290	1089	27,55	11,30	2,85	1,42
set/81	40435	21055	6948		22,93	11,93	3,94	
out/81	59553	25122	6780		32,95	13,90	3,75	
nov/81	53107	29356	7263		30,90	16,95	4,15	
dez/81	53924	33550	7346		28,30	18,45	3,95	
jan/82	45326	24300	7722		24,75	13,20	4,20	
fev/82	58423	31500	6440		21,60	16,20	3,50	
mar/82	47909	27730	6434		24,60	14,20	3,90	
abr/82	47641	26400	6811		23,40	13,00	3,30	
mai/82	51638	25300	6257					
jun/82	49330	29650	5850	2813	28,50	15,10	3,00	1,40

								continuação
jul/82	57368	41087	6320	3589	27,40	20,50	3,08	1,70
ago/82	48172	30240	6060	3240	23,60	14,80	3,00	1,70
set/82	46578	27901	4822	3361	23,10	14,20	2,41	1,70
out/82	56861	38070	6121	1151	27,90	18,70	3,00	
nov/82	51006	36660	7606	1215	24,90	17,90	3,60	1,57
dez/82	48323	40560	6892	3026	22,70	19,00	3,20	1,50
jan/83	46868	34500	6933	1749	21,90	16,10	3,20	1,46
fev/83	34907	25305	5401	3306	18,00	13,10	3,00	1,70
mar/83	33530	21742	6703	4156	15,60	9,54	2,46	1,90
abr/83	30678	23328	7669	4092	14,90	11,30	3,70	2,00
mai/83	36575	24302	7730	4125	17,10	11,40	3,60	1,90
jun/83	24126	21755	7149	3652	13,10	11,30	3,70	1,90
jul/83	24706	22041	7283	3399	12,60	11,20	3,70	1,70
ago/83	21151	19568	7152	3446	10,20	9,40	3,30	1,70
set/83	31171	24804	7275	3380	15,70	12,50	3,60	1,70
out/83	24570	23145	8409	3409	12,20	11,50	4,10	1,70
nov/83	24087	21594	9179	3275	12,20	11,00	4,70	1,60
dez/83	35217	28330	9693	3655	16,40	13,20	4,50	1,70
jan/84								
fev/84								
Mar-abr/84								
mai/84	31500	30219	9778	3632	15,00	14,20	4,60	1,70
jun/84	29265	26033	11115		14,50	12,80	3,90	
jul/84	24951	23321	6606	3304	12,30	11,40	3,20	1,60
ago/84	30286	30105	7025	3507	15,80	15,30	3,50	1,70
set/84	26895	25852	6598	3325	14,00	13,50	3,40	1,70
out/84	32638	24226	7218	3110	16,40	12,20	3,60	1,60
nov/84	40405	40234	4937	3255	19,65	19,55	5,00	1,46
dez/84	35157	31282	8597	3444	16,50	15,00	4,10	1,60
jan/85	35238	29702	8920	3402	16,70	14,10	4,20	1,60
fev/85	41812	37466	9955	2982	22,10	19,70	5,20	1,60
mar/85	34734	31517	8467	3188	17,00	15,40	4,20	1,50
abr/85	32829	26986	8609	2987	16,60	13,80	4,00	1,52
mai/85	22907	22901	7978	3148	11,30	11,30	3,90	1,60
jun/85	23410	25138	7076	3183	11,70	12,50	3,50	1,60
jul/85	15473	21678	5736	3178	7,60	10,70	2,80	1,60
ago/85	18988	23355	6196	3312	9,30	11,40	3,00	1,60
set/85	29121	28508	7533	3282	15,40	15,10	4,00	1,70
out/85	30148	29368	6955	3325	15,00	14,60	3,40	1,60
nov/85	28608	30527	7267	2759	14,70	15,70	3,70	1,40
dez/85	22030	25335	7045	2443	12,70	14,60	4,00	1,40
jan/86	33547	31161	8436	2314	18,60	19,00	4,80	1,30
fev/86	46677	43345	11999	2536	24,30	22,50	6,20	1,30
mar/86	43220	41379	12891	2817	20,90	20,10	6,20	1,40
abr/86	37738	29679	8760	2840	19,40	15,10	4,50	1,40
mai/86	34390	30571	8441	3050	17,70	15,80	4,30	1,60
jun/86	25586	26201	7466	3178	13,80	14,10	4,00	1,70
jul/86	23838	24237	7291	3127	13,00	13,20	4,00	1,70
ago/86	36755	34339	8830	3254	18,50	17,20	4,40	1,60
set/86	32570	32339	8344	3158	17,72	17,59	4,54	1,71
out/86	35203	35640	9699	2580	19,02	19,26	5,24	1,39
nov/86	47147	46031	12160	2520	25,54	24,95	6,58	1,36
dez/86	48605	49025	15226	2608	25,09	25,30	7,85	1,34

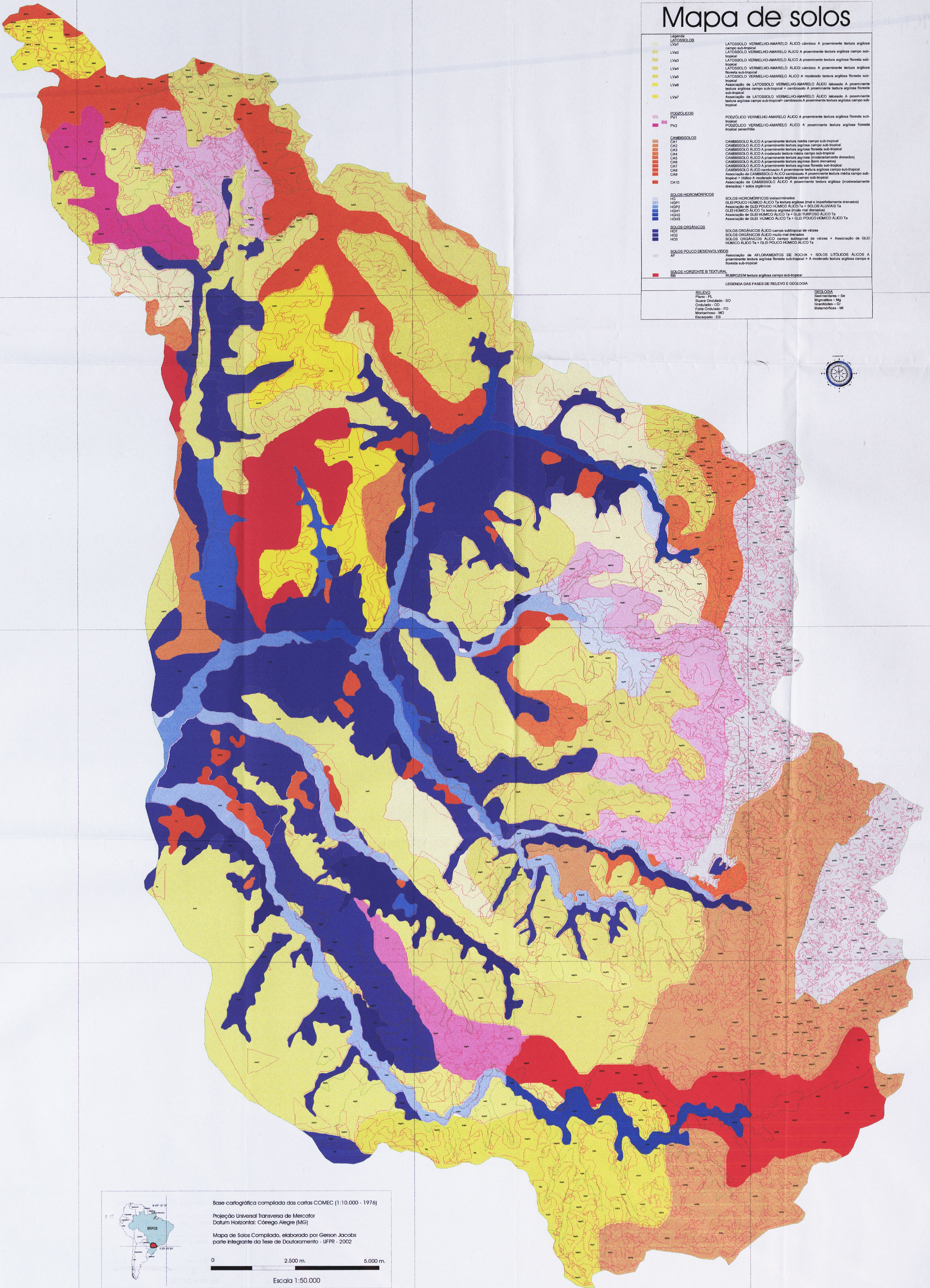
continuação

jan/87	40841	44935	13248	2402	21,49	23,65	6,97	1,26
fev/87	33351	34301	10707	309	19,17	19,72	6,14	0,18
mar/87	27741	24993	8357		14,86	13,84	4,48	
abr/87	29806	27988	9031	175	16,42	15,41	4,97	0,96
mai/87	36855	37505	9739	2515	20,33	20,69	5,37	1,38
jun/87	20363	27173	7606	2341	11,42	15,24	4,26	1,31
jul/87	17740	23492	7246	2776	9,66	12,81	3,95	1,50
ago/87	20875	24915	7763	2508	11,24	13,43	4,18	1,35
set/87	21645	25813	8671	2318	12,30	14,70	4,90	1,30
out/87	26870	33118	9707	2591	14,80	18,30	5,30	1,40
nov/87	24383	29341	8661	2413	13,90	16,80	4,90	1,40
dez/87	27778	33559	10443	2378	14,60	17,60	5,50	1,20
jan/88	27944	33577	11916	2334	14,10	17,10	6,00	1,20
fev/88	33303	41590	12835	2332	17,90	22,50	6,90	1,30
mar/88	26924	39433	13515	2350	14,00	20,80	7,00	1,20
abr/88	27209	43246	12145	2442	14,10	22,50	6,30	1,30
mai/88	37399	56060	13378	2672	17,90	27,00	6,40	1,30
jun/88	26529	42035	8445	2869	13,40	21,40	4,30	1,50
jul/88	18575	29205	7834	2838	9,10	14,50	3,80	1,40
ago/88	16098	28875	8421	3066	7,80	14,20	4,10	1,50
set/88	26127	35500	11170	2866	13,00	17,90	5,60	1,40
out/88	36792	42068	10844	2492	18,40	21,30	5,40	1,30
nov/88	24221	35204	9927	2863	12,40	18,20	5,50	1,50
dez/88	22850	36335	10722	2609	11,00	17,70	5,10	1,30
jan/89	36902	63251	16007	2648	18,00	31,40	7,80	1,30
fev/89	23935	48855	11872	2371	13,10	27,10	6,50	1,30
mar/89	23860	40038	10607	2569	11,50	19,60	5,10	1,30
abr/89	26220	40010	10512	2377	13,20	20,40	5,30	1,20
mai/89	31387	47122	11013	2769	15,30	23,10	5,40	1,40
jun/89	21920	35869	8219	2528	11,20	18,50	4,20	1,30
jul/89	25038	37650	8871	2607	12,50	19,10	4,40	1,30
ago/89	22533	39518	9191	3241	11,50	20,50	4,70	1,70
set/89	28184	42514	9904	2556	14,60	22,30	5,10	1,30
out/89	22643	37890	9737	2474	11,20	18,90	4,80	1,20
nov/89	26674	38075	10012	2629	14,80	21,60	5,60	1,50
dez/89	48579	60919	15305	3395	22,20	28,20	7,00	1,60
jan/90	47571	71701	16015	3220	22,00	34,40	7,40	1,50
fev/90	34540	24227	14000	2921	15,20	24,70	6,20	1,30
mar/90	38939	53137	12853	2621	15,80	22,20	5,20	1,10
abr/90	32476	45033	11163	2372	14,30	20,40	4,90	1,10
mai/90	36972	46798	11468	3090	15,00	19,60	4,70	1,30
jun/90	32359	49346	11664	3400	14,20	22,30	5,10	1,50
jul/90	28972	43212	10118	3155	13,30	20,60	4,70	1,50
ago/90	25787	40713	10995	3235	12,00	19,70	5,10	1,60
set/90	25775	40318	10330	3085	12,20	19,70	4,90	1,50
out/90	32989	44704	11810	2806	15,10	21,20	5,40	1,30
nov/90	34948	4600	11981	2589	16,70	22,80	5,70	1,30
dez/90	27115	38271	11060	2718	12,00	17,50	4,90	1,20
jan/91	28109	42069	11235	2813	12,30	19,10	4,90	0,80
fev/91	27764	38638	10856	2554	13,40	19,40	5,30	0,80
mar/91	34809	54008	13647	3168	15,70	25,10	6,10	0,90
abr/91	21732	32471	9832	2705	10,20	15,80	4,60	0,80
mai/91	21848	36184	10374	2717	10,20	17,40	4,80	0,80

								continuação
jun/91	30389	43327	10486	2707	14,60	21,50	5,00	0,80
jul/91	23266	39820	10484	2922	10,70	18,90	4,80	0,80
ago/91	27087	43729	12088	2844	12,40	20,60	5,50	0,80
set/91	19667	38520	9908	2729	9,20	18,60	4,60	0,80
out/91	43288	56230	13696	2800	19,10	25,80	6,10	0,80
nov/91	36466	34563	8593	2403	16,20	15,90	3,80	0,70
dez/91	35125	16202	12284	2430	15,00	7,10	5,20	0,60
jan/92	32661	17080	12877	2390	13,60	7,40	5,40	0,60
fev/92	45021	27852	16817	2280	19,40	12,40	7,30	0,60
mar/92	40271	21768	14824	2379	16,80	9,40	6,20	0,60
abr/92	31838	16288	12765	2601	13,30	7,10	5,40	0,70
mai/92	44032	25968	13259	3014	17,70	10,70	5,30	0,70
jun/92	29909	21504	10573	2742	12,80	9,50	4,50	0,70
jul/92	36842	24304	10711	2879	15,40	10,50	4,50	0,70
ago/92	35444	23112	10080	2980	15,00	10,10	4,30	0,80
set/92	28500	17792	9485	2770	12,60	8,20	4,20	0,80
out/92	28967	17506	10742	2686	12,00	7,50	4,40	0,70
nov/92	39724	21094	11573	2455	17,20	9,50	5,00	0,70
dez/92	32170	18936	11430	2626	13,00	7,90	4,60	0,70
jan/93	41915	26320	14021	2514	16,80	10,60	5,60	0,60
fev/93	44729	25712	13498	2256	19,90	11,40	6,00	0,60
mar/93	37529		12361	2534	15,60		5,10	0,70
abr/93	34935	23208	9657	2643	15,60	10,30	4,30	0,70
mai/93	47247	30176	12221	3125	17,60	11,20	4,50	0,70
jun/93	40101	24144	10830	3270	15,60	9,40	4,20	0,80
jul/93	32251	24577	11646	3516	12,60	9,60	4,60	0,90
ago/93	26380	19232	10624	3405	10,60	7,70	4,20	0,90
set/93	65433	32680	12223	3713	28,60	14,30	5,30	1,10
out/93	46278	40002	12671	3993	18,90	16,40	5,20	1,10
nov/93	30964	23640	12106	3024	13,20	10,00	5,10	0,80
dez/93	35177	23944	12755	2600	14,40	9,80	5,20	0,70
jan/94	33664	20940	11825	2508	13,70	8,50	4,80	0,60
fev/94	50991	32544	15308	2725	22,60	14,40	6,80	0,70
mar/94	42759	28992	13653	2967	17,40	11,80	5,50	0,70
abr/94	29592	24424	11187	2877	13,10	10,80	4,90	0,80
mai/94	35262	24248	8463	2965	16,30	11,20	3,90	0,80
jun/94	34830	20064	7888	2879	17,30	9,70	3,80	0,80
jul/94	36612	23456	8182	3057	11,10	11,10	3,90	0,90
ago/94	24499	15160	9184	2894	10,30	6,80	4,10	0,80
set/94	22788	12192	7466	2849	15,30	5,50	3,40	0,80
out/94	34974	18976	7803	2712	26,30	8,30	3,50	0,70
nov/94	57456	29040	7352	2574	25,30	13,30	3,40	0,70
dez/94	57546	32480	6808	2610	17,10	14,30	3,00	0,70
jan/95	72936	35750	8008	2696	31,80	15,60	3,50	0,80
fev/95	45324	26192	7015	2500	21,80	12,60	3,40	0,80
mar/95	36845	19272	8008	2720	15,00	7,90	3,30	0,70
abr/95	27140	13440	8084	2714	11,40	5,70	3,40	0,70
mai/95	20178	12464	7469	2699	8,30	5,10	3,10	0,70
jun/95	22617	15640	7604	2646	9,50	6,60	3,20	0,70
jul/95	37764	23320	11501	2150	15,70	9,70	4,80	0,60
ago/95	24660	12784	7688	2887	10,10	5,20	3,10	0,80
set/95	30816	19400	8185	2547	13,00	8,20	3,50	0,70
out/95	40392	18696	8106	2820	16,60	7,70	3,30	0,70

								conclusão
nov/95	32940	16120	7101	2520	14,20	6,90	3,10	0,70
dez/95	37386	18644	8623	2351	15,40	7,70	3,60	0,60
jan/96	45594	25864	10135	2324	18,60	10,60	4,30	1,00
fev/96	34326	21352	9302	2114	16,40	10,90	3,70	1,10
mar/96	39168	19696	8398	2568	16,40	8,90	3,70	1,20
abr/96	36054	18120	9069	2837	13,70	7,40	3,70	1,10
mai/96	21618	12472	9601	3122	8,30	5,10	3,90	1,30
jun/96	34530	23784	11749	2891	13,50	10,00	4,89	1,20
jul/96	48996	25064	10035	3045	19,90	11,00	4,40	1,30
ago/96	42498	20531	9115	3056	17,70	6,20	4,10	1,40
set/96	56466	26408	7539	2782	24,40	12,30	3,50	1,30
out/96	58104	29216	7946	2634	23,50	12,60	3,40	1,10
nov/96	68688	31040	9025	2681	26,30	12,10	3,50	1,00
dez/96	79742	35952	9139	3227	26,90	12,70	3,25	1,10
Média	40516	30588	8235	2587	19,76	15,36	3,97	1,14
Desvio padrão	14285	9555	3115	679	7,66	5,12	1,34	0,37

Mapa de solos



Legenda	
LATOSSOLOS	
Lva1	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO cámbico A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
Lva2	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
Lva3	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Lva4	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO cámbico A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Lva5	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO A moderado textura argilosa floresta sub-tropical
Lva6	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO latossolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical + cambissolo A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Lva7	Associação de LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ALÍCO latossolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical + cambissolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
PODZÓLICOS	
Pv1	PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ALÍCO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Pv2	PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO ALÍCO A proeminente textura argilosa floresta tropical perenifolia
CAMBISSOLOS	
Ca1	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura média campo sub-tropical
Ca2	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
Ca3	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Ca4	CAMBISSOLO ALÍCO A moderado textura média campo sub-tropical
Ca5	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa (moderadamente drenado)
Ca6	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa (bem drenado)
Ca7	CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical
Ca8	CAMBISSOLO ALÍCO cambissolo A proeminente textura argilosa campo sub-tropical
Ca9	Associação de CAMBISSOLO ALÍCO cambissolo A proeminente textura média campo sub-tropical + latossolo A moderado textura argilosa campo sub-tropical
Ca10	Associação de CAMBISSOLO ALÍCO A proeminente textura argilosa (moderadamente drenado) + solos orgânicos
SOLOS HIDROMÓRFICOS	
Hc	SOLOS HIDROMÓRFICOS indiscriminados
HcP1	GLEI POUCO HÚMICO ALÍCO Ta textura argilosa (mal e insuficientemente drenado)
HcP2	Associação de GLEI POUCO HÚMICO ALÍCO Ta + SOLOS ALUVIAIS Ta
HcH1	GLEI HÚMICO ALÍCO Ta textura argilosa (muito mal drenado)
HcH2	Associação de GLEI HÚMICO ALÍCO Ta + GLEI TURFOSSO ALÍCO Ta
HcH3	Associação de GLEI HÚMICO ALÍCO Ta + GLEI POUCO HÚMICO ALÍCO Ta
SOLOS ORGÂNICOS	
Os1	SOLOS ORGÂNICOS ALÍCO campo subtropical de várzea
Os2	SOLOS ORGÂNICOS ALÍCO muito mal drenado
Os3	SOLOS ORGÂNICOS ALÍCO campo subtropical de várzea + Associação de GLEI HÚMICO ALÍCO Ta + GLEI POUCO HÚMICO ALÍCO Ta
SOLOS POUCO DESENVOLVIDOS	
Ap	Associação de AFLORAMENTOS DE ROCHA + SOLOS LÍTICOS ALÍCOS A proeminente textura argilosa floresta sub-tropical + A moderado textura argilosa campo e floresta sub-tropical
SOLOS HORIZONTE B TEXTURAL	
Rb	SOLOS HORIZONTE B TEXTURAL
LEGENDA DAS FASES DE RELEVO E GEOLOGIA	
RELEVO	GEOLOGIA
Plano - Pl	Sedimentares - Se
Suave Ondulado - SO	Migmatitos - Mg
Ondulado - OD	Granulitos - Gr
Forte Ondulado - FO	Metamórficos - Mt
Montanhoso - MO	
Escarpa - ES	

Base cartográfica compilada das cartas COMEC (1:10.000 - 1976)

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum Horizontal: Córrego Alegre (MS)

Mapa de Solos Compilado, elaborado por Gerson Jacobs
parte integrante da Tese de Doutorado - UFPR - 2002

0 2.500 m. 5.000 m.

Escala 1:50.000