

Universidade de São Paulo
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia

ESTUDO DO APORTE SEDIMENTAR EM SUSPENSÃO NA BAÍA DA BABITONGA SOB A ÓTICA DA GEOMORFOLOGIA

Fabiano Antonio de Oliveira

Tese apresentada ao programa
de Pós-Graduação em
Geografia Física do
Departamento de Geografia da
Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da
Universidade de São Paulo,
para obtenção de título de
Doutor em Geografia

Orientação: Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross

São Paulo
2006

AGRADECIMENTOS

Agradeço

ao Prof. Dr. Jurandyr Luciano Sanches Ross, pela orientação, incentivo e confiança demonstrada;

às Profas. Dras. Cleide Rodrigues e Sueli Ângelo Furlan, pelas sugestões no exame de qualificação;

à minha esposa, Liliana, e a meus filhos, Lucas e Paula, pelo apoio, paciência, amor e grande ajuda na reta final;

aos meus pais, Tomaz e Wanda, por seu apoio e amor incondicional;

à minha irmã Cinthia e aos meus irmãos Fabio e Fernando, pelo estímulo e torcida;

aos meus sogros Orivaldo e Beatriz, às cunhadas Adriana e Rosana e sobrinhos Daniella e Filipe, pela torcida e apoio;

à Universidade da Região de Joinville, pelo apoio financeiro;

aos colegas da Universidade da Região de Joinville, Brígida Erhardt, Celso Vieira, Lázaro Bastos, Cladir Zanotelli e Sandra Guedes, pelo estímulo e contribuições para a pesquisa;

aos colegas Marcos Polzin e André Pimpão, pela inestimável ajuda nos trabalhos de campo e laboratório;

ao Prof. Dr. Uwe Treter, da Universidade Erlangen-Nürnberg, pelo incentivo e sugestões;

ao Sr. Gilberto Prochnow, pela ajuda na coleta de dados em campo;

ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte, à Infraero, Companhia Águas de Joinville e IBGE - Divisão de Geociências do Sul, pelo fornecimento de valiosos dados;

à Marisa Fierz, pelo incentivo e disponibilidade;

a todos que torceram por mim e de alguma forma ajudaram para a realização da pesquisa.

SUMÁRIO

RESUMO	16
ABSTRACT	17
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 Contexto da Pesquisa	21
1.2 Localização da Área de Estudo	23
1.3 Justificativas e Objetivos.....	26
2. A ÁREA DA PESQUISA.....	34
2.1 Aspectos do Meio Físico.....	34
2.1.1 Contexto Geológico.....	34
2.1.2 Contexto Geomorfológico.....	39
2.1.3 Contexto Pedológico	47
2.2 Aspectos Climáticos.....	52
2.3 Aspectos Hidrográficos e Hidrológicos	55
2.4 Aspectos Fitogeográficos.....	65
2.5 O Uso da Terra	72
3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS.....	78
3.1 Linha Epistemológica e Teórico-Metodológica	78
3.2 Abordagem Sistêmica, Escala e Análise Integrada em Geomorfologia....	84
3.3 Questões de Geomorfologia Fluvial, Hidrologia e Hidrossedimentologia .	96
4. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	105
4.1 Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica	108
4.2 Coleta e Organização dos Dados Pluviométricos.....	110
4.3 Medidas de Vazões	118
4.4 Coleta de Amostras de Água e Leitura de Turbidez	125
4.5 Quantificação de Sedimentos em Suspensão	128
4.6 Elaboração dos Produtos Cartográficos	133
4.6.1 Preparo da Base Cartográfica.....	133
4.6.2 Confecção dos Produtos Cartográficos.....	136
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	161
5.1 Produtos Temáticos	161
5.1.1 Mapa Geológico	162
5.1.2 Mapa Geomorfológico	164
5.1.3 Mapa de Solos	167
5.1.4 Mapa Clinográfico	169
5.1.5 Mapa Hipsométrico	171
5.1.6 Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal.....	173
5.1.7 Mapa de Uso da Terra	175
5.1.8 Mapa Pluviométrico.....	178
5.2 Dados Pluviométricos	182
5.3 Vazões.....	194
5.4 Turbidez.....	208
5.5 Carga Sedimentar em Suspensão.....	217
5.6 A Relação Precipitação-Vazão-Sedimentos	232
5.7 Análise Geral das Bacias Hidrográficas.....	242
5.7.1 O Conjunto dos Dados Fluviométricos	242
5.7.2 Tamanho e Perfil Longitudinal.....	245
5.7.3 Síntese-comparativa dos Temas Mapeados	252

5.8 O Aporte Sedimentar em Suspensão na Baía da Babitonga	262
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	269
REFERÊNCIAS	273
Referências Bibliográficas	273
Referências Cartográficas	286
ANEXO 1 – Tabelas de Atributos dos Mapas Utilizados	289
Anexo 2 – Totais Anuais de Precipitação entre 1940 e 2005	292
Anexo 3 – Totais Diários de Precipitação	296
Anexo 4 – Exemplos de Totais Horários de Precipitação	301
Anexo 5 – Distribuição de Dados Pluviométricos entre 2003-2006	303
Anexo 6 – Evolução Percentual das Vazões entre 2003-2006	304
Anexo 7 – Dados de Vazão do Rio Cubatão	305
Anexo 8 – Exemplos de Dados de Turbidez	311
Anexo 9 – Evolução Percentual de Turbidez entre 2004-2006	313
Anexo 10 – Exemplo de Planilha para Cálculo de Sedimentos em Suspensão em Todos os Rios	314
Anexo 11 – Exemplo de Planilha para Cálculo de Valores Diários e Horários de Sedimentos em Suspensão no Rio Cubatão	315
Anexo 12 – Resultados do Monitoramento por Bacia Hidrográfica	316

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: localização da baía da Babitonga e da área de estudo no Brasil e no Estado 23
- Figura 2: área de contribuição hidrográfica da Baía da Babitonga antes e após o fechamento do Canal do Linguado 24
- Figura 3: localização da área de estudo no contexto da baía (usar MDT) 25
- Figura 4: mapa geológico-estrutural do complexo estuarino da baía da Babitonga. (GONÇALVES *et al.*, 2002). Escala original 1:50.000 36
- Figura 5: trecho do mapa do Quaternário costeiro do Estado de Santa Catarina produzido por MARTIN *et al.* (1988). Escala original 1:200.000 38
- Figura 6: imagem Landsat ETM7 de 02/09/2002, composição RGB bandas 5, 4 e 3, com destaque para as principais falhas geológicas que controlam a macro compartimentação topográfica regional 40
- Figura 7: trecho do mapeamento geomorfológico produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Escala 1:1.000.000 42
- Figura 8: mapeamento geomorfológico elaborado pela FATMA (2002). Escala original 1:100.000 43
- Figura 9: vistas E-W da planície costeira a partir do canal do Palmital com a escarpa e elevações da Serra do Mar ao fundo 44
- Figura 10: modelo digital do terreno com sobreposição de imagem Landsat ETM7 em composição RGB das bandas 5, 4 e 3, de 02/09/2002. Vista NNE-SSW da área da pesquisa com destaque para as serras Queimada e Quiriri. Escala aproximada 1:300.000 45
- Figura 11: modelo digital do terreno com sobreposição de imagem Landsat ETM7 em composição RGB das bandas 5, 4 e 3, de 02/09/2002. Vista SSW-NNE da área da pesquisa com destaque para as serras Queimada e Quiriri. Escala aproximada 1:300.000 46
- Figura 12: modelo digital do terreno com sobreposição da banda 8 de imagem Landsat ETM7 de 02/09/2002. Vista SE-NW da área da pesquisa com destaque para as planícies costeira e do rio Cubatão. Escala aproximada 1:300.000 47
- Figura 13: trecho do mapeamento pedológico produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Predominam na área Cambissolos (Ca e

Cd), Neossolos litólicos (Ra) e Solos indiscriminados de mangue (SM). Escala 1:1.000.000 50

Figura 14: mapeamento elaborado pelo GAPLAN (1986) com distribuição na região de Joinville dos tipos climáticos AB'4ra' e B4B3ra' segundo classificação de Thorntwaite (1948). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000 53

Figura 15: distribuição da precipitação na região de Joinville segundo o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina (IDE *et al.*, 1980). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000 54

Figura 16: distribuição de excedentes hídricos na região de Joinville segundo o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina (IDE *et al.*, 1980). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000 54

Figura 17: Região Hidrográfica Atlântico Sul, com destaque para a área da pesquisa. Sem escala 55

Figura 18: primeiro nível da macro compartimentação hidrográfica do Estado de Santa Catarina. Escala aproximada 1:5.500.000 56

Figura 19: segundo nível da macro compartimentação hidrográfica do Estado de Santa Catarina. Escala aproximada 1:5.500.000 56

Figura 20: rede hidrográfica da área da pesquisa em modelo digital do terreno . 57

Figura 21: delimitação das bacias hidrográficas da área da pesquisa com rios principais 59

Figura 22: vistas aéreas do canal de derivação do rio Cubatão nos sentidos jusante (esquerda) e montante (direita), nos pontos de sua separação e reunião ao leito natural do rio, respectivamente 59

Figura 23: distribuição percentual das áreas totais das bacias hidrográficas da área da pesquisa 60

Figura 24: área efetiva de estudo que corresponde à delimitação das bacias hidrográficas a montante dos pontos de medições de vazão e coletas de amostras de água 61

Figura 25: comparativo da delimitação das áreas totais (em amarelo) e aquelas efetivamente estudadas (em bege) das bacias hidrográficas, sobrepostas à área geral da pesquisa, com os respectivos rios principais 61

Figura 26: perfis longitudinais dos rios Cubatão, Pirabeiraba, Três Barras, Sete Voltas e Onça, cujas nascentes se encontram em cotas superiores a 1.000m. Distâncias em metros 63

Figura 27: bacia hidrográfica do rio Cubatão com seus principais afluentes 64

Figura 28: trecho do mapa de cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Escala 1:1.000.000	66
Figura 29: ocorrências na área da pesquisa dos elementos Região, Formação e Sub-formação do mapa de classificação fitoecológica da DIGEO/SUL do IBGE (2002)	69
Figura 30: perfil esquemático da distribuição da vegetação na Baía da Babitonga	70
Figura 31: trecho do “ <i>Mappa de medição e demarcação das vinte e cinco legoas quadradas concedidas em complemento do dote a Sereníssima Princesa de Joinville AS.D.Francisca</i> ”, por Jerônimo Francisco Coelho, 1846, em que consta a localização da futura <i>Villa de Joinville</i> , assim como parte do setor leste da área da pesquisa	74
Figura 32: exemplo de representação log-log do crescimento alométrico entre débito fluvial e área em uma bacia hidrográfica	92
Figura 33: gráficos vazão x tempo indicando picos de concentração de sedimentos antecipado, simultâneo e atrasado em relação ao pico de vazão .	101
Figura 34: distribuição vertical de sedimentos em suspensão segundo granulometria	103
Figura 35: diagrama da distribuição da velocidade (a), concentração de sedimentos (b) e descarga sólida (c) na seção transversal	103
Figura 36: Localização das 22 estações pluviométricas situadas na área de estudo e em seu entorno	111
Figura 37: estações localizadas nos limites da área da pesquisa	114
Figura 38: freqüência de distribuição da precipitação na região de Joinville no período 1940-2005	116
Figura 39: locais de medição de vazões nos rios (de sul para norte) Braço (1); Cubatão (2); Canela (3); Pirabeiraba (4); Bonito (5); Turvo (6); Três Barras (7); Cupim (8); Sete Voltas (9) e Onça (10)	119
Figura 40: vertedouros n ^{os} 1, 2 e 3 na barragem do rio Cubatão, em vista aérea (superior esquerda) e oblíqua (superior direita). As medidas de altura da coluna d’água foram efetuadas junto ao vertedouro n ^o 1 (foto inferior)	120
Figura 41: equação do vertedouro do rio Cubatão organizada em planilha eletrônica	120
Figura 42: esquema de cálculo da meia seção	121

Figura 43: exemplos de situações de construção da seção dos rios e medição de vazões: no interior do canal (1- rio Pirabeiraba, 2- rio Cupim); em pontes baixas (3- rio Três Barras); em pontes altas (4- rio do Braço)	122
Figura 44: amostrador isocinético de sedimentos em suspensão modelo US DH-81 e amostrador fabricado para a pesquisa com garrafa PET de 500 ml	126
Figura 45: procedimento de leitura de turbidez em bateria de amostras	127
Figura 46: procedimento de filtragem em membranas de éster de celulose	131
Figura 47: procedimento de queima de matéria orgânica: (1) colocação das membranas em cápsulas previamente secas e pesadas; (2) queima com álcool; (3) queima em forno tipo mufla	131
Figura 48: articulação das folhas topográficas que compõem a área da pesquisa	135
Figura 49: recorte da rede irregular de triângulos (TIN) gerada pela interpolação linear dos valores de altimetria das curvas de nível e pontos cotados com a rede hidrográfica	137
Figura 50: histogramas com indicação de diferenças na distribuição dos valores das médias geral (esquerda) e >1.000mm (direita)	153
Figura 51: polígonos de Voronoi com indicação de diferenças na distribuição espacial dos valores das médias geral (esquerda) e >1.000mm (direita)	153
Figura 52: mapa geológico	163
Figura 53: mapa geomorfológico elaborado a partir da proposta de Ross (1991, 1992, 1994)	165
Figura 54: mapa geomorfológico organizado com base no mapa geomorfológico produzido pela DIGEO/SUL-IBGE (2003)	166
Figura 55: mapa de solos	168
Figura 56: mapa clinográfico	170
Figura 57: mapa hipsométrico	172
Figura 58: mapa de distribuição da vegetação	174
Figura 59: mapa de uso da terra	176
Figura 60: seleção de mapas pluviométricos produzidos a partir de testes com diferentes interpoladores em diferentes situações	179
Figura 61: mapa pluviométrico	180

Figura 62: evolução dos totais anuais de precipitação das estações na área da pesquisa e entorno entre 1940 e 2005. Observam-se períodos de intercalação de anos mais secos e anos mais úmidos	189
Figura 63: localização das estações Univille, Estrada Saí, Pirabeiraba, Garuva, Abaeté e Salto 1 no contexto de distribuição pluviométrica da área da pesquisa	191
Figura 64: evolução dos totais mensais de chuvas registrados nas estações Univille, Estrada Saí, Pirabeiraba, Garuva, Abaeté e Salto 1, agrupadas segundo seu contexto de localização	192
Figura 65: entulhamento de galhos e arbustos em pontes após enxurrada, ocasionando transtornos para os procedimentos de medição de vazões	194
Figura 66: vazões mensais de todos os rios medidas entre maio de 2003 e maio de 2006	197
Figura 67: evolução percentual das vazões mensais	197
Figura 68: evolução comparada entre as médias mensais das vazões medidas e os totais mensais de chuvas nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté	199
Figura 69: agrupamento das bacias segundo relação área/vazão expressa em m^3/km^2 e km^2/m^3	201
Figura 70: evolução da vazão do rio Cubatão entre junho de 2004 e novembro de 2006	203
Figura 71: gráficos de evolução horária das vazões do rio Cubatão nos períodos monitorados	205
Figura 72: comparativo da evolução da vazão do rio Cubatão nas estações fluviopluiométricas Salto 1 e Pirabeiraba, assim como do rio Quiriri em estação homônima, no período compreendido entre outubro de 1952 e dezembro de 2001	206
Figura 73: valores de turbidez registrados mensalmente entre abril de 2004 e maio de 2006	212
Figura 74: distribuição das médias anuais e gerais de turbidez por rio	212
Figura 75: agrupamento das bacias segundo as médias anuais de turbidez de 2004, 2005 e 2006	213
Figura 76: evolução percentual dos índices de turbidez	214
Figura 77: evolução comparada entre as médias mensais de turbidez e os totais mensais de chuvas nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté	215

Figura 78: comparativo entre as médias mensais de turbidez e as médias de vazões no período de monitoramento	216
Figura 79: distribuição das concentrações de sedimentos em suspensão (mg/L) medidas entre abril de 2005 e maio de 2006	223
Figura 80: distribuição das médias de concentrações de sedimentos em suspensão (mg/L) por rio	225
Figura 81: agrupamento das bacias em dendograma segundo médias da concentração de sedimentos em suspensão	226
Figura 82: evolução comparada entre as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão e os totais mensais nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté	226
Figura 83: comparativo entre as médias mensais de vazões e as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão	227
Figura 84: comparativo entre as médias mensais de turbidez e as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão	227
Figura 85: evolução diária dos índices de turbidez e de sedimentos em suspensão do rio Cubatão nos períodos monitorados	229
Figura 86: evolução horária dos índices de turbidez e de sedimentos em suspensão do rio Cubatão nos períodos monitorados	230
Figura 87: chave para interpretação dos valores de correlação	234
Figura 88: gráficos comparativos entre precipitação e vazão e entre precipitação e concentração de sedimentos em suspensão para todas as bacias hidrográficas estudadas	235
Figura 89: comparativo da evolução de vazões e carga sedimentar em suspensão com relação à precipitação ocorrida nas estações Abaeté e Univille, em monitoramento com frequência diária	237
Figura 90: comparativo da evolução de vazões e carga sedimentar em suspensão com relação à precipitação ocorrida nas estações Abaeté e Univille, em monitoramento com frequência horária	239
Figura 91: comparativo entre os principais rios da área da pesquisa	247
Figura 92: comparativo entre as áreas das bacias hidrográficas	247
Figura 93: comparativo de perfis longitudinais dos rios estudados (valores em metros)	249

- Figura 94: comparativo de perfis longitudinais do rio Cubatão e seus principais afluentes (valores em metros) 251
- Figura 95: gráficos de distribuição dos atributos dos temas geologia, geomorfologia, uso da terra e pluviometria, por bacia hidrográfica 257
- Figura 96: agrupamento das bacias hidrográficas em dendograma segundo todos os temas (superior) e com a retirada dos temas solos, declividades, hipsometria e vegetação (inferior) 259
- Figura 97: barragem do canal de derivação do rio Cubatão em momentos de vazão média (esquerda) e de grande pico de vazão (direita). Fotos: Oliveira, 2006; CCJ, 2001 265
- Figura 98: erosão marginal no rio Cubatão como resultado de grande pico de vazão. Foto: Oliveira, 2001 266

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADROS

Quadro 1: comparativo entre as áreas totais das bacias hidrográficas e comprimentos totais dos rios com os valores dos trechos efetivamente estudados, localizados a montante dos pontos de medição de vazões e coletas de amostras de água	62
Quadro 2: comparativo entre comprimentos totais, cotas de cabeceiras e de foz, amplitude topográfica e declividade dos principais rios da bacia do rio Cubatão	64
Quadro 3: regiões de ocorrências de cobertura vegetal segundo GAPLAN (1986)	66
Quadro 4 – Características gerais da vegetação da área de estudo segundo regiões fitoecológicas e tipos de formação	67
Quadro 5: seleção das ocorrências na área da pesquisa dos elementos da proposta de classificação fitoecológica da DIGEO/SUL do IBGE (2002) para as folhas SG-22-Z-B-I e SG-22-Z-B-II	68
Quadro 6: Estações climatológicas ativas na região de Joinville entre 1940 e 2006	112
Quadro 7: alteração das médias gerais das estações com valores abaixo de 1.000mm	117
Quadro 8: unidades identificadas no mapa geomorfológico da área da pesquisa	148
Quadro 9: períodos de atividade das estações situadas na área da pesquisa e entorno entre 1940 e 2005, com totais anuais (mm)	183
Quadro 10: número de estações climatológicas ativas na área da pesquisa e entorno, por ano	185
Quadro 11: médias anuais máximas e mínimas e amplitude dos totais de precipitação das estações localizadas na área de estudo e entorno	186
Quadro 12: medidas de dispersão dos totais anuais das diferentes estações em relação à média	187

Quadro 13: vazões mensais (m^3/s) de todos os rios medidas entre maio de 2003 e maio de 2006	196
Quadro 14: média geral das vazões mensais (m^3/s) dos rios estudados	196
Quadro 15: relações vazão/área da bacia para o conjunto de rios estudados .	200
Quadro 16: leituras de turbidez (NTU) de todos os rios efetuadas entre abril de 2004 e maio de 2006	211
Quadro 17: médias anuais e média geral das leituras de turbidez no período estudado	211
Quadro 18: concentração de sedimentos em suspensão (mg/L) de todos os rios medida em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006	222
Quadro 19: variação percentual dos valores mensais entre abril de 2005 e maio de 2006	224
Quadro 20: correlação linear por bacia hidrográfica entre os totais de precipitação nas 24 horas anteriores aos procedimentos de campo e os valores de vazões e de concentração de sedimentos em suspensão	233
Quadro 21: médias de vazões, turbidez, concentração sedimentos em suspensão e percentual de matéria orgânica referentes ao período de monitoramento mensal efetuado em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006	242
Quadro 22: correlação linear, por bacia hidrográfica, entre vazões (m^3/s), concentração de sedimentos em suspensão (mg/L) e turbidez (NTU), referente ao período de monitoramento entre abril de 2005 e maio de 2006	244
Quadro 23: síntese-comparativa das áreas de cada classe dos temas mapeados, por bacia hidrográfica – valores em km^2	255
Quadro 24: síntese-comparativa das áreas de cada classe dos temas mapeados, por bacia hidrográfica – valores em porcentagem	258
Quadro 25: cálculo do aporte sedimentar em suspensão anual na Baía da Babitonga, por bacia hidrográfica	263
Quadro 26: contribuições específicas das bacias estudadas	264

TABELAS

Tabela 1: faixas de distribuição da precipitação na região de Joinville no período 1940-2005 organizadas por ordem de classe (esquerda) e por ordem de frequência (direita)	116
Tabela 2: distância recomendada entre as verticais	121
Tabela 3: intervalos entre as medições de vazão	124
Tabela 4: classificação granulométrica segundo a American Geophysical Union	130

SIGLAS UTILIZADAS NO TRABALHO

ANA – Agencia Nacional de Águas

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CCJ – (Comitê Cubatão Joinville) – Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

DIGEO/SUL – Divisão de Geociências do Sul (IBGE)

DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

DNOS – Departamento Nacional de Obras e Saneamento

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

GAPLAN – Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Santa Catarina

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IME – Instituto Militar de Engenharia

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

SGE – Serviço Geográfico do Exército

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

UNIVILLE – Universidade da Região de Joinville

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo principal estimar o aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga a partir de um setor de sua área de contribuição hidrográfica, com base em uma análise geomorfológica da relação entre precipitação, relevo e uso da terra. Adotou-se como referências teórico-metodológicas principais os trabalhos de Ab'Saber, sobre os níveis de tratamento para pesquisas em geomorfologia, e de Tricart, que propõe a classificação dos ambientes segundo seu funcionamento ecodinâmico. Efetuou-se em campo monitoramento mensal das vazões dos dez rios que compõem a área da pesquisa e coletas de amostras de água para quantificação de sedimentos em suspensão em laboratório. Os resultados obtidos indicaram um nítido diferencial no comportamento hidrológico e hidrossedimentológico entre as bacias hidrográficas, que se reflete em distintas parcelas de contribuição de cada bacia no aporte sedimentar em suspensão na baía. Estimou-se que são lançadas na Baía da Babitonga, a partir da área da pesquisa, cerca de 7.624 toneladas/ano de sedimentos em suspensão, estando 77,8% deste volume concentrado na foz do Rio Cubatão.

ABSTRACT

The research had as main goal to estimate the suspended sediment yield into the Babitonga Bay from a sector of its hydrographic contribution area and was based on a geomorphological approach of the relationship among precipitation, relief and land use. The theoretical methodological references were the works from Ab'Saber, about treatment levels for geomorphological research, and from Tricart, which proposes environmental classification based on its ecodynamic behavior. Field monitoring of discharge values was accomplished once a month for all ten rivers of the research área, as well as water sample collecting for laboratory suspended sediment quantification. Results indicate a clear distinct hydrological and hydrosedimentological behavior of the watersheds, which reflect the distinguished suspended sediment yield of each individual watershed into the bay. It was estimated that ca. 7,624 year/tons of suspended sediment are introduced into the Babitonga Bay, with 77.8% of that volume concentrated at the Cubatão river estuary.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Diversos são os motivos que levaram à elaboração deste estudo. A curiosidade por entender, ao menos parcialmente, os mecanismos que promovem o funcionamento de um sistema complexo pode ser talvez o maior deles.

A produção, transporte e deposição de sedimentos representam um dos fatos mais notáveis da natureza, resultado da ação contínua de forças endógenas e exógenas no processo de modelagem e esculturação da superfície terrestre. A transformação da delgada superfície onde interagem os estratos atmosférico, geológico, pedológico e biológico, chamada por Jean Tricart de epiderme da Terra, é um movimento com sentido, constante, inexorável, desigual no tempo e no espaço, e que pode, em algum momento, ser alterado pela ação humana.

Inúmeros trabalhos procuraram desvendar as relações de causa e efeito envolvidas nos processos de transformação física, química e biológica da paisagem, mediados por fluxos de matéria e energia. Alguns destes trabalhos norteiam a pesquisa ora apresentada e inspiraram reflexões sobre os processos envolvidos em um fato de certa forma corriqueiro, o assoreamento de um corpo hídrico.

As impressionantes elevações da Serra do Mar, as florestas densas e ainda preservadas, a vastidão do planalto, a exuberância do manguezal, a suavidade da flutuação das marés, a violência das enxurradas que ocasionalmente lavam a superfície, o calor sufocante no verão da planície costeira, o frio cortante no inverno dos campos de altitude, todos são elementos que isolados evocam momentos e lugares comuns no sul-sudeste brasileiro, mas que reunidos compõem um cenário raro e harmônico manifesto na beleza ímpar da Baía da Babitonga.

A baía constitui um ambiente em transformação. Investigar as causas do seu crescente assoreamento é tarefa árdua e de difícil execução, que demanda anos de dedicação representados, entre outros, por extensos levantamentos de dados em campo e longos períodos de análises em laboratório.

Os resultados obtidos representam um momento na evolução da paisagem local, um recorte limitado no tempo e no espaço onde processos do meio físico-biótico se encontram com as atividades humanas que sobre ele avançam.

Este trabalho não pretende efetuar previsões ou apresentar resultados definitivos, mas contribuir para se conhecer melhor aspectos da dinâmica sedimentar no meio subtropical úmido, por meio do estudo de aspectos geomorfológicos, hidrológicos e hidrossedimentológicos envolvidos no aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga.

1.1 Contexto da Pesquisa

O sistema estuarino da baía da Babitonga tem sido objeto, nos últimos anos, de diversas publicações e estudos em diferentes áreas do conhecimento. O interesse despertado pelo conjunto que compõe este sistema está relacionado à grande diversidade de ambientes naturais e antropizados encontrados dentro de seus limites.

O processo histórico de ocupação de uma área sensível como o sistema estuarino da baía da Babitonga, representado pelo conjunto do corpo hídrico e sua área de contribuição hidrográfica, promoveu impactos diversos sobre o meio natural.

Em 1907 foi iniciado o fechamento progressivo de uma comunicação secundária da baía com o oceano, o canal do Linguado, para construção de um ramal ferroviário de ligação do continente com o porto de São Francisco do Sul, localizado na ilha de mesmo nome. O fechamento final do canal foi concluído em 1935 e resultou em uma nova configuração da baía, com abertura única para o oceano. Com a interrupção do fluxo hídrico da baía para o canal do Linguado, este passou a constituir um estuário independente, que adquiriu pouco a pouco características de laguna devido à obstrução progressiva de sua barra por dinâmica costeira.

O fechamento do canal promoveu, entre outras, modificações de caráter hidrodinâmico na baía, com significativo impacto sobre os padrões de circulação e deposição de sedimentos no conjunto do corpo hídrico, verificado ao longo dos anos pelo seu crescente assoreamento.

Dados os claros impactos ambientais originados pela obra, o fechamento do canal passou a ser discutido pela imprensa já em 1948, com a publicação posterior de diversos estudos, por diferentes instituições, em 1967, 1972, 1979, 1983, 1984,

1985 e 1986 (DNIT/IME, 2004). A recente necessidade de duplicação da rodovia instalada sobre o aterro do canal levantou novamente a questão da manutenção ou não de seu fechamento.

Estudos técnicos específicos para este tema realizados entre 2002 e 2004 pelo DNIT e IME em parceria com instituições universitárias apresentam, entre outros, amplo diagnóstico da circulação hidrodinâmica na baía, com breve referência ao aporte sedimentar no sistema estuarino. Os estudos anteriores concentraram-se nos impactos causados pelo fechamento do canal e na viabilidade de sua reabertura. Questões relativas à produção e ao aporte de sedimentos na baía foram até o momento pouco ou nada abordadas pelos estudos realizados.

O projeto de pesquisa teve origem na possibilidade de se atuar em projetos acadêmicos e consultorias na região de Joinville, SC, e na oportunidade de participar da equipe de assessoria técnico-científica ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (CCJ), o que tornou possível conhecer grande parte do material de referência, publicado ou não, sobre a área da pesquisa.

Dadas as dimensões da bacia hidrográfica da baía da Babitonga, optou-se por estudar seu setor mais significativo em termos de contribuição hidrográfica e, supõe-se, de sedimentos. Este setor comporta dez diferentes bacias hidrográficas e inclui o maior contribuinte individual da baía, o rio Cubatão. Com exceção de dados pluviométricos, os dados básicos necessários para uma pesquisa desta natureza são escassos e restringem-se a registros isolados de vazão do rio Cubatão. Houve necessidade, portanto, de se produzir dados inéditos sobre vazões e carga sedimentar em suspensão para todas as bacias hidrográficas estudadas.

1.2 Localização da Área de Estudo

A área da pesquisa localiza-se junto à costa norte do estado de Santa Catarina, no contexto hidrográfico da baía da Babitonga (figura 1), que representa a mais importante formação de águas marinhas interiores do litoral catarinense (SANTA CATARINA/SDS, 2004).

A área de contribuição hidrográfica da baía contém grande parte do maior centro urbano-industrial do estado, Joinville, assim como parte dos municípios de Garuva, São Francisco do Sul e Araquari. Possui uma área total de 155.929 ha. ou 1.559 km² e um perímetro de 279 km, que inclui a superfície da baía com aproximadamente 190 km² e perímetro de 343 km. Subtraída a superfície aquática, a baía da Babitonga apresenta, assim, uma área de contribuição hidrográfica de 136.889 hectares ou 1.369 km².

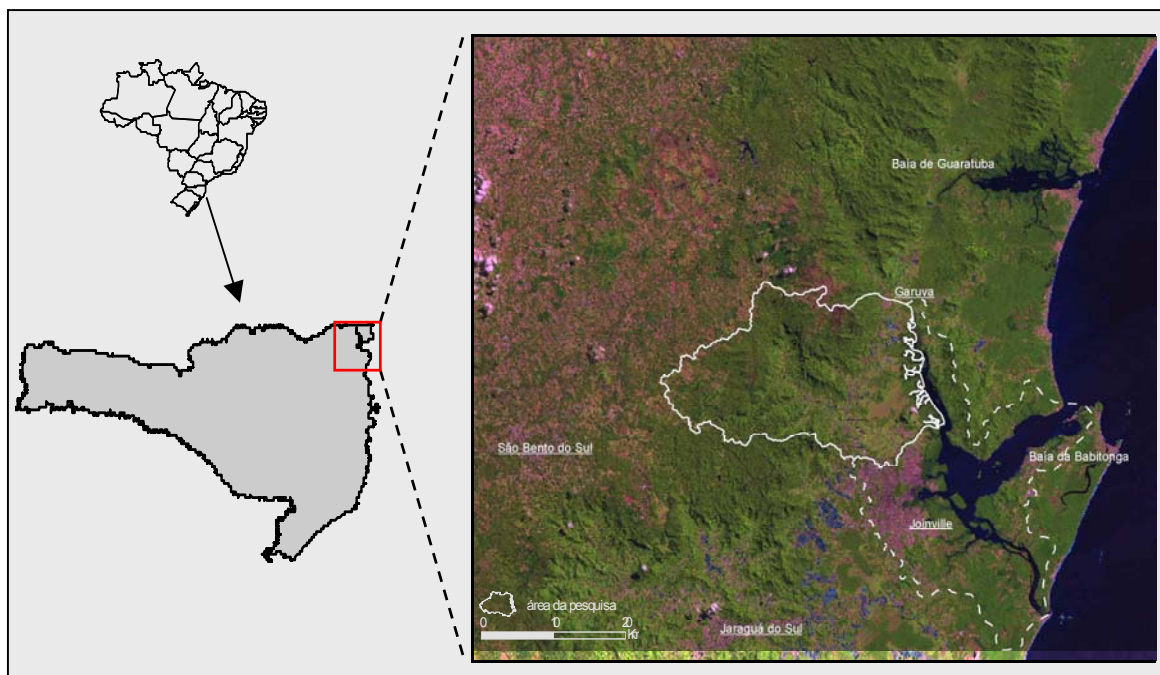


Figura 1: localização da baía da Babitonga e da área de estudo no Brasil e no Estado.

O fechamento final do canal do Linguado reduziu o tamanho da área total da baía para 140.839 ha., ou 1.408 km², com superfície aquática de 176 km² e perímetro de 303 km, portanto com área efetiva de contribuição hidrográfica de 1.232 km² (figura 2).

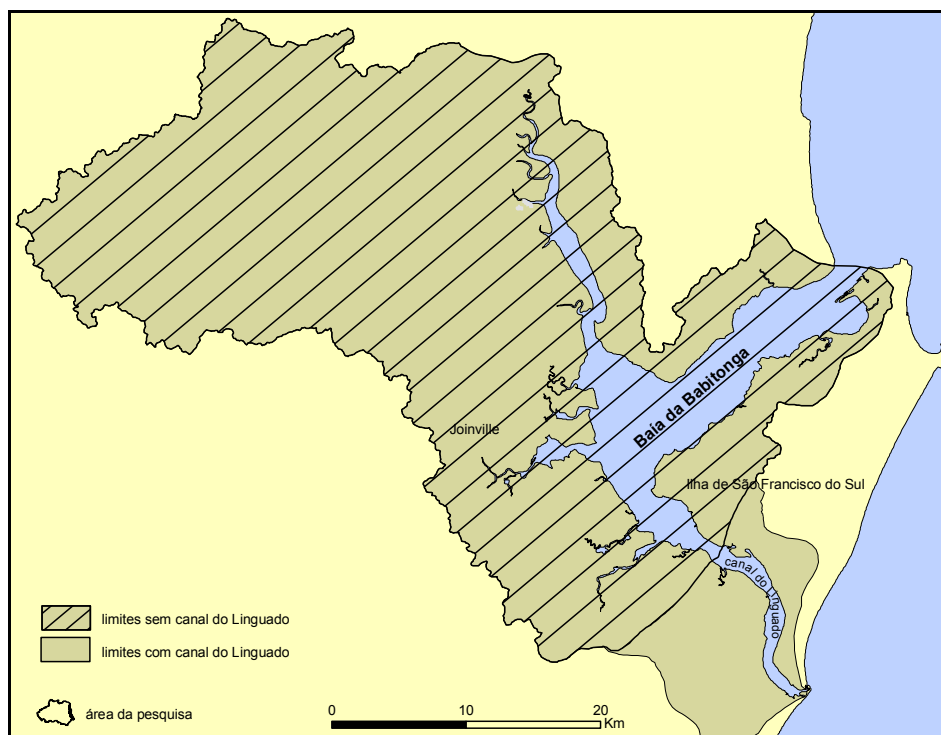


Figura 2: área de contribuição hidrográfica da Baía da Babitonga antes e após o fechamento do Canal do Linguado.

O corpo hídrico da baía da Babitonga possui forma alongada, com cerca de 24km de comprimento no sentido aproximado NE-SW e largura média de 5km. Em sua porção sudoeste a baía é um pouco mais ampla, com largura média de 11km, e apresenta continuidade na forma de dois braços, um no sentido NNW, conhecido como canal do Palmital, com cerca de 25km, e outro no sentido SSE, conhecido como canal do Linguado, com cerca de 21km, tendo o primeiro largura média de 1,4km e o segundo de 1,1km. No sentido norte-sul, a área de contribuição hidrográfica da baía da Babitonga atinge comprimento máximo de 54km e no sentido leste-oeste largura máxima de 65km.

A área da pesquisa está localizada na margem oeste do canal do Palmital, entre coordenadas UTM 720.000/7.122.000 e 680.000/7.094.000 e corresponde a um polígono de 74.207 ha., ou 742km², o que representa 54,2% da área de contribuição hidrográfica total da baía da Babitonga, ou 60,2% da área de contribuição atual, desconsiderando-se o setor correspondente ao canal do Linguado. Esta área está concentrada em uma linha de costa entrecortada de aproximadamente 56 km, de um perímetro atual de 303km da baía (figura 3).

A área estudada possui forma alongada no sentido E-W, com largura e comprimento máximos de 39 km e 26 km, respectivamente. Seu relevo pode ser dividido em três compartimentos topográficos principais: a planície costeira, a leste; as escarpas da serra do Mar e, em continuidade para oeste, articulado-se com a serra do Mar em um contínuo sem limites precisos, o Planalto Catarinense, localmente denominado Planalto de São Bento do Sul. Tal configuração topográfica permite a existência de grande variedade de ambientes naturais, tanto nos limites da área de estudo como em seus arredores.



Figura 3: localização da área de estudo no contexto da baía.

1.3 Justificativas e Objetivos

O estudo proposto envolve o entendimento de fatos ligados essencialmente à dinâmica do meio físico e relacionados à produção, distribuição (transporte) e deposição de sedimentos, que, por sua vez, estão vinculados a questões de natureza climática, geológica, pedológica, geomorfológica, hidrológica e biótica. São consideradas adicionalmente questões que envolvem os efeitos da ação humana sobre o sistema natural, cuja interação produz respostas em diferentes escalas temporais, constituindo um sistema complexo que necessita ser tratado em seu conjunto.

Os sistemas complexos, segundo Prigogine & Stengers (1988), não são submetidos à idéia de uma diferença hierárquica entre níveis e constituem elementos do universo regido pela termodinâmica, que “é o universo da degradação, da evolução progressiva para um estado de equilíbrio definido pela uniformidade, o nivelamento de todas as diferenças” (p.31), marcado pelo crescimento da entropia. Sob essa ótica determinística, a dinâmica de produção e circulação de sedimentos na natureza tem uma direção e resulta de uma crescente desorganização e degradação dos sistemas naturais. Essa direção pode ser modificada pela introdução de ocorrências aleatórias, que representam a possibilidade de estados de equilíbrio dinâmico, característicos dos ecossistemas.

Segundo Oliveira (2001), essa relação de equilíbrio dinâmico é o ponto de partida para o conhecimento e avaliação do meio físico para autores como Ab'Saber (1969), Tricart (1977), Toy & Hadley (1987), Gerrard (1993), Thomas (1994), Ross (1994), Coltrinari (1996), entre outros, e tem como base pressupostos da Teoria dos Sistemas.

Desta forma, a abordagem metodológica do estudo do meio físico pelo viés de sua dinâmica deve estar norteadada pela noção de que se trata do estudo de um sistema que, segundo Tricart (1977), representa um conjunto de fenômenos que

se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os elementos que o constituem, possuem dinâmica própria e estão intimamente relacionados à estabilidade ou instabilidade do meio.

As pressões de caráter antropogênico sobre os sistemas naturais afetam seus elementos componentes mediante mudanças na magnitude, frequência e duração dos fluxos naturais (COLTRINARI, 1996). Assim, o estudo dos principais elementos que participam dessa dinâmica, assim como de seus atributos, permite que se conheça aproximadamente o ponto em que a ação antrópica, como variável externa, interfere no limiar intrínseco ao sistema (TOY & HADLEY, 1987), de forma a alterar o ritmo dos processos morfogenéticos naturais de uma determinada área, em geral promovendo sua aceleração. Constitui-se, assim, uma situação em que sujeito (fator antrópico) e objeto (meio físico) agem e reagem continuamente um sobre o outro. Esta relação entre dois elementos opostos e, não obstante, partes do mesmo todo, constitui uma interação dialética (LEFEBVRE, 1975) que deve ser considerada em um estudo de natureza geográfica.

Com base nos pressupostos apresentados, a proposta de estudar o aporte sedimentar na baía da Babitonga deve procurar contemplar os principais componentes da dinâmica que envolve a produção, transporte e deposição de sedimentos. A pesquisa tem como foco principal o estudo da carga sólida em suspensão e não da carga sólida total, uma vez que os sedimentos suspensos podem corresponder a até 99% de toda a carga sólida transportada por um rio em eventos de maior pluviosidade (CHRISTOFOLETTI, 1981). Tais eventos podem concentrar de 70% a 90% de todo sedimento transportado por um rio (CARVALHO, 1994). Desta forma, torna-se fundamental conhecer também o regime hidrológico dos principais rios que fluem para a baía, assim como condicionantes referentes ao regime climático local, compartimentação do relevo, arcabouço geológico, parâmetros morfológicos e morfométricos, materiais superficiais, cobertura vegetal e uso da terra.

Considerados os parâmetros referentes aos meios físico e antrópico, elegeu-se a análise geomorfológica como a mais adequada para subsidiar a pesquisa. A utilização da abordagem geomorfológica é pertinente e oportuna. Sendo a Geomorfologia uma disciplina com base conceitual nas Geociências ou Ciências da Terra e pressupostos teóricos, metodológicos e técnicos que têm vínculos históricos fortes com a Geografia (ROSS, 2001), ela pode, assim, permitir que se considere a interação e a dinâmica existentes entre os diversos componentes do ambiente físico em sua relação dialética com a ocupação humana.

O estudo do aporte sedimentar na baía da Babitonga através de uma análise geomorfológica permite adicionalmente análises multiescalares, o que pode conferir ao tema estudado uma visão de conjunto, considerada por Gregory (1992) como fundamental para estudos geográficos, em especial da Geografia Física.

A delimitação da área da pesquisa teve como base a noção de que a bacia hidrográfica constitui o elemento fundamental de análise em hidrologia (SANTOS *et al.*, 2001; CARVALHO, 1994), concentrando fluxos hídricos superficiais e sub-superficiais em um canal principal, em geral com saída única.

O conhecimento dos regimes hidrológico e climático da área da pesquisa, por meio de produção e coleta de dados de vazão e precipitação pluviométrica, é o ponto de partida para o estudo proposto. Ahnert (1999) indica que a oscilação da vazão encontra correspondência nas condições hidroclimáticas de determinada região ou área, em especial na distribuição de chuvas. Assim, a obtenção e organização de dados meteorológicos, principalmente de precipitação, é de grande importância para uma compreensão inicial dos valores de vazão a serem medidos.

Também em relação à correspondência entre precipitação e vazão, Garcez *et al.* (1988) consideram que “os valores diários das vazões e níveis de água nos rios não são, como no caso das precipitações, independentes do tempo. A vazão que ocorre num dia é ligada, de certa forma, à que ocorre nos dias anteriores e às que

ocorrerão nos dias seguintes. A ligação entre os valores sucessivos é tanto menor quanto maior for o intervalo de tempo que os separa” (p.248). A questão temporal é, assim, de grande importância para se conhecer o regime hidrológico de uma determinada área.

Outro aspecto importante do estudo das vazões diz respeito ao transporte de sedimentos. Segundo Carvalho (1994), um fluxo de água com uma dada vazão pode transportar uma quantidade máxima de material sólido, conhecida como valor de saturação. Esse valor excepcional pode ser atingido durante as enxurradas, estando porém os valores usuais de carga sedimentar concentrados em uma faixa inferior de valores. Leopold *et al.* (1992) consideram que o estabelecimento de escoamento é fundamental para a disponibilização de sedimentos na rede hidrográfica, e que o aporte de sedimentos nos cursos d’água está vinculado à presença ou ausência da cobertura vegetal. Na ausência de vegetação, incrementos na precipitação e escoamento promovem o aumento progressivo do aporte sedimentar. Em bacias hidrográficas de médio e grande porte, os materiais superficiais erodidos em áreas mais elevadas podem se depositar dentro da própria bacia hidrográfica antes de alcançarem o exutório (KOTHYARI *et al.*, 2002).

As medidas de vazão e carga sedimentar de um rio devem considerar as diferenças de velocidade do fluxo hídrico que se observam em sua seção transversal (LEOPOLD *et al.*, 1992; CARVALHO, 1994; SANTOS *et al.*, 2001; CHRISTOFOLETTI, 1980; AGRA *et al.*, 2000), de modo a não se falsear os resultados pela medição somente de setores de maior ou menor velocidade. No caso específico dos rios na área da pesquisa, a variação do nível de maré constitui fator adicional a ser considerado, uma vez que tem influência sobre os fluxos hídricos no baixo curso de todos os rios da área.

Segundo Carvalho (1994), grande parte da carga sedimentar dos cursos d’água é transportada em suspensão. Como a vazão, a distribuição da carga sedimentar em suspensão também varia na seção de um rio, podendo o índice de turbidez ser utilizado como parâmetro de referência para se estimar o transporte sedimentar em suspensão (RILEY, 1998; BRASINGTON & RICHARDS, 2000;

CARVALHO, 1994; FILL & SANTOS, 2001; LEWIS, 1996; LEWIS & EADS, 1996. MADEJ, 2002; ORWIN & SMART, 2005; UHRICH, 2002).

Os materiais em suspensão transportados pelos rios da área da pesquisa, quando não depositados nas próprias bacias hidrográficas, têm como destino final a baía da Babitonga, que contém uma das mais expressivas áreas de manguezais do sul do país.

Os manguezais normalmente se desenvolvem em ambientes afastados da ação de ondas, constituindo áreas protegidas que permitem a deposição de sedimentos finos e o estabelecimento de vegetação típica (DAVIDSON-ARNOTT *et al.*, 2002). Por ocupar zonas de transição entre ecossistemas terrestres e marinhos, os manguezais desempenham papel crítico no intercâmbio sedimentar entre ambos os ambientes, pois tendem a funcionar como áreas de aprisionamento e conseqüente acumulação de sedimentos. A deposição sedimentar nesses ambientes pode variar de predominantemente organogenética, resultante principalmente da acumulação subsuperficial de material orgânico, a minerogenética, resultante da acumulação de sedimentos finos (DAVIDSON-ARNOTT *op.cit.*).

Posta a questão do aporte de sedimentos em suspensão na baía da Babitonga como tema central da pesquisa, alguns questionamentos serviram como ponto de partida:

- Quanto sedimento em suspensão é transportado para a baía?
- Qual é a relação da produção desses sedimentos com os regimes climático e hidrológico, com o relevo e sua compartimentação, com o uso da terra?
- Como tratar essas questões de forma integrada?

Observações iniciais do funcionamento do sistema hidrográfico local levaram a considerar as hipóteses de trabalho de que (1) as quantidades proporcionais de sedimentos carreados em suspensão são desiguais entre bacias hidrográficas vizinhas e que (2) os volumes transportados não são constantes, mas variam ao longo do tempo. Tais fatos podem estar associados não somente as diferenças na

distribuição das chuvas, mas também a condicionantes geomorfológicas e de uso da terra.

A partir dos pressupostos e hipóteses apresentados, definiu-se como objetivo principal da pesquisa estimar o aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga a partir de um setor de sua área de contribuição hidrográfica, com base em uma análise geomorfológica da relação entre precipitação, relevo e uso da terra, e com apoio de instrumentos no âmbito da geomorfologia, hidrologia e cartografia.

Como objetivos específicos propõe-se:

- Conhecer o regime pluviométrico local através do levantamento de dados de chuva em série temporal;
- Identificar os regimes hidrológicos individuais das diferentes bacias hidrográficas por meio de medições regulares de vazões do rio principal de cada bacia;
- Quantificar a carga de sedimentos em suspensão de cada rio estudado por ocasião das medições de vazão;
- Estabelecer correlações entre precipitação pluviométrica, vazões, níveis de turbidez e quantidades de sedimentos em suspensão para cada bacia;
- Estabelecer correlações entre os regimes pluviométricos, hidrológicos e hidrossedimentológicos com a compartimentação do relevo, distribuição de materiais superficiais e o uso da terra.

Por fim, o estudo tem como base duas referências teórico-metodológicas principais:

(1) A proposta de Ab'Saber (*Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*), de 1969, que apresenta três níveis de tratamento para pesquisas em geomorfologia: a compartimentação da topografia regional e descrição das formas; o conhecimento da estrutura superficial da paisagem e dos

materiais que dão sustentação às formas; o entendimento da fisiologia da paisagem através do funcionamento dos processos morfoclimáticos.

(2) A proposta de Tricart (*Ecodinâmica*), de 1977, que introduz o conceito ecológico na análise geomorfológica e propõe a classificação dos ambientes segundo seu funcionamento ecodinâmico, a partir de uma análise morfodinâmica dos processos decorrentes de fluxos de matéria e energia.

Este documento está estruturado em seis capítulos, referências bibliográficas e anexos. O capítulo 1 apresenta uma introdução ao tema da pesquisa, com justificativas, hipóteses, objetivos e referências teórico-metodológicas principais. O capítulo 2 contextualiza a área da pesquisa em seus aspectos físico-ambientais e históricos. O capítulo 3 apresenta de forma sucinta a fundamentação teórico-metodológica de suporte à pesquisa. No capítulo 4 são descritos de modo detalhado os procedimentos operacionais que envolveram trabalhos de natureza cartográfica, de campo e laboratório. No capítulo 5 estão apresentados os resultados da pesquisa, assim como sua discussão à luz da base teórico-metodológica, dos procedimentos operacionais e da contextualização da área da pesquisa. O capítulo 6 contém a síntese da pesquisa e uma breve avaliação de sua pertinência e contribuição. Nos anexos estão incluídas parte das tabelas que deram suporte às análises efetuadas.

CAPÍTULO 2

A ÁREA DA PESQUISA

2. A ÁREA DA PESQUISA

2.1 Aspectos do Meio Físico

2.1.1 Contexto Geológico

Diversos mapeamentos geológicos foram efetuados na região da baía da Babitonga desde a década de 80. Pode-se dividir esses mapeamentos em dois grupos principais: os mapas geológicos gerais e os mapas geológicos voltados para a representação dos depósitos cenozóicos. Os mapas geológicos gerais são encontrados nas escalas 1:1.000.000, 1:100.000 e 1:50.000. Os mapas dos depósitos cenozóicos foram confeccionados nas escalas 1:350.000, 1:200.000 e 1:70.000. Os mapas geológicos gerais, apesar das diferenças de escalas, trazem informações semelhantes, dada a pouca diversidade litológica na região, em especial na área da pesquisa. Os mapas com foco nos depósitos cenozóicos, por terem sido elaborados para projetos de pesquisa específicos, apresentam algumas diferenças nas nomenclaturas adotadas, que não são porém relevantes no contexto desta pesquisa.

Mapas geológicos gerais

Segundo o mapeamento geológico na escala 1:1.000.000 produzido pelo GAPLAN¹ (SANTA CATARINA/GAPLAN, 1986), o arcabouço geológico da região nordeste de Santa Catarina compreende dois setores distintos: o Escudo Atlântico e as áreas de Sedimentos Quaternários.

O setor do Escudo Atlântico inclui os compartimentos topográficos Serra do Mar e Planalto Catarinense, sendo caracterizado pelo elemento tectônico Cráton Luis Alves, que contém as unidades litoestratigráficas Complexo Luis Alves ou Complexo Granulítico de Santa Catarina e Suíte Intrusiva Serra do Mar. O

¹ Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral do Estado de Santa Catarina.

Complexo Luis Alves contém rochas metamórficas da fácies granulito (gnaisses enderbíticos, gnaisses cálcico-silicáticos, quartzos e ultramafitos) e das fácies anfíbolito, epidoto-anfíbolito e xistos verdes. A Suíte Intrusiva Serra do Mar compreende corpos intrusivos que transpassam o Complexo Luis Alves compostos por biotita granitos, granitos cataclásticos e sienitos, entre outros.

O setor Sedimentos Quaternários inclui o compartimento topográfico planície costeira e contém a unidade litoestratigráfica Coberturas Recentes. Esta unidade é composta por depósitos holocênicos marinhos, representados por sedimentos praias e cordões litorâneos, por depósitos de idade pleistocênica de natureza marinha e eólica e por depósitos marinhos mistos, compostos por material detrítico inconsolidado de natureza mista (SANTA CATARINA/GAPLAN, 1986).

O mapa geológico produzido em 2001 pela DIGEO/SUL² do IBGE na escala 1:100.000 foi detalhado por Gonçalves *et al.* (2002) para a escala 1:50.000. Não houve, porém, alteração do mapeamento nos limites da área da pesquisa, sendo assim idênticas as ocorrências geológicas para esta área em ambas escalas.

Segundo o mapa geológico produzido por GONÇALVES *et al.* (2002) na escala 1:50.000, ocorrem nas áreas do planalto e serra do Mar rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina compostas predominantemente por gnaisses granulíticos ortoderivados de idade arqueana (Algn), com intrusões de corpos graníticos alcalinos pertencentes à Suíte Intrusiva Serra do Mar (Psimr, Psidf), do Proterozóico Superior. No extremo oeste da área ocorrem arcósios, arenitos e riolitos (Psbjar) pertencentes à Bacia Vulcano-Sedimentar de Joinville, também de idade proterozóica superior. Nas áreas de menor altitude, correspondentes às planícies, ocorrem sedimentos argilo-siltico-arenosos de ambiente de mangue (Qhmg); areias quartzosas marinhas bem selecionadas (Qhm); sedimentos aluvionares, cascalheiras, areias e sedimentos siltico argilosos (Qha) e sedimentos colúvio-alúvio-eluviais indiferenciados (Qhca), todos de idade holocênica. Ao norte da área ocorrem sedimentos pleistocênicos da Formação Iqueririm, originados em clima seco semi-árido (figura 4).

² Divisão de Geociências do Sul

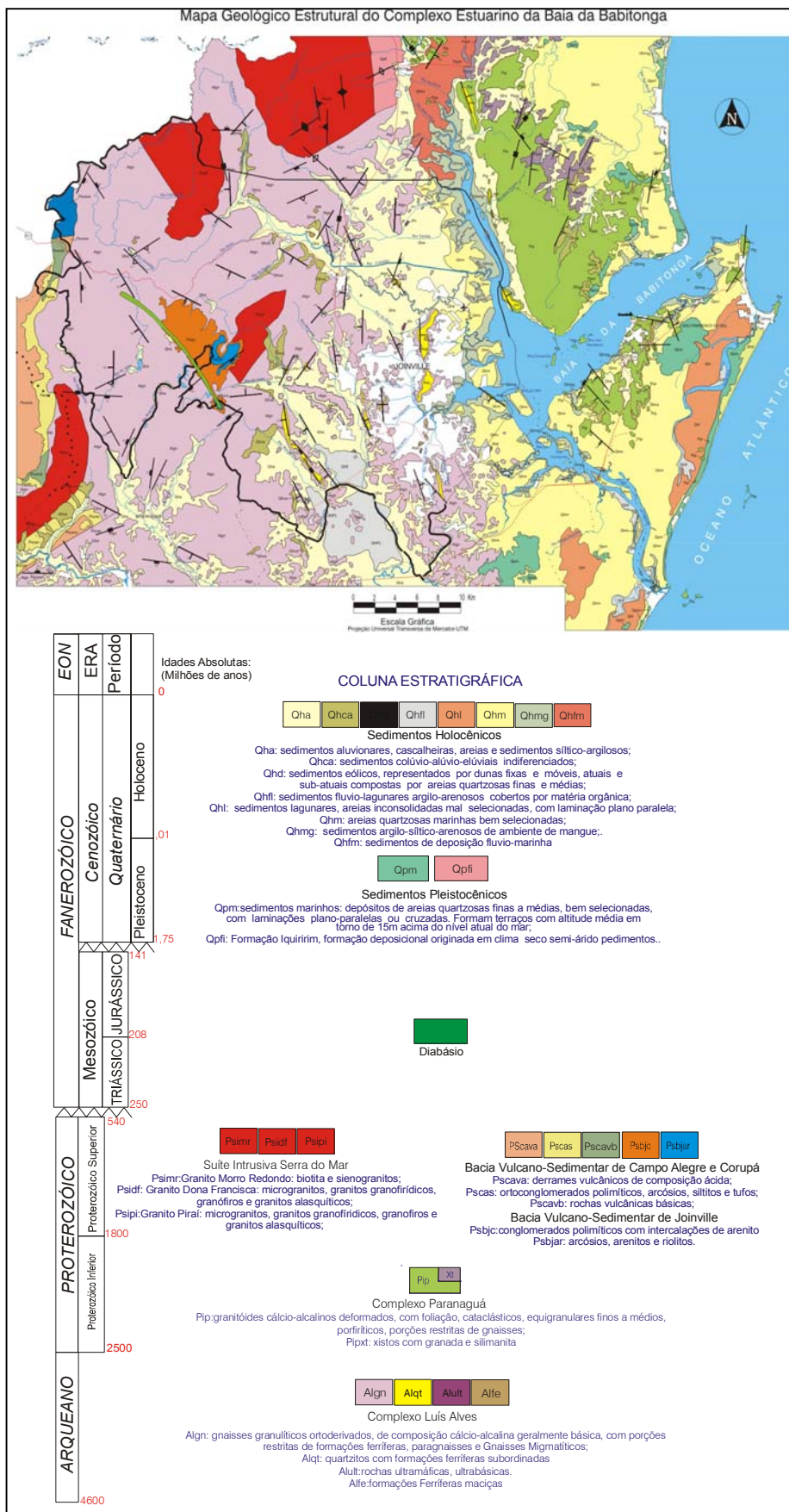


Figura 4: mapa geológico-estrutural do complexo estuarino da baía da Babitonga. (GONÇALVES *et al.*, 2002). Escala original 1:50.000.

Mapas geológicos com foco nos depósitos cenozóicos

No mapeamento efetuado por HORN F^o (1997) na escala aproximada 1:350.000, ocorrem na planície costeira da área de estudo depósitos paludiais holocênicos; depósitos fluviais, de leques aluviais e coluviais do Quaternário Indiferenciado. Ao norte da área ocorrem depósitos da Formação Iqueririm, de idade terciária-quaternária.

Segundo o mapa do Quaternário Costeiro do Estado de Santa Catarina na escala 1:200.000 produzido por MARTIN *et al.* (1988), ocorrerem na área da pesquisa formações plio-quaternárias localizadas na planície costeira, que incluem sedimentos argilo-arenosos ricos em matéria orgânica dos mangues atuais, de idade holocênica; sedimentos continentais indiferenciados mal selecionados contendo colúvios e alúvios de idade holocênica e do Quaternário Indiferenciado; sedimentos argilosos a arenosos de lagunas e baías, de idade holocênica. Em um setor mais elevado do que a planície costeira, ao norte da área de estudo, junto ao sopé da Serra do Mar, ocorrem sedimentos continentais mal selecionados do tipo “Bajada”, depositados em condições de clima semi-árido, de idade pliocênica (figura 5).

O mapeamento do Quaternário Costeiro de Joinville produzido por OLIVEIRA (2000) na escala aproximada 1:70.000, indica para o trecho mapeado da área de estudo a ocorrência de depósitos fluviais e paludiais-estuarinos holocênicos, assim como depósitos coluviais e de leques aluviais do Quaternário Indiferenciado.

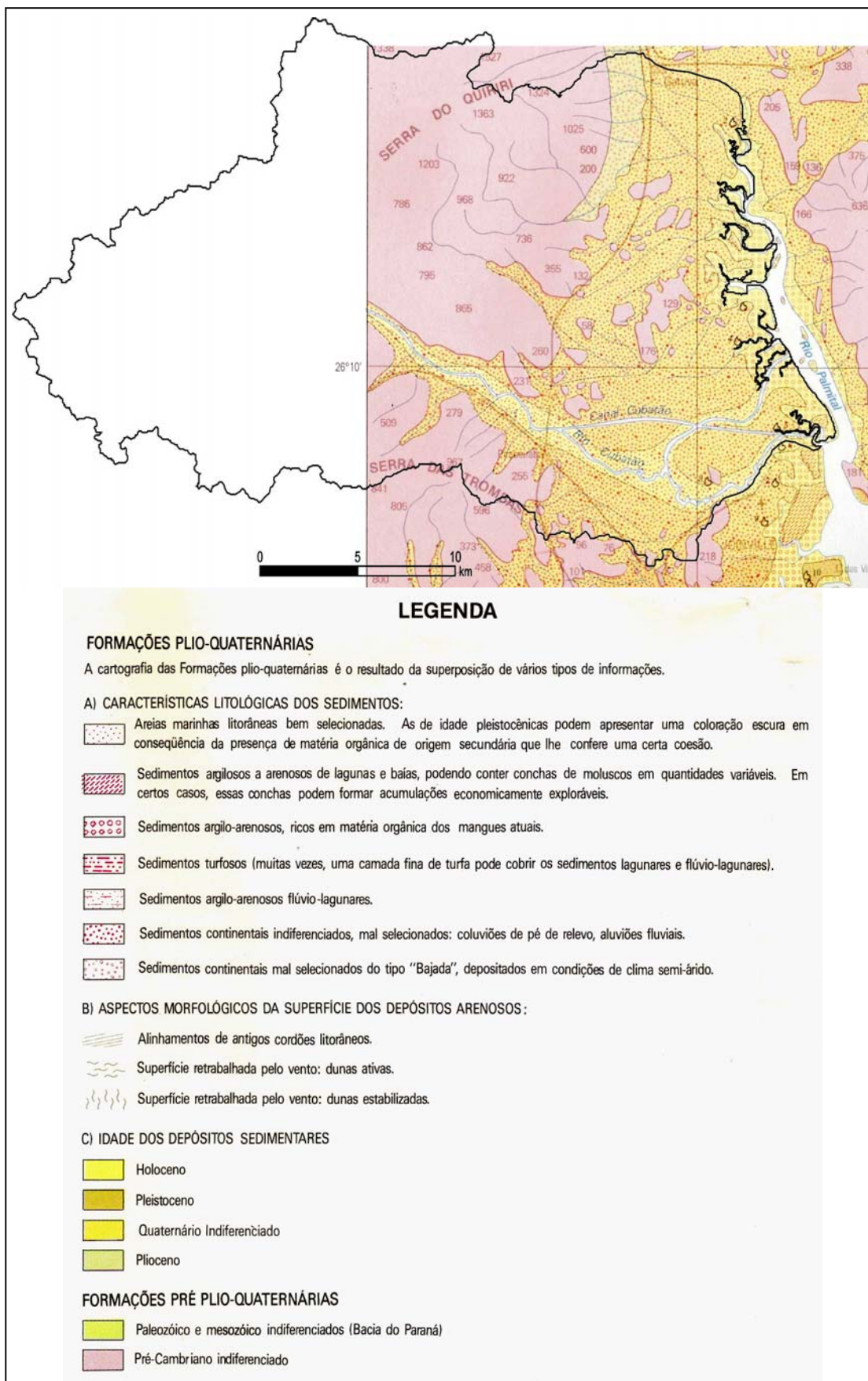


Figura 5: trecho do mapa do Quaternário costeiro do Estado de Santa Catarina produzido por MARTIN *et al.* (1988). Escala original 1:200.000.

2.1.2 Contexto Geomorfológico

Em um contexto regional, a Serra do Mar, no norte de Santa Catarina, é considerada por ALMEIDA & CARNEIRO (1998) como o trecho meridional final deste sistema de montanhas, que na região de Joinville ainda existe como “unidade orográfica de borda escarpada de planalto, desfeita que se acha em cordões de serras paralelas e montanhas isoladas drenadas diretamente para o mar” (p.135). Segundo os autores, as elevações da Serra do Mar e planalto adjacente seriam niveladas com a superfície de aplainamento Japi, desenvolvida no Planalto Atlântico no Cretáceo Superior. Esta superfície abrangia grande área do sul-sudeste brasileiro e “se estendia bem mais para leste da área hoje ocupada pela plataforma continental interna” (p. 139). O soerguimento da Serra do Mar, nas bordas da Bacia de Santos, durante evento tectônico iniciado no Paleoceno, marcou o seu surgimento em uma posição bem mais a leste do que a atual. Quanto à sua evolução, ainda segundo os autores, “a erosão da serra por ação de rios, mar e movimentos em massa de suas vertentes tê-la-ia feito recuar durante o Cenozóico até três a quatro dezenas de quilômetros, abandonando numerosas ilhas e baixios próximo à costa, entalhando a superfície Japi e mais tarde as superfícies neogênicas” (p.142). Desta forma, grande parte dos depósitos cenozóicos assim como os morros e morrotes que hoje ocorrem na planície costeira da área de estudo podem ser considerados remanescentes deste processo.

A macro compartimentação topográfica regional é marcada pela ocorrência de duas grandes falhas geológicas que ocorrem na área. A primeira e maior falha, com cerca de 100 km de comprimento, inicia-se na baía de Paranaguá e segue sentido SSW, até aproximadamente a porção sul das áreas de rizicultura localizadas a oeste do centro urbano de Joinville. Esta grande feição geológica marca a transição entre as planícies cenozóicas costeiras e as escarpas da Serra do Mar, define o seu alinhamento e serve como nível de base local. (figura 6).

A segunda falha, com cerca de 60km de extensão, tem início no alto vale do rio São João, a oeste da baía de Guaratuba, e segue sentido SSE até

aproximadamente o início do canal do Linguado, no interior da baía da Babitonga, cruzando-se com a primeira falha na altura do centro urbano do município de Garuva. Este cruzamento marca o ponto de inflexão na forma de “cotovelo” do percurso do rio São João, cujo vale se encontra até então encaixado na zona de falha, que passa a seguir a direção NNE, acompanhando a falha maior até a baía de Guaratuba, ao invés de continuar seu sentido original SSE e desaguar na baía da Babitonga, como seria esperado (figura 6).

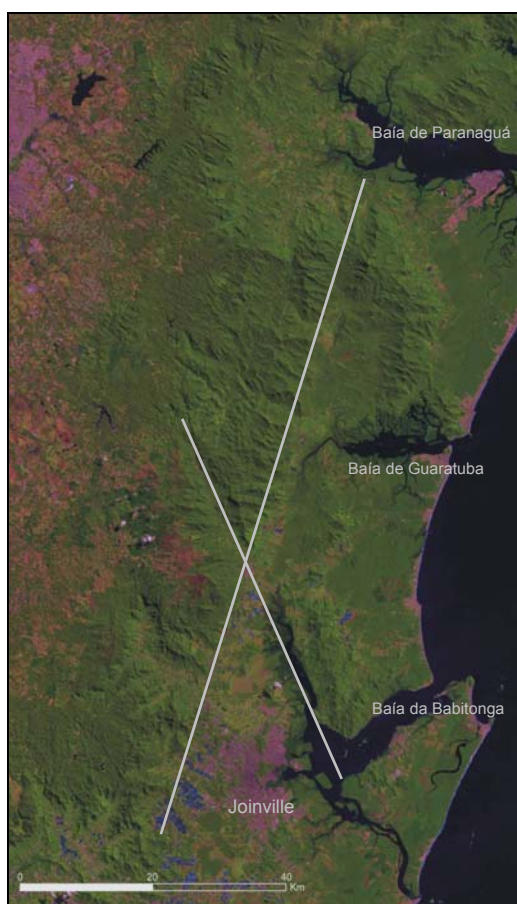


Figura 6: imagem Landsat ETM7 de 02/09/2002, composição RGB bandas 5, 4 e 3, com destaque para as principais falhas geológicas que controlam a macro compartimentação topográfica regional.

O mapeamento geomorfológico produzido pelo GAPLAN (SANTA CATARINA/GAPLAN, 1986) na escala 1:1.000.000, tem como base uma classificação hierárquica dos fatos geomorfológicos em três grandes táxons: os domínios morfoestruturais, as regiões geomorfológicas e as unidades geomorfológicas.

A área da pesquisa está incluída na área de dois grandes domínios morfoestruturais: a Faixa de Dobramentos Remobilizados, em que ocorrem modelados de dissecação, e os Depósitos Sedimentares, em que ocorrem modelados de acumulação. Neste mapeamento, os modelados de dissecação (representados pela letra “D”) podem ser classificados em homogêneos, que correspondem à dissecação fluvial e são definidos pela combinação, através de códigos, das variáveis densidade (letras) e aprofundamento de drenagem (números), e diferenciais, que correspondem à dissecação marcada pelo controle estrutural, definida apenas pela variável aprofundamento de drenagem (números).

O domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados inclui uma única região geomorfológica, as Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Nesta encontram-se as unidades geomorfológicas Serra do Mar e Planalto de São Bento do Sul, que ocorrem nos trechos central e oeste da área da pesquisa, respectivamente. A primeira unidade geomorfológica, Serra do Mar, apresenta-se como um conjunto de cristas e picos, separados por vales profundos em “V” e com encostas íngremes. Caracterizam essa área cotas elevadas, que podem atingir até 1.500m, o que confere significativa amplitude altimétrica aos vales, de até 400m. A unidade Planalto de São Bento do Sul é caracterizada, no trecho da área da pesquisa, pela ocorrência de morros com topos convexos, vales em “V” pouco profundos, cotas altimétricas predominantemente entre 750 e 900m e pequena amplitude topográfica (figura 7).

O domínio Depósitos Sedimentares inclui também uma única região geomorfológica, as Planícies Costeiras, que comporta na área da pesquisa a unidade geomorfológica Planícies Litorâneas. Nesta unidade ocorrem modelados de acumulação fluvial (Af), marinha (Am) e flúvio marinha (Afm). Esta unidade corresponde ao setor leste da área da pesquisa e contém também elevações correspondentes em sua maior parte a relevos residuais. Ainda segundo o mapeamento efetuado pelo GAPLAN, o principal curso d’água da área, o rio Cubatão do Norte, adquire nesta unidade geomorfológica padrão meandrante com formação de extensa planície de inundação (figura 7).

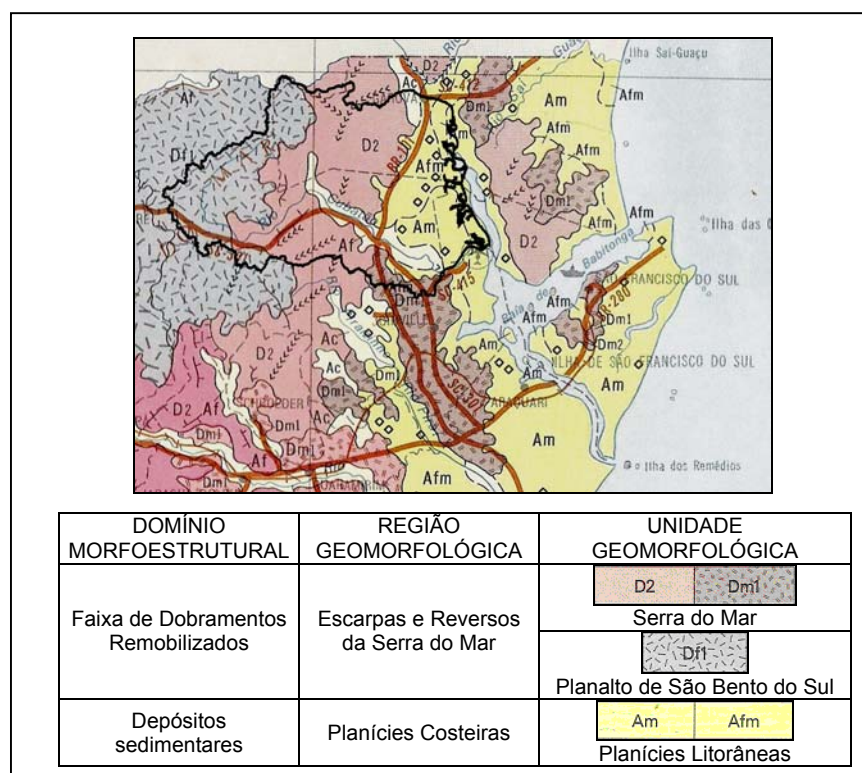


Figura 7: trecho do mapeamento geomorfológico produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Escala 1:1.000.000.

O mapeamento geomorfológico do Complexo Hídrico da Baía da Babitonga elaborado pela Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (FATMA, 2002) na escala 1:100.000, divide a região de Joinville em dois grandes táxon. O primeiro é composto por quatro diferentes Domínios Morfoestruturais que, por sua vez, comportam um segundo táxon, as Unidades Geomorfológicas, que representam “conjuntos de formas de relevo fisionomicamente semelhantes em seus modelados, resultado da atuação de diversos processos morfogenéticos” (p. 09).

Segundo este mapeamento, ocorrem na área da pesquisa os Domínios Morfoestruturais: Embasamento em Estilos Complexos; Rochas Granitoides; Depósitos Sedimentares Quaternários. O táxon Embasamento em Estilos Complexos contém as unidades geomorfológicas Colinas Costeiras, que ocorrem na parte leste da área da pesquisa, e Serras Cristalinas Litorâneas, que incluem toda as áreas elevadas da porção central e oeste da área. O táxon Rochas Granitoides inclui a unidade geomorfológica Serra do Mar e corresponde aos corpos graníticos intrusivos que ocorrem na porção central da área de estudo. Por fim, o táxon Depósitos Sedimentares Quaternários contém as unidades

geomorfológicas Planícies Marinhas, que ocorre justo à faixa de manguezal e adjacências, Planícies Aluviais, que predomina na planície costeira e inclui os vales dos principais rios da região, e Planos e Rampas Colúvio-Aluviais, que ocorrem nos sopés da escara da Serra do Mar do vale do rio Cubatão e na porção centro norte da área da pesquisa, correspondendo à Formação Iqueririm (figura 8).

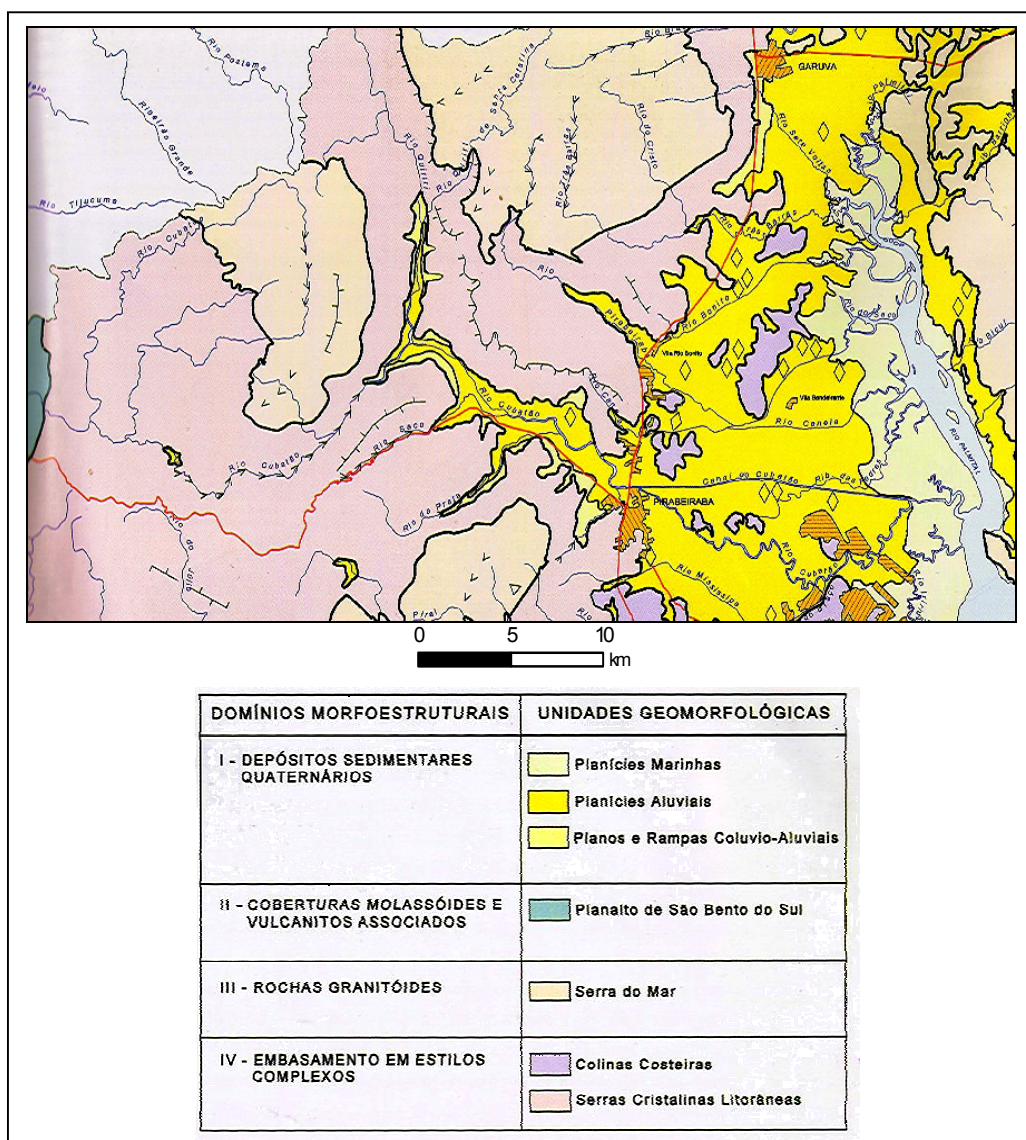


Figura 8: mapeamento geomorfológico elaborado pela FATMA (2002). Escala original 1:100.000.

Caracteriza a área da pesquisa a grande amplitude topográfica observada entre a planície costeira e as áreas mais elevadas na sua porção norte, cujas cotas

altimétricas chegam a variar entre o nível do mar e 1.520m em uma distância linear de aproximadamente 12km. É possível dividir a área da pesquisa em três grandes compartimentos principais: a planície costeira, a leste, a escarpa da Serra do Mar, na porção central e o planalto, a oeste (figura 9).



Figura 9: vistas E-W da planície costeira a partir do canal do Palmital com a escarpa e elevações da Serra do Mar ao fundo. Fotos: F.A.Oliveira, 2006.

O setor que corresponde ao planalto, localizado mais a oeste, compreende extensa área onde predominam pequenas cristas e morros de topos convexos, vales em “V” e simétricos, com amplitude topográfica média de 120m, em cotas que variam entre 780 e 960m, com médio a alto grau de controle estrutural. O divisor de águas no extremo oeste da área de estudo corresponde ao divisor entre as bacias do Leste a bacia hidrográfica do rio Paraná. Na área localizada entre o planalto e as escarpas da Serra do Mar, no centro da área da pesquisa, encontra-se o trecho denominado Serra Queimada, que corresponde à ocorrência de um corpo granítico intrusivo conhecido localmente como granito Dona Francisca (figuras 4, 10 e 11), onde se localizam as cabeceiras do rio Cubatão. Este trecho é composto por vales também em “V” e simétricos com amplitude topográfica média de 200m, em cotas que variam entre 1000 e 1260m, com alto grau de controle estrutural.

No extremo norte da área de estudo encontra-se o trecho denominado Serra do Quiriri, que também corresponde à ocorrência de um corpo granítico intrusivo

conhecido localmente como granito Morro Redondo (figuras 4, 10 e 11), onde se localizam as cabeceiras do rio Quiriri, principal afluente do rio Cubatão. Os vales apresentam-se simétricos e em forma de “V”, com amplitude topográfica média de 260m, em cotas que variam entre 1.000 e 1.300m. Neste trecho encontram-se as maiores altitudes da área de estudo. Na borda oeste do maciço granítico a amplitude topográfica aumenta devido à ocorrência de cotas superiores a 1400m, podendo chegar a valores superiores a 600m, caracterizando-se assim a formação de um patamar ou nível topográfico entre as cotas 700 e 750m anterior ao desnível topográfico abrupto de aproximadamente 550m em direção à planície do rio Quiriri. A borda leste do maciço granítico tem continuidade na frente de escarpa, constituindo desnível topográfico único de até 1.220m em direção à planície costeira.

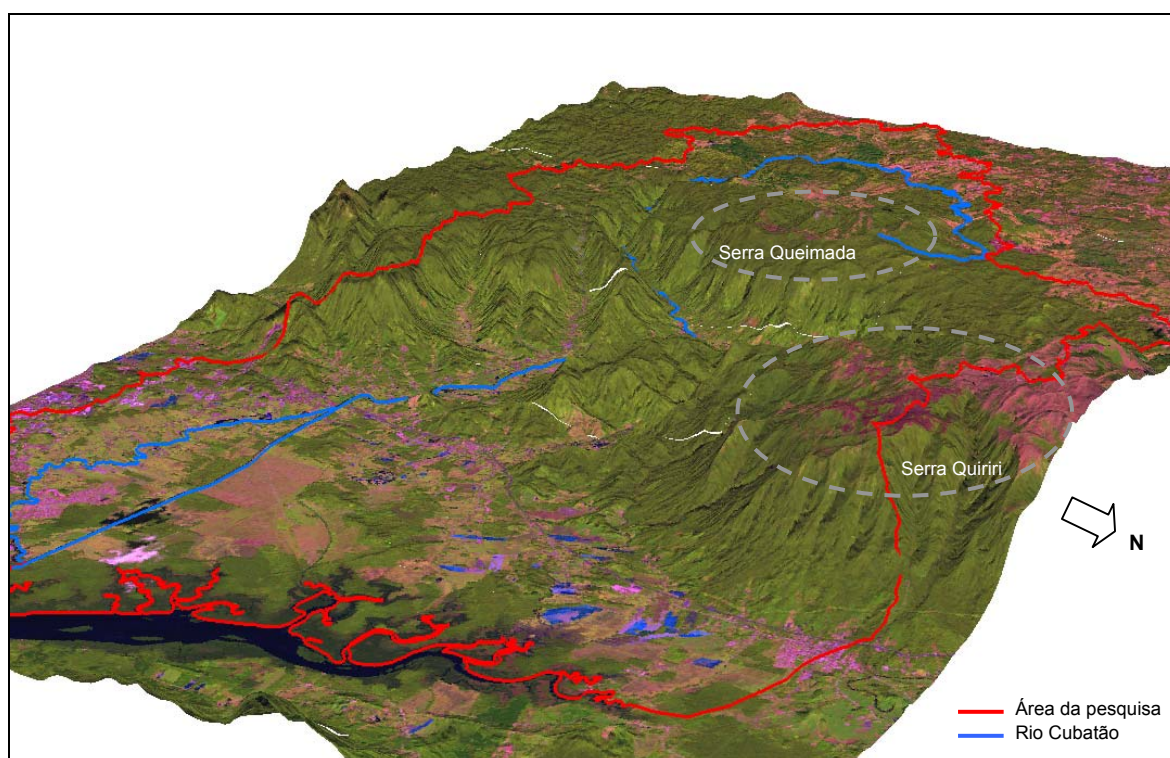


Figura 10: modelo digital do terreno com sobreposição de imagem Landsat ETM7 em composição RGB das bandas 5, 4 e 3, de 02/09/2002. Vista NNE-SSW da área da pesquisa com destaque para as serras Queimada e Quiriri. Escala aproximada 1:300.000. Org.: F.A.Oliveira, 2006.

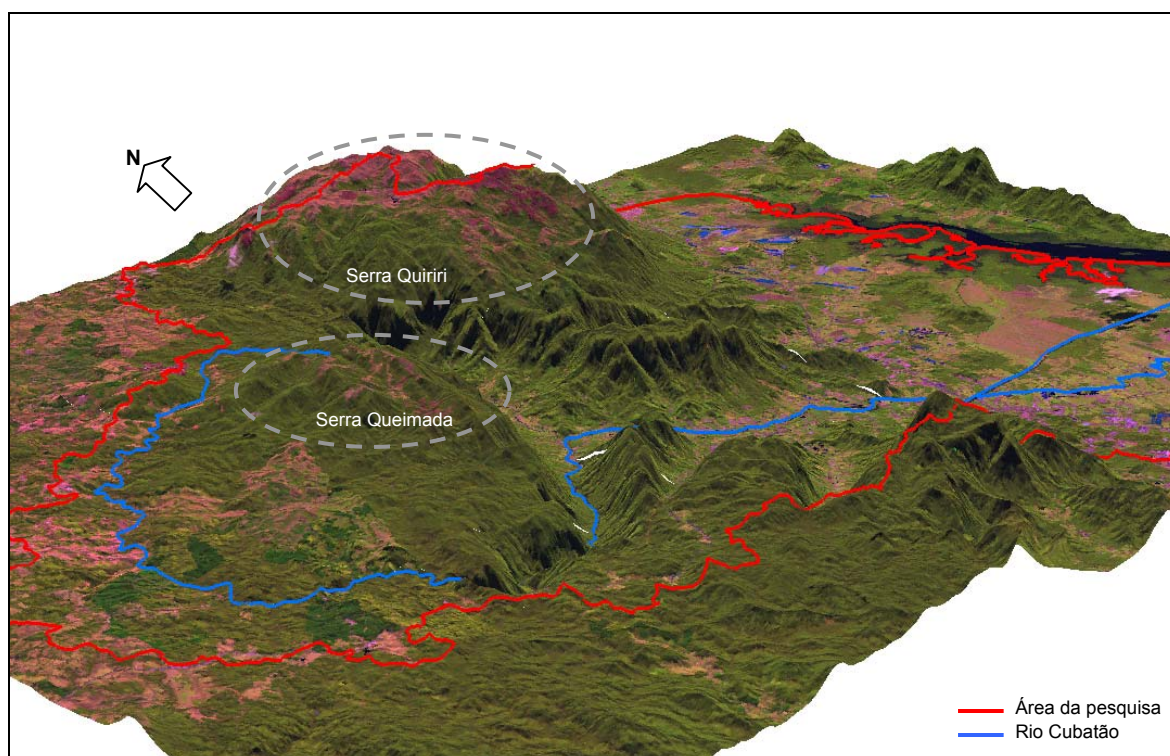


Figura 11: modelo digital do terreno com sobreposição de imagem Landsat ETM7 em composição RGB das bandas 5, 4 e 3, de 02/09/2002. Vista SSW-NNE da área da pesquisa com destaque para as serras Queimada e Quiriri. Escala aproximada 1:300.000. Org.: F.A.Oliveira, 2006.

A escarpa da Serra do Mar é caracterizada por vales profundos, com alto grau de controle estrutural, e pela passagem abrupta de cotas altimétricas ao redor de 800m para cotas de cerca de 100m. A partir da confluência dos rios Cubatão e Quiriri, que ocorre na cota 100m, tem início a planície aluvial do rio Cubatão, que se articula com o terceiro compartimento topográfico, a planície costeira, a aproximadamente a sete quilômetros a jusante da confluência. Ambos trechos compõem os cursos médio e baixo do rio e constituem na verdade um contínuo sem limites precisos, formado por sedimentos gerados pelos processos erosivos na Serra do Mar e sua distribuição por dinâmica fluvial e flúvio-estuarina. No médio vale do rio Cubatão os depósitos sedimentares são constituídos principalmente por *boulders*, matacões, blocos e seixos, muitas vezes contidos em matriz areno-argilosa ou mesmo siltosa, em granulometria decrescente de montante a jusante (OLIVEIRA, 2002).

A planície costeira abrange as áreas de baixas altitudes no entorno da baía da Babitonga, muitas vezes contendo de modo disperso morros e morrotes de topos convexos. A baía da Babitonga constitui um complexo estuarino que, conforme OLIVEIRA (2000), se assemelha às descrições de rias encontrada na literatura, consistindo basicamente em vales de drenagem afogados pela transgressão marinha. Os depósitos quaternários da planície podem estar distribuídos em patamares topográficos diferenciados na forma de terraços e planícies de marés (MAZZER & OLIVEIRA, 2004) (figura 12).

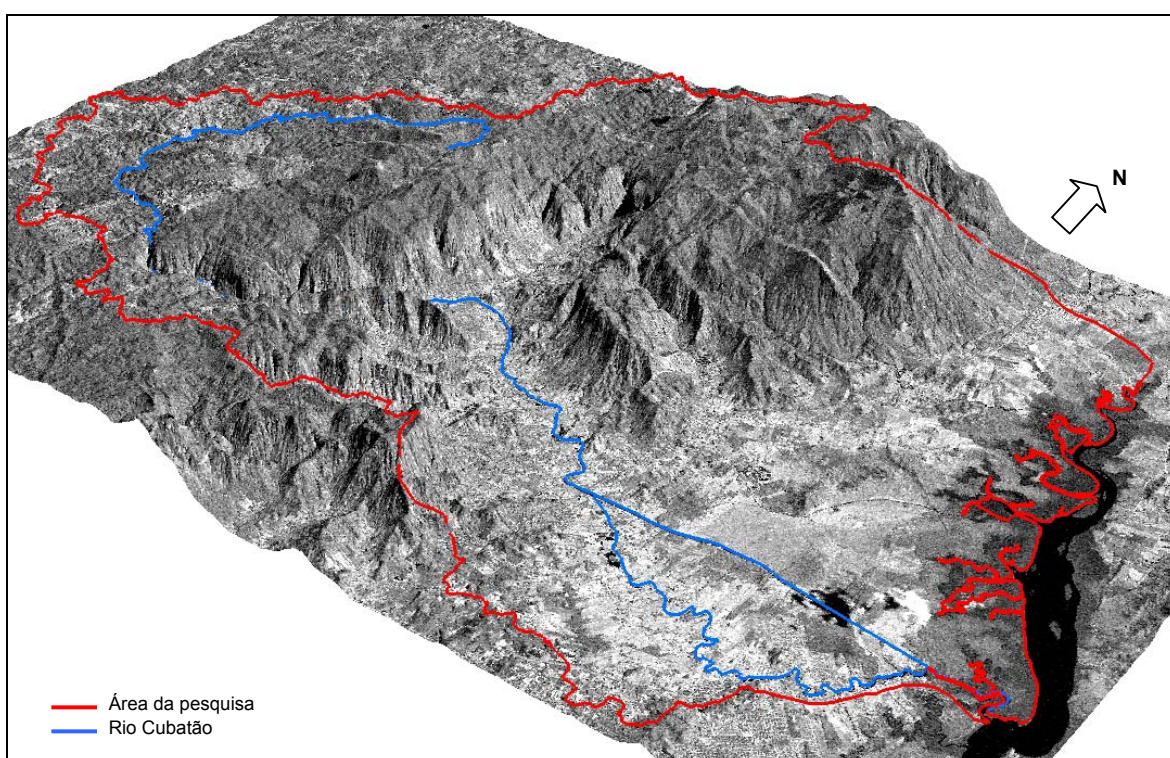


Figura 12: modelo digital do terreno com sobreposição da banda 8 de imagem Landsat ETM7 de 02/09/2002. Vista SE-NW da área da pesquisa com destaque para as planícies costeiras e do rio Cubatão. Escala aproximada 1:300.000. Org.: F.A.Oliveira, 2006.

2.1.3 Contexto Pedológico

A distribuição de solos na região da Baía da Babitonga é fortemente marcada pela compartimentação do relevo e expressiva amplitude topográfica. Há dois mapeamentos pedológicos principais elaborados para a área, em escala pequena e média. Ambos mapeamentos indicam a predominância geral de cambissolos para o conjunto da área da pesquisa.

O novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, publicado pela EMBRAPA em 1999, organiza os diferentes tipos de solos em classes de seis níveis categóricos. Do primeiro ao sexto nível os solos são organizados em Ordens, Subordens, Grandes Grupos, Subgrupos, Famílias e Séries, respectivamente.

São encontrados na área da pesquisa os solos das seguintes ordens, conforme classificação da EMBRAPA (1999):

- Cambissolos – solos pouco desenvolvidos, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. As características destes solos variam muito de local para local em função de das formas do relevo e das condições climáticas, e pode incluir solos de rasos a profundos, de fortemente a imperfeitamente drenados, com horizonte incipiente B (Bi) de textura franco-arenosa ou mais argilosa.
- Neossolos – solos pouco evoluídos, com ausência de horizonte B diagnóstico e com menos de 30cm de espessura, caracterizados pela baixa modificação dos materiais originários em virtude da pequena expressão dos processos pedogenéticos. Incluem solos anteriormente conhecidos como litossolos, regossolos, solos aluviais e areias quartzosas.
- Argissolos – solos marcados pela ocorrência de um horizonte B textural (Bt), com argila de baixa atividade e nítida transição entre os horizontes A e Bt, que pode ser abupta ou gradual. São solos de profundidade variável, de forte a imperfeitamente drenados, com textura que varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila do primeiro para o segundo.

- Espodossolos – solos de profundidade variável, em geral muito pobres, de moderada a fortemente ácidos, com marcado processo de podzolização (queluviação) e desenvolvimento de horizonte B espódico subsequente a horizonte eluvial E ou subjacente a horizonte A. Há nítida diferenciação entre os horizontes. São desenvolvidos principalmente a partir de materiais arenoquartzosos sob condições de umidade elevada, em relevo plano a suave ondulado ou em áreas de depressões.
- Gleissolos – solos hidromórficos, permanente ou periodicamente saturados por água, que apresentam horizonte glei nos primeiros 50cm de sua superfície, ou em profundidade entre 50 e 125cm abaixo de horizontes A ou E, em decorrência do regime de umidade redutor proporcionado por efeito de flutuação de nível do lençol freático. São solos mal ou muito mal drenados, desenvolvidos comumente em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água ou em áreas de terrenos planos de terraços fluviais, lacustres e marinhos, assim como em áreas de depressões.

O mapeamento pedológico elaborado pelo GAPLAN (SANTA CATARINA/GAPLAN, 1986) na escala 1:1.000.000 indica para a área da pesquisa a ocorrência de três ordens: cambissolos, neossolos e solos indiscriminados de mangue. Os cambissolos predominam na planície costeira, onde ocorrem como grande grupo distróficos (Cd), e nos trechos elevados da Serra do Mar e no planalto, onde ocorrem como grande grupo alumínicos (Ca). Os neossolos da subordem litólicos (Ra) são encontrados, segundo este mapeamento, na porção central da área da pesquisa e correspondem às áreas de escarpas e elevações da Serra do Mar. Os solos indiscriminados de mangue (SM) ocorrem junto à faixa de manguezal (figura 13).

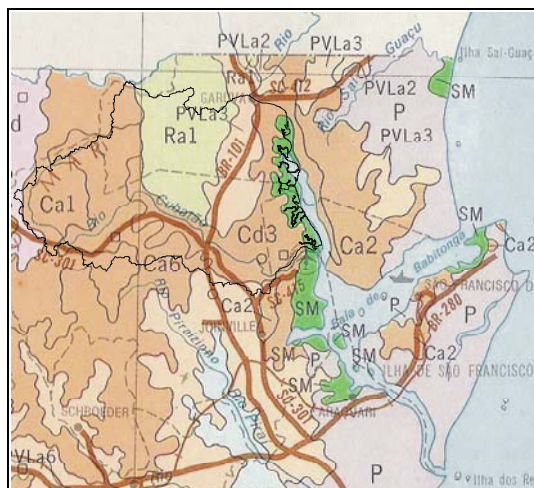


Figura 13: trecho do mapeamento pedológico produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Predominam na área Cambissolos (Ca e Cd), Neossolos litólicos (Ra) e Solos indiscriminados de mangue (SM). Escala 1:1.000.000.

A distribuição de solos na área da pesquisa abrange seis ordens distintas, conforme o mapa de reconhecimento de solos na escala 1:100.000 publicado em 2002 pela DIGEO/SUL do IBGE. Nesta publicação foi utilizada a antiga nomenclatura de solos brasileira, que foi adaptada para novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999). Segundo este mapeamento, ocorrem na área da pesquisa solos das ordens: cambissolos, argissolos, neossolos, solos indiscriminados de mangue, gleissolos e espodossolos.

Os cambissolos ocorrem segundo os grandes grupos alumínico, distrófico, eutrófico e húmico. São encontrados nas planícies aluviais, na planície costeira e sopé da Serra do Mar, assim como nas áreas mais elevadas do planalto.

Os argissolos da subordem vermelho-amarelos ocorrem principalmente nas áreas menos elevadas de relevo suave ondulado do planalto, concentrados nas porções oeste e extremo norte da área de estudo. Os argissolos vermelho-amarelos latossólicos ocorrem nos morros e morrotes da planície costeira.

Os neossolos da subordem litólicos ocorrem essencialmente nos trechos escarpados da Serra do Mar. Os solos indiscriminados de mangue ocorrem ao longo da faixa de manguezal, estando associados a gleissolos e espodossolos de

característica hidromórfica, concentrados ao norte e ao sul da planície costeira, respectivamente.

2.2 Aspectos Climáticos

A região sul do Brasil é considerada por Nimer (1979) como uma das áreas do globo que apresenta a melhor distribuição de chuvas durante o ano. Segundo o autor, os sistemas de circulação atmosférica associados à ocorrência de chuvas atuam de forma mais ou menos semelhante sobre todo o território da Região Sul.

A dinâmica climática local e em nível estadual é regida pelo predomínio durante o verão das massas de ar Equatorial Continental (mEc), Tropical Atlântica (mTa) e, eventualmente, Tropical Continental (mTc). Segundo FATMA (2002), a presença da massa Equatorial Continental (mEc), que tem origem na planície amazônica, promove a ocorrência de temperaturas e umidade elevadas, com intensa precipitação na forma de chuvas de convecção. O efeito orográfico da Serra do Mar promove a ampliação deste fenômeno, em especial entre os meses de dezembro e fevereiro. Já a presença da massa Tropical Atlântica (mTa) é associada à ocorrência de fortes chuvas convectivas, porém de menor intensidade daquelas associadas à massa Equatorial Continental. Quando ocorre o predomínio da massa Tropical Continental (mTc), predomina tempo quente e seco, com pluviosidade reduzida ou nula (FATMA, *op.cit.*).

No inverno, a passagem da Frente Polar Atlântica (FPA) precede a chegada da Massa Polar Atlântica (mPa), que desloca as massas tropicais para o centro e norte do País. As entradas das frentes polares ocorrem em geral com grande intensidade na região de Joinville e são caracterizadas pela incidência de chuvas com trovoadas, seguidas de ar frio e seco (FATMA, 2002).

Diversas classificações climáticas podem ser aplicadas aos tipos e subtipos climáticos que ocorrem na região Sul do Brasil e no Estado de Santa Catarina. Tais classificações procuram associar diferentes parâmetros climáticos, que se traduzem na definição de grupos climáticos principais. Thornthwaite propôs em 1948 uma classificação baseada no “conceito de evapotranspiração potencial, balanço hídrico e um índice de umidade derivado de dados puramente climáticos”

(AYOADE, 1996). Segundo GAPLAN (1986), ocorrem no Estado de Santa Catarina os tipos climáticos super úmido e úmido conforme a classificação de Thornthwaite. Na região de Joinville ocorrem ambos.

No trecho da planície costeira e médio vale do rio Cubatão ocorre o clima super úmido mesotérmico (AB_4ra'), com pouco ou nenhum déficit hídrico e evapotranspiração potencial abaixo de 48%. No trecho de planalto e da Serra do Mar ocorre o clima úmido mesotérmico (B_4B_3ra'), com pouco ou nenhum déficit hídrico e evapotranspiração potencial abaixo de 48% (figura 14).

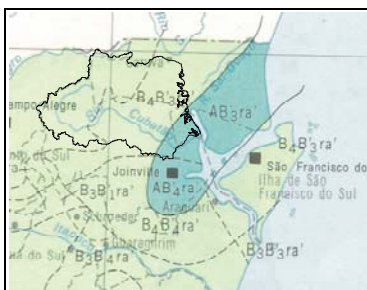


Figura 14: mapeamento elaborado pelo GAPLAN (1986) com distribuição na região de Joinville dos tipos climáticos AB_4ra' e B_4B_3ra' segundo classificação de Thornthwaite (1948). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000.

O modelo de classificação proposto por Köppen, desenvolvido entre 1900 e 1936, abrange cinco grupos principais, subdivididos com base na distribuição sazonal da precipitação e nas características da temperatura. Tal combinação permite a composição de 24 diferentes tipos climáticos. Segundo EPAGRI (2002) ocorrem no Estado de Santa Catarina dois tipos climáticos principais: o clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão quente (Cfa) e o clima temperado chuvoso e moderadamente quente, úmido em todas as estações, com verão moderadamente quente (Cfb). Conforme a classificação de Köppen, são encontrados na área da pesquisa os tipos Cfb , no trecho de planalto e Serra do Mar, e Cfa , no trecho de planície. A ocorrência dos tipos climáticos está relacionada à compartimentação topográfica, fato que influencia a distribuição da precipitação pluviométrica local e regional.

A média de precipitação pluviométrica na região de Joinville é superior a 1700mm, com ocorrência de chuvas de 120 a 180 dias por ano (SANTA CATARINA/GAPLAN, 1986).

Conforme o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina publicado por Ide *et al.* (1980), identifica-se na área região de Joinville – e na área da pesquisa – a ocorrência de médias de precipitação em torno de 1900mm na planície costeira e junto à escarpa da Serra do Mar, que decrescem para oeste, até atingirem valores entre 1400-1500mm no extremo oeste da área da pesquisa (figura 15). Ainda segundo o zoneamento, há um excedente hídrico em torno de 800mm anuais nas áreas da planície costeira, que diminui para 700mm e menos nas áreas elevadas da Serra do Mar e do planalto (figura 16).

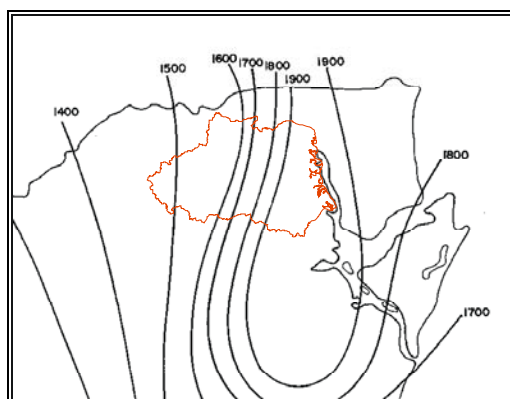


Figura 15: distribuição da precipitação na região de Joinville segundo o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina (IDE *et al.*, 1980). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000.

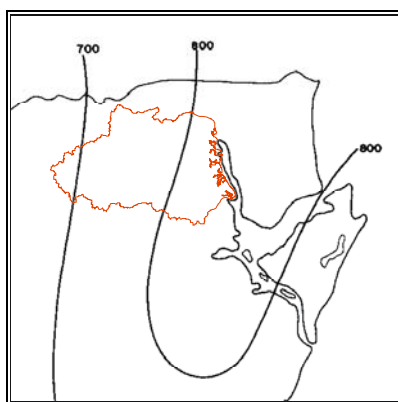


Figura 16: distribuição de excedentes hídricos na região de Joinville segundo o Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina (IDE *et al.*, 1980). Em destaque a área da pesquisa. Escala 1:2.000.000.

2.3 Aspectos Hidrográficos e Hidrológicos

Segundo a compartimentação hidrográfica do Brasil proposta pela ANA³, a área da pesquisa está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Sul, que abrange todo o trecho litorâneo desde as proximidades da divisa dos estados de São Paulo e Paraná, ao norte, até o arroio Chuí, ao sul. Esta região hidrográfica possui uma área total de 185.856 Km², o equivale a 2% da área total do país (figura 17).

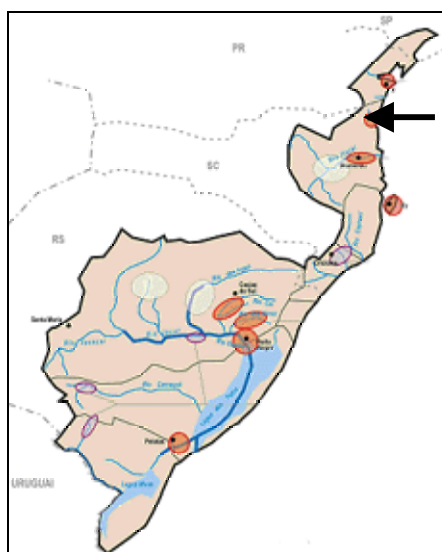


Figura 17: Região Hidrográfica Atlântico Sul, com destaque para a área da pesquisa. Sem escala. Fonte: ANA, 2006.

O primeiro nível da macro compartimentação hidrográfica do Estado de Santa Catarina divide o território estadual em dois grandes setores, segundo orientação dos rios: Vertentes do Atlântico e Vertentes do Interior. O setor Vertentes do Atlântico compreende as áreas cujos cursos d'água fluem para o Oceano Atlântico, ao passo que o setor Vertentes do Interior compreende as áreas cujos cursos d'água fluem para as bacias dos rios Paraná e Uruguai (figura 18). O segundo nível da macro compartimentação hidrográfica do estado divide as bacias hidrográficas em três grupos: Bacias do Sudeste, Bacias do Iguazu e Bacias do Uruguai (figura 19).

³ Informação disponível em <http://www.ana.gov.br/mapainicial/pgMapaJ.asp>. Acesso em 19/07/2006.

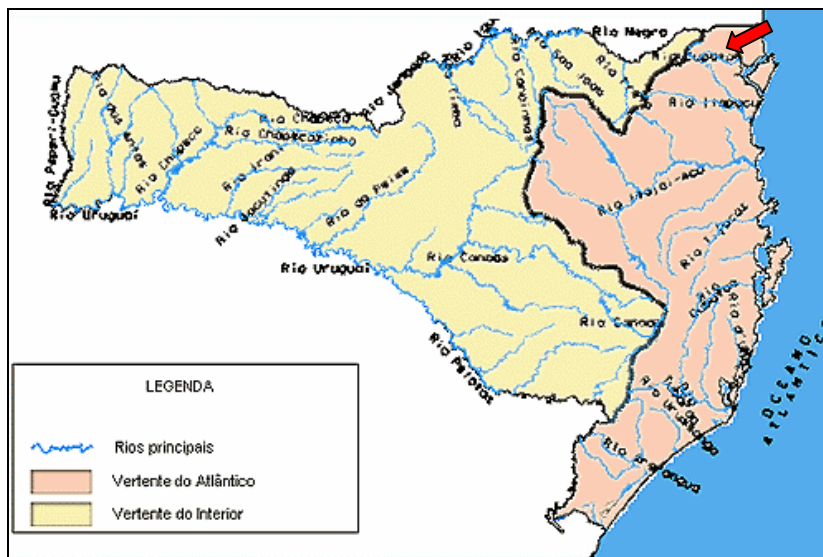


Figura 18: primeiro nível da macro compartimentação hidrográfica do Estado de Santa Catarina. Escala aproximada 1:5.500.000. Destaque para a área da pesquisa.
Fonte: Santa Catarina/SDM, 1999.

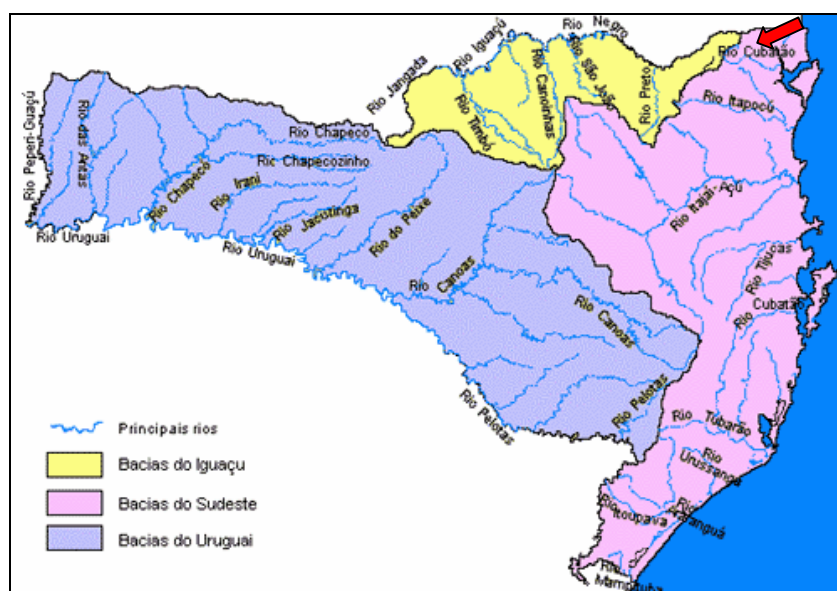


Figura 19: segundo nível da macro compartimentação hidrográfica do Estado de Santa Catarina. Escala aproximada 1:5.500.000. Destaque para a área da pesquisa.
Fonte: Santa Catarina /SDM, 1999.

Segundo divisão hidrográfica do Estado de Santa Catarina proposta pela antiga Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (SANTA CATARINA/SDM, 1999), a área da pesquisa está inserida na Região Hidrográfica 6 – Baixada Norte Catarinense, que por sua vez está incluída nos contextos de macro compartimentação Vertentes do Atlântico e Bacias do Sudeste, compreendendo principalmente a bacia hidrográfica do rio Cubatão do Norte.

A configuração da rede hidrográfica da área da pesquisa apresenta forte controle estrutural, em especial nas áreas elevadas, podendo-se observar nas diferentes unidades variações em termos de padrões (CHRISTOFOLETTI,1980) e propriedades (LIMA,1995). Há uma tendência geral de direcionamento dos canais fluviais no sentido norte-sul e leste-oeste/noroeste-sudeste, segundo lineamentos topográficos descritos por Santana *et al.* (2001). Observa-se nas áreas do planalto e sua transição para a Serra do Mar padrão que varia entre paralelo e retangular, com baixa densidade de drenagem, alto grau de integração, tropia multidirecional, canais em geral retilíneos e assimétricos. Na área conhecida como Serra Queimada, onde se encontram as nascentes do rio Cubatão, o padrão é parcialmente radial. Na escarpa da Serra do Mar e seu entorno o padrão é predominantemente paralelo, com alta densidade de drenagem, alto grau de integração, tropia tridirecional, canais fluviais retilíneos e simétricos. Na área mais ao norte, conhecida como Serra do Quiriri, o padrão é dendrítico. Por fim, na planície costeira o padrão é paralelo nos trechos próximos à Serra do Mar, passando a meandrante, com baixa densidade de drenagem, alto grau de integração, tropia em geral unidirecional, canais fluviais simétricos (figura 20).

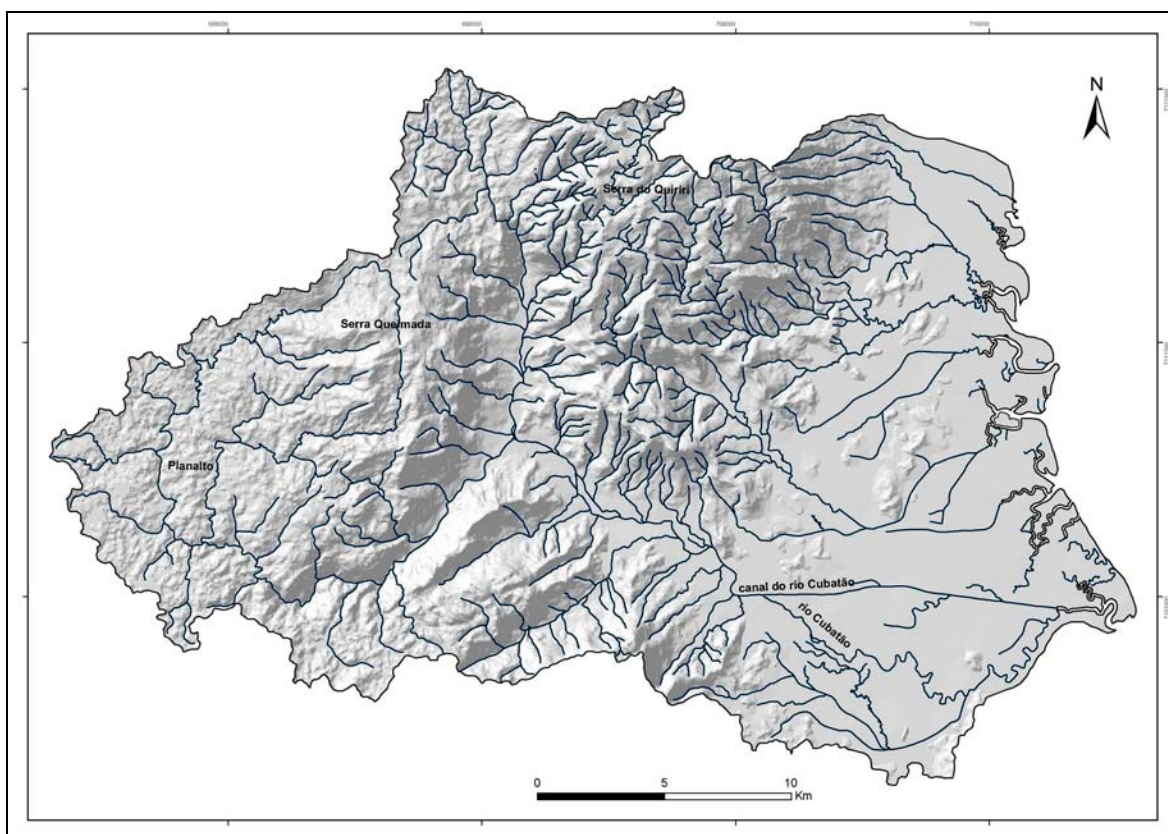


Figura 20: rede hidrográfica da área da pesquisa em modelo digital do terreno.

O setor de contribuição hidrográfica da baía da Babitonga localizado na margem oeste do canal do Palmital, com 742,06 km², e delimitado de forma geral como área da pesquisa, é composto por dez diferentes bacias hidrográficas, que correspondem aos rios (na seqüência sul-norte): Braço, Cubatão, Canela, Pirabeiraba, Bonito, Turvo, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e Onça. O rio do Braço é afluente do rio Cubatão no seu baixo curso. Assim, as áreas de ambos são somadas para efeito de cálculo da área total da bacia hidrográfica do rio Cubatão.

A delimitação individual destas bacias hidrográficas revela que a somatória de suas áreas (684,76 km²) é inferior ao total da área geral da pesquisa (742,06 km²). A diferença (57,3 km²) se explica pelo fato de que os baixos cursos de todos os rios se encontram em áreas muito baixas e planas, caracterizada por grande número de canais secundários, que não fazem parte de suas bacias hidrográficas (figura 21). Já a grande diferença observada na delimitação da bacia hidrográfica do rio Canela se deve ao desvio que este rio sofreu na década de 1970, para se tornar afluente do rio Pirabeiraba. Todo o seu baixo curso passou, assim, a constituir canal independente em ambiente de planície costeira e de maré, não considerado nesta pesquisa (figuras 20 e 21).

O baixo curso do rio Cubatão é caracterizado pela existência de um canal artificial de derivação com pouco menos de 12km de extensão, construído na década de 1950 como forma de se diminuir os constantes transtornos ocasionados pelas cheias do rio. Desta forma, a configuração da bacia hidrográfica do rio Cubatão em seu baixo curso foi alterada, passando a incorporar novas áreas da planície costeira (figuras 21 e 22).

Dentre as maiores bacias hidrográficas da área da pesquisa destaca-se a bacia do rio Cubatão, com 480,69 km², que corresponde a 70,2% do total da área do conjunto de bacias (684,76 km²), assim como as bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras, com 58,20 km² e 53,34 km², que correspondem a 8,50% e 7,79% da área, respectivamente. As demais bacias correspondem a áreas que variam entre 3,4% e 1,6% do total (figura 23).

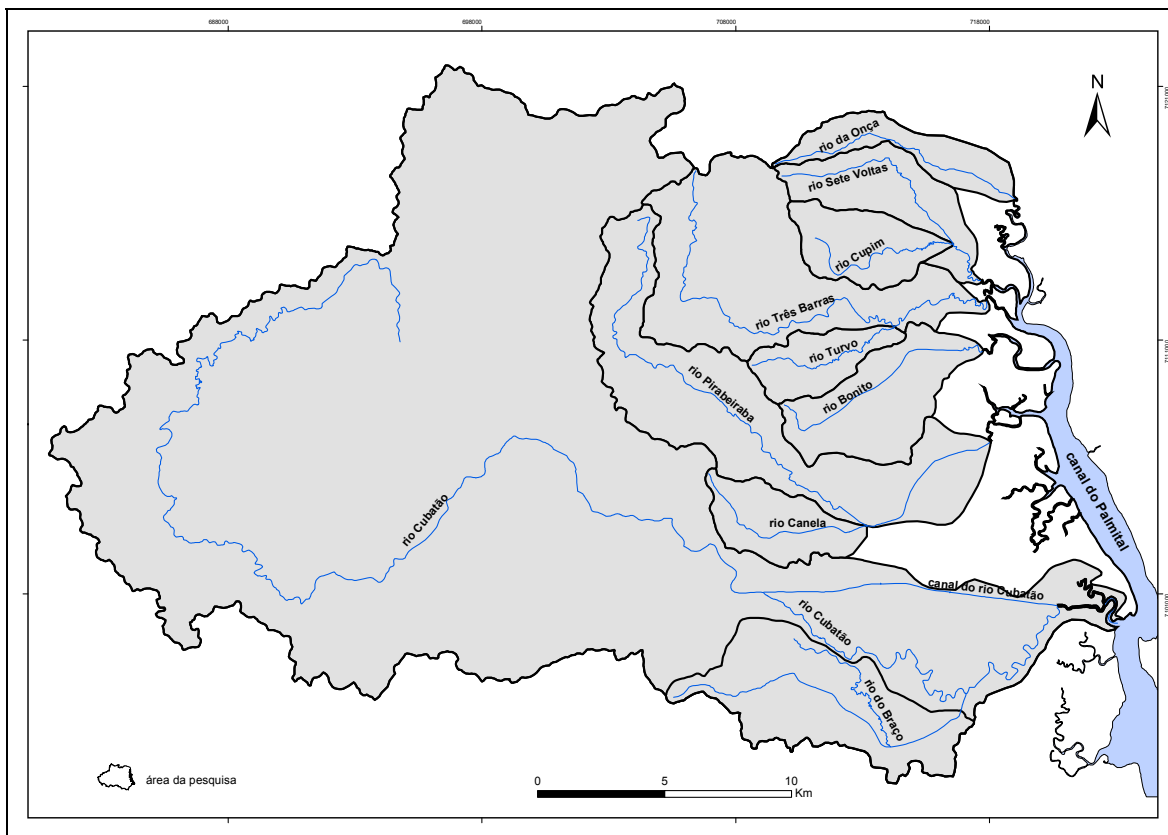


Figura 21: delimitação das bacias hidrográficas da área da pesquisa com rios principais.



Figura 22: vistas aéreas do canal de derivação do rio Cubatão nos sentidos jusante (esquerda) e montante (direita), nos pontos de sua separação e reunião ao leito natural do rio, respectivamente. Fotos: F.A. Oliveira, 2006.

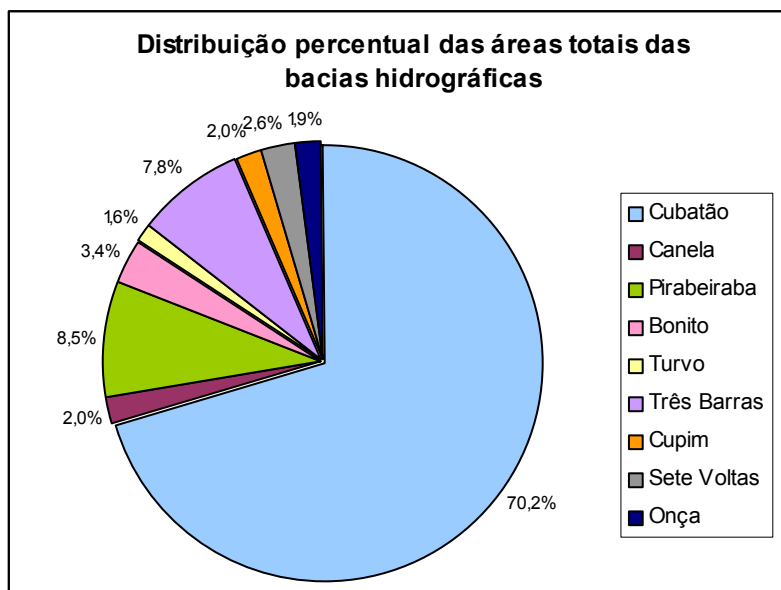


Figura 23: distribuição percentual das áreas totais das bacias hidrográficas da área da pesquisa.

Devido à dificuldade ou mesmo impossibilidade de operacionalização dos procedimentos de medições de vazões e coletas de amostras de água para quantificação de carga sedimentar em suspensão nas áreas baixas sujeitas a regime de marés, efetuou-se uma segunda delimitação das bacias hidrográficas, representadas pelas áreas localizadas a montante dos pontos em que se realizaram as medidas e coletas. Constituiu-se, assim, a configuração real dos trechos das bacias hidrográficas efetivamente avaliados nesta pesquisa, cuja somatória corresponde a uma área total de 586,60 km² (figura 24), menor, portanto, que a somatória das áreas completas do conjunto de bacias (684,76 km²), que por sua vez é inferior à área geral da pesquisa (742,06 km²) (figura 25). Com esta nova delimitação observa-se que as bacias do rio Cubatão e de seu afluente no baixo curso, o rio do Braço, passam a constituir unidades independentes (figura 24).

Nesta última delimitação, a proporção da distribuição percentual geral das áreas estudadas das bacias se mantém, com exceção da bacia do rio Bonito, que sofre significativa redução. Há também uma alteração nos percentuais das bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras, que trocam de posição como segunda e terceira maior bacia da área em virtude da diminuição de área da bacia do rio Pirabeiraba (quadro 1).

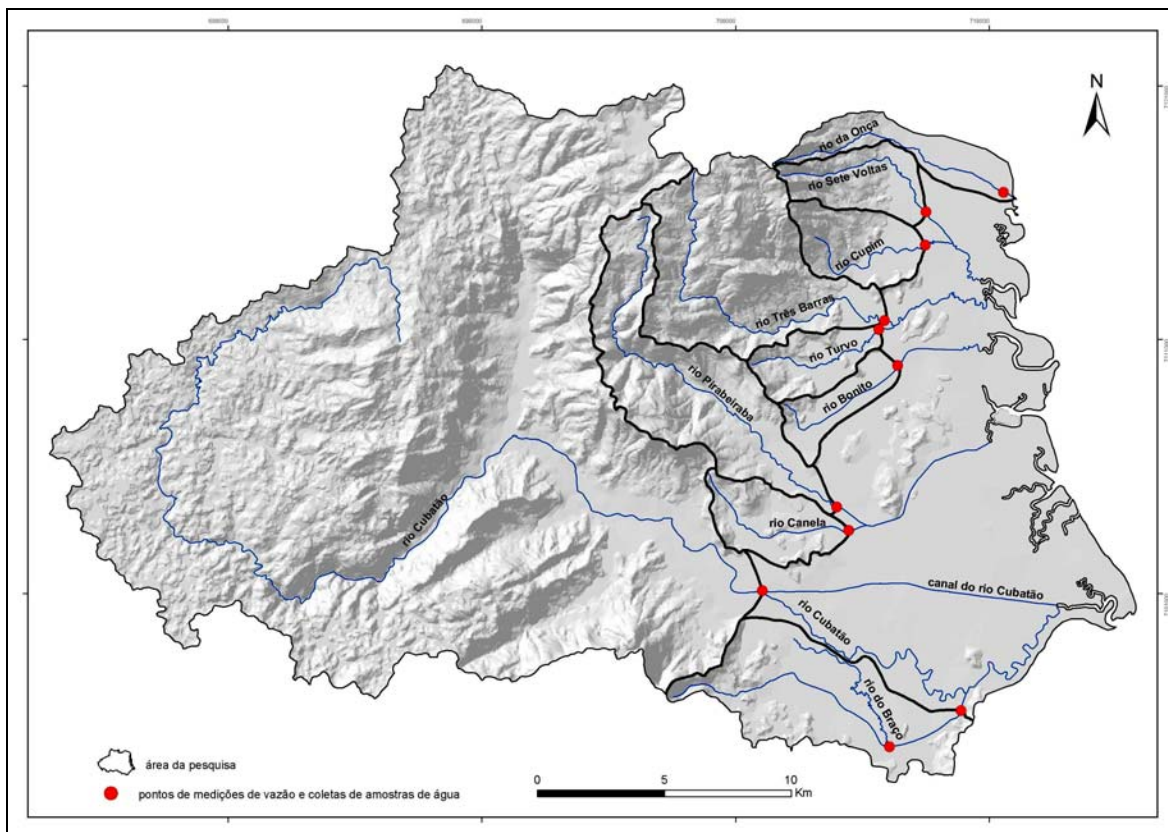


Figura 24: área efetiva de estudo que corresponde à delimitação das bacias hidrográficas a montante dos pontos de medições de vazão e coletas de amostras de água.

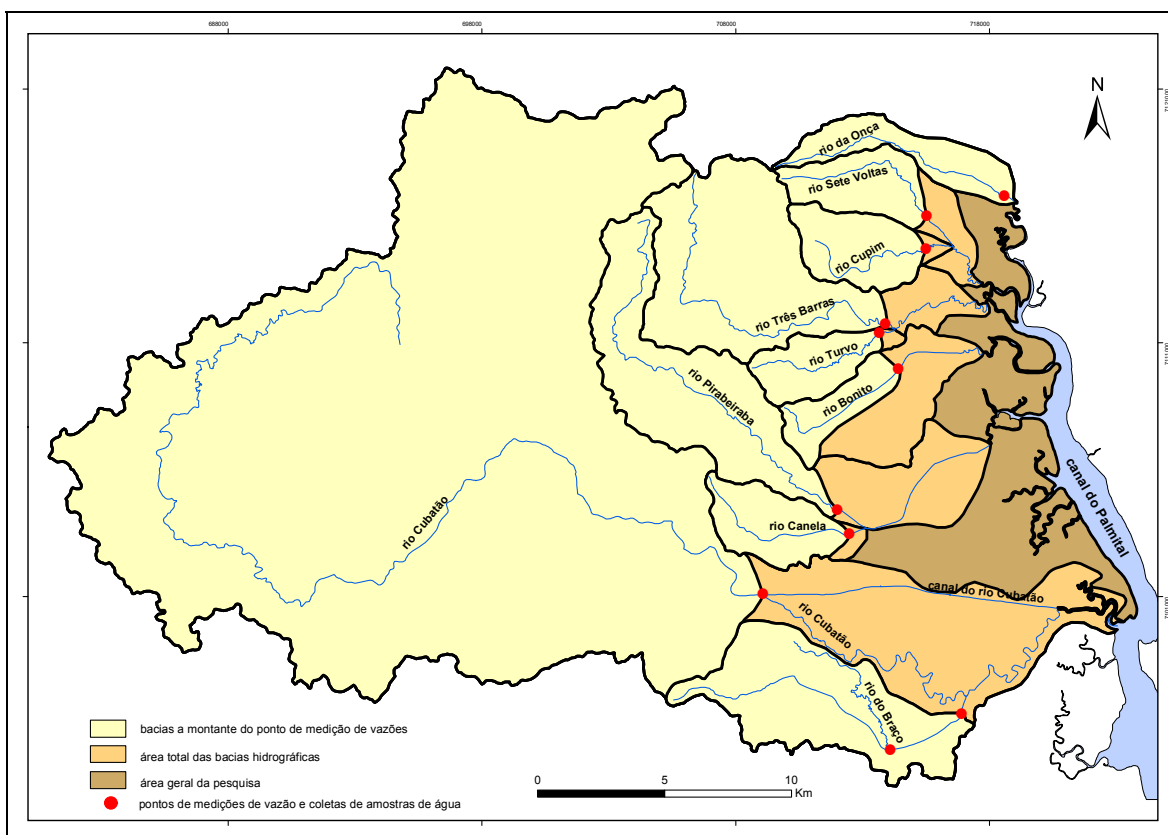


Figura 25: comparativo da delimitação das áreas totais (em amarelo) e aquelas efetivamente estudadas (em bege) das bacias hidrográficas, sobrepostas à área geral da pesquisa, com os respectivos rios principais.

Quadro 1: comparativo entre as áreas totais das bacias hidrográficas e comprimentos totais dos rios com os valores dos trechos efetivamente estudados, localizados a montante dos pontos de medição de vazões e coletas de amostras de água.

rio	área da bacia (km ²)				comprimento do rio principal (km)		área de cabeceiras	declividade
	total	% total	estudada	% total	total	estudado	cota (m)	%
(Cubatão + Braço)	-	-	430,29	73,35	-	-	-	-
Braço	-	-	36,06	6,15	12,54	11,83	19	0,10
Cubatão	480,69	70,20	394,23	67,21	87,62	61,22	1160	1,32
Canela	13,98	2,04	12,90	2,20	7,87	7,17	201	2,55
Pirabeiraba	58,20	8,50	40,18	6,85	27,52	19,69	1188	4,32
Bonito	23,19	3,39	8,27	1,41	10,12	6,03	157	1,55
Turvo	10,69	1,56	10,04	1,71	7,23	6,56	258	3,57
Três Barras	53,34	7,79	46,85	7,99	23,87	17,32	1312	5,50
Cupim	13,97	2,04	13,10	2,23	8,05	6,50	436	5,41
Sete Voltas	18,00	2,63	12,27	2,09	12,03	7,57	1088	9,05
Onça	12,70	1,85	12,70	2,16	10,81	10,81	1194	11,04
(canal do Cubatão)	-	-	-	-	11,81	-	-	-
TOTAL	684,76		586,60		-	-	-	-

Quanto à amplitude topográfica dos rios estudados, que está vinculada à cota onde se localizam as áreas de cabeceiras (quadro 1), pode-se dividir as bacias hidrográficas em dois grandes grupos referentes a amplitudes maiores ou menores que 1000 metros. O primeiro grupo inclui os rios Cubatão, Pirabeiraba, Três Barras, Sete Voltas e Onça, com áreas de cabeceiras localizadas entre as cotas 1088 e 1194m, com exceção do rio Três Barras, cujas nascentes se encontram na cota 1312m. O segundo grupo apresenta-se mais heterogêneo, com áreas de cabeceiras localizadas entre as cotas 19 (rio do Braço) e 436m (rio Cupim), estando os valores centrais situados entre 157 e 258m.

Dentre os rios do primeiro grupo, observa-se que quase todos apresentam perfis longitudinais semelhantes, guardadas as diferenças quanto ao seu comprimento total. Exceção é feita ao rio Cubatão, cujo perfil apresenta um patamar topográfico entre as cotas 700 e 800m, a aproximadamente 20km de suas nascentes, e uma brusca mudança de declividade entre as cotas 700 e 100m, a cerca de 35km de seu local de origem (figura 26).

Já quanto à declividade do rio principal, pode-se dividir o conjunto de bacias em cinco grupos referentes a valores inferiores a 1% (rio do Braço), entre 1% e 2%

(rios Cubatão e Bonito), entre 2% e 4% (rios Canela e Turvo), entre 4% e 6% (rios Pirabeiraba, Cupim e Três Barras) e superiores a 9% (rios Sete Voltas e Onça) (quadro 1).

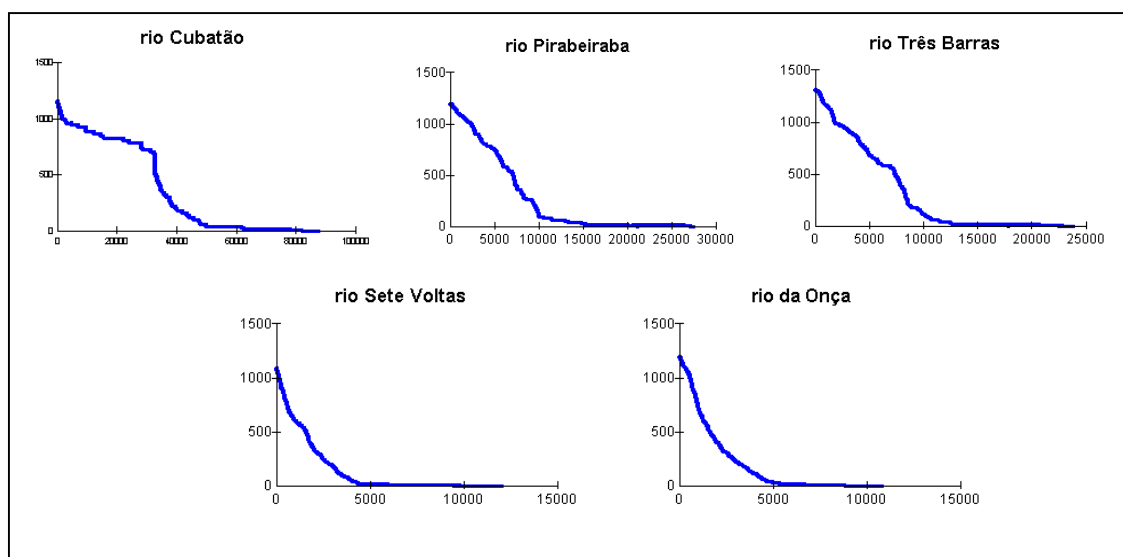


Figura 26: perfis longitudinais dos rios Cubatão, Pirabeiraba, Três Barras, Sete Voltas e Onça, cujas nascentes se encontram em cotas superiores a 1.000m. Distâncias em metros.

A bacia hidrográfica do rio Cubatão contém ao menos quatro importantes sub-bacias, dos rios: Campinas, Quiriri, Prata e Braço (figura 27). O rio Campinas é segundo maior afluente do rio Cubatão, localizado em seu alto curso, tendo ambos a característica de possuir áreas de cabeceiras situadas em setor sob forte controle estrutural e distantes apenas cerca de 220m entre si (quadro 2). O rio Quiriri é o maior afluente do rio Cubatão e apresenta a maior amplitude topográfica de toda a área da pesquisa, assim como significativa declividade (6,70%), considerado o conjunto de rios estudados (quadros 1 e 2). Sua foz marca o início do médio curso do rio Cubatão. Os rios da Prata e do Braço localizam-se no médio e baixo curso do rio Cubatão, respectivamente, e constituem sub-bacias com características bastante distintas. Enquanto o rio da Prata apresenta significativos gradiente topográfico e declividade, o rio do Braço constitui um típico rio de planície, com área de cabeceiras localizada na planície aluvial do rio Cubatão, em cota inferior a 20m. Este é seguramente o rio mais impactado de toda a área da pesquisa, recebendo grande parte da carga de

efluentes originados no distrito industrial de Joinville e sendo abastecido em seu médio curso por águas do próprio rio Cubatão, através de bombeamento. Destaca-se como seu afluente principal o rio Mississipe.

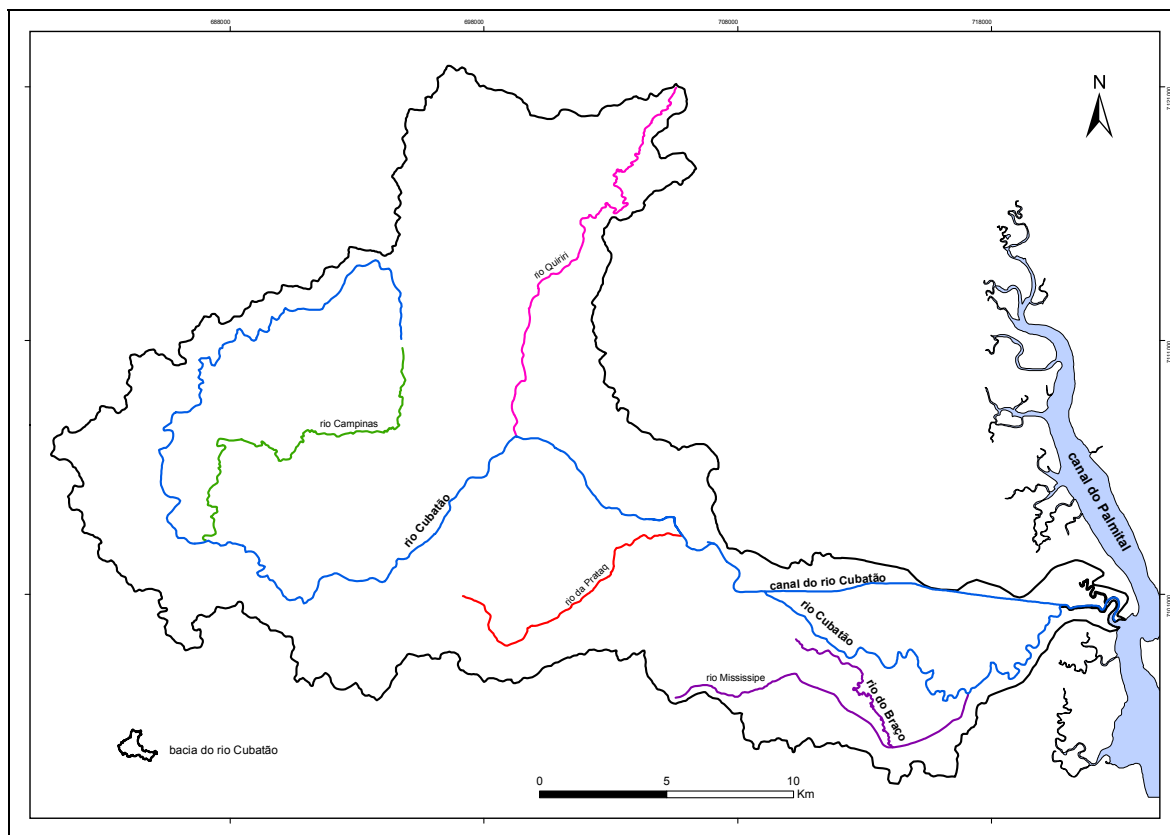


Figura 27: bacia hidrográfica do rio Cubatão com seus principais afluentes.

Quadro 2: comparativo entre comprimentos totais, cotas de cabeceiras e de foz, amplitude topográfica e declividade dos principais rios da bacia do rio Cubatão.

rio	comprimento (km)	cota cabeceiras (m)	cota foz (m)	amplitude topográfica (m)	declividade (%)
Cubatão	87620	1160	0	1160	1,32
Campinas	18524	1149	780	369	1,99
Quiriri	20303	1460	100	1360	6,70
Prata	12140	748	40	708	5,83
Braço	12536	19	6	13	0,10
Mississipe	10336	410	10	400	3,86

Devido às suas dimensões e às diferentes características de suas sub-bacias, o comportamento hidrológico interno da bacia do rio Cubatão é, a princípio, bastante distinto das demais bacias estudadas.

2.4 Aspectos Fitogeográficos

O estudo da vegetação compreende, segundo Rizzini (1997), três aspectos principais: fisionomia, estrutura e composição. A fisionomia diz respeito à aparência da vegetação, que resulta do conjunto das formas de vida presentes nas plantas predominantes. A estrutura refere-se à ordenação das formas de vida que compõem a vegetação e que se faz de maneira estratificada, sendo característica das florestas. Já a composição indica o tipo de flora envolvida.

Conforme o autor, as unidades fitogeográficas do Brasil podem ser divididas em dois grandes conjuntos vegetacionais: os homogêneos e os heterogêneos. A cobertura vegetal da área da pesquisa é composta por conjuntos vegetacionais homogêneos, que incluem a floresta pluvial atlântica.

Segundo DNIT/IME (2004), o complexo ambiental da baía da Babitonga abriga frações significativas dos ecossistemas associados ao domínio dos mares de morros originalmente florestados do Brasil Tropical Atlântico (Mata Atlântica) e a maior concentração de manguezais do estado de Santa Catarina (cerca de 6200 ha), que representa um dos últimos remanescentes deste porte no limite austral da América do Sul e está, em grande parte, concentrado nas orlas do canal do Palmital.

A cobertura vegetal na área da pesquisa encontra-se bem preservada em sua estrutura e fitofisionomia nas escarpas da Serra do Mar e adjacências, estando parte significativa da planície costeira ocupada por áreas agrícolas e, em menor proporção, por áreas urbanizadas.

A distribuição da cobertura vegetal na região da Baía da Babitonga pode ser descrita segundo diferentes publicações, que propõem classificações semelhantes em sua essência, porém não idênticas.

O mapa da cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina, produzido pelo GAPLAN (1986) na escala 1:1.000.000, define *regiões* de ocorrências de diferentes tipos de cobertura vegetal, dividindo ainda as ocorrências em naturais e antrópicas. Conforme este mapa, encontram-se na área da pesquisa tipos de vegetação relacionados às regiões das Florestas Ombrófila Densa e Mista (quadro 3, figura 28).

Quadro 3: regiões de ocorrências de cobertura vegetal segundo GAPLAN (1986).

Região da Floresta Ombrófila Densa	
(Cobertura vegetal natural)	(Cobertura vegetal antrópica)
Db - Floresta das Terras Baixas	Vss -Vegetação secundária, sem palmeiras
Dm - Floresta Montana	Acc - Agricultura, culturas cíclicas
DI - Floresta Alto Montana	
Região da Floresta Ombrófila Mista	
(Cobertura vegetal natural)	
Mm - Floresta Montana	

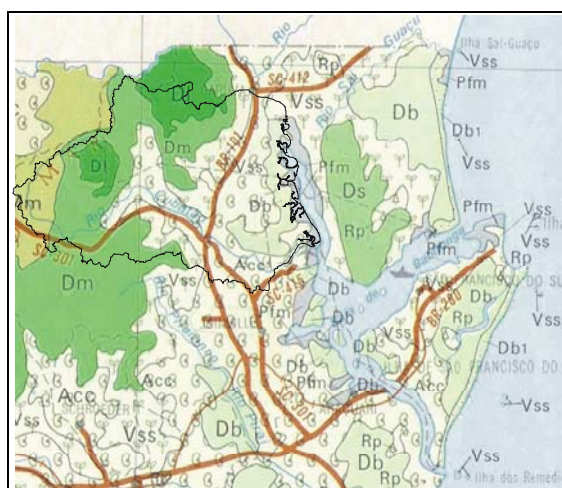


Figura 28: trecho do mapa de cobertura vegetal do Estado de Santa Catarina produzido pelo GAPLAN (1986), com destaque para a área da pesquisa. Escala 1:1.000.000.

Já conforme o sistema de classificação fitofisionômica da vegetação brasileira proposto pelo IBGE (1992), ocorrem na área da pesquisa quatro diferentes tipos de vegetação (ou quatro diferentes regiões fitoecológicas), que incluem oito tipos de formações (quadro 4). Segundo Reis (1996 *apud* OLIVEIRA, 2000), há uma tendência de classificar as tipologias florestais Floresta Ombrófila Densa da Encosta Atlântica e Floresta Ombrófila Mista como Domínio da Mata Atlântica.

Quadro 4 – Características gerais da vegetação da área de estudo segundo regiões fitoecológicas e tipos de formação. Fonte: compilado de Oliveira (2000) e parcialmente adaptado com base em IBGE (1992).

Tipo de Vegetação (ou região fitoecológica)	Formação	Características gerais e indicadores florísticos
Floresta Ombrófila Densa	Floresta das Terras Baixas	Recobre as planícies quaternárias costeiras fluviais e flúvio-marinhas, até aproximadamente 30m de altitude. Pouco desenvolvida e pouco densa, com predomínio do olandim (<i>Calophyllum brasiliense</i>), figueira-do-mato (<i>Ficus organensis</i>), cupiúva (<i>Tapirira guianensis</i>), canela-garuva (<i>Nectandra rigia</i>), entre outros.
	Floresta Submontana	Fanerófitos com alturas uniformes de alto porte ocupam relevo montanhoso com solos medianamente profundos
	Floresta Montana	Situada entre 500 e 1.000m de altitude ao longo da Serra do Mar, com domínio de canelas e de coniferales <i>Podocarpus</i> , que se instalam sobre solos delgados.
	Floresta Alto Montana	Abrange as encostas superiores da Serra do Mar, acima de 1.000m de altitude, sobre solos litólicos. Área de ocorrência da “mata nuvígena ou mata nebular”, com formações arbóreas mesofanerofíticas, com destaque para as espécies gramimunha (<i>Weinmannia humilis</i>), camboim (<i>Siphoneugema reitzii</i>), além de congonhas, arazais, taquarais, entre outros.
Floresta Ombrófila Mista	Floresta Montana	Caracterizada pela presença do pinheiro-do-paraná (<i>Araucaria angustifolia</i>) no estrato superior, com sub-bosque dominado por lauráceas (imbuías, canelas). Situa-se nas áreas de planalto, em altitudes superiores a 1.000m.
Savana	Estepe (Campos de Altitude)	Amplas formações de gramíneas, ciperáceas e grupos esparsos de arbustos e árvores que se desenvolvem em altitudes geralmente superiores a 1.200m, em terrenos geralmente aplainados.
Áreas das Formações Pioneiras	Influência Marinha (restinga)	Predomínio de guamirins (<i>Eugenia catharinae</i> , <i>E. umbelliflora</i> , <i>Gomidesia palustris</i>), e cambuí (<i>Myrcia multiflora</i>) entre outros, formando agrupamentos arbustivos, além de grande variedade de bromeliáceas e cactáceas, ocorrendo em solos arenosos mais firmes e menos ondulados
	Influência Flúvio-marinha (manguezal)	Predomínio da siriúba (<i>Avicennia schaueriana</i>), mangue branco (<i>Laguncularia racemosa</i>), mangue vermelho (<i>Rhizophora mangle</i>), capins praturás (<i>Spartina densiflora</i>), além de algodoeiro-de-praia (<i>Hibiscus tiliaceus</i>) e samambaia-do-mangue (<i>Acrostichum danaeifolium</i>), em formações desenvolvidas sobre solos submetidos aos efeitos da maré.

Por sua vez, o mapa fitoecológico na escala 1:100.000 produzido pela DIGEO/SUL do IBGE em 2002 para o Projeto de Gerenciamento Costeiro do Estado de Santa Catarina, referente à folhas SG-22-Z-B-I e SG-22-Z-B-II, apresenta um sistema de classificação fitoecológica composto por cinco elementos: região, sub-regiões, grupos, formações e sub-formações (quadro 5).

Quadro 5: seleção das ocorrências na área da pesquisa dos elementos da proposta de classificação fitoecológica da DIGEO/SUL do IBGE (2002) para as folhas SG-22-Z-B-I e SG-22-Z-B-II.

Código	Região	Sub-região	Grupo	Formação	Sub-formação	Cota
DbAfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento fluvial ou aluvionar	Florestal	Alta	< = 30 m
DbHfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento marinho	Florestal	Alta	< = 30 m
DbKfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento colúvio-aluvionar	Florestal	Alta	< = 30 m
DbMfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Rocha metamórfica	Florestal	Alta	< = 30 m
DbUfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento flúvio-marinho	Florestal	Alta	< = 30 m
DbUpa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento flúvio-marinho	Pioneira	Arbórea	< = 30 m
DsMfa	Floresta Ombrófila Densa	Submontana	Rocha metamórfica	Florestal	Alta	30 - 400 m
DsRfa	Floresta Ombrófila Densa	Submontana	Rocha granitóide	Florestal	Alta	30 - 400 m
DmKfa	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Sedimento colúvio-aluvionar	Florestal	Alta	400 - 1000 m
DmMfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Rocha metamórfica	Florestal	Baixa	400 - 1000 m
DmRfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Rocha granitóide	Florestal	Baixa	400 - 1000 m
DmWfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Coberturas molassóides e vulcanitos	Florestal	Alta	400 - 1000 m
DIRrb	Floresta Ombrófila Densa	Alto Montana	Rocha granitóide	Refugiada	Arbustiva	> = 1000 m

Toda a área mapeada está incluída em uma única região, a Floresta Ombrófila Densa. O elemento Grupos diz respeito à divisão geológica da área, elaborada pelo mesmo órgão e para o mesmo projeto. Os elementos Sub-região, Formação e Sub-formação detalham de modo mais efetivo a cobertura vegetal da área mapeada (figura 29).

O Atlas Ambiental da Região de Joinville (FATMA, 2002) indica que “o Complexo Hídrico da Baía da Babitonga encontra-se na chamada Zona de Domínio da Mata Atlântica, que se estende ao longo da costa do Brasil, desde o Rio Grande do Sul até o Rio Grande do Norte. Nela estão incluídas formações florestais e outros ecossistemas associados(...)”. Desta forma, segundo a publicação, ocorrem na área da pesquisa as classes Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista, assim como manguezais, restingas e campos de altitude.

Conforme a publicação, a denominação Mata Atlântica diz respeito ao que se conhece tecnicamente como Floresta Ombrófila Densa, que ocorre em regiões sujeitas a altas precipitações pluviométricas e elevadas temperaturas médias, caracterizada por grande concentração de espécimes vegetais e pela presença de muitos indivíduos, em ambiente sombreado e com bastante umidade.

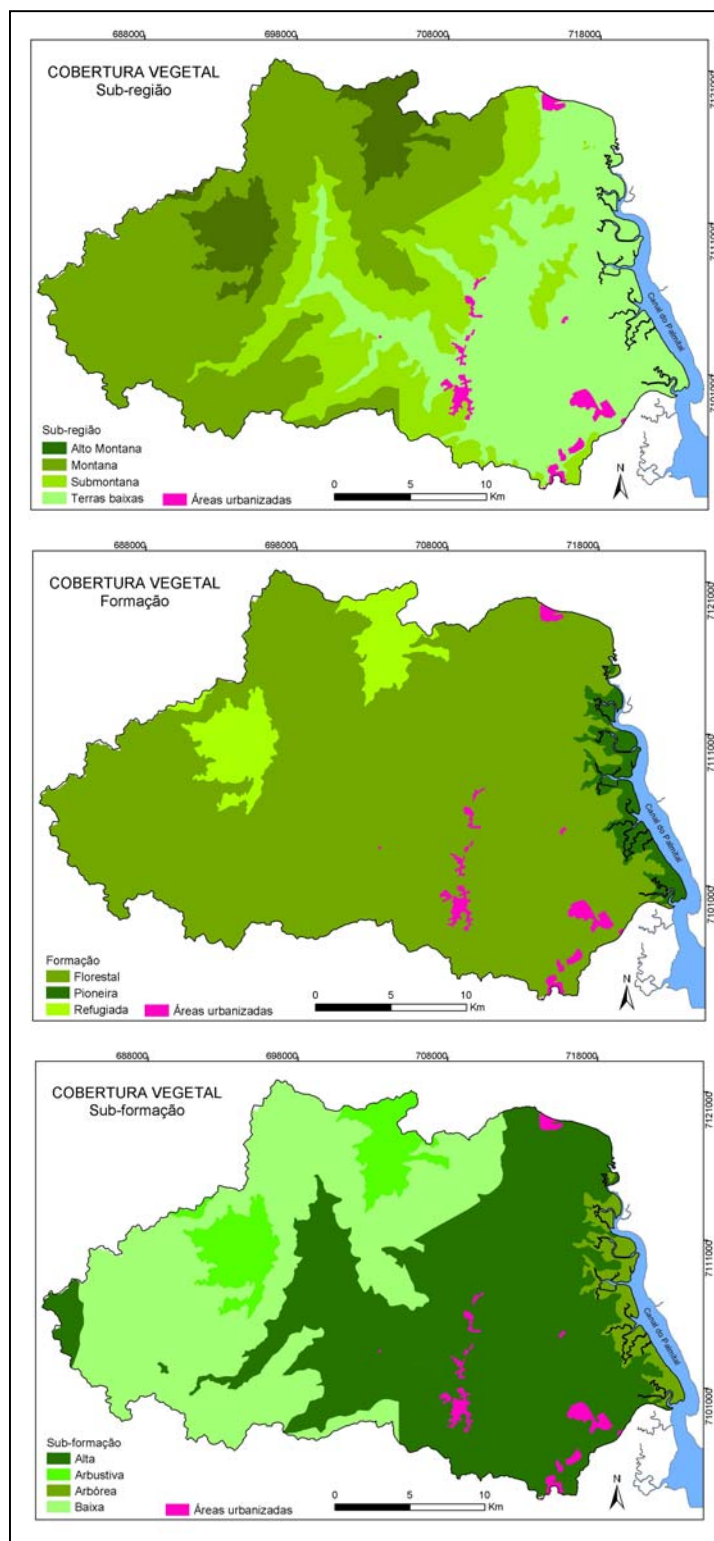


Figura 29: ocorrências na área da pesquisa dos elementos Região, Formação e Sub-formação do mapa de classificação fitoecológica da DIGEO/SUL do IBGE (2002).

A estrutura básica da floresta apresenta variações segundo combinações de espécies botânicas e de acordo com as diferentes altitudes e tipos de solos, representadas por cinco tipos de formações florestais baseadas na classificação proposta pelo IBGE em 1992 (FATMA, 2002) (figura 30):

- Formação aluvial – não varia com a topografia e apresenta-se homogênea ao longo dos terraços fluviais;
- Formação das terras baixas – ocorre em altitudes entre 5 e 30 metros;
- Formação sub-montana – ocorre em encostas de serras e/ou planaltos entre 30 e 400 metros;
- Formação montana – ocorre em serras e/ou planaltos entre 400 e 1000 metros;
- Formação alto-montana – ocorre em altitudes superiores a 1000 metros.

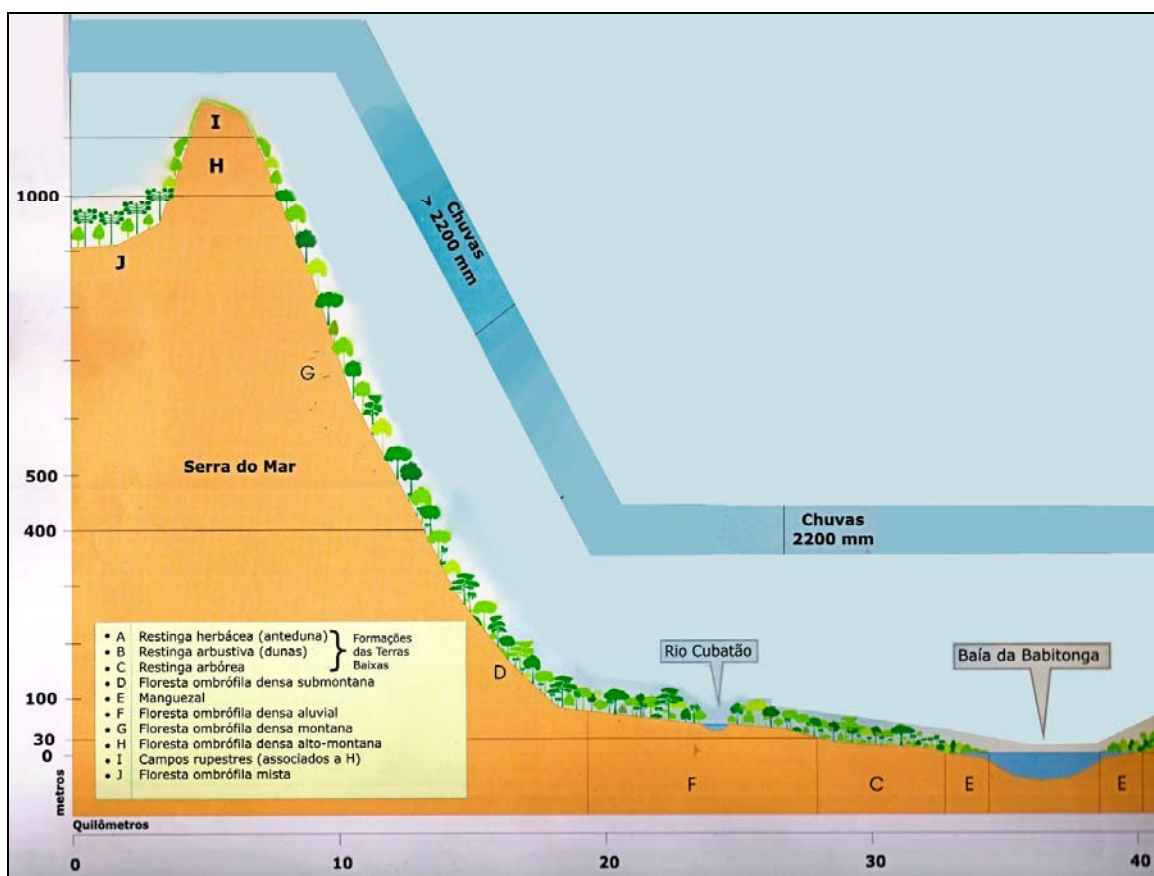


Figura 30: perfil esquemático da distribuição da vegetação na Baía da Babitonga. Fonte: Atlas Ambiental da Região de Joinville (FATMA, 2002).

Ainda segundo FATMA (2002), estes limites são genéricos e podem apresentar variações, como, por exemplo, a dificuldade em se reconhecer na região da Baía da Babitonga os limites entre a Formação das Terras Baixas e a Formação Aluvial.

Por fim, deve-se lembrar que na floresta pluvial atlântica há um permanente dinamismo e vitalidade das espécies. É uma floresta em constante desenvolvimento, que apresenta vários estágios combinados de sucessão. As classificações fitogeográficas buscam compreender como este mosaico se comporta em relação às variáveis biogeofísicas, tais como relevo, clima e solos.

Face às diversas propostas de classificação existentes, será adotado nesta pesquisa o sistema de classificação fitoecológica da DIGEO/SUL do IBGE (2002).

2.5 O Uso da Terra

Breve Histórico

A ocupação humana na área da pesquisa é antiga. Inicialmente habitada por sociedades de pescadores-coletores-caçadores denominados sambaquianos, cuja principal característica foi a construção de estruturas de uso múltiplo denominadas sambaquis, foi em seguida ocupada por indígenas guarani e carijós.

A região da baía da Babitonga possui uma das maiores concentrações de sambaquis do sul do Brasil, estando oficialmente catalogadas mais de 150 ocorrências somente nos limites da baía (BANDEIRA, 2005). Datações efetuadas em diversas estruturas de tipologia sambaqui da região revelaram idades que variam entre 1.750 e 5.420 anos, esta última referente ao sambaqui Palmital, localizado próximo ao limite norte da área da pesquisa (BANDEIRA, 2004; 2005). Dentre os sambaquis catalogados, vários localizam-se próximos à linha de costa da área da pesquisa.

As culturas sambaquiiana e indígena aparentemente não coexistiram durante longo período. Datações até então efetuadas indicam que os sambaquianos teriam desaparecido por ocasião da instalação das primeiras sociedades indígenas na região, da tradição Taquara/Itararé, pois as datas mais recentes de sambaquis de que se dispõe para a região da Baía da Babitonga são anteriores às mais antigas das culturas indígenas. Não há, até o momento, comprovação efetiva do motivo da extinção dos sambaquianos, que poderia ter ocorrido devido a conflitos, miscigenação ou simples abandono da região. Sabe-se somente que de fato ocorreu séculos antes da chegada dos primeiros habitantes de origem européia à região.

Oliveira (2000) relata que os sambaquis foram rapidamente incorporados à vida econômica das comunidades litorâneas de descendentes europeus que se estabeleceram na região, cuja utilização perdurou até tempos modernos na forma

de fonte de matéria prima para a fabricação de cal, assim como fonte de material para construção de aterros, residências, estradas e até mesmo para a construção do aeroporto de Joinville.

Em sua *Viagem á Provincia de Santa Catharina* em 1820, Auguste de Saint-Hilaire chega à ilha de São Francisco, banhada pelo Rio de São Francisco (baía da Babitonga), que “parece metter-se pelo continente, deve a sua origem á reunião de muitos ribeiros que descem da grande Cordilheira Marítima, e que esta espécie de rio se divide na sua extremidade em dois braços que em forma de chaveirão separam a ilha do continente”⁴ (p. 71). Navegando pela baía, o naturalista chega ao braço norte denominado Rio das Tres Barras (canal do Palmital), onde conhece a foz dos rios “Pirabireba, ou, talvez, Piraberaba (guarany, pelle de peixe), de largura bastante considerável e 3 braças de fundo”⁵; “Cubatão Grande, com 20 braças de largura e 3 de profundidade”⁶, navegavel numa extensão de 10 leguas até um morro elevado denominado Morro da Tromba” (p. 75) e Três Barras, referindo-se no conjunto somente à “região das florestas e seus habitantes menos remediados, que tiram o seu meio de subsistencia da extracção de madeiras para taboas, que, aliás, são um importante artigo para exportação” (p.99). Menciona também a existência de uma importante estrada que parte de Curitiba e termina no rio Três Barras, pela qual eram trazidos produtos do planalto para São Francisco e seu porto.

A região de Joinville passa a ser efetiva e sistematicamente ocupada com a chegada de imigrantes europeus, principalmente da Alemanha, Suíça e Noruega. Em 1843 o príncipe francês François Ferdinand Philippe Louis Marie (Príncipe de Joinville) casa-se no Rio de Janeiro com a Princesa Francisca Carolina, irmã de D. Pedro II. Recebe como dote, entre outros, um lote de terras devolutas de cerca de 25 léguas quadradas, situadas à margem direita do Rio São Francisco (baía da Babitonga). Após o casamento, o casal mudou-se para a Europa e nunca mais voltou ao Brasil. Devido a problemas políticos, a família exilou-se na Inglaterra e, face a dificuldades financeiras, negociou parte das terras dotais com uma

⁴ Foram mantidas a acentuação e grafia originais.

⁵ Cerca de 6,6m de profundidade.

⁶ Cerca de 44m de largura e 6,6m de profundidade.

empresa alemã de colonização (SANTANA, 1998), que em 1849 iniciou a instalação de uma colônia agrícola na área e a partir de 1851 passou a realizar a transferência e o assentamento de imigrantes (figura 31).

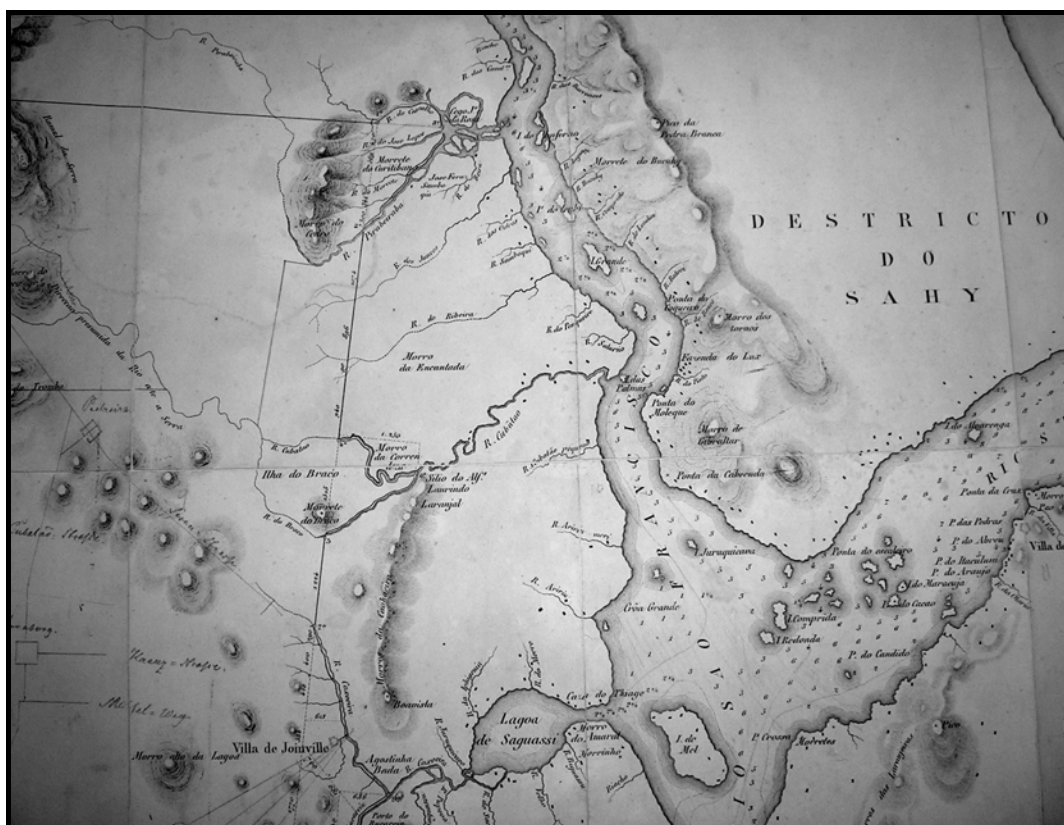


Figura 31: trecho do “*Mappa de medição e demarcação das vinte e cinco legoas quadradas concedidas em complemento do dote a Sereníssima Princeza de Joinville AS.D.Francisca*”, por Jerônimo Francisco Coelho, 1846, em que consta a localização da futura *Villa de Joinville*, assim como parte do setor leste da área da pesquisa.

A então denominada Colônia Dona Francisca, que tinha como sede a localidade de *Schroedersort* (Joinville, após 1852), demandava grandes quantidades de materiais para sua expansão, principalmente madeira, muito abundante em toda região. O fracasso da colônia como área de produção agrícola permitiu o desenvolvimento de outras potencialidades, como atividades industriais e comerciais. Já em 1852 foi aberta uma primeira picada em direção ao norte, através de densas florestas, com o objetivo de atingir a Estrada Três Barras, que

ligava o litoral com Curitiba⁷. Em 1877 já circulavam pela ainda em construção Estrada Dona Francisca veículos puxados a cavalo, os *Sãobentowagen*. A estrada fora aberta também através de florestas fechadas e percorre todo o vale do rio Cubatão, ligando Joinville às cidades de Campo Alegre, São Bento do Sul e Rio Negro, no planalto, de onde eram trazidas principalmente madeira e erva-mate.

A abertura de ambos os caminhos deu início à ocupação de áreas no vale do rio Cubatão e, mais ao norte, de áreas próximas aos rios Pirabeiraba e Bonito. A extração de madeira e a agricultura de pequena escala eram as principais atividades então desenvolvidas.

A importância histórica da Baía da Babitonga para a região é expressa por R.S.Thiago, (2002, *In* FATMA, 2002), ao descrever que

“quando os primeiros europeus aportaram nas paragens da Babitonga tornou-se, esta, a principal protagonista da história da região. [...] o verde das suas ilhas, a posição estratégica de defesa e comunicação com o continente, vêm promovendo o encontro de homens e culturas ao longo do processo imigratório europeu a partir do século XVI. Sua história está integrada ao mundo terrestre que a rodeia” (p. 47).

O Uso da Terra Hoje

Em uma primeira avaliação geral, a área da pesquisa encontra-se relativamente bem preservada. Toda o trecho correspondente à serra do Mar apresenta ainda densa cobertura vegetal, assim como a linha de costa, onde concentram-se os manguezais. As áreas planas são ocupadas principalmente pela atividade agrícola e por pequenas pastagens. Dentre as atividades agrícolas, destaca-se o cultivo de banana, mandioca e cana-de-açúcar no vale do rio Cubatão e seus afluentes. A rizicultura é também uma importante atividade econômica, que se concentra nas áreas planas dos vales dos rios Pirabeiraba, Bonito, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e da Onça. A pecuária de pequena escala ocorre

⁷ Informação disponível em <http://www.portalsbs.com.br/historia/joinville.html>. Acesso em julho/2005.

principalmente no vale do rio Cubatão e, em menor proporção, nos vales dos demais rios.

As áreas urbanizadas estão localizadas principalmente no baixo curso do leito natural do rio Cubatão, caracterizado por ocupação de baixa renda. O distrito industrial de Joinville está localizado na bacia do rio do Braço, principal afluente do baixo curso do rio Cubatão, o que impõe forte carga poluidora ao rio. No extremo norte da planície costeira, localiza-se a área urbanizada do município de Garuva. A urbanização ao longo da Estrada Dona Francisca é também expressiva, apesar de pouco densa, com exceção da sede do distrito de Pirabeiraba.

No trecho de planalto destaca-se como ocorrência principal o cultivo de Pinus na bacia hidrográfica do alto Cubatão, com área de cultivo contínuo superior a 2.200 hectares.

CAPÍTULO 3
FUNDAMENTOS TEÓRICOS E
METODOLÓGICOS

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

3.1 Linha Epistemológica e Teórico-Metodológica

Definida a abordagem geomorfológica como a mais adequada para subsidiar a pesquisa, a preocupação inicial foi a da construção de um método ou linha de trabalho que permitisse o estudo integrado dos diversos aspectos envolvidos no aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga – geomorfológicos, hidrológicos, hidrossedimentológicos, climáticos, biogeográficos e antrópicos. Não se identificou um método específico já desenvolvido para tal estudo nas fontes bibliográficas consultadas, em especial para o meio tropical úmido, mas sim um conjunto de técnicas, muitas vezes bastante sofisticadas. Kaplan (1964 *apud* SHERMAN, 1999), define metodologia como a descrição, explicação e justificação de métodos, e não somente os métodos em si, reconhecendo que o termo é ambíguo, muitas vezes sendo utilizado como sinônimo de técnicas.

Ao efetuar uma avaliação crítica da bibliografia da geomorfologia com vistas a buscar um sistema conceitual que permitisse manter um eixo referencial como base para a análise geomorfológica, Abreu (1983) revela que, a despeito de haver uma grande variedade de conceitos emitidos, teoria e método via de regra se confundem.

Segundo o autor, do ponto de vista da linhagem epistemológica que baliza o campo da teoria e do método de investigação em geomorfologia, “a teoria geomorfológica, em um sentido moderno, originou-se a partir de duas fontes principais” (p.6), das quais derivaram duas linhas epistemológicas distintas: a anglo-americana e a alemã. Tal visão é também compartilhada por Casseti (1990) e Ahnert (1999).

A linha anglo-americana (que inclui a escola francesa), segundo Abreu (1983), tem suas origens ligadas à geologia e à obra *The Geographical Cycle*, publicada em 1899 por W.M. Davis. Em termos gerais, esta linha valoriza o conceito de tempo e enfatiza os processos fluviais vinculando-os à esculturação do relevo. A partir das décadas de 1930-40 passou paulatinamente a incorporar técnicas de quantificação dos fenômenos observados, de análise espacial de bacias hidrográficas e de análise sistemática do relevo, posteriormente reforçadas pela inclusão de conceitos da Teoria Geral dos Sistemas, de L. Bertalanffy, na década de 1970. O caráter eminentemente técnico desta linha promoveu um afastamento da geomorfologia anglo-americana em relação à geografia, o que foi em período posterior parcialmente recuperado. São destaques nesta linha epistemológica pesquisadores como R.J. Chorley, P. Haggett, R.E. Horton, R.L. Shreve, A.E. Scheidegger, C.H. Crickmay, D.E. Walling, K.J. Gregory, J.T. Hack, A.N. Strahler, entre outros, que introduzem novas posturas que vieram a substituir o paradigma davisiano.

A linha alemã (que engloba as escolas de línguas eslavas), conforme Abreu (1983), origina-se a partir de uma “postura que grandes naturalistas já haviam esboçado desde os fins do século XVIII” (p.7), com referências em Humboldt e Goethe. Marcam o início desta linha as obras *Führer für Forschungsreisende*, de perspectiva empírico-naturalista, publicada em 1886 por Friedrich von Richtoffen, e *Morphologie der Erdoberfläche*, de caráter mais descritivo, publicada em 1894 por Albrecht Penck. A publicação em 1924 da obra *Die morphologische Analyse – Ein Kapitel der physikalischen Geographie*, de Walther Penck, vem a compor a tríade básica da linha epistemológica alemã, que tradicionalmente valoriza a observação e o empírico, com foco principal na análise sistemática da crosta terrestre, enfatizando os processos climáticos e da dinâmica interna, a petrografia, a química do solo e a hidrologia. Contribuições paralelas como de V. Doukouchaiev, em 1883, e de W. Köppen, em 1900, reforçam o caráter de zoneamento dos fenômenos da natureza com base climática, o que foi consolidado por J. Büdel em trabalhos de geomorfologia climática e climatogenética a partir do final da década de 1920.

O caráter empírico-holístico da corrente alemã resulta, segundo o autor, em significativa rejeição ao modelo davisiano, expressa neste período principalmente por A. Hettner, que era ligado ao pensamento kantiano. Já S. Passarge, nas décadas de 1910-20, adota postura menos crítica e introduz o estudo do relevo e da paisagem pelo viés de sua fisiologia, com apoio de um novo método de trabalho, a cartografia geomorfológica. Somam-se à linha alemã autores do leste europeu como I.P. Gerasimov, na década de 1940, que adota a proposta de W. Penck para a análise morfoestrutural e a correspondente cartografia geomorfológica, e J.P. Mescerjakov, na década 1960, que divulga o método penckiano. No período pós II Guerra Mundial, em especial entre as décadas de 1960 e 1970, surgem reforços representados por M. Klimaszewski, J. Demek, N.V. Basenina e A.A. Treskov, que vêm a acrescentar importantes contribuições teóricas e metodológicas com ênfase na cartografia geomorfológica.

Segundo a filogênese da teoria geomorfológica proposta por Abreu (1983), L. King percorre caminho próprio paralelo à linha anglo-americana por ser o autor que mais se esforçou para incorporar o modelo penckiano a esta corrente de pensamento a partir da década de 1930, o que resultou na implementação de sua teoria da pediplanação, na década de 1950.

Ainda segundo Abreu (*op.cit.*), das diferentes evoluções do pensamento geomorfológico anglo-americano e alemão surgem contribuições distintas. No caso anglo-americano, os métodos de análise quantitativa como instrumentos de pesquisa. No caso alemão, um sistema de classificação conceitual do objeto da geomorfologia e um método que valoriza a cartografia geomorfológica, assim como a análise ambiental voltada para o homem. A reformulação do pensamento geomorfológico a partir da década de 1970, que ocorreu de modo mais profundo no caso anglo-americano, resultou em uma maior aproximação e troca entre ambas linhas epistemológicas. Assim, “da diversidade das posturas no decorrer do tempo, surge uma unidade conceitual que permite definir claramente o campo, os níveis de tratamento e os métodos de investigação da geomorfologia” (p.20).

No Brasil, A.N. Ab’Saber incorpora ambas as posturas, porém com maior ênfase nos postulados de origem germânica, sintetizadas na sua proposição publicada

em 1969 (*Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*), fato que veio a influenciar a produção geomorfológica do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (ABREU, 1983), ao qual esta pesquisa está vinculada.

Considerando que esta pesquisa tem por característica estar fortemente vinculada a observações e medições em campo, assim como a trabalhos em laboratório, a definição das concepções teóricas que a norteiam reveste-se de grande importância no sentido de evitar um paradoxo entre as proposições teóricas adotadas e as técnicas empregadas.

Ross (1991) discute a importância do tratamento metodológico na pesquisa com base geomorfológica e considera este um ponto fundamental para se atingir os objetivos propostos. Conforme o autor, é necessário ter claro que

há uma diferença nítida entre metodologia e as técnicas para execução do trabalho. A metodologia está diretamente atrelada à fundamentação teórica e se define por nortear a pesquisa, enquanto as técnicas são os meios para gerar trabalhos e atingir com isso os objetivos. Assim sendo, a metodologia determina a linha a seguir, é a espinha dorsal, enquanto que as técnicas são ferramentas para execução das tarefas da pesquisa (ROSS, 1992, p.18).

Ao apresentar sua proposta de elaboração de zoneamento ambiental, Ross (1994) enfatiza a importância de se compreender as características da dinâmica do ambiente natural e do meio sócio-econômico, e remete ao conceito de ecossistema, que envolve as diferentes relações de troca de energia e matéria entre os diversos componentes de um ambiente.

Autores como Gerasimov (1965), Bertrand (1968), Klink (1974; 1993) e Tricart (1977) trazem em seus trabalhos contribuições metodológicas para uma abordagem ecológica das questões ambientais. Tricart (1977), em sua publicação intitulada *Ecodinâmica*, preconiza que a adoção do conceito ecológico como forma de abordagem, traduzido pela noção de Unidades Ecodinâmicas, permite o estudo dos diversos componentes de um ambiente e suas relações, principalmente no que tange à morfodinâmica. Esse seria o princípio norteador

como metodologia, que permite a compreensão da dinâmica de um ambiente, ora pelo estudo de suas unidades, ora pelo estudo do ecossistema como um todo, em uma visão de funcionamento conjunto. Esta abordagem de Tricart, considerada por Rodrigues (2001) como “prima-irmã” da teoria geossistêmica de Sotchava (1977), “possibilita a delimitação espacial de unidades cujos processos atuais podem ser considerados semelhantes” (p.75). Desta forma, uma vez que a produção de sedimentos está vinculada à morfodinâmica, representando um conjunto de processos que operam de forma simultânea em diversas escalas de tempo e espaço, optou-se por utilizar uma abordagem geomorfológica como base de sustentação para o desenvolvimento de uma metodologia de trabalho, o que permite a adoção de uma visão sistêmica em consonância com a proposta de Tricart (1977).

Ao estabelecer as bases geomorfológicas como diretrizes ao estudo do Quaternário, Ab’Saber (1969), destaca os níveis de tratamento que considera essenciais na metodologia das pesquisas geomorfológicas: (1) o entendimento da compartimentação topográfica regional, assim como da caracterização e descrição das formas do relevo; (2) a obtenção de informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens referentes a todos os compartimentos e formas observadas; (3) o entendimento dos processos morfoclimáticos e pedogenéticos atuais, ou seja, procura entender globalmente a fisiologia da paisagem,

momento em que se insere o homem como sujeito que se apropria e transforma a interface, modificando as relações entre forças de ação e reação do substrato. Portanto, o estudo da fisiologia da paisagem, denominação de raiz germânica, responde pelo caráter social da Geomorfologia, dando à mesma um caráter geográfico, ao contrário da postura anglo-americana” (CASSETI, 1990, p.11).

Embora a proposta de Ab’Saber (1969) se aplique a estudos de caráter regional, o autor chama a atenção para a relação existente entre formas, materiais e ação climática, fator de grande importância em um estudo com base geomorfológica.

Deste modo, a opção em adotar uma abordagem geomorfológica implica na utilização da cartografia, por meio de técnicas específicas, como instrumento de

análise e síntese. Dentre essas técnicas se destaca a cartografia geomorfológica, um ramo da cartografia temática utilizado principalmente em pesquisa aplicada, que permite a representação desde os grandes conjuntos do relevo até os processos que criam formas e o modelado (COLTRINARI, 1984).

Em seu trabalho sobre os princípios para a pesquisa geográfica, Libault (1980) relata que a produção dos documentos cartográficos previstos é etapa essencial para o estabelecimento de correlações, análises e síntese. Sendo a abordagem geomorfológica essencialmente construída sobre levantamento e correlação de dados ambientais, a elaboração de documentos cartográficos básicos que venham a possibilitar a caracterização adequada do meio físico, assim como subsidiar as análises a serem efetuadas, revela-se etapa importante do estudo. Para tanto, propõe a organização da pesquisa geográfica em quatro níveis:

- (1) nível compilatório – refere-se ao levantamento e à compilação de dados;
- (2) nível correlatório – é o nível em que se realizam a seleção e correlação de dados;
- (3) nível semântico – localizam-se problemas parciais dentro do problema global, efetua-se uma correta combinação das variáveis e transformam-se as constatações elaboradas anteriormente;
- (4) nível normativo – é o nível da síntese e de elaboração de modelos.

A adoção de tais níveis permite uma adequada sistematização do trabalho de coleta, produção e seleção de dados, análises, representação gráfica das informações geradas e apresentação de sínteses, conclusivas ou não.

Assim, adotando-se as propostas de Ab'Saber (1969) e Tricart (1977) como princípios norteadores básicos, a construção da linha metodológica da pesquisa teve como roteiro: (1) levantamento de dados do meio físico; (2) levantamento de dados do meio antrópico; (3) correlação de dados; (4) cartografia das informações geradas; (5) estudo integrado dos processos morfodinâmicos, hidrológicos, hidrossedimentológicos e antrópicos e (6) estimativa do aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga.

3.2 Abordagem Sistêmica, Escala e Análise Integrada em Geomorfologia

A Geografia foi objeto de diversas inovações de cunho teórico e metodológico introduzidas a partir da década de 1960, dentre elas a adoção da abordagem em sistemas (CHRISTOFOLETTI, 1999). É importante observar que os avanços da ciência geográfica caminham ao longo de sua história

no sentido de compatibilizar a análise e a interpretação das unidades complexas, em seus vários níveis hierárquicos de organização, com as análises pontuais ou específicas de processos e formas (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.21),

o que, para a Geografia Física,

significou a manutenção de certas referências metodológicas, técnicas e operacionais que ainda hoje podem ser consideradas como pertinentes e adequadas à observação sistemática e à busca da síntese (RODRIGUES, 2001, p.71).

A moderna abordagem sistêmica em Geografia Física e, por extensão, em Geomorfologia, possui origens múltiplas, que podem, no entanto, a título de síntese, ser resumidas em dois ramos principais.

O primeiro, mais difuso e baseado na herança intelectual germânica, tem origem em uma escola de observação direta e detalhada das paisagens (CHRISTOFOLETTI, 1980), que se fundamenta em uma visão o mais abrangente possível do ambiente em estudo e procura considerar os diversos elementos que o constituem. Tal visão choca-se historicamente com a escola originada a partir da concepção do ciclo geográfico de Davis, reconhecida pelo próprio autor como um modelo de natureza teórica (CHRISTOFOLETTI, *op.cit.*) e considerado por alguns autores como uma visão deliberadamente simplificada, “um esquema da imaginação e não um assunto de observação” (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O segundo ramo, igualmente vinculado ao ambiente científico-cultural germânico, está ligado às posturas científicas decorrentes das publicações de trabalhos do biólogo austríaco L.v. Bertalanffy entre as décadas de 1930 e 1960, que resultaram na formulação da *Allgemeine Systemtheorie* (Teoria dos Sistemas Gerais), cuja difusão de forma mais abrangente somente ocorreu após a formação da *Sociedade para o Progresso da Teoria dos Sistemas Gerais*, em 1954 (VALE, 2004), fato que promoveu sua maior assimilação no universo científico anglo-americano. É notável o fato de não haver qualquer menção à obra de Bertalanffy no texto explanatório sobre a Teoria dos Sistemas Gerais encontrado na *The Encyclopedia of Geomorphology*, de Fairbridge (1968), em texto produzido por A.D. Howard.

Com a Teoria dos Sistemas Gerais, Bertalanffy compõe uma teoria que, fundamentada no holismo metodológico, procura encontrar e formalizar regularidades comuns a sistemas físicos, biológicos e sociais. Nesta formulação, princípios encontrados em uma classe de sistema, como, por exemplo, a complexidade, o equilíbrio, a reação e a auto-organização, devem também ser empregados em outros sistemas⁸. Apesar de classificada como pertencente ao positivismo lógico e com tendência ao indutivismo (RODRIGUES, 2001), os conceitos da Teoria dos Sistemas Gerais têm sido amplamente utilizados, desde sua introdução, por diferentes áreas do conhecimento, dada sua característica integradora de percorrer e atravessar os campos das ciências individuais em uma visão o mais próxima possível de unidade de pensamento científico.

Os trabalhos de Bertalanffy em conjunto com trabalhos do matemático norte-americano N. Wiener e do psicólogo inglês W.R. Ashby, na área de cibernética, juntamente com dos matemáticos norte-americanos C. Shannon e W. Weaver, sobre a Teoria da Informação, formam a tríade básica da concepção moderna de sistema.

A teoria dos sistemas foi introduzida na geomorfologia pelos trabalhos de A.N. Strahler de 1950 e 1952 (CHORLEY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1980), assim

⁸ trecho adaptado e traduzido de <http://de.wikipedia.org/wiki/Systemtheorie>.

como por contribuições importantes de autores como W.E.H. Culling, em 1957 e J.T. Hack, em 1960 (CHORLEY, 1971; CHRISTOFOLETTI, 1990), ao passo que proposições mais explícitas sobre a utilização desta teoria na Geografia Física, particularmente na Geomorfologia, passaram a se avolumar na década de 1960, em especial após a publicação do artigo de R. Chorley em 1962⁹ (CHRISTOFOLETTI, 1990, 1999; AHNERT, 1999).

Segundo Christofolletti (1999), as noções e perspectivas desta concepção estrutural já integram atualmente o consenso operacional dos trabalhos no âmbito da Geografia Física, devendo-se, porém, atentar para as diferenças relacionadas à utilização dos termos teoria e abordagem. A teoria de sistemas constitui amplo campo teórico que trata dos sistemas, seus conceitos e noções, ao passo que a abordagem em sistemas, ou sistêmica, “pode ser considerada como o conjunto dos procedimentos que envolvem a aplicação das noções da teoria dos sistemas nos estudos geográficos” (p.22). Assim entendido, a teoria dos sistemas caracteriza-se como idéia precursora de uma série de conceitos e referências relevantes em Geografia Física, que inclui a incorporação definitiva da dimensão temporal (RODRIGUES, 2001). Desta teoria originaram-se importantes contribuições para a Geografia Física, como a teoria geossistêmica, que trata das organizações espaciais oriundas dos processos do meio físico (CHRISTOFOLETTI, 1990), proposta por V.B. Sotchava em 1960 e difundida principalmente por G. Bertrand (1968), e a abordagem ecodinâmica de Tricart (1977).

Para Christofolletti (1980), é fundamental, na abordagem sistêmica, delinear do modo mais preciso possível a extensão abrangida pelo sistema em estudo, o que é feito pela clara identificação dos elementos que o constituem, assim como de seus atributos e relações. Ainda segundo o autor, a quase totalidade dos sistemas estudados na Geomorfologia não atua de modo isolado, mas dentro de um ambiente que faz parte de um contexto maior. A noção de escala assume, portanto, importância central em estudos de natureza geomorfológica realizados

⁹ *A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais*, publicado em português no periódico *Notícia Geomorfológica* em junho de 1971, com tradução de A. Christofolletti.

via abordagem sistêmica, uma vez que um sistema passa a ser um subsistema (ou elemento) quando se procura analisar o fenômeno em escala maior. Assim,

“a estrutura do sistema é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes. O elemento é a unidade básica do sistema. O problema da escala é importante quando se quer caracterizar os elementos de determinado sistema. Um rio é elemento no sistema hidrográfico, mas pode ser concebido como sistema em si mesmo” (p.2).

Com relação à organização de um sistema, Christofolletti (1980) considera que devem ser observadas três características principais da sua estrutura:

- (1) tamanho – determinado pelo número de variáveis que o compõem, expresso pelo conceito de espaço-fase, que indica a complexidade de um sistema quando composto por variáveis inter-relacionadas;
- (2) correlação – componente da análise estatística que expressa o modo pelo qual as variáveis se relacionam, feito através de linhas de regressão, correlação simples e correlação canônica (quando se correlacionam conjuntos de variáveis);
- (3) causalidade – direção que indica a variável independente, ou a que controla, e a dependente, ou a que é controlada e sofre alterações quando a primeira se altera.

Fica desta forma claro que um dado sistema insere-se em um contexto escalar geral no qual fluxos representados pela circulação, ou entradas e saídas (*input* e *output*) de matéria e energia, se processam na forma de fenômenos e eventos que ocorrem em níveis embutidos de organização, constituídos por sistemas e subsistemas. Em termos de classificação, fenômenos e eventos que condicionam e provocam mudanças no sistema estudado são denominados sistemas antecedentes ou controladores, ao passo que os fenômenos e eventos que sofrem alterações em função do comportamento do sistema em estudo são denominados sistemas subseqüentes ou controlados (CHRISTOFOLLETTI, 1999). No entanto, tal relação hierárquica pode ser alterada por mecanismos de retroalimentação ou *feedback*, nos quais sistemas subseqüentes podem vir a influenciar e condicionar sistemas antecedentes (CHORLEY, 1971; FAIRBRIDGE,

1968; CHRISTOFOLETTI, 1980, 1999) e vice-versa, em uma relação que pode ser direta, em circuito, positiva ou negativa.

Neste sentido, Fairbridge (1968) considera que os sistemas geomórficos via de regra respondem como um todo orgânico a mudanças no ambiente, pois a mudança em uma variável externa normalmente causa um reajuste maior ou menor em todos os demais parâmetros do sistema. Como exemplo, o autor apresenta a clara inter-relação existente entre parâmetros fluviais como vazão, carga sedimentar, largura do canal, profundidade, etc., com a área de drenagem, forma e relevo da bacia hidrográfica e a ordem do canal inserido neste contexto.

Adicionalmente, Fairbridge (*op.cit.*) recorda que grande parte dos sistemas geomórficos exhibe controle multivariado, exercido por agentes tais como clima, tectônica, geologia, flora e fauna e modificações antrópicas. O conceito de equilíbrio, já reconhecido desde 1880 por G.K. Gilbert, está, portanto, implícito à abordagem sistêmica em Geomorfologia e diz respeito ao ajustamento completo das variáveis internas de um sistema geomórfico às condições externas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Quando as condições de entrada e saída de matéria e energia de um sistema se encontram em situação de equilíbrio, o sistema entra em um estado de estabilidade, ou constância, conhecido como *steady state* (CHORLEY, 1971; FAIRBRIDGE, 1968; CHRISTOFOLETTI, 1980, 1999). “Assim sendo, o estado de estabilidade é independente do tempo, e as suas formas e organização não se modificam pelo simples transcorrer da variável temporal” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.7).

Para Fairbridge (1968), é crucial para o estudo do equilíbrio e dinâmica de um sistema o conceito de inércia, que representa a resistência à mudança de uma ou mais de suas variáveis frente a modificações externas. Assim, mudanças bruscas em fatores externos podem não produzir respostas imediatas internas ao sistema no mesmo ritmo e intensidade, porém diluídas no tempo-resposta dos parâmetros afetados do sistema.

Ainda segundo Fairbridge (*op.cit.*),

“em um sistema natural diversas variáveis externas podem estar mudando simultaneamente. O sistema pode estar ajustado de modo contínuo a uma variável externa, enquanto em desequilíbrio com outras. Portanto, referências a equilíbrio em sistemas naturais devem estar direcionadas a variáveis externas específicas”¹⁰ (p. 383).

Adicionalmente, para a qualificação dos sistemas é importante ter claro sua classificação, ou tipificação. Para Christofolletti (1999), distinguir um sistema na multiplicidade de ocorrências e fenômenos que se processam na superfície terrestre, abstraindo-o da realidade envolvente e procurando estabelecer seus elementos componentes e relações existentes, é um ato que depende da formação intelectual e da percepção ambiental do pesquisador, sujeito a subjetividade. A fim de diminuí-la, Campbell (1958 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999) propõe normas a serem observadas em relação às unidades: (1) proximidade espacial; (2) similaridade; (3) o objetivo comum e (4) a padronagem distinta ou reconhecível.

Os sistemas podem ser classificados conforme critérios variados. Chorley (1971) reconhece na terminologia adotada por Bertalanffy “duas estruturas sistemáticas gerais que podem focalizar a ocorrência natural dos fenômenos físicos: o sistema fechado e o sistema aberto” (p.4). Já Christofolletti (1980, 1999) apresenta classificações segundo critérios de funcionalidade e de composição integrativa (ou complexidade estrutural). Pelo critério funcional os sistemas são classificados em:

- (1) isolados – dadas as condições iniciais, não há mais troca de matéria e energia destes sistemas com o ambiente que os rodeiam, adotando-se como exemplo o ciclo geográfico de Davis;
- (2) não isolados - há troca de matéria e energia com os demais sistemas do universo no qual funcionam, podendo ser subdivididos em:
 - sistemas fechados – há troca de energia, mas não de matéria. O planeta Terra pode ser considerado um sistema não isolado fechado.
 - sistemas abertos – há constante troca de matéria e energia.

¹⁰ Tradução nossa.

Sobre a classificação dos sistemas segundo o critério funcional, Chorley (1971) considera que

(...) sistemas fechados são aqueles que possuem limites fechados claramente definidos, através dos quais não ocorre importação ou exportação de matéria ou energia (VON BERTALANFFY, 1951). Esta concepção de sistema imediatamente exclui um grande número, talvez todos, dos sistemas com os quais os cientistas naturais estão implicados (p.4)

Os sistemas abertos contrastam admiravelmente com os sistemas fechados. Um sistema aberto (...) é mantido através de constante suplementação e remoção de material e energia (VON BERTALANFFY, 1952). Então analogias diretas existem entre os clássicos sistemas abertos e as bacias de drenagem, os elementos da vertente, os segmentos fluviais (...). Entretanto, o conceito de sistema aberto inclui o sistema fechado, porque este último pode ser considerado como um caso especial do anterior, quando o transporte de matéria e energia para o sistema, e dele saindo, torna-se zero (VON BERTALANFFY, 1951). Um sistema aberto manifesta uma importante propriedade que pode ser negada aos sistemas fechados. Ele pode atingir um *steady state* (VON BERTALANFFY, 1950, 1951) (p.7).

A classificação estrutural segundo critérios para a complexidade da composição integrativa propostos por Chorley & Kennedy (1971 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1999) distingue 11 tipos de sistemas, dentre os quais são mais importantes para a Geografia Física:

- (1) sistemas morfológicos – compostos somente pela associação das propriedades físicas dos sistemas e de seus elementos (geometria, composição, etc.). Podem ser isolados, fechados ou abertos.
- (2) sistemas em seqüência – compostos por uma cadeia de subsistemas dispostos de forma contígua, de modo que a saída de matéria de energia de um torna-se a entrada do subsistema subsequente. Conforme o nível de detalhamento do seu funcionamento interno dado pelo pesquisador, pode ser sub-classificado em:
 - caixa branca – envolve o conhecimento claro e detalhado da organização e funcionamento internos dos subsistemas;
 - caixa cinza – envolve o conhecimento parcial do funcionamento interno do sistema;

- caixa preta – o sistema como um todo é tratado como uma unidade, sem qualquer consideração sobre sua organização e funcionamento internos.
- (3) sistemas de processos-resposta – formados pela combinação de sistemas morfológicos e em seqüência, que procuram indicar as relações entre o processo e a forma, respectivamente.
- (4) sistemas controlados – incluem a atuação do homem sobre os sistemas de processos-resposta, aumentando sua complexidade.

Há ainda um terceiro tipo de classificação proposto por Weaver em 1958 e adotado por Hugett em 1985 (CHRISTOFOLETTI, 1999):

- (1) sistemas simples – compostos por um conjunto de componentes conectados e agindo um sobre os outros conforme determinadas leis, como, por exemplo o sistema solar;
- (2) sistemas complexos mas desorganizados – formados por um conjunto de componentes com os objetos interagindo de modo fraco ou acidental, como, por exemplo, as moléculas de um gás em um recipiente fechado ou as partículas individuais de um regolito;
- (3) sistemas complexos e organizados – os componentes do sistema interagem fortemente entre si, a exemplo dos sistemas biológicos, ecossistemas, sistemas fluviais, etc.

Nos sistemas em que há troca de matéria e energia com o meio externo, autores como Fairbridge (1968) e Christofolletti (1980) chamam a atenção para a questão da proporcionalidade de crescimento entre os elementos que os compõem, ou *crescimento alométrico*, conceito introduzido na área de Biologia a partir da década de 1920 e adotado por Woldenberg em 1966 (FAIRBRIDGE, 1968; CHRISTOFOLETTI, 1980) para estudos das alterações dos sistemas fluviais. Este conceito pode também ser aplicado para o estudo de outros sistemas geológicos abertos.

No crescimento alométrico, a taxa de crescimento específico (ou aumento por unidade de tamanho por unidade de tempo) de um elemento y permanece

constante em relação à taxa de crescimento específico de x , representando outro elemento ou o sistema como um todo. Tal relação pode ser sintetizada pela fórmula:

$$y = a x^b \quad \text{ou} \quad \log y = \log a + b \log x$$

sendo y a variável dependente e x a variável independente. A constante a representa o valor da interceptação da linha reta com a da ordenada para o valor extrapolado $x = 1$, enquanto a constante b representa o valor da inclinação da linha alométrica. As relações entre as variáveis podem ser funções alométricas positivas ou negativas.

Se $b > 1$, o crescimento relativo mostra alometria positiva, pois y está crescendo mais rapidamente que x ; se $b = 1$, o crescimento é isométrico, pois y cresce em proporcionalidade igual a x , e se $b < 1$, o crescimento é alometricamente negativo, pois y cresce de modo mais lento que x (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.10).

Quando apresentada em formato log-log, a representação das variáveis y e x resulta em uma linha reta (figura 32).

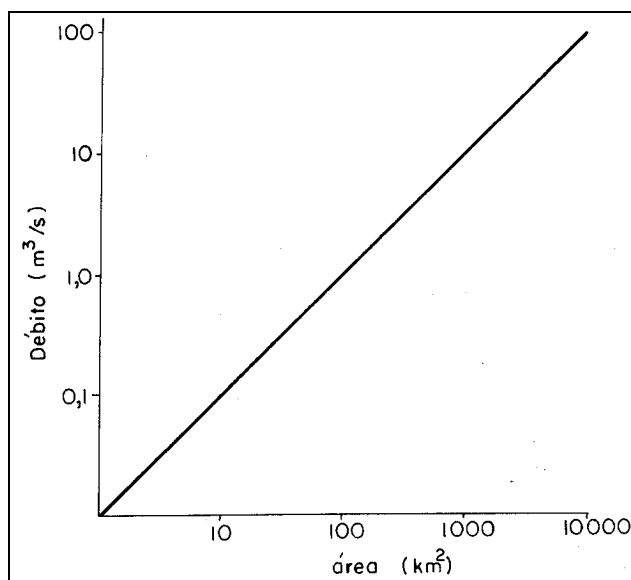


Figura 32: exemplo de representação log-log do crescimento alométrico entre débito fluvial e área em uma bacia hidrográfica. Fonte: Christofolletti, 1980.

Ainda com relação à abordagem sistêmica, propostas diversas elaboradas por diferentes escolas procuram tratar as informações geográficas dentro de uma visão integrada. Ross (2001) destaca o fato de haver uma raiz comum entre estas propostas, como de geossistemas (franceses e russos), ecossistemas, *land systems* (australianos, ingleses e holandeses), unidades de paisagem (franceses), unidades ecodinâmicas ou morfodinâmicas (Tricart), a ecogeografia, entre outras.

A questão de escala de abordagem ou de análise está presente em todas as proposições de abordagem sistêmica, sendo considerada por Rodrigues (1997) como “parte fundamental do conjunto de orientações metodológicas gerais” (p.64). Segundo a autora, a abordagem em escalas espaço-temporais diversas em Geomorfologia é antiga e está ligada tanto à necessidade de classificação taxonômica quanto à busca de explicações em nível genético, processual e cronológico.

Na classificação taxonômica proposta por Cailleux e Tricart (1956 *apud* KOHLER, 2002), organizada em oito diferentes níveis, é possível observar com nitidez a relação escalar espaço-tempo expressa na forma de tempo de duração de processos em função de sua área de abrangência. Tal apresentação sintetiza a questão central da abordagem escalar em Geomorfologia de “quanto menor a escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) e a recíproca é verdadeira” (KOHLER, 2002, p.22), ou seja, quanto menor a escala espacial adotada, maior será a influência dos processos endógenos, e quanto maior a escala utilizada, maior a influência dos processos exógenos. Ainda segundo o autor, a escala de estudo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica.

Questões referentes à amplitude escalar têm sido sistematicamente levantadas por inúmeros autores tanto com relação à análise geomorfológica quanto à análise integrada como resultado de uma abordagem sistêmica (TRICART, 1960, 1965, 1977; AB’SABER, 1969, 1985; CHRISTOFOLETTI, 1977, 1980, 1981, 1990; CHURCH & MARK, 1980; ROSS, 1991, 1992, 1994, 1995, 2001; LEOPOLD

et al., 1992; PHILLIPS, 1995; UHLENBROOK & LEIBUNDGUT, 1997; SPEDDING, 1997; RODRIGUES, 1997, 2001; WALSH *et al.*, 1998; AHNERT, 1999, entre outros). Em verdade, torna-se redundante menção à análise geomorfológica e à análise integrada, uma vez que a análise geomorfológica, dada sua característica multiescalar, holística e integradora, já é em si uma análise integrada.

A questão da abordagem multiescalar, entendida no sentido espacial e temporal, se torna especialmente relevante nos estudos que envolvem sistemas fluviais. Schumm & Lichty (1965 *apud* SPEDDING, 1997), ao discorrer sobre tempo, espaço e causalidade, apontam que um mesmo comportamento (no caso, a atividade geomórfica em uma bacia de drenagem) pode ser muito diferente dependendo das escalas temporal e espacial utilizadas para sua observação. Se forem adotados longos intervalos de tempo para grandes áreas, tende-se a vislumbrar uma seqüência histórica de mudanças que acompanham o desenvolvimento da paisagem. Os estados históricos tendem, no entanto, a ocultar a ação de processos geomórficos. Por outro lado, se forem estudadas pequenas áreas por períodos reduzidos, tende-se a priorizar os processos, perdendo-se, porém, em seqüência histórica (SPEDDING, *op.cit.*).

Uhlenbrook & Leibundgut (1997) destacam a importância de se percorrer diferentes escalas espaciais, da análise da organização do sistema de poros dos solos à análise da organização geral da bacia hidrográfica, para compreender a problemática envolvida no processo que culmina com a ocorrência de uma inundação. Church & Mark (1980) também demonstram a relevância da abordagem multiescalar espacial, no caso, para a análise alométrica, utilizando como exemplo o desenvolvimento de redes hidrográficas e de leques aluviais. Christofolletti, em suas publicações de 1960, 1980 e, principalmente, de 1981, ressalta que a observação dos fenômenos fluviais em diferentes escalas espaciais e temporais é fundamental para a compreensão do comportamento geomorfológico, hidrológico e hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica. Como exemplo para abordagem em diferentes escalas temporais, o autor (1980) lembra que a quantidade de material detrítico transportado por um rio pode permanecer estatisticamente estável por longos períodos quando observada em

caráter mensal ou sazonal, porém, ao se analisar a carga detrítica em caráter diário ou mesmo horário, haverá mudanças muito rápidas e significativas. Rodrigues (1997) também destaca a importância da escala temporal na análise do transporte fluvial, em especial quanto ao aspecto contínuo e descontínuo das cargas fluviais.

Chorley (1973a, 1973b), Leopold *et al.* (1995), Ahnert (1999) e Kondolf & Piégay (2003) destacam, em suas publicações sobre hidrologia física, processos fluviais e geomorfologia fluvial, a importância da observação e análise dos fenômenos que se processam em um sistema fluvial sob diferentes escalas espaciais e temporais, de modo a permitir a identificação de seus componentes, seu funcionamento e a magnitude e frequência com que ocorrem. Sposito (1998) dedica toda uma publicação¹¹, que contém nove diferentes contribuições, especificamente a questões de abordagem escalar em estudos de natureza hidrológica, em especial quanto à dimensão espacial dos fenômenos em análise.

O raciocínio multiescalar é, para a análise de natureza geomorfológica, apropriado e oportuno, mesmo que a ênfase do estudo esteja concentrada em uma escala específica (RODRIGUES, 2001). A consideração de múltiplas dimensões espaciais e temporais permite uma maior aproximação da complexidade do problema que um estudo se propõe a explicar. Desta forma, conforme Spedding (1997), o caráter subjetivo de escolha da escala de abordagem define tanto o contexto – coleção de conceitos e técnicas usadas para estruturar o problema da pesquisa – como a natureza dos resultados¹².

¹¹ *Scale dependence and scale invariance in hydrology.*

¹² Tradução nossa, parcialmente adaptada.

3.3 Questões de Geomorfologia Fluvial, Hidrologia e Hidrossedimentologia

Autores como Strahler, Chorley e Howard (1950, 1962, 1965, respectivamente, *apud* FAIRBRIDGE, 1968), entre outros, entendem um rio como um sistema aberto, definido como um conjunto de partes interrelacionadas através das quais fluem matéria e energia. Para Fairbridge (*op.cit.*), uma das características dos sistemas fluviais, assim como de todos os sistemas abertos em geral, é apresentar crescimento alométrico e tender a atingir um *steady state* independente do tempo, se as entradas e saídas estiverem equilibradas e forem relativamente constantes.

O sistema fluvial é, segundo Piégay & Schumm (2003) “um sistema processo-resposta complexo e adaptativo com dois componentes principais: o sistema morfológico de canais, planícies de inundação, vertentes, deltas, etc., e o sistema encadeado de fluxos de água e sedimentos” (p.105).

O escoamento fluvial é parte integrante do ciclo hidrológico e compreende o total de água que chega aos cursos fluviais, o que inclui o escoamento pluvial, que é imediato, e o escoamento subsuperficial, mais lento e que paulatinamente atinge os cursos d'água e mantém o fluxo de base, ou seja, o escoamento nos períodos de vazante (RODDA, 1973; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Segundo Rodda (1973), é possível observar na análise de um hidrograma que o fluxo de base se mantém até o momento em que chove, quando a vazão passa a aumentar rapidamente até o ponto de pico. O pico é normalmente atingido logo após a chuva haver cessado, sendo o fluxo posterior regido em grande parte pela água estocada na bacia hidrográfica.

O volume de água que escoar em determinada seção de um rio (débito, descarga ou vazão) apresenta variações no decorrer do ano e corresponde ao regime

fluvial (TRICART, 1960; DURY, 1973; BECKINSALE, 1973; CHRISTOFOLETTI, 1981).

O escoamento fluvial está fortemente ligado a fatores relacionados ao quadro climático local e regional, sendo também e em proporções diferenciadas condicionado por fatores que controlam o escoamento superficial e a estocagem de água na bacia hidrográfica. Beckinsale (1973) considera que variações sazonais no escoamento de uma bacia hidrográfica dependem principalmente do clima, da cobertura vegetal, dos solos, da estrutura geológica, da morfometria da bacia e da geometria hidráulica. “Destes elementos, somente a estrutura geológica e, em menor proporção, o tamanho da bacia podem ser independentes do clima” (p. 176). A morfometria da bacia, que inclui tamanho, forma, padrões de canais e orientação, possui uma influência mais decisiva sobre o regime fluvial e sua velocidade de reação aos fatores climáticos (Beckinsale, *op.cit.*).

Tricart (1960) assinala que duas bacias com relevo e superfície idênticos podem apresentar variações de vazão muito diferentes quando submetidas a chuvas exatamente iguais, por exemplo em função de diferenças na cobertura pedológica e na estrutura geológica. O estado da cobertura pedológica exerce grande influência sobre o escoamento superficial, que pode ser retardado em solos mais ressecados. Conforme Beckinsale (1973), a cobertura vegetal também contribui de modo significativo na redução do escoamento. Em geral, quanto menor em área e menos densa a cobertura vegetal, mais abundante e rápido é o escoamento.

Para Beckinsale (*op.cit.*) bacias hidrográficas muito pequenas tendem a ser hipersensíveis a aguaceiros de curta duração, apresentando reações rápidas e de características violentas. Por outro lado, Tricart (1960) observa que bacias maiores, com áreas de cabeceiras mais distantes, apresentam escoamento superficial mais retardado.

Quanto às descargas fluviais, os momentos nos quais se efetuam medições de vazão muitas vezes não correspondem aos momentos de descarga máxima ou

mínima, mascarando as vazões de pico, que podem influenciar sobremaneira o registro do deflúvio médio diário (TRICART, *op.cit.*).

Dentre os fatores que influenciam o escoamento fluvial está o perfil longitudinal de um rio, que indica sua declividade, ou gradiente, geralmente representado na forma gráfica como uma curva côncava voltada para cima, cujo perfil típico apresenta declividades maiores nas áreas próximas às nascentes, que diminuem gradativamente para jusante (BECKINSALE, 1973; CHRISTOFOLETTI, 1980, 1981; LEOPOLD *et al.*, 1992). Segundo Christofolletti (1981), a análise do perfil longitudinal é tema antigo em Geomorfologia, que merece destaque dada sua importância na análise da dinâmica fluvial. Ainda conforme o autor, pode-se resumidamente observar como ocorrências em um canal fluvial de montante para jusante:

- a) aumento do débito, da largura e da profundidade do canal, da velocidade média das águas, do raio hidráulico;
- b) diminuição do tamanho dos sedimentos, da competência do rio, da resistência ao fluxo e da declividade.
(CHRISTOFOLETTI, 1980, p.97)

Para Christofolletti (*op.cit.*), o perfil longitudinal surge como resposta ao controle exercido pelo comportamento e ajustagem desses fatores, constituindo assim uma variável dependente e controlada.

Quanto à magnitude e freqüência das vazões em um canal fluvial, Dury (1973) afirma que “a análise de freqüência de vazões envolve necessariamente a magnitude, uma vez que vazões muito elevadas são raras (grande magnitude se correlaciona com baixa freqüência), enquanto que as baixas vazões são comuns (pequena magnitude se correlaciona com elevada freqüência)¹³” (p. 149).

Segundo Christofolletti (1981), em termos estatísticos a distribuição das freqüências dos fluxos hídricos é aproximadamente normal, com freqüências diminuindo à medida que as magnitudes se elevam, sendo os valores da média maiores que o da mediana.

¹³ Tradução nossa.

Também conforme o autor, a distribuição da velocidade da água de um rio varia no sentido vertical, transversal e longitudinal. De modo geral, a velocidade diminui da superfície para o fundo e do centro para as margens. Devido às forças de cisalhamento, as velocidades mínimas estão próximas ao leito, enquanto que as máximas localizam-se próximas à superfície. A velocidade média encontra-se em geral a 60% da profundidade do canal fluvial ou $0,6P$ (CHORLEY, 1973a; CHRISTOFOLETTI, 1981; CARVALHO, 1994; entre outros).

Com relação ao movimento do fluxo hídrico e seu conteúdo, para Christofolletti (1981) “a turbulência e a velocidade da água está intimamente relacionada com o trabalho que o rio executa, isto é, erosão, transporte e deposição dos detritos” (p.10). No fluxo hídrico, a energia potencial é total ou parcialmente convertida em energia cinética (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990), que é em grande parte dissipada em calor e fricção.

“Embora a movimentação detrítica seja um processo fluvial extremamente importante, só pequena parcela da energia de um rio é gasta no transporte da carga detrítica. Calcula-se que 95% da energia é consumida pela turbulência interna das águas e pela fricção nas paredes do perímetro úmido” (MORISAWA, 1968 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1977, p.1).

Para Christofolletti (1977), “o fluxo e o transporte de sedimentos constituem respostas aos processos e ao estado de equilíbrio atuantes no sistema fluvial” (p.2), cujos reflexos se fazem perceber no transporte da carga detrítica por um rio.

A carga sedimentar de um rio pode ser diferenciada em três tipos: dissolvida, em suspensão e do leito ou de fundo (CHRISTOFOLETTI, 1977, 1980, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990; HICKS & GOMEZ, 2003; entre outros).

Sugio & Bigarella (1990) assinalam que a carga de leito corresponde aproximadamente de 10% a 20% da carga em suspensão e que há boa correlação ente a carga em suspensão e a vazão líquida dos rios, conforme demonstrado por Sugio & Kutner (1969) para o rio Cubatão, no estado de São Paulo. Tanto a carga dissolvida como a carga em suspensão são transportadas

na mesma velocidade do fluxo hídrico (CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990).

Ao analisar a descarga de sedimentos de grandes rios, Christofolletti (1977) considera que a contribuição de bacias hidrográficas é em geral muito desigual, havendo rios que transportam grandes volumes de sedimentos em relação ao peso total e outros que apresentam contribuições proporcionalmente menores.

Questões ligadas à cobertura vegetal influenciam de modo decisivo o conteúdo sedimentar de um rio. Ambers *et al.* (2006) relatam o aumento da carga sedimentar de fundo e em suspensão de cursos d'água na Virgínia como efeito da remoção de cobertura vegetal e sua substituição pela agricultura. Para Suguio & Bigarella (1990), “a cobertura vegetal pouco desenvolvida ocasiona forte escoamento superficial e conseqüentemente denudação rápida do terreno com fornecimento de muitos detritos para os sistemas fluviais” (p. 23).

Estudos efetuados por Leopold & Maddock (1953 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) mostram que a concentração média de sedimentos sofre mudanças ao longo do curso de um rio, com tendência a decréscimo em direção de jusante. Ainda conforme os autores, o fornecimento de detritos por unidade de área é maior em bacias pequenas do que nas grandes, não sendo porém claramente definido o que é considerado como grande ou pequena bacia.

Com relação à geometria hidráulica, Leopold & Maddock (1953 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) indicam que

“sob condições de débito e de largura constantes, o aumento da velocidade está associada com o acréscimo no transporte da carga em suspensão e na do leito. Sob condições de velocidade e de largura constantes, o aumento da largura está associado com o decréscimo no transporte da carga em suspensão e aumento na carga do leito” (p.86).

Fato notável apresentado por Leopold *et al.* (1992) e Christofolletti (1981) diz respeito à evolução da largura e profundidade do canal fluvial, da velocidade do fluxo e da carga sedimentar durante o transcurso de um evento de aumento do fluxo hídrico, como em uma cheia. Cada um desses parâmetros executa um circuito em histerese no qual, para dada vazão, observa-se uma maior velocidade

do fluxo e maior concentração da carga sedimentar durante a fase ascendente do hidrograma do que para o mesmo valor de vazão na fase descendente.

A quantidade de sedimentos transportada em um curso d'água, segundo Carvalho (1994), compõe uma onda que acompanha a onda de aumento da vazão (ou de cheia) e pode se relacionar com esta de três diferentes modos: o pico de concentração de sedimentos se encontra antecipado, simultâneo ou atrasado em relação ao pico de vazão (figura 33).

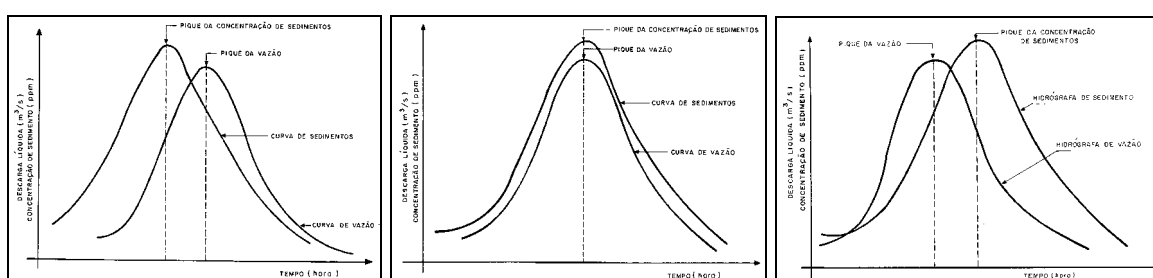


Figura 33: gráficos vazão x tempo indicando picos de concentração de sedimentos antecipado, simultâneo e atrasado em relação ao pico de vazão. Fonte: Carvalho, 1994.

Para Christofolletti (1981), há duas forças que atuam na movimentação de partículas em relação à superfície do leito fluvial. A força de soerguimento remove as partículas do fundo e, caso não haja força de turbulência suficiente para mantê-las suspensas, estas voltarão a se depositar, podendo-se repetir o ciclo sucessivas vezes, o que caracteriza o processo de movimentação por saltação. Caso haja força de turbulência suficiente, a partículas se mantêm suspensas e são transportadas pelo fluxo hídrico, constituindo-se o transporte por suspensão.

“As partículas assentadas no leito do canal exercem sobre as partículas subjacentes uma força vertical igual ao seu peso imerso. Como os canais naturais apresentam declividades, o peso imerso resulta da interação entre a componente normal à superfície do leito e a componente tangencial ao leito e dirigida para jusante. Para movimentar determinada partícula, há necessidade de força suficiente para superar a exercida pela componente normal do peso. A força necessária para carregar uma partícula é chamada de força trativa crítica (ou força de cisalhamento), e a velocidade na qual essa força atua sobre determinada declividade corresponde à velocidade de erosão” (Christofolletti, 1981, p. 13).

Morisawa (1968 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) e Suguio & Bigarella (1990) assinalam que areias são removidas com maior facilidade do fundo do leito, ao passo que siltes e argilas e cascalhos, são mais resistentes. O material mais fino apresenta maior resistência à remoção em função de forças coesivas (devido ao hábito placóide dos minerais de argila, que produzem uma maior superfície específica) e fraca rugosidade do leito, enquanto que para os cascalhos a resistência se dá principalmente em virtude de seu tamanho e peso.

Para Christofolletti (1981), uma vez movimentados, siltes e argilas podem ser transportados a velocidades muito baixas, citando como exemplo partículas de 0,01mm de diâmetro que são movimentadas a velocidades críticas de aproximadamente 60 cm/s, conservando-se porém em movimento até em velocidades inferiores a 0,1cm/s. Para Suguio & Bigarella (1990), argilas permanecem em suspensão em virtude de sua menor velocidade de decantação. Hicks & Gomez (2003) destacam que em muitos rios a concentração de materiais em suspensão tende a ser limitada mais pelo fornecimento de sedimentos finos do que pela capacidade do fluxo de mantê-los em suspensão.

A distribuição vertical dos sedimentos em suspensão varia em profundidade conforme sua granulometria (NIPPES, 1983; CARVALHO, 1994; SANTOS *et al.*, 2001). As frações areia tendem a apresentar as maiores concentrações no terço mais próximo ao leito do curso d'água, enquanto que as frações silte e argila apresentam distribuição vertical mais uniforme (figura 34). Quanto à distribuição transversal dos sedimentos, esta varia em função da velocidade da corrente e da granulometria do material em suspensão (CARVALHO, 1994). Sendo as velocidades menores perto das margens, também o são as concentrações de sedimentos em suspensão (figura 35).

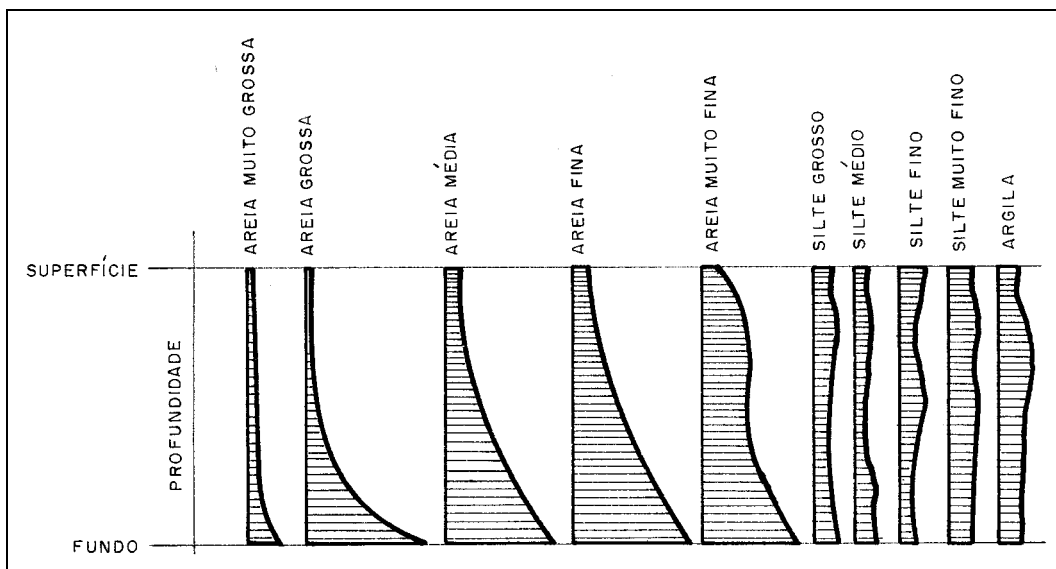


Figura 34: distribuição vertical de sedimentos em suspensão segundo granulometria.
Fonte: Carvalho, 1994.

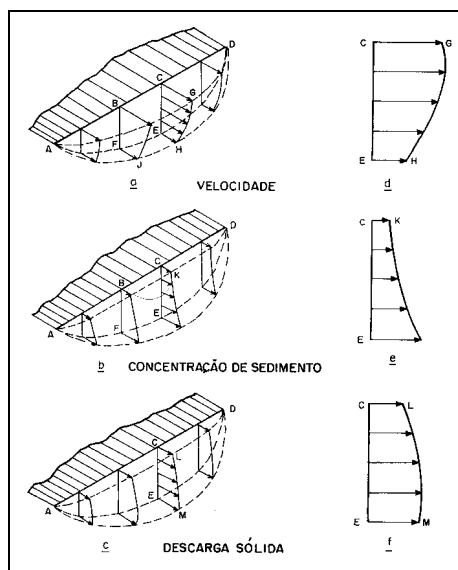


Figura 35: diagrama da distribuição da velocidade (a), concentração de sedimentos (b) e descarga sólida (c) na seção transversal. Fonte: Carvalho, 1994.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

4. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Com base na linha metodológica proposta, os procedimentos técnicos e operacionais básicos foram divididos em quatro etapas principais, não necessariamente seqüenciais: (1) pesquisa bibliográfica e cartográfica; (2) pesquisas complementares e trabalhos de campo e laboratório; (3) confecção de documentos cartográficos e análise dos dados coletados e produzidos; (4) discussão dos resultados e redação da tese.

Primeira etapa: pesquisa bibliográfica e cartográfica

procedimento	função
<ul style="list-style-type: none"> • levantamento bibliográfico 	<ul style="list-style-type: none"> • obter um arcabouço teórico-metodológico que permita: <ul style="list-style-type: none"> - aprofundar a compreensão dos processos envolvidos no aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga; - conhecer técnicas e procedimentos que viabilizem os trabalhos de campo; - conhecer técnicas e procedimentos que viabilizem a representação e análise dos dados coletados e produzidos.
<ul style="list-style-type: none"> • levantamento cartográfico 	<ul style="list-style-type: none"> • organizar a base cartográfica digital e preparar ambiente de trabalho georreferenciado; • delimitar as bacias hidrográficas estudadas; • contextualizar a área da pesquisa quanto aos meios físico-biótico e antrópico; • conhecer as intervenções antrópicas realizadas na área da pesquisa; • compreender a organização espacial dos parâmetros ambientais a serem analisados.

Segunda etapa: pesquisas complementares e trabalhos de campo e laboratório

procedimento	função
a. pesquisas complementares	
<ul style="list-style-type: none"> levantamento de dados climáticos 	<ul style="list-style-type: none"> conhecer o regime de precipitação pluviométrica na área de estudo; traduzir os dados em isoietas.
<ul style="list-style-type: none"> levantamento de dados históricos de vazões 	<ul style="list-style-type: none"> conhecer o regime hidrológico dos rios da área da pesquisa.
b. trabalhos de campo e laboratório	
<ul style="list-style-type: none"> identificação de tipologias de uso da terra 	<ul style="list-style-type: none"> conhecer com maior detalhe possível a área da pesquisa através de: <ul style="list-style-type: none"> - percursos por via terrestre, aérea e marítima; - reconhecimento de pontos-controle, de modo a subsidiar a construção do mapa de uso da terra.
<ul style="list-style-type: none"> medições de vazão e coleta de amostras de água 	<ul style="list-style-type: none"> medir as vazões dos principais rios da área da pesquisa com frequência mensal; medir a vazão do rio Cubatão com frequência diária; efetuar coleta de amostras de água de todos os rios com frequência mensal; efetuar coleta de amostras de água do rio Cubatão em eventos pluviométricos significativos; medir a vazão do rio Cubatão e efetuar coleta de amostras de água com frequência diária e/ou horária em períodos isolados, de modo a se detalhar o comportamento hidrossedimentológico do rio através de recortes temporais.
<ul style="list-style-type: none"> leituras de turbidez 	<ul style="list-style-type: none"> efetuar leitura de turbidez de todas as amostras coletadas.
<ul style="list-style-type: none"> quantificação de sedimentos em suspensão 	<ul style="list-style-type: none"> realizar filtragem das amostras em membranas filtrantes; pesar as membranas de modo a obter o volume total da carga sedimentar em suspensão; efetuar queima de matéria orgânica para se conhecer seu percentual no volume total de sedimentos filtrados.

Terceira etapa: confecção de documentos cartográficos e análises dos dados coletados e produzidos

procedimento	função
<ul style="list-style-type: none"> • elaboração de produtos cartográficos de apoio 	<ul style="list-style-type: none"> • confeccionar mapas de distribuição da precipitação pluviométrica, clinográfico, hipsométrico, de uso da terra e geomorfológico, assim como organizar e adaptar os mapas geológico, pedológico e de cobertura vegetal; • confeccionar perfis topográficos.
<ul style="list-style-type: none"> • representação gráfica dos dados 	<ul style="list-style-type: none"> • organizar os dados produzidos e levantados em quadros e tabelas, de modo a permitir tratamento estatístico; • construir gráficos de análise e síntese.
<ul style="list-style-type: none"> • análise estatística 	<ul style="list-style-type: none"> • efetuar, por bacia hidrográfica, estudos de correlação linear, dois a dois, entre dados de precipitação, vazões, turbidez e material em suspensão.

Quarta etapa: discussão dos resultados e redação da tese

procedimento	função
<ul style="list-style-type: none"> • análise conjunta 	<ul style="list-style-type: none"> • comparar e correlacionar os produtos cartográficos confeccionados; • comparar e correlacionar os dados de precipitação, vazão, turbidez e carga sedimentar em suspensão com os dados obtidos a partir dos produtos cartográficos, como compartimentação do relevo, litologias, solos, distribuição da cobertura vegetal e uso da terra; • gerar produtos temáticos de síntese.
<ul style="list-style-type: none"> • redação da tese 	<ul style="list-style-type: none"> • apresentar de forma abrangente e didática a evolução do trabalho e os resultados obtidos.

Os trabalhos de campo ocorreram em 67 diferentes momentos entre março de 2003 e outubro de 2006, com um total de 440 horas de atividades.

4.1 Pesquisa Bibliográfica e Cartográfica

O material bibliográfico consultado abrange livros, periódicos, dissertações, teses, anais de congressos, seminários e simpósios, apostilas e anotações pessoais. As consultas foram efetuadas nas bibliotecas: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (Universidade de São Paulo); Instituto de Geociências (Universidade de São Paulo); Instituto de Hidráulica (Escola Politécnica – Universidade de São Paulo); Centro Politécnico (Universidade Federal do Paraná); Centro de Filosofia e Ciências Humanas (Universidade Federal de Santa Catarina); Instituto de Geografia (Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg); Universidade da Região de Joinville; Universidade do Estado de Santa Catarina (Campus Joinville); Fundação Municipal do Meio Ambiente (Fundema - Prefeitura Municipal de Joinville); Fundação do Meio Ambiente (Fatma – Governo do Estado de Santa Catarina). Pesquisas adicionais foram também efetuadas na *Internet*.

O material cartográfico foi recolhido nas formas analógica e digital, conforme disponibilidade. Todo o material coletado na forma analógica foi transferido para o meio digital via escanerização ou vetorização. O material consultado, analisado e utilizado inclui:

- cartas topográficas na escala 1:50.000, do IBGE (1983): folhas São Francisco do Sul (SG-22-Z-B-II-2), Garuva (SG-22-Z-B-II-1), Araquari (SG-22-Z-B-II-4), Joinville (SG-22-Z-B-II-3) e Jaraguá do Sul (SG-22-Z-B-I-4);
- carta topográfica na escala 1:50.000, do Serviço Geográfico do Exército (1968): folha São Miguel (SG-22-Z-B-I-2);
- carta topográfica na escala 1:250.000, do IBGE (1983): Joinville (SG-22-Z-B);
- mosaico semi-controlado de radar na escala 1:250.000, do projeto RadamBrasil (1976): folha Joinville (SG-22-Z-B);

- imagens orbitais Landsat dos sensores ETM7, de 02/09/2002 e TM5, de 02/09/2005;
- Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina na escala 1:1.000.000 (GAPLAN, 1996);
- Mapa Geológico da Região Nordeste de Santa Catarina na escala 1:50.000 (GONÇALVES *et al.*, 2002);
- Mapa Geológico na escala 1:100.000 (DIGEO/SUL-IBGE, 2001);
- Mapa do Quaternário Costeiro na escala 1:200.000 (MARTIN *et al.*, 1988);
- Mapa do Quaternário Costeiro na escala 1:350.000 (HORN F^o, 1997);
- Mapa do Quaternário Costeiro na escala 1:70.000 (OLIVEIRA, 2000);
- Mapa Geomorfológico do Estado de Santa Catarina na escala 1:1.000.000 (GAPLAN, 1996);
- Mapa Geomorfológico do complexo Hídrico da Baía da Babitonga na escala 1:100.000 (FATMA, 2002);
- Mapa Pedológico do Estado de Santa Catarina na escala 1:1.000.000 (GAPLAN, 1996);
- Levantamento de Solos na escala 1:100.000 (DIGEO/SUL-IBGE, 2002);
- Mapa da Cobertura Vegetal do Estado de Santa Catarina na escala 1:1.000.000 (GAPLAN, 1996);
- Mapa Fitoecológico na escala 1:100.000 (DIGEO/SUL-IBGE, 2002);
- Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina na escala 1:1.000.000 (IDE *et al.*, 1980).

4.2 Coleta e Organização dos Dados Pluviométricos

A coleta e organização de dados climatológicos constitui etapa importante na caracterização da dinâmica do meio físico. Nesta pesquisa, a coleta de dados climatológicos restringiu-se aos dados de chuva, pois esta representa a única entrada de matéria de origem externa aos limites dos sistemas individuais que constituem as bacias hidrográficas estudadas. O trabalho com variáveis climatológicas adicionais, que não a chuva, introduziria a necessidade de abordagem de temas que fogem ao objetivo principal da pesquisa.

A coleta e organização dos dados pluviométricos foi realizada com dois objetivos principais: o primeiro, de obter uma série histórica que permitisse conhecer a dinâmica pluviométrica e mapear o padrão de distribuição de chuvas na área da pesquisa; o segundo de obter séries de dados com nível de detalhe suficiente para comparação com a variação de vazões e de carga sedimentar em suspensão durante o período de medições.

Para se conhecer o regime pluviométrico local, procurou-se identificar todas as estações pluviométricas que funcionam ou funcionaram na região que compreende a baía da Babitonga e áreas próximas. Foi possível localizar dados de diversas estações que estiveram em atividade na região nos últimos 67 anos. Em uma primeira aproximação, com o objetivo de compor um conjunto de dados representativos da realidade pluviométrica local e regional, procurou-se conhecer a distribuição espacial de todas as estações cujos dados estão disponíveis. Dada a característica de concentração da ocupação humana junto ao litoral, há um maior predomínio de estações localizadas na planície costeira e áreas próximas.

Os dados de precipitação pluviométrica foram coletados principalmente na plataforma de séries históricas do *site* do Sistema de Informações Hidrológicas – *HidroWeb*, mantido pela Agência Nacional de Águas. Esta plataforma oferece dados oficiais de chuva organizados em bancos de dados *Access* com totais diários, mensais e anuais. Foram também obtidos dados em séries históricas

junto ao CCJ, UNIVILLE, Aeroporto de Joinville e Fundação Tupy, que dispõem de estações climatológicas próprias.

Dentre o universo de estações localizadas na região nordeste de Santa Catarina, selecionou-se um total de 22 estações, em operação entre 1940 e 2006 (figura 36), com o propósito de compor um quadro da distribuição pluviométrica na região da Baía da Babitonga e entorno imediato através do mapeamento das médias pluviométricas gerais de cada estação (quadro 6). A seleção incluiu todas as estações localizadas dentro dos limites da área da pesquisa (9 estações) e no seu entorno (13 estações). É importante considerar que as estações *não* funcionaram simultaneamente ao longo do tempo e que suas médias pluviométricas podem dizer respeito a distintas realidades climáticas, representadas pelo registro de períodos de chuvas mais ou menos intensas relacionadas a ciclos climáticos que se sucederam ao longo dos anos.

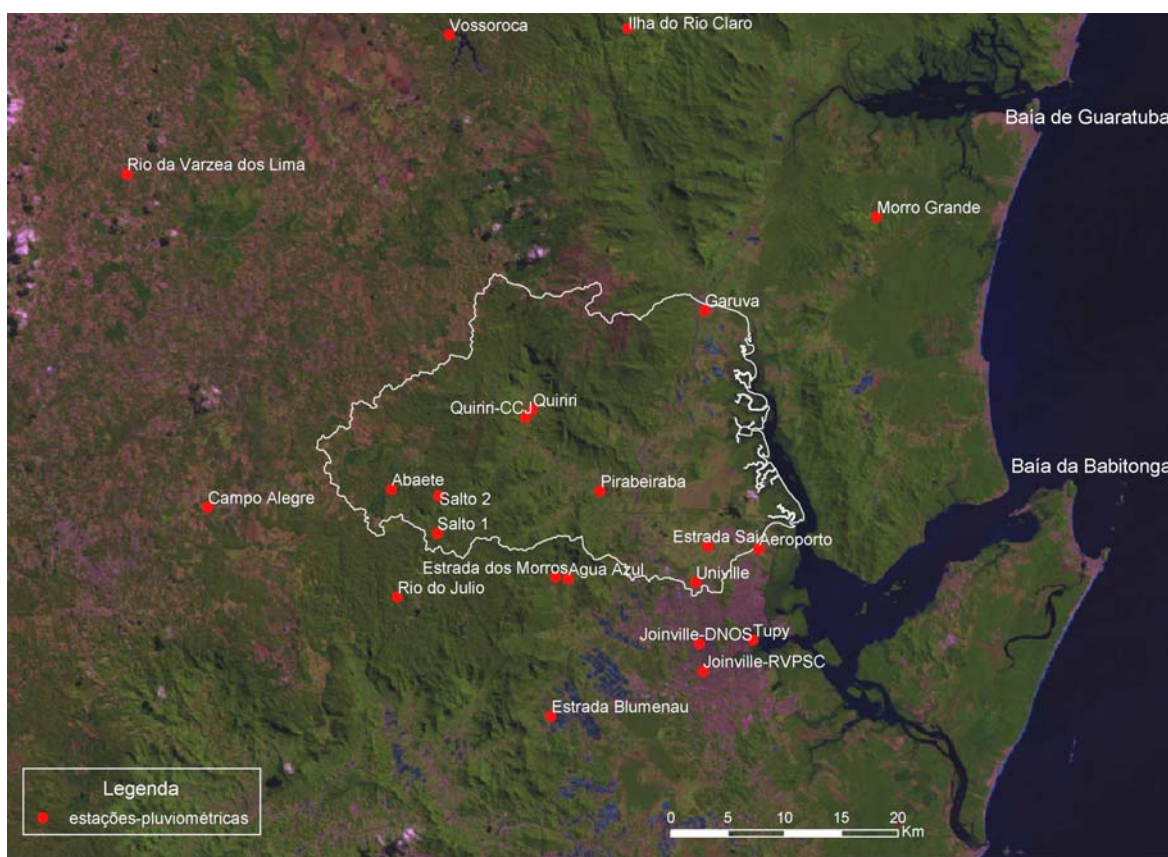


Figura 36: Localização das 22 estações pluviométricas situadas na área de estudo e em seu entorno.

Quadro 6: Estações climatológicas ativas na região de Joinville entre 1940 e 2006

X	Y	Nome	média geral (mm)	altitude	situação*	período	anos	código	responsavel	operadora	município
687560	7102892	Abaeté	2259,0	730m	E	2004-	1	-	CCJ	CCJ	Joinville
719886	7097666	Aeroporto	1809,3	6m	P	2001-	5	-	INFRAERO	INFRAERO	Joinville
703085	7095025	Água Azul	2349,2	200m	PE	1953-1968	16	2648021	DNOS	desativada	Joinville
671410	7101318	Campo Alegre	1603,5	870m	PT	1977-2004	28	2649057	ANA	SUDERHSA	Campo Alegre
701610	7082912	Estrada Blumenau	2526,9	11m	PE	1985-1989	4	2648003	DNOS	desativada	Joinville
702005	7095165	Estrada dos Morros	3016,4	100m	PE	1987-2004	18	2648034	ANA	EPAGRI	Joinville
715389	7097886	Estrada Saí	-	12m	P	2005-	-	-	CCJ	CCJ	Joinville
715134	7118596	Garuva	2594,2	80m	PE	1977-2004	28	2648027	ANA	EPAGRI	Garuva
708354	7143453	Ilha do Rio Claro	2051,4	237m	E	1975-1986 / 2002-2005	17	2548052	SUDERHSA	SUDERHSA	São José dos Pinhais
714649	7089297	Joinville DNOS	1982,5	7m	P	1953-1985	33	2648005	DNOS	desativada	Joinville
714969	7086890	Joinville RVPSC	1547,7	6m	P	1940-1980 / 1984-2002	59	2648014	ANA	EPAGRI	Joinville
730233	7126818	Morro Grande	2300,8	15m	PE	1973-1986	14	2548035	SUDERHSA	desativada	Guaratuba
705928	7102737	Pirabeiraba	2461,7	40m	P	1988-2004	17	2648033	ANA	EPAGRI	Joinville
699982	7109849	Quiriri	2312,8	90m	PE	1956-1966	11	2649036	ANA	desativada	Joinville
699333	7109178	Quiriri – CCJ	1192,0	110m	PE	2004-	1	-	CCJ	CCJ	Joinville
664290	7130595	Rio da Várzea dos Lima	1418,0	810m	PT	1941-2005	65	2549003	ANA	SUDERHSA	Quitandinha
688073	7093405	Rio do Júlio	1855,7	800m	E	1948-1957 / 1960-1970	20	2649014	CELESC	desativada	Joinville
691580	7099013	Salto 1	2371,9	790m	E	1982-2004	22	2649060	ANA	EPAGRI	Joinville
691733	7102321	Salto 2	1837,1	810m	E	1950-1971	21	2649042	CELESC	desativada	Joinville
719345	7089620	Tupy	1904,1	4m	P	1972-1995 / 1998-2002	29	-	Tupy	desativada	Joinville
714322	7094698	Univille	2283,7	20m	P	1995-	10	2648036	EPAGRI	EPAGRI	Joinville
692646	7142873	Vossoroça	1575,2	805m	PT	1949-1992	44	2549008	COPEL	COPEL	Tijucas do Sul

* P = planície PT = planalto PE = próximo da escarpa E = escarpa

Fonte: Hidroweb, Agência Nacional de Águas, 2006; Universidade da Região de Joinville; Aeroporto de Joinville; Comitê Cubatão Joinville; Fundação Tupy. Org.: F. Oliveira, 2006.

Observa-se que as estações estão distribuídas em sete municípios e são (ou foram) operadas por oito diferentes instituições (quadro 6). Verifica-se também que estações pluviométricas encontram-se distribuídas em quatro diferentes ambientes: na planície costeira, nas proximidades da frente de escarpa da serra do Mar, na escarpa da serra e no planalto, em cotas que variam entre 4 e 870m (quadro 6).

Localizam-se na planície costeira as estações Aeroporto, Estrada Saí, Joinville-RVPSC, Joinville-DNOS, Pirabeiraba, Tupy e Univille. Próximas à frente de escarpa situam-se as estações Água Azul, Estrada Blumenau, Estrada dos Morros, Garuva, Morro Grande, Quiriri e Quiriri-CCJ. Na escarpa localizam-se as estações Abaeté, Ilha do Rio Claro, Rio do Julio, Salto 1 do Cubatão e Salto 2 do Cubatão. No planalto situam-se as estações Campo Alegre, Rio da Várzea dos Lima e Vossoroça¹⁴. As estações Ilha do Rio Claro, Morro Grande, Rio da Várzea dos Lima e Vossoroça encontram-se no estado do Paraná, as demais em Santa Catarina.

É importante observar que as estações podem ser agrupadas segundo faixas dos totais gerais de precipitação, que variam conforme sua localização no planalto (1.400-1.600mm), na escarpa (1.800-2.300mm), próximas à escarpa (2.300-3.000mm) e na planície costeira (1.500-2.400mm). Constata-se, assim, a existência de um gradiente pluviométrico entre a planície costeira e as áreas de planalto, com faixa de precipitação mais intensa nos trechos próximos à escarpa (quadro 6).

As estações Abaeté, Estrada Saí, Quiriri, Quiriri-CCJ, Pirabeiraba, Salto 1 do Cubatão, Salto 2 do Cubatão, Univille e Garuva estão situadas dentro dos limites da área da pesquisa (figura 37). As estações Abaeté, Estrada Saí e Quiriri-CCJ constituem unidades automatizadas operadas pelo CCJ, cujos dados são enviados via satélite para uma central operadora localizada em São Paulo, que, uma vez efetuado o pós-processamento, os disponibiliza para o assinante (CCJ) via *internet*. Estas estações foram instaladas a partir de 2003, com exceção da

¹⁴ Manteve-se a grafia da palavra conforme consta nos registros da ANA.

estação Estrada Saí, instalada em 2005. É importante frisar que os sensores dos equipamentos passaram por um período de ajuste durante os primeiros meses de funcionamento, podendo os dados coletados neste período não condizer com a realidade pluviométrica local. Na estação Quiriri-CCJ houve especial dificuldade quanto ao ajuste dos sensores, que apresentavam defeito de forma sistemática.

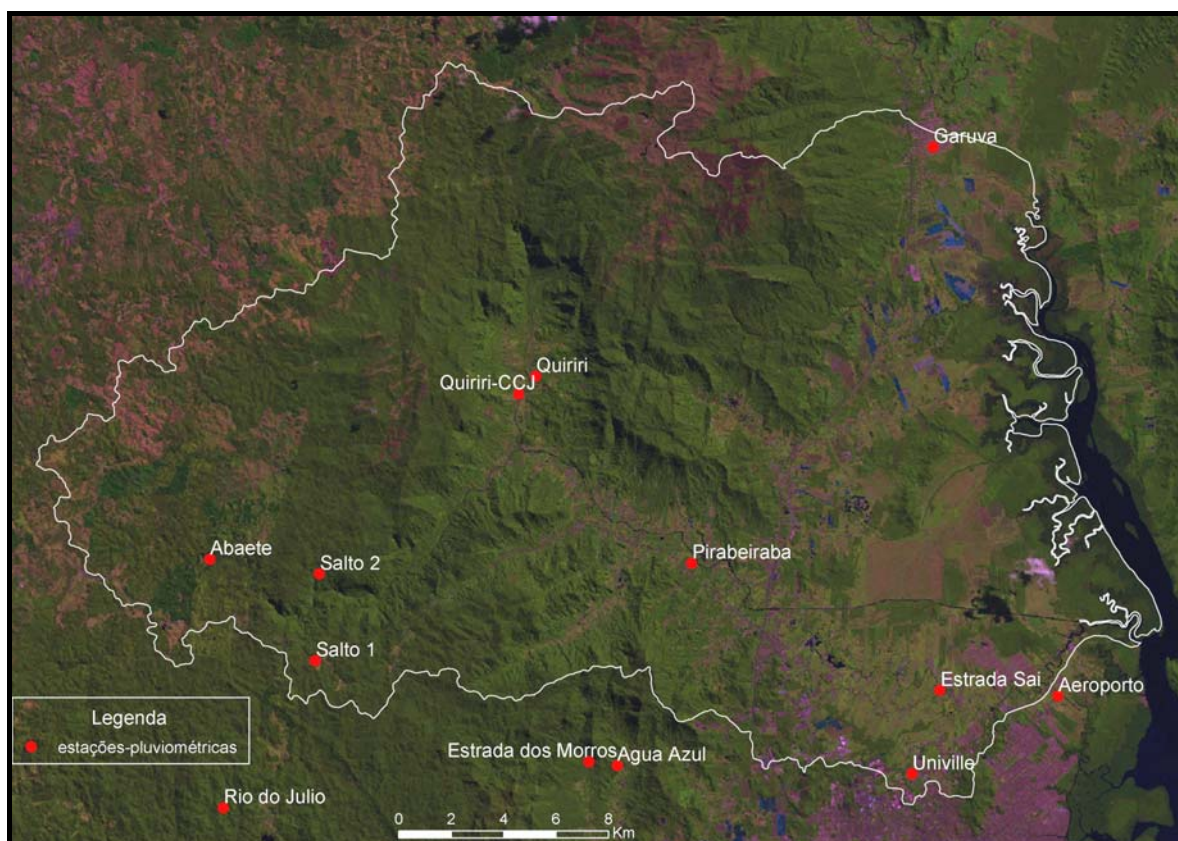


Figura 37: estações localizadas nos limites da área da pesquisa.

Organização dos dados

Conforme mencionado, os dados pluviométricos foram obtidos na sua grande maioria em séries temporais diárias. Os dados das estações Abaeté, Estrada Saí e Quiriri-CCJ são registrados com frequência horária. Os dados da estação Univille são registrados três vezes ao dia, em intervalos de seis horas: às 9:00hs, 15:00hs e 21:00hs. No caso específico da estação Estrada Saí, não havia até o momento de redação desta tese o registro de um ano completo (de janeiro a

dezembro) de dados de chuva que permitisse compor um total anual, uma vez que seu primeiro registro foi efetuado em março de 2005.

Cabe também salientar que praticamente a totalidade dos dados pluviométricos disponibilizados pela ANA até julho de 2006 tinha como horizonte máximo dezembro de 2004. Somente os dados das estações Ilha do Rio Claro e Rio da Várzea dos Lima incluem o ano de 2005. Não havia até o momento da redação deste trabalho dados para 2005 referentes às sete outras estações pertencentes ao sistema ANA dadas como ainda ativas.

Todos os dados coletados foram organizados individualmente em planilhas *Excel* segundo cada estação, de modo a permitir níveis embutidos de organização dos registros, de horários (quando o caso) a diários, mensais e anuais. Tal organização facilitou sobremaneira a extração de dados para análises específicas e correlações com dados de outras naturezas, como vazões, turbidez, etc. Adicionalmente, a organização em planilhas *Excel* permitiu o tratamento estatístico dos dados, de modo a se conhecer os momentos estatísticos que caracterizam sua distribuição.

Observou-se que dentre o universo de 462 totais anuais de precipitação, 13 registros de médias anuais são inferiores a 1.000mm. Tal fato indica uma grande probabilidade de ocorrência de equívocos operacionais no processo de produção dos dados, tanto referentes à sua coleta, quanto à sua manipulação e tratamento estatístico, uma vez que valores desta monta não condizem com a realidade climática regional. Os valores inferiores a 1.100mm chegam a 24 registros, sendo 11 deles referentes à estação Joinville RVPSC e oito à estação Rio da Várzea dos Lima.

Segundo Palma (1998), é comum encontrar-se em séries temporais registros discordantes cuja presença pode facilmente afetar os procedimentos convencionais de análise. No caso desta pesquisa, é particularmente preocupante o efeito destes valores discordantes, ou *outliers*, no mapeamento da distribuição espacial da precipitação pluviométrica na área de estudo.

Assim, é importante a identificação dos valores discrepantes no rol de médias anuais de cada estação. Para tal, identificou-se por inspeção visual os dados supostamente discrepantes, ou seja, aqueles inferiores a 1.000mm anuais. Em seguida procedeu-se uma análise do histograma de distribuição das médias anuais, segundo as classes oferecidas como *default* do programa *Excel*. Estas classes não contemplavam adequadamente o limite inferior de dados possivelmente discrepantes. Preparou-se então uma tabela de análise e gráfico correspondente com as classes de precipitação: <1.000mm; 1.000-1400mm; 1.400-1.800mm; 1.800-2.200mm; 2.200-2.600mm; 2.600-3.000mm; 3.000-3.400mm; >3.400mm (tabela 1) (figura 38).

Tabela 1: faixas de distribuição da precipitação na região de Joinville no período 1940-2005 organizadas por ordem de classe (esquerda) e por ordem de frequência (direita).

classe (mm)	freqüência	% cumulativo	classe (mm)	freqüência	% cumulativo
1000	13	2,81%	1800	135	29,22%
1400	74	18,83%	2200	110	53,03%
1800	135	48,05%	1400	74	69,05%
2200	110	71,86%	2600	66	83,33%
2600	66	86,15%	3000	40	91,99%
3000	40	94,81%	3400	17	95,67%
3400	17	98,48%	1000	13	98,48%
> 3400	7	100,00%	> 3400	7	100,00%

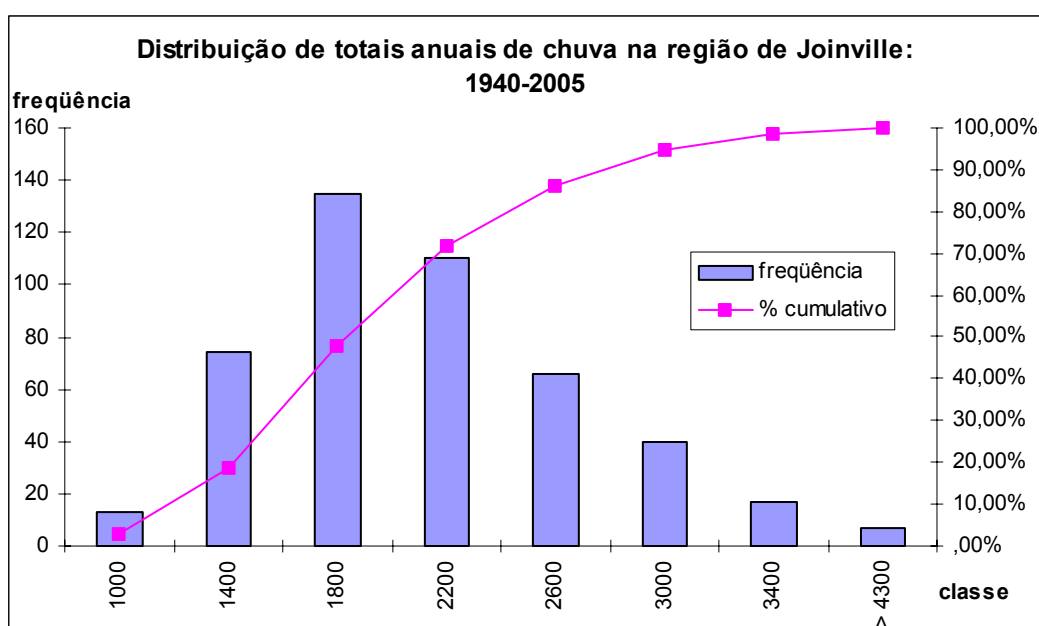


Figura 38: freqüência de distribuição da precipitação na região de Joinville no período 1940-2005.

Observou-se que os totais anuais inferiores a 1.000mm correspondem a 2,81% do conjunto de dados, com 13 ocorrências. Contribuem para esta classe as estações: Joinville RVPSC (7 ocorrências); Rio do Júlio (1 ocorrência), Rio da Várzea dos Lima (3 ocorrências), Salto 2 do Cubatão (1 ocorrência) e Campo Alegre (1 ocorrência). Foi possível também identificar que 53,3% dos totais anuais estão concentrados na faixa entre 1.400-2.200mm.

Não se encontrou na literatura uma técnica específica para determinação de valores discrepantes ou *outliers*. Desta forma, adotou-se como linha de corte inferior para todas as estações o valor de 1.000mm, que elimina somente 13 totais anuais em um universo de 462, ou 2,81% (tabela 1). Independente da localização das estações, registros de totais anuais inferiores a 1.000mm não condizem com a realidade climática local e mesmo regional.

A eliminação deste percentual de dados possivelmente discrepantes altera as médias gerais das cinco estações atingidas. Embora as alterações sejam pequenas (quadro 7), seu impacto não é desprezível na interpolação das médias gerais realizada para possibilitar o seu mapeamento.

Quadro 7: alteração das médias gerais das estações com valores abaixo de 1.000mm.

estação	média geral anterior	media sem valores < 1000mm	variação %
Campo Alegre	1603,5	1626,4	1,4
Joinville RVPSC	1547,7	1633,6	5,6
Rio da Várzea dos Lima	1418,0	1439,7	1,5
Rio do Julio	1855,7	1914,1	3,1
Salto 2 Cubatão	1837,1	1884,9	2,6

Quanto à estação Quiriri-CCJ, optou-se por sua eliminação do conjunto de estações para efeito de mapeamento, que pode ser justificada face aos problemas que ocorreram em seu funcionamento, à existência de somente um ano de registro integral e à discrepância de seus dados em relação às estações com igual localização (próximas à escarpa). O impacto de sua eliminação é absolutamente significativo no mapeamento realizado, conforme descrito no item 4.6.2.

4.3 Medidas de Vazões

As medidas de vazões foram realizadas mensalmente entre maio de 2003 e maio de 2006 nos principais rios da área da pesquisa (figura 39). No rio Cubatão foram efetuadas adicionalmente medidas de vazão com frequência diária entre junho de 2004 e outubro de 2006. O caráter mensal das medições foi definido por questões de logística e viabilidade de operacionalização, uma vez que deveria ser considerado: (1) necessidade de efetuar o conjunto de medições no mesmo dia, de modo a registrar um momento hidrológico semelhante para todos os rios e permitir comparações; (2) circuito total de aproximadamente 80 km a ser percorrido em curto intervalo de tempo disponível para realizar os procedimentos (cerca de 4 horas) devido à influência de maré; (3) diminuição de custos; (4) disponibilidade de ajuda.

A definição dos pontos de medidas de vazão se deu em função de um importante pressuposto: os pontos deveriam estar localizados o mais próximo possível da foz dos rios, de modo a se obter a maior área de contribuição hidrográfica assim permitida, porém distantes o suficiente da linha de costa para minimizar os impactos nas leituras originados pela oscilação do nível de marés. Face à dificuldade de acesso às áreas de manguezal, onde se encontram as desembocaduras dos rios, optou-se por efetuar as medidas em pontos em que é possível acesso terrestre por automóvel, que via de regra coincidem com pequenas pontes sobre os cursos d'água (figura 24).

No caso do rio Cubatão, decidiu-se por efetuar as medições junto à barragem de derivação do canal principal, localizada a cerca de 15km de sua foz, composta por um vertedouro com três segmentos (figura 40), para o qual foi construída pelo CCJ uma equação para vertedouro retangular com contração (SANTOS *et al.*, 2001) (figura 41). Esta equação, inserida em uma planilha *Excel*, permite o cálculo de vazão pela simples tomada da altura da coluna d'água em um dos segmentos do vertedouro. No caso desta pesquisa, optou-se por medir a altura junto ao vertedouro número 1, que dá acesso ao leito original do rio (figura 40).

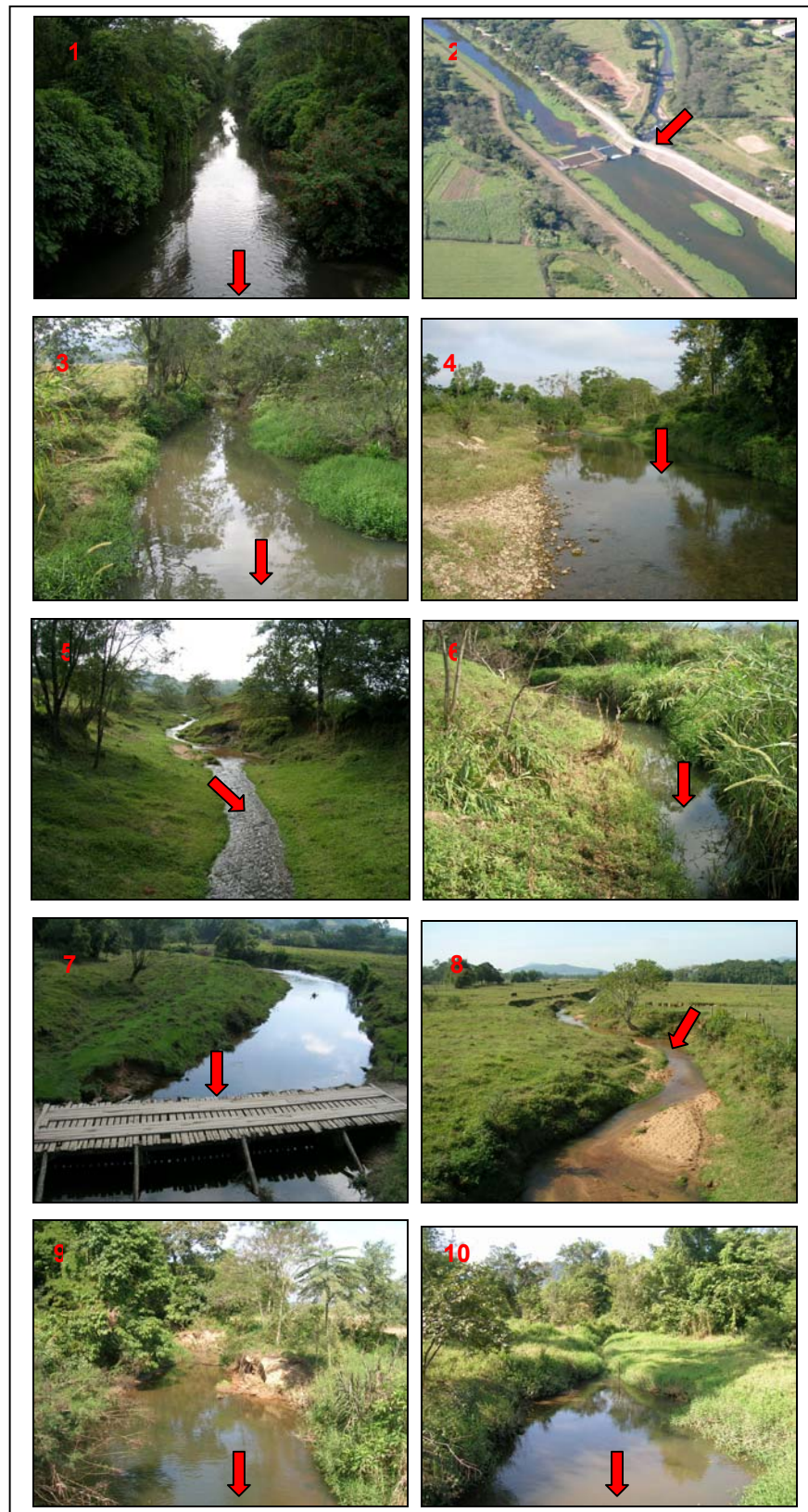


Figura 39: locais de medição de vazões nos rios (de sul para norte) Braço (1); Cubatão (2); Canela (3); Pirabeiraba (4); Bonito (5); Turvo (6); Três Barras (7); Cupim (8); Sete Voltas (9) e Onça (10). Fotos: F.A.Oliveira, 2006.



Figura 40: vertedouros n^{os} 1, 2 e 3 na barragem do rio Cubatão, em vista aérea (superior esquerda) e oblíqua (superior direita). As medidas de altura da coluna d'água foram efetuadas junto ao vertedouro n^o 1 (foto inferior). Fotos: F.A.Oliveira, 2004-2006.

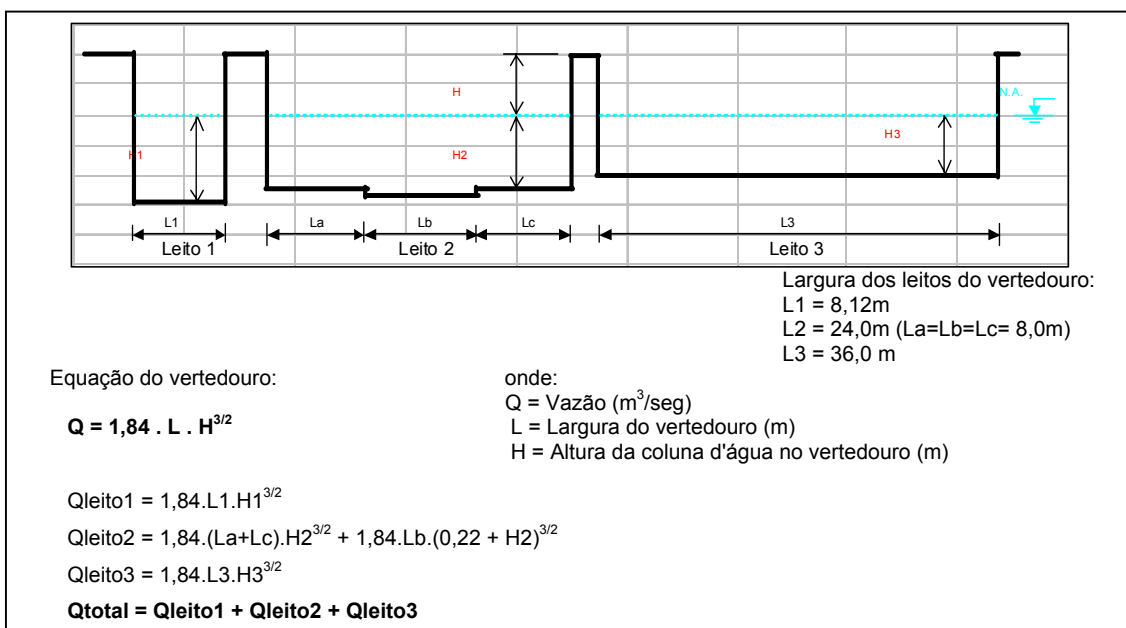


Figura 41: equação do vertedouro do rio Cubatão organizada em planilha eletrônica. Fonte: CCJ, 2001.

Para definição da técnica a ser adotada na medição das vazões, efetuaram-se diversos testes de cálculo de vazão pelos métodos da média aritmética, da seção parcial (PINTO & HOLTZ, 2000), da seção média (SANTOS *et al.*, 2001) e da meia seção (SANTOS *et al.*, 2001). Embora apresentassem resultados semelhantes, optou-se pelo método da meia seção por ser o mais utilizado e o que oferece valores intermediários entre os demais métodos testados.

No método da meia seção, a medição da vazão (Q) é dada pela tomada da largura do rio, assim como de suas profundidades em intervalos regulares (verticais) estabelecidos segundo sua largura (tabela 2). Nas mesmas verticais são medidas as velocidades médias (V_m) do fluxo hídrico em toda a coluna d'água. Calculam-se as áreas dos segmentos (A) correspondentes às adjacências das verticais (figura 42), que são multiplicadas pelos valores de velocidade média de cada vertical, obtendo-se vazões parciais ($Q_p = A \times V_m$). A vazão total é obtida pela soma das vazões parciais ($Q_t = Q_{p1} + Q_{p2} + \dots + Q_{pn}$).

Largura do rio (m)	Distância entre as verticais (m)
$\leq 3,00$	0,30
3,00 – 6,00	0,50
6,00 – 15,00	1,00
15,00 – 30,00	2,00

Fonte: DNAEE, 1967 *apud* SANTOS, 2001. Adaptado por F. Oliveira, 2005.

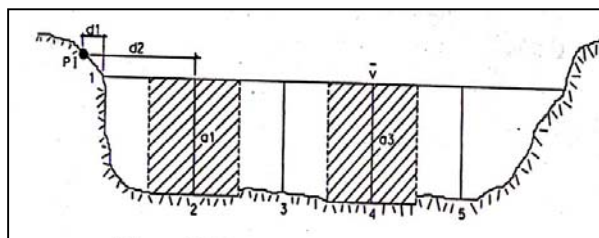


Figura 42: esquema de cálculo da meia seção. Fonte: Santos *et al.*, 2001.

A definição dos pontos exatos onde se construiu a seção dos rios deu-se principalmente em função dos fatores possibilidade de acesso ao interior do canal, profundidade e nível de poluição das águas. Como os rios são em geral rasos, com profundidades que variam entre 20cm e 2m, preferiu-se sempre que possível construir a seção no interior do canal (rios Canela, Pirabeiraba, Bonito, Turvo e Cupim). Nos demais casos a seção foi definida a partir de pontes baixas (rio Três Barras) ou pontes altas (rios Braço, Sete Voltas e Onça) (figura 43).



Figura 43: exemplos de situações de construção da seção dos rios e medição de vazões: no interior do canal (1- rio Pirabeiraba, 2- rio Cupim); em pontes baixas (3- rio Três Barras); em pontes altas (4- rio do Braço). Fotos: F.A.Oliveira, 2004-2006.

Para medir as velocidades médias utilizou-se um micromolinete hidrométrico Global Water modelo FP 201, seguindo-se as instruções do manual. Neste documento são apresentadas duas técnicas para a obtenção da velocidade média instantânea de uma vertical em pequenos rios. A primeira, também relatada por Santos *et al.* (2001)

e Carvalho (1994), consiste em manter o micromolinete fixo durante cerca de 40 segundos a $0,6P$ ou 60% da profundidade da vertical. Na segunda opção movimenta-se o aparelho suavemente em toda a extensão da vertical, em velocidade constante, durante cerca de 40 segundos. Adotou-se como procedimento padrão a segunda possibilidade, pois permite obter a média da leitura de todas as velocidades na coluna d'água e não somente a velocidade em um ponto fixo.

Quanto ao momento ideal para se efetuar as medições, optou-se por períodos de baixamar em marés preferencialmente de sizígia. Para tal, utilizou-se as tábuas de marés publicadas mensalmente na *Internet* pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil, que apresenta valores de maré astronômica para o porto de São Francisco do Sul.

Devido às distâncias envolvidas e aos efeitos fricção, assim como de constrição de canal (TRUCCOLO & SCHETTINI, 1999), os picos de preamar e baixamar apresentam na foz do rio Cubatão, junto à entrada do canal do Palmital, um atraso de cerca de uma hora em relação ao porto, sendo esses atrasos tão maiores quanto mais ao norte se localizarem os canais fluviais. Os pontos de medição de vazão e de coleta de amostras de água foram registrados com receptor GPS para seu posterior georreferenciamento. No caso do rio Cubatão, as medições podem ser efetuadas a qualquer momento, uma vez que a barragem se encontra fora da zona sob influência do regime de marés.

Quanto às datas e intervalos das medições de vazão, procurou-se concentrá-las sempre no final de cada mês. O intervalo médio entre as medições foi de 30,3 dias, sendo o intervalo maior de 44 dias e o menor de 21 dias (tabela 3).

Obteve-se no *site* da ANA e organizou-se em planilhas *Excel* dados históricos de vazões diárias do rio Cubatão nas estações Pirabeiraba e Salto1 e do rio Quiriri, entre out/1985 e dez/2001, out/1952 e dez/2001 e dez/1955 e ago/1967, respectivamente. Foram também coletados e organizados dados de vazões do rio Cubatão medidos em caráter semanal pelo CCJ desde abril de 2000.

Tabela 3: intervalos entre as medições de vazão

data	intervalo (dias)	data	intervalo (dias)	Data	intervalo (dias)
31/05/03	-	30/06/04	30	30/07/05	33
30/06/03	30	30/07/04	30	30/08/05	31
31/07/03	31	30/08/04	31	28/09/05	29
28/08/03	28	30/09/04	31	28/10/05	30
27/09/03	30	28/10/04	28	30/11/05	33
30/10/03	33	29/11/04	31	21/12/05	21
27/11/03	28	28/12/04	29	03/02/06	44
22/12/03	25	28/01/05	31	24/02/06	21
22/01/04	31	27/02/05	30	28/03/06	32
28/02/04	37	26/03/05	27	27/04/06	30
25/03/04	26	30/04/05	35	30/05/06	33
23/04/04	29	27/05/05	27		
31/05/04	37	27/06/05	30		

4.4 Coleta de Amostras de Água e Leitura de Turbidez

Amostras de água de todos os rios foram coletadas regularmente entre abril de 2004 e maio de 2006 por ocasião das medições de vazão de frequência mensal, perfazendo um total de 26 meses de amostragem contínua, com 260 amostras coletadas. Foram também coletadas em caráter não regular 139 amostras adicionais de água do rio Cubatão, entre outubro de 2004 e setembro de 2006. Destas amostras, 12 foram coletadas em regime esporádico; 72 em seqüência diária, dividida em três períodos de controle, em julho de 2005, julho de 2006 e setembro de 2006; 56 em seqüências horárias em maio de 2005, março de 2006 e setembro de 2006. Assim, coletou-se no período da pesquisa um total de 399 amostras de água.

As leituras de turbidez foram efetuadas em todas as amostras coletadas, sendo parte delas utilizadas para quantificação de sedimentos em suspensão.

Cuidados para coleta de amostras representativas têm sido discutidos e normatizados por diversos autores e instituições (DNAEE, 1977; EDWARDS & GLYSSON, 1999; IOS – International Organization for Standardization, 1977; CARVALHO, 1994; CARVALHO *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2001). Quase que a totalidade dos autores consultados preconizam a utilização de amostradores de sedimentos para sua coleta, com exceção de Melo *et al.* (1975), que sugerem a utilização de baldes de plástico.

Desta forma, as amostras foram recolhidas segundo uma adaptação do método de igual incremento de largura (IIL), conforme apresentado por Edwards & Glysson (1999), IOS (1977), Carvalho *et al.*, (2000), Carvalho (1994) e Santos *et al.* (2001), com um amostrador de 500ml e bico de $\frac{1}{4}$ de polegada, fabricado pelo autor da pesquisa a partir de uma garrafa plástica PET, com base em dados técnicos do amostrador tipo isocinético modelo US DH-81 (figura 44).

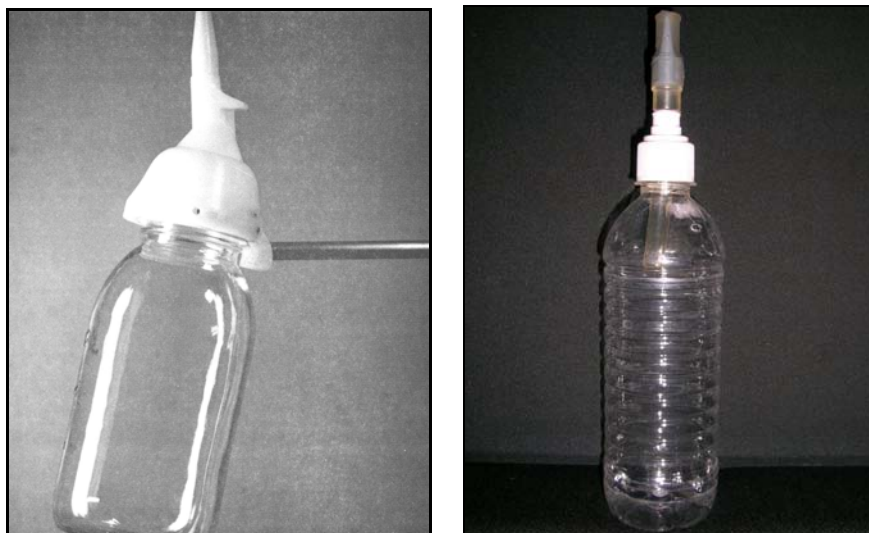


Figura 44: amostrador isocinético de sedimentos em suspensão modelo US DH-81 (esquerda) e amostrador fabricado para a pesquisa com garrafa PET de 500 ml (direita).
Fonte: Carvalho *et al.*, (2000).

Na adaptação do método, a amostra é tomada ao longo toda a coluna d'água somente nas verticais centrais utilizadas para a medição da vazão, observando-se uma velocidade de trânsito vertical tal que permita a máxima eficiência hidráulica, dada pela expressão (SANTOS *et al.*, 2001):

$$\text{Eficiência hidráulica} = V_n / V$$

onde:

V = velocidade do fluxo do rio no ponto de amostragem

V_n = velocidade da entrada da água no bico, dada pela fórmula:

$$V_n = V_a / (A_b \cdot t)$$

onde:

V_a = volume da amostra (cm^3)

A_b = área do bico (cm^2)

T = tempo de amostragem (segundos)

Uma vez coletadas, as amostras foram imediatamente transferidas do amostrador para garrafas plásticas tipo PET e levadas para o Laboratório de Meio Ambiente da Universidade da Região de Joinville, onde se efetuaram o mais rapidamente possível as leituras de turbidez.

A turbidez é uma propriedade ótica que expressa o grau com que a luz é dispersa ou absorvida pelas partículas orgânicas e inorgânicas presentes na água (LEWIS & EADS, 1996), dada em NTU (*nephelometric turbidity unit* - unidade nefelométrica de turbidez), que pode variar de 0 a 1000. As leituras de turbidez foram efetuadas com um turbidímetro marca Solar, modelo SL2K (figura 45). Segundo instruções do manual, as curvas de leitura podem ser calibradas para valores de 0-10, 10-100 e 100-1000 NTU, devendo a curva ser escolhida de acordo com o grau de turvamento da água percebido pelo usuário.



Figura 45: procedimento de leitura de turbidez em bateria de amostras.
Fotos: F.A.Oliveira, 2006.

As leituras de turbidez foram realizadas em número mínimo de quatro para cada amostra coletada. Havendo disparidade de valores, procederam-se novas leituras até que estas tivessem valores aproximados. Terminadas as leituras, as amostras são envoltas em papel alumínio e acondicionadas em geladeira, para que não se desenvolvam algas e colônias de microorganismos, que podem interferir na quantificação de sedimentos em suspensão a ser feita em momento seguinte.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas *Excel*, de modo a permitir construção de gráficos, assim como estudos comparativos e análises estatísticas.

4.5 Quantificação de Sedimentos em Suspensão

Dentre as amostras de água coletadas, foram analisadas em laboratório para fins de quantificação de sedimentos em suspensão 287 amostras, referentes a coletas mensais efetuadas em novembro de 2004, entre abril de 2005 e maio de 2006, e todas as amostras coletadas no rio Cubatão. Deste modo, foram quantificados 14 meses de amostragem, sendo desses 13 meses de coletas contínuas que compõem toda uma sucessão de períodos secos e chuvosos e se somam a um detalhamento representado por amostragens seqüenciais diárias e horárias do rio Cubatão.

Os procedimentos adotados para a quantificação do material coletado são a filtração, pesagem e queima da matéria orgânica, cujos resultados foram organizados em uma planilha eletrônica *Excel*.

CARVALHO *et al.* (2000) recomendam que a filtração das amostras seja realizada, se possível, *in situ*, o que no contexto desta pesquisa é inviável. Caso contrário, as amostras devem ser acondicionadas em ambiente refrigerado, evitando-se o seu congelamento. O processamento de amostras de tipologia material em suspensão (MES) pode ser realizado, segundo os autores, pelas técnicas de filtração, evaporação ou tubo de retirada pelo fundo, de modo a se obter a concentração de MES. Já a determinação da granulometria de MES pode ser feita através das técnicas do tubo de retirada pelo fundo, pipetagem ou densímetro. Métodos mais modernos, como difração a laser, não estão a nosso alcance no momento.

Quanto ao volume necessário para determinação de concentração de MES, a World Meteorological Organisation – WMO (1980 *apud* CARVALHO, 1994) recomenda os seguintes volumes de amostra para concentrações esperadas em mg/L: <20mg/L = 10L; 20-30mg/L = 5L; 50-100mg/L = 2L; >100mg/L = 1L. Adicionalmente, os volumes de amostras necessários para a análise granulométrica variam muito, sendo necessária, segundo os autores, a coleta de até 30 garrafas de 400ml (12L) para uma concentração esperada de aproximadamente 100mg/L de MES com 80% de sedimentos nas frações silte e argila. Os autores também apresentam um gráfico

para orientação do hidrometrista, no qual para baixas concentrações de MES é necessária a coleta de até 300 garrafas de amostras em uma única seção de amostragem. Tais recomendações tornam-se, porém, impraticáveis no contexto desta pesquisa, pois o número de rios envolvidos e as baixas concentrações de sedimentos em suspensão encontradas elevariam substancialmente o volume total em litros a ser coletado, com impactos negativos sobre o tempo necessário para a amostragem em relação ao permitido em cada campanha de campo, o transporte e acondicionamento das amostras e os procedimentos laboratoriais.

Em relação às limitações das técnicas possíveis de serem empregadas, a análise granulométrica pode ser efetuada por pipetagem para concentrações entre 3.000 e 10.000 ppm (ou mg/L) e pela técnica de tubo de retirada pelo fundo para concentrações entre 300 e 5.000 ppm. Para baixas concentrações não é feita análise granulométrica (CARVALHO, 1994).

Para os procedimentos laboratoriais de quantificação de MES adotou-se técnica adaptada a partir das propostas de MELO *et al.* (1975) e CARVALHO, (1994), ambas bastante semelhantes.

Em nossa adaptação, utilizamos filtros do tipo membranas de éster de celulose com porosidade de $0,2\mu\text{m}$, diferente da porosidade recomendada na literatura de $0,45\mu\text{m}$, que permite retenção até a fração argila fina. Com a porosidade de $0,2\mu\text{m}$ é possível efetuar filtrações máximas até o limite inferior da escala granulométrica, ou fração argila muito fina (tabela 4).

Previamente ao processo de filtração as membranas são identificadas individualmente e pesadas em balança analítica com precisão até a quarta casa decimal. Uma vez pesadas, são secas em estufa a uma temperatura entre $65-80^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, ao invés da temperatura recomendada entre $100-105^{\circ}\text{C}$ por uma hora. Justifica-se o procedimento por obediência às exigências do fabricante das membranas, que não garantem a integridade do material se submetido a temperaturas superiores a 85°C . Após secas as membranas são novamente pesadas, obtendo-se seu peso seco (P_1). É importante observar que toda transferência de materiais secos em estufa ou mufla para a balança analítica deve

ser feita em um dessecador, sob risco de imediata absorção de umidade ambiente e conseqüente perda de precisão.

Tabela 4: classificação granulométrica segundo a American Geophysical Union

Denominação	Diâmetro em mm	Diâmetro em μm
Areia muito grossa	2,00 - 1,00	2000 - 1000
Areia grossa	1,00 - 0,50	1000 - 500
Areia média	0,50 - 0,25	500 - 250
Areia fina	0,25 - 0,125	250 - 125
Areia muito fina	0,125 - 0,0625	125 - 62,5
Silte grosso	0,0625 - 0,031	62,5 - 31
Silte médio	0,031 - 0,016	31 - 16
Silte fino	0,016 - 0,008	16 - 8
Silte muito fino	0,008 - 0,004	8 - 4
Argila grossa	0,004 - 0,002	4 - 2
Argila média	0,002 - 0,0010	2 - 1
Argila fina	0,0010 - 0,0005	1 - 0,5
Argila muito fina	0,0005 - 0,00024	0,5 - 0,24

Fonte: CARVALHO, 1994. Adaptado por F.A.Oliveira, 2005.

Para a filtragem, homogeneiza-se a amostra por agitação e separa-se em uma proveta graduada um volume de 200ml, sendo o material filtrado em um conjunto formado por bomba de vácuo, porta-filtro e membrana (figura 46). Terminadas as filtrações, as membranas são novamente secas na mesma temperatura, pelo mesmo período, obtendo-se o peso da membrana seca com sedimento (P_2) (figura 46). O peso final (P_f) referente ao conteúdo de sedimento é dado pela subtração $P_f = P_2 - P_1$, cujo resultado em gramas é transformado em mg/L.

Para quantificação do conteúdo de matéria orgânica adotou-se a técnica apresentada por MELO *et al.* (1975). O conjunto de membranas é acondicionado em cadinhos ou cápsulas de porcelana, que foram previamente limpas, secas por uma hora em mufla à temperatura de 500°C, resfriadas e pesadas (P_3). Para se evitar a explosão das membranas pela alta temperatura quando introduzidas na mufla, estas são queimadas nas cápsulas com um pouco de álcool. As cápsulas com as membranas carbonizadas são então levadas à mufla pelo mesmo período de sua

secagem e sob a mesma temperatura (figura 47). Após resfriadas por uma hora em dessecador, são pesadas, obtendo-se o peso da cápsula com o material que restou da queima da matéria orgânica (P_4). O peso somente do material mineral restante (P_m) é obtido pela subtração $P_m = P_4 - P_3$. Para se conhecer a quantidade de matéria orgânica contida na amostra filtrada (P_o), efetua-se a subtração $P_o = P_f - P_m$.

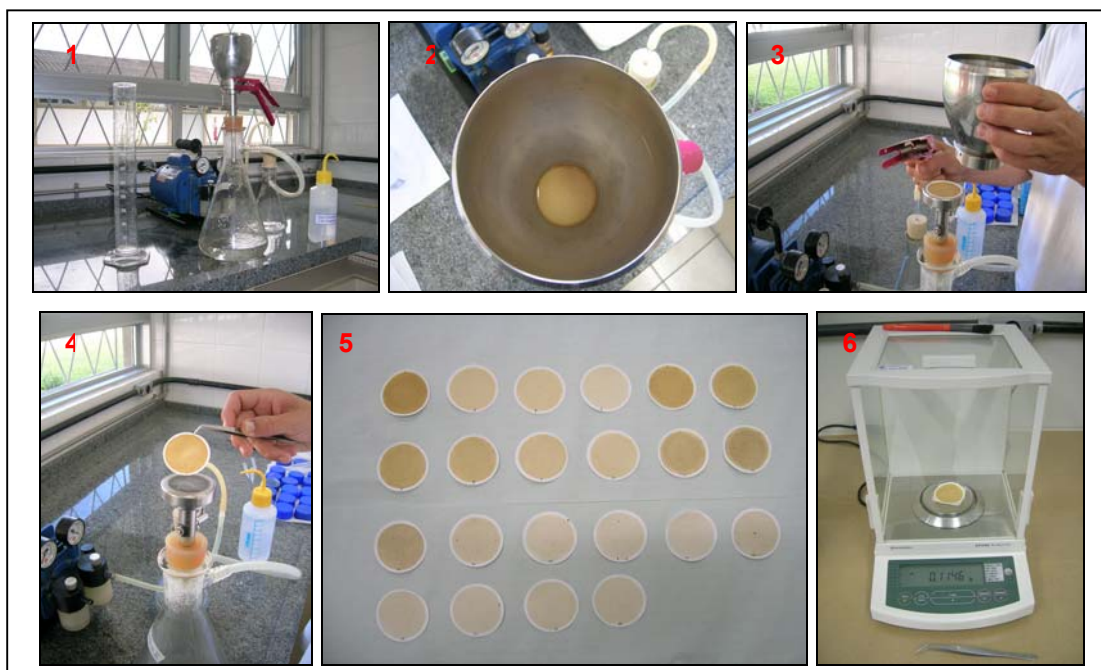


Figura 46: procedimento de filtragem em membranas de éster de celulose: (1) conjunto de filtragem; (2, 3, 4) membrana no porta filtro após filtragem; (5) conjunto de membranas após filtragem de bateria de amostras, organizadas para secagem em estufa; (6) pesagem em balança analítica após secagem. Fotos: F.A.Oliveira, 2006.

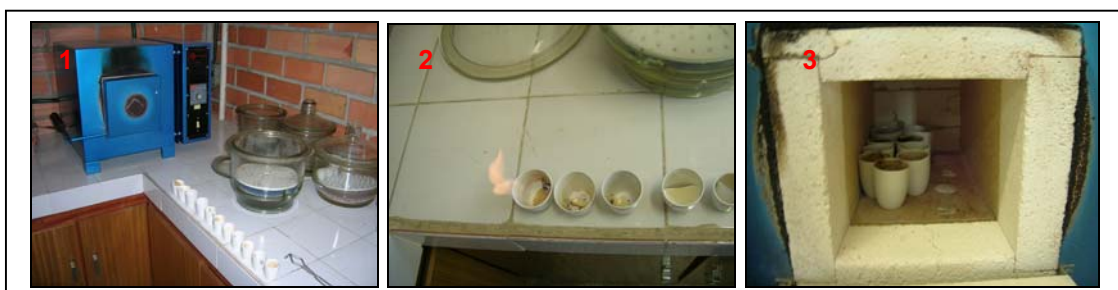


Figura 47: procedimento de queima de matéria orgânica: (1) colocação das membranas em cápsulas previamente secas e pesadas; (2) queima com álcool; (3) queima em forno tipo mufla. Fotos: F.A.Oliveira, 2006.

Não foram efetuadas análises granulométricas nas amostras coletadas, por conterem concentrações muito baixas de sedimento em suspensão, o que impede o procedimento.

4.6 Elaboração dos Produtos Cartográficos

Todos os produtos cartográficos foram elaborados com técnicas de cartografia digital. A etapa inicial de preparo da base cartográfica ocorreu em ambiente CAD, com o uso do programa AutoCAD Map 2000i. As etapas posteriores, referentes à confecção dos diferentes documentos cartográficos ocorreu em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), com o uso dos programas ArcView 3.2 e ArcMap 8.1, este parte integrante do pacote de programas ArcGIS 8.1.

A escala da base cartográfica digital disponível influenciou a definição da escala geral de trabalho. A entrada dos dados cartográficos deu-se em escalas que variam entre 1:40.000 e 1:100.000, que foram lançados na base cartográfica digital de precisão 1:50.000. Desta forma, definiu-se 1:120.000 como escala final de composição dos produtos cartográficos, que possibilita a compatibilização de dados cujas entradas se deram em diferentes escalas, assim como sua redução para a representação com razoável nível de detalhe de toda a área da pesquisa em folhas formato A4, cujo tamanho oferece maior facilidade de manuseio e leitura do que folhas em formatos maiores.

4.6.1 Preparo da Base Cartográfica

A base cartográfica digital de trabalho, a partir da qual foram confeccionados todos os produtos cartográficos da pesquisa, foi obtida no *síte* do IBGE na forma de folhas topográficas na escala 1:50.000. Estas folhas encontravam-se disponíveis em formato *dgn*, próprio para trabalho em ambiente CAD, contendo todos os níveis de informação das cartas topográficas analógicas tradicionais separados em diferentes *layers*. Foram selecionados aqueles referentes às curvas de nível, pontos cotados, rede hidrográfica, sistema viário, grade de coordenadas UTM e toponímias.

Uma das folhas topográficas (folha São Miguel), não disponibilizada pelo IBGE, foi obtida em condições semelhantes no *site* da EPAGRI¹⁵.

Obteve-se assim uma base cartográfica digital de trabalho com precisão 1:50.000, referente à articulação das folhas topográficas São Francisco do Sul (SG-22-Z-B-II-2), Garuva (SG-22-Z-B-II-1), São Miguel (SG-22-Z-B-I-2), Araquari (SG-22-Z-B-II-4), Joinville (SG-22-Z-B-II-3) e Jaraguá do Sul (SG-22-Z-B-I-4).

A etapa de edição da base cartográfica digital de trabalho foi efetuada em ambiente CAD, no programa AutoCAD Map 2000i. As polilinhas referentes aos diferentes *layers* encontravam-se parcialmente fragmentadas e, em alguns setores, até mesmo desarticuladas. Para que se possa gerar um modelo digital do terreno em ambiente SIG, e todos os produtos cartográficos dele decorrentes, a partir das curvas de nível, cada curva deve estar editada, ou seja, organizada na forma de elemento gráfico único, e conter seu valor de altimetria.

O trabalho de edição, iniciado pelo *layer* curvas de nível, mostrou-se bastante complexo, uma vez que a base de trabalho inclui expressivo trecho de áreas com altas declividades na serra do Mar, com grande concentração de curvas de nível, no caso eqüidistantes em 20m. Para facilitar o trabalho, a edição foi realizada por folha topográfica, que uma vez prontas foram reunidas em um arquivo único.

Fato de adicional dificuldade no processo de edição diz respeito à diferença de datum entre as cartas São Miguel, elaborada pelo SGE (Serviço Geográfico do Exército), Garuva e Jaraguá do Sul, elaboradas pelo IBGE. A carta São Miguel foi construída com base no datum vertical marégrafo de Torres e datum horizontal Base norte - Itararé. As cartas Garuva e Jaraguá do Sul têm como referência o datum vertical marégrafo de Imbituba e datum horizontal SAD 69. Devido a essa diferença, os elementos lineares não encontram seus correspondentes na zona de articulação das cartas. Foi necessário um trabalho minucioso de edição da faixa de articulação das cartas, com resultado parcialmente satisfatório, pois, em alguns setores, trechos de curvas de nível tiveram que ser suprimidos ou mesmo criados para que se pudesse articular as curvas de igual valor. Terminada a edição das curvas, repetiu-

¹⁵ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

se os procedimentos para os demais níveis de informação (*layers*), de forma a se completar a base cartográfica geral de trabalho. Das seis cartas topográficas que a compõem, três referem-se especificamente à área da pesquisa: São Miguel, Garuva, e Joinville (figura 48).

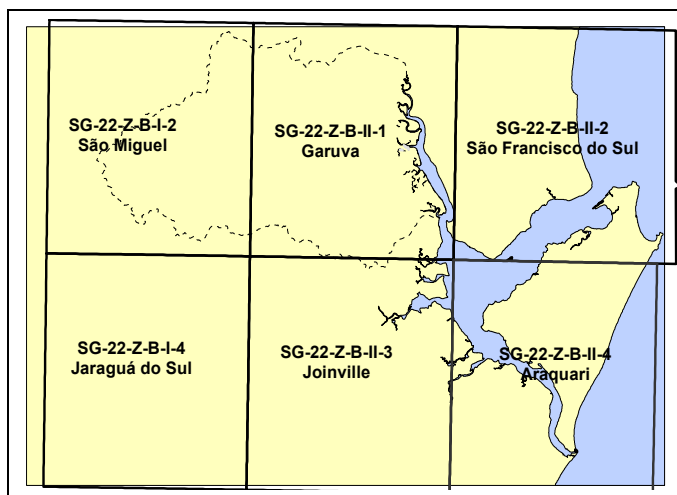


Figura 48: articulação das folhas topográficas que compõem a área da pesquisa.

Delimitação das Bacias Hidrográficas

A delimitação das bacias hidrográficas foi efetuada em ambiente CAD. Os limites das bacias na planície costeira foram definidos até o ponto aproximado em que os cursos d'água se encontram com os canais secundários originados do canal do Palmital, quando formam um contínuo impreciso entre o ambiente fluvial e o ambiente estuarino. Esta delimitação corresponde à área total das bacias estudadas.

Efetudou-se em seguida uma segunda delimitação das bacias, com exutórios correspondentes aos pontos em que se realizaram as medições de vazão e coleta de amostras de água. Esta delimitação diz respeito às áreas efetivamente estudadas na pesquisa, conforme apresentado no item 2.3.

4.6.2 Confeção dos Produtos Cartográficos

Uma vez terminada a edição geral da base cartográfica, esta foi convertida no formato *shape* para trabalho em ambiente SIG nos programas ArcMap 8.1 e ArcView 3.2. Com exceção do mapa de uso da terra, todos os mapas foram gerados e/ou construídos no programa ArcMap 8.1, sendo utilizado o programa ArcView 3.2 (versão anterior aos programas da série ArcGIS) para pequenos trabalhos de edição e cálculo de áreas, que podem ser executados de forma mais simples e rápida do que no programa ArcMap. O mapa de uso da terra foi construído no programa Spring 4.2 e posteriormente editado nos programas ArcMap 8.1 e ArcView 3.2.

Nesta fase foram elaborados os seguintes produtos cartográficos: modelo digital do terreno; mapa hipsométrico; mapa clinográfico; mapa geológico; mapa pedológico; mapa geomorfológico; mapa de distribuição de chuvas; mapa de uso da terra; mapa de distribuição da cobertura vegetal (mapa fitoecológico); perfis topográficos.

Modelo Digital do Terreno

A geração de um modelo digital do terreno (MDT), também conhecido como modelo numérico do terreno ou modelo numérico de elevação, constitui etapa preparatória para a elaboração dos mapas de declividades, hipsométrico e de orientação de vertentes. Tal modelo consiste em uma restituição matemática da superfície através da interpolação linear dos valores de altimetria previamente atribuídos às curvas de nível e aos pontos cotados. Adicionalmente, o MDT permite a visualização didática da área de estudo em perspectiva 3D, que pode ser construída no programa ArcScene do pacote ArcGIS 8.1.

O MDT foi gerado no módulo *3D Analyst* do programa ArcMap 8.1 pelo método TIN (*triangular irregular network* – rede irregular de triângulos), que consiste na criação de uma rede de triângulos como resultado da interpolação linear dos valores de altimetria das curvas de nível (figura 49). O modelo foi gerado para toda a base cartográfica, correspondente à articulação das quatro cartas topográficas na escala

1:50.000, sendo este o seu nível de precisão, assim como de seus subprodutos. Para melhor detalhamento da superfície a ser modelada foram incluídos no processo de interpolação linear os pontos cotados e a rede hidrográfica, esta não como valor altimétrico, mas para a definição dos fundos de vale. O processo de interpolação criou uma imagem composta por um total de 889.580 triângulos e 445.284 nós.

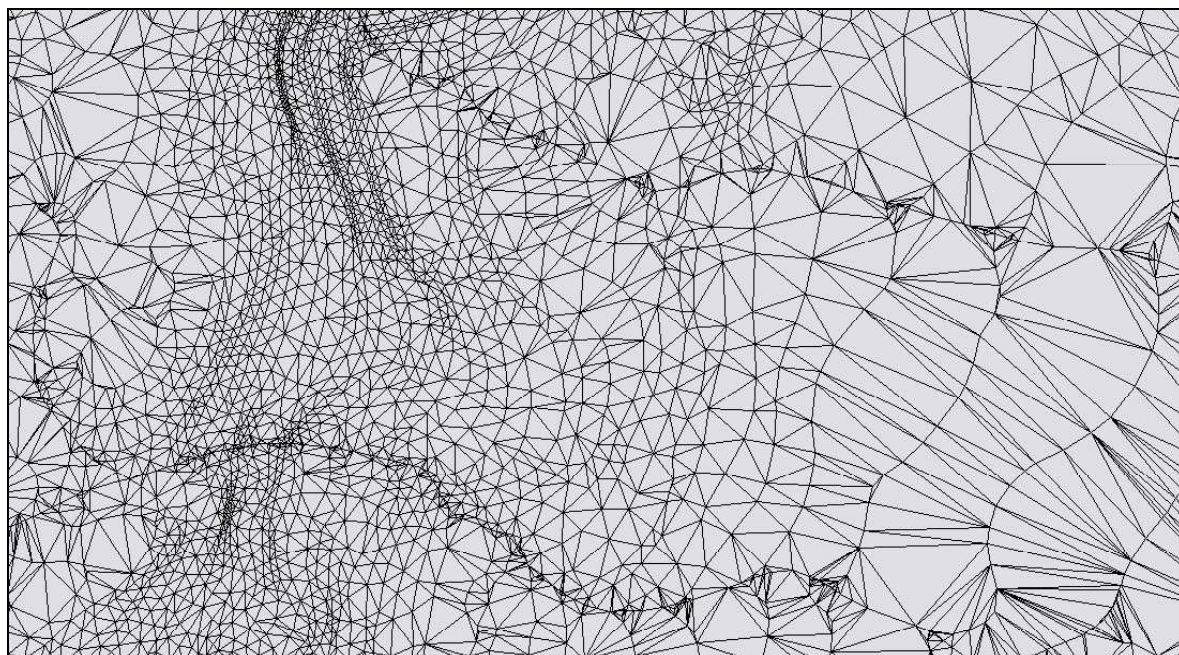


Figura 49: recorte da rede irregular de triângulos (TIN) gerada pela interpolação linear dos valores de altimetria das curvas de nível e pontos cotados com a rede hidrográfica.

A interpolação das áreas submersas referentes ao Canal do Palmital não foi executada de forma adequada pelo programa por não terem sido incluídos na base cartográfica os valores de batimetria. Para melhorar a representação gráfica do MDT, foi criado em ambiente CAD um polígono referente à superfície aquática da baía da Babitonga e de parte do setor oceânico a partir do recorte da cota zero ou linha de costa. O polígono foi exportado para o programa ArcMap e preparado para ser sobreposto como uma máscara aos demais produtos cartográficos, com bons resultados.

Mapa Clinográfico

O mapa clinográfico foi elaborado com o objetivo de se obter um quadro geral da compartimentação clinográfica da área da pesquisa, assim como permitir sua setorização, de modo a se identificar áreas que possam apresentar respostas diferenciadas em termos de produção de sedimentos.

Desta forma, a definição das classes clinográficas adotadas constituiu etapa importante e decisiva no processo de elaboração do mapa. Dentre as diversas opções existentes, foram analisadas quatro diferentes propostas.

A chave proposta por Herz & De Biasi (1989 *apud* DE BIASI, 1992) apresenta uma classificação que procura atender a “um espectro bem amplo no que diz respeito à sua utilização na representação cartográfica, para os mais variados usos e ocupação do espaço, seja ele urbano ou agrícola” (p.47), que parece ser adequada para trabalhos em planejamento. São as classes: < 3° (5%) – limite urbano industrial; 3 a 7° (5 a 12%) – limite máximo de emprego de mecanização na agricultura; 7 a 17° (12 a 30%) – limite máximo para urbanização sem restrições; 17 a 25° (30 a 47%) – limite máximo para corte raso; > 25° (47%) – o Artigo 10° do Código Florestal proíbe a derrubada de florestas situadas em áreas com inclinação entre 25° (47%) e 45° (100%), sendo as áreas situadas acima do limite de 45° consideradas como de preservação permanente.

A classificação proposta por Ross (1994) apresenta categorias hierárquicas com base em estudos de capacidade de uso/aptidão agrícola e em valores limites críticos da geotecnia, voltada especificamente para uso na elaboração de cartas geomorfológicas. As classes indicam categorias de declividades (p. 66): < 3,5° (< 6%) – muito fraca; 3,5 a 7° (6 a 12%) – fraca; 7 a 11,5° (12 a 20%) – média; 11,5 a 17° (20 a 30%) – forte; > 17° (> 30%) – muito forte.

Miller & Summerson (1960 *apud* FAIRBRIDGE, 1968), ao tentar classificar e agrupar vertentes a partir de parâmetros morfográficos e morfométricos, desenvolveram uma classificação baseada em quatro divisões iguais da função matemática $\sqrt{\text{sen}A}$, onde A é a inclinação da vertente. São as classes (p.1007): < 3,35° (< 5,8%) – inclui

grande parte das vertentes formadas por processos de agradação fluvial; 3,36 a 14,29° (5,8 a 25,5%) – inclui maior parte dos leques e pedimentos; 14,30 a 34,14° (25,5 a 67,8%) – limite superior de estabilidade de materiais não coesivos; > 34,15° (> 67,8%) – escarpas, vertentes com alta coesão.

Por fim, a classificação proposta por Barsch & Liedtke (1980) para a elaboração do mapeamento geomorfológico da República Federal da Alemanha na escala 1:25.000 divide as classes de declividades em três grandes grupos: uma proposta para áreas planas e relevo suave ondulado, outra para áreas de relevo médio e forte ondulado e uma última para áreas de relevo abrupto e escarpado. São as classes para o primeiro grupo – áreas planas (p.92): < 0,5° (< 0,9%); 0,5 a 2° (0,9 a 3,5%); 2 a 4° (3,5 a 7%); 4 a 7° (7 a 12,3%); 7 a 11° (12,3 a 19,4%); 11 a 15° (19,4 a 26,8%); > 15° (> 26,8%). Para o segundo grupo - relevo ondulado - recomenda-se: < 0,5° (< 0,9%); 0,5 a 2° (0,9 a 3,5%); 2 a 7° (3,5 a 12,3%); 7 a 11° (12,3 a 19,4%); 11 a 15° (19,4 a 26,8%); 15 a 35° (26,8 a 70%); > 35° (> 70%). Para o terceiro grupo - áreas escarpadas - adota-se as classes: < 2° (< 3,5%); 2 a 15° (3,5 a 26,8%); 15 a 25° (26,8 a 46,6%); 25 a 35° (46,6 a 70%); 35 a 45° (70 a 100%); 45 a 60° (100 a 173,2%); > 60° (> 173,2%).

A exemplo das propostas de De Biasi (1992) e Ross (1994), definiu-se como cinco o número ideal de classes para uma adequada visualização da compartimentação clinográfica da área da pesquisa. Com base nas propostas de classificação analisadas, adotou-se como classes de declividades que mais se adequam aos objetivos do trabalho e à realidade topográfica da área da pesquisa:

- ≤ 3° (5%) – áreas de planícies costeiras e fluviais, de relevo plano a suave ondulado;
- 3 a 12° (5 a 21,2%) – áreas de colinas e morros baixos ou localizadas no sopé de vertentes longas e íngremes;
- 12 a 20° (21,2 a 36,4%) – áreas de morros mais elevados ou localizadas no terço inferior de vertentes longas e íngremes;
- 20 a 35° (36,5 a 70%) – áreas com grande amplitude topográfica localizadas nos terços superior e médio de vertentes longas e íngremes;
- ≥ 35° (> 70%) – áreas escarpadas.

A elaboração do mapa clinográfico se deu através da geração no módulo *3D Analyst* do programa ArcMap 8.1 de um modelo matricial (*grid*) a partir do modelo *TIN*, selecionada a opção vertente (*slope*) em valores em graus, com tamanho de célula de 20m. O procedimento resultou em uma matriz de 3.269.805 pixels dispostos em 1462 linhas e 2235 colunas. O novo modelo *grid* foi então reclassificado pelo método manual no módulo *3D Analyst* nas novas classes de declividades. Foi assim gerado um modelo temporário de reclassificação, que foi transformado em arquivo *shape* no módulo *Spatial Analyst*, o que resultou em um arquivo contendo 72.370 polígonos referentes às ocorrências individuais de cada classe de declividades. O arquivo foi então recortado para o tamanho da área da pesquisa pela opção *Clip Layer* do módulo *Geoprocessing Wizard* disponível na opção *Tools* da barra de ferramentas do programa.

O recorte da área da pesquisa gerou um arquivo contendo 43.434 polígonos, referentes a cada ocorrência individual de declividade, que foram agrupados segundo as classes clinográficas gerais às quais pertencem. Criou-se assim uma tabela de atributos sintética, que permitiu o cálculo da área total ocupada por cada classe de declividades na área da pesquisa.

Por fim foram atribuídas cores ordenadas em gama dupla, do verde ao vermelho escuro, para se transmitir ao leitor a sensação de intensidade e organização das declividades.

Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico foi elaborado com o objetivo de se conhecer níveis da compartimentação topográfica da área da pesquisa que permitam estabelecer relações entre a compartimentação do relevo, expressa pelos diferentes setores ou níveis topográficos, e a estrutura do meio físico referente à distribuição da rede hidrográfica, dos solos, das litologias, da vegetação, assim como a distribuição da precipitação pluviométrica e dos diferentes usos da terra.

Para a definição das classes hipsométricas foram efetuados inúmeros testes com um modelo hipsométrico provisório, em equidistância de 100m, criado como forma alternativa de representação do modelo TIN na sua tabela de propriedades. A este modelo provisório foram sobrepostos sucessivas vezes, de modo alternado, a rede hidrográfica, o mapa pedológico e o mapa geológico, de modo a se identificarem faixas altimétricas relacionadas à ocorrência de diferentes tipos de solos ou litologias e à estruturação da rede hidrográfica, representada por níveis de nascentes, controles estruturais e mudanças na densidade de drenagem.

Definiu-se assim como classes hipsométricas as faixas:

- < 20 m – áreas referentes à planície costeira com relevo plano e suave ondulado; ocorrência de litologias relacionadas a depósitos quaternários; ocorrência de solos do tipo cambissolo, espodossolo, gleissolo e solos indiferenciados de mangue; rede hidrográfica com caráter meandrante; vegetação florestal alta de Terras Baixas¹⁶; concentração das atividades urbanas e agropastoris.
- 20 a 100 m – áreas referentes à planície costeira e planícies fluviais, com relevo plano e suave ondulado; ocorrência de depósitos aluviais e coluviais; ocorrência de cambissolos; transição da organização da rede hidrográfica para caráter meandrante; vegetação florestal alta de Terras Baixas e Sub-montana; atividade agrícola.
- 100 a 300 m – áreas que incluem os terços inferiores das vertentes da escarpa da Serra do Mar; ocorrência de gnaisses; ocorrência de cambissolos; rede hidrográfica em padrão predominantemente paralelo e ocorrência de um primeiro nível de áreas de cabeceiras; vegetação florestal alta Sub-montana.
- 300 a 800 m – áreas com altas declividades referentes aos terços médio e superior das vertentes da escarpa, cujo limite superior marca a transição para áreas de menores declividades do planalto; ocorrência de gnaisses e, em menor proporção, granitos; ocorrência de neossolos litólicos; rede hidrográfica estruturada em vales encaixados e profundos, com ocorrência de um segundo nível com amplas áreas de nascentes; vegetação florestal alta Montana.

¹⁶ Classificação fitoecológica segundo IBGE (2002).

- 800 a 1000 m – áreas de relevo médio ondulado referentes ao Planalto Catarinense e áreas relacionadas aos terços inferior e médio dos trechos elevados da Serra do Mar; ocorrência de gnaisses e corpos graníticos intrusivos; ocorrência de cambissolos e argissolos; rede hidrográfica com estrutura dendrítica e ocorrência de um terceiro nível de nascentes; vegetação florestal alta Montana.
- 1000 a 1200 m – áreas referentes às maiores elevações da Serra do Mar; ocorrência de granitos; ocorrência de cambissolos; organização da rede hidrográfica sob forte controle estrutural e ocorrência de um quarto nível de áreas de cabeceiras, que incluem as nascentes de dois dos maiores rios da área de estudo; vegetação refugiada arbustiva Alto Montana.
- > 1200 m – áreas de relevo médio ondulado referentes às elevações máximas da Serra do Mar; ocorrência de granitos; ocorrência de cambissolos; rede hidrográfica com estrutura dendrítica e ocorrência de um quinto e último nível de nascentes localizado no setor norte da área da pesquisa; vegetação refugiada arbustiva Alto Montana.

Assim como para o mapa de declividades, o mapa hipsométrico foi elaborado por meio da geração no módulo *3D Analyst* do programa ArcMap 8.1 de um modelo matricial (*grid*) a partir do modelo *TIN*, selecionada a opção elevação (*elevation*), com tamanho de célula de 20 m. O procedimento resultou em uma matriz de 3.269.805 pixels dispostos em 1462 linhas e 2235 colunas. O novo modelo *grid* foi então reclassificado pelo método manual no módulo *3D Analyst* nas classes hipsométricas previamente definidas. Foi assim gerado um modelo temporário de reclassificação, que foi transformado em arquivo *shape* no módulo *Spatial Analyst*. O arquivo foi então recortado para o tamanho da área da pesquisa pela opção *Clip Layer* do módulo *Geoprocessing Wizard* disponível na opção *Tools* da barra de ferramentas do programa.

O recorte da área da pesquisa gerou um arquivo contendo diversos polígonos referentes às classes hipsométricas, que foram agrupados segundo as classes às quais pertencem, com criação de uma tabela de atributos única, que permitiu o cálculo da área total ocupada por cada classe de declividades na área da pesquisa.

Foram então atribuídas às classes hipsométricas cores ordenadas em gama dupla, do verde ao vermelho escuro, de modo a se transmitir ao leitor a sensação de hierarquia dos níveis topográficos.

Mapa Geológico

O mapa geológico foi confeccionado com base no arquivo digital em formato *dgn* do mapa geológico elaborado em 2001, na escala 1:100.000, pela Divisão de Geociências do Sul (DIGEO/SUL) da Diretoria de Geociências do IBGE, correspondente à folha SG-22-Z-B-II e à parte leste da folha SG-22-Z-B-I. Não se utilizou o arquivo digital do mapa geológico da região nordeste de Santa Catarina, elaborado por GONÇALVES *et al.* (2002) na escala 1:50.000, pelo fato deste mapa ser idêntico ao mapeamento geológico do IBGE no trecho que corresponde à área da pesquisa, dando-se preferência assim a dados oficiais do governo brasileiro.

O arquivo foi importado para o programa ArcMap 8.1, onde foi efetuada a edição dos polígonos que correspondem às diferentes litologias. Os diversos polígonos foram então unidos em grupos únicos referentes a cada litologia através da função *merge* do módulo de edição do ArcMap. Em etapa seguinte organizou-se no próprio ArcMap o banco de dados, vinculado ao arquivo gráfico, dos atributos de cada ocorrência geológica, segundo apresentado no mapa de origem.

Por fim, atribui-se cores às diferentes litologias com base nas cores que constam no mapa geológico publicado no Atlas Ambiental de Joinville (FATMA, 2002).

Mapa Pedológico

O mapa pedológico foi produzido a partir do arquivo digital no formato *dgn* do mapa de reconhecimento de solos elaborado em 2002, na escala 1:100.000, pela Divisão de Geociências do Sul (DIGEO/SUL) da Diretoria de Geociências do IBGE, correspondente à folha SG-22-Z-B-II e à parte leste da folha SG-22-Z-B-I.

Da mesma forma como efetuado para o mapa geológico, os arquivos do mapa pedológico foram importados para o programa ArcMap 8.1, onde foram efetuadas a

união e edição dos polígonos que correspondem às diferentes ocorrências de solos registradas em ambas folhas. Os diversos polígonos foram então unidos em grupos únicos referentes a cada ocorrência de solos através da função *merge* do módulo de edição do ArcMap. Em etapa seguinte organizou-se no próprio ArcMap o banco de dados dos atributos de cada unidade pedológica, segundo apresentado no mapa de origem. Nesta etapa corrigiu-se a nomenclatura das diferentes ocorrências pedológicas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), que substituiu as classificações de solos e todas as aproximações anteriores à sua publicação.

Por fim, atribui-se cores às diferentes ocorrências pedológicas com base nas cores indicadas pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999).

Mapa Geomorfológico

De modo diferente dos mapas geológico e pedológico, que foram elaborados a partir de produtos publicados pelo IBGE, o mapeamento geomorfológico é o resultado de um processo que constituiu a construção do conhecimento sobre a área da pesquisa. Este processo pode ser dividido em três etapas.

A primeira etapa – e mais longa – diz respeito ao reconhecimento em campo das feições, processos e distribuição de materiais que ocorrem área da pesquisa. Foram organizadas e realizadas inúmeras saídas a campo em todos os setores da área: litoral, planície costeira, escarpa, serras e planalto. Percorreu-se sucessivas vezes por via terrestre grande parte dos circuitos possíveis, desde as principais rodovias até áreas de difícil acesso, quando foi necessária em dada oportunidade a reabertura de uma trilha na mata. Por via marítima percorreu-se também sucessivas vezes toda a faixa costeira do Canal do Palmital, em especial a desembocadura dos rios que correspondem às bacias hidrográficas estudadas. Para finalizar o reconhecimento da área, efetuou-se em junho de 2006 um sobrevôo sobre todo o setor litorâneo, da planície costeira e do vale do rio Cubatão. Em todas as saídas a campo realizou-se extenso registro fotográfico das ocorrências observadas.

A segunda etapa corresponde à pesquisa de algumas das diferentes propostas de legendas para mapeamento geomorfológico encontradas na literatura. Como a natureza do trabalho tem caráter não somente qualitativo como também quantitativo, procurou-se na pesquisa de propostas de legendas identificar representações gráficas de fatos geomorfológicos na forma de manchas, de modo a permitir sua quantificação em termos de áreas. Foram avaliadas as seguintes propostas:

- Proposta de mapeamento geomorfológico de Ross (1991; 1992; 1994);
- Carta geomorfológica de detalhe do médio vale do rio Parateí, SP, na escala 1:25.000 (COLTRINARI, 1982);
- Carta Geomorfológica de São Pedro, na escala 1:50.000, elaborada pelo Instituto de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, em parceria com o *Centre de Géomorphologie du CNRS (Centre Nacional de la Recherche Scientifique)*;
- *Légende des Cartes Géomorphologiques Détaillées – Système CGA* (TRICART, 1965);
- *Légende pour la Carte Géomorphologique de la France au 1:50.000*, (CNRS, 1970);
- Proposta de legenda de M. Klimaszewski (1963 *apud* FAIRBRIDGE, 1968);
- *Exemples of 1:50.000 scale geomorphological maps of part of the Ardennes*, estudo comparativo em que se aplicam para uma mesma área seis diferentes propostas de legendas (Sistema ITC; mapa geomorfológico da Bélgica; mapa geomorfológico da Polônia; mapa geomorfológica da França; Unified Key; sistema suíço) (SALOMÉ & VAN DORSSER, 1982);
- Proposta de legenda de Barsch & Liedtke (1980; 1982) para a elaboração do mapeamento geomorfológico da República Federal da Alemanha na escala 1:25.000.
- *Carta Geomorfologica della Provincia di Venezia*, na escala 1:50.000 (BONDESAN *et al.*, 2004);
- *Carta Geomorfologica del Comune di Atri*, na escala 1:25.000 (BALLERINI *et al.*, 1995);
- *Carta Geomorfologico-Turistica del Comprensorio dei Monti Reatini (Apennino Centrale)*, na escala 1:12.500 (ANGELINI *et al.*, 2004).

Segundo Salomé & van Dorsser (1982), os mapas geomorfológicos devem fornecer informações sobre as formas no tempo e no espaço. Têm como propósito “a representação gráfica das formas de uma área e a indicação do amplo espectro de influências, passadas e presentes, que as originaram”¹⁷ (p. 486). Para isso, devem conter quatro diferentes tipos de informação (VERSTAPPEN, 1970, *apud* SALOMÉ & VAN DORSSER, 1982): morfográfica, morfométrica, morfogenética e morfocronológica. A necessidade de representação gráfica de tais informações é também preconizada por Coltrinari (1984), em especial para mapas geomorfológicos de detalhe, substituindo a terminologia *informações morfogenéticas* por *informações da morfodinâmica*, ou seja, “as etapas através das quais uma paisagem transformou-se até atingir as características atuais” (p. 96).

Observou-se no material pesquisado que a quase totalidade das propostas se apóia em símbolos pontuais e lineares para a representação dos fatos geomorfológicos, e não em manchas, o que dificulta ou mesmo impossibilita a quantificação das informações em termos de áreas (km² ou hectares). As manchas estão, em grande parte das propostas, vinculadas em geral à representação de ocorrências outras que não o relevo propriamente dito. São em geral representados como manchas dados sobre litologia e cronologia, ocasionalmente sobre morfometria e morfografia.

A proposta de Ross (1991; 1992; 1994) tem como base uma classificação apoiada

“fundamentalmente no aspecto fisionômico que cada tamanho de forma de relevo apresenta, não interessando a rigidez da extensão em km², mas sim o significado morfogenético e as influências estruturais e esculturais no modelado. Como são as estruturas que fornecem as características principais das formas do relevo, toda identificação e classificação do relevo tem como ponto de partida a morfoestrutura sobre a qual as formas de diferentes tamanhos estão esculpidas” (1992, p.23).

Tal proposta resulta em um sistema taxonômico que permite representar graficamente como áreas até o seu terceiro nível (táxon), o que por sua vez possibilita obter dados qualitativos e quantitativos sobre morfoestrutura, morfoescultura e morfologia.

¹⁷ Tradução nossa.

É um dos objetivos desta pesquisa analisar a influência da compartimentação do relevo e das formas a ela vinculadas sobre a produção de sedimentos em suspensão nas diferentes bacias hidrográficas estudadas. Dentre as propostas de mapeamento geomorfológico avaliadas, a de Ross (1991, 1992, 1994) mostra-se mais intuitiva e menos abstrata, permitindo a representação em áreas de fatos concretos que realmente se observam na natureza, com um resultado gráfico didático. Assim, optou-se por adotar esta proposta para o mapeamento geomorfológico da área da pesquisa.

Por fim, a terceira etapa consistiu na efetiva elaboração do mapa geomorfológico. A delimitação das unidades geomorfológicas foi efetuada em ambiente SIG, no modo de edição do programa ArcMap 8.1 sobre um recorte da banda 8, pancromática, de uma imagem Landsat TM5, de 02/09/2002, com resolução espacial de 15m. Dada a resolução espacial desta banda, foi possível ampliar a imagem até a escala 1:40.000, que permitiu melhor detalhamento das unidades observadas para efeito de mapeamento.

Deste modo, foram definidos no mapeamento quatro diferentes taxons, cuja seqüência representa níveis embutidos de organização dos padrões e formas observados (quadro 8).

O mapeamento das unidades morfoesculturais Planícies Litorâneas e Planícies Fluviais foi realizado com base nas feições deposicionais observadas e parcialmente referenciado pelo mapeamento geológico digital na escala 1:100.000 disponibilizado pelo IBGE. A diferenças observadas entre o mapa geológico e o mapeamento geomorfológico realizado estão restritas aos limites da área mapeada, em especial nos vales dos rios Quiriri, Cubatão e Pirabeiraba, que constituem entalhes profundos na unidade morfoescultural Planalto Atlântico.

As denominações adotadas para identificar algumas ocorrências no terceiro taxon (Unidade Morfológica ou Padrões de Formas Semelhantes) obedeceram, quando possível, designações previamente existentes, como o caso do Planalto de São Bento do Sul, que consta no mapa geomorfológico produzido pelo GAPLAN (1986).

Já as denominações Planícies de Joinville/Garuva, do Rio Cubatão e do Rio Pirabeiraba foram assim definidas por não terem sido encontrados registros oficiais de designações anteriores.

Quadro 8: unidades identificadas no mapa geomorfológico da área da pesquisa.

1º Taxon Unidade Morfoestrutural	2º Taxon Unidade Morfoescultural	3º Taxon Unidade Morfológica ou de Padrões de Formas Semelhantes	4º Taxon Tipos de Formas de Relevo
Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Litorâneas	Planície de Joinville/Garuva	Planície Marinha / Fluvial / Intertidal
Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Fluviais	Planície do Rio Pirabeiraba	Planícies e Terraços Fluviais
Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Fluviais	Planície do Rio Cubatão	Planícies e Terraços Fluviais
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Morros Litorâneos	Morros Baixos
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Escarpas	Escarpas e Cristas
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Serra do Mar	Escarpas e Cristas
Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Planalto de São Bento do Sul	Colinas Amplas e Baixas

Adotou-se como cores básicas do mapa tons de roxo/lilás e amarelo/laranja, semelhantes aos utilizados no mapa geomorfológico do GAPLAN (1986), para representar unidades vinculadas hierarquicamente ao primeiro taxon.

Após concluída a confecção do mapa geomorfológico segundo a metodologia adotada, “descobriu-se” que havia um mapeamento geomorfológico da região, em formato *dgn* e na escala 1:100.000, correspondente à folha SG-22-Z-B-II e à parte leste da folha SG-22-Z-B-I, elaborado em 2003 pela DIGEO/SUL do IBGE nos mesmos moldes que os demais mapas da série (geológico, reconhecimento de solos, fitoecológico). Em verdade trata-se do mapa base que foi utilizado pela FATMA (2002) para a elaboração do mapa geomorfológico que consta no *Atlas Ambiental da Região de Joinville*.

Assim como efetuado para os mapas geológico e de reconhecimento de solos, os arquivos do mapa geomorfológico foram importados para o programa ArcMap 8.1,

onde realizou-se a união e edição dos polígonos que correspondem às diferentes ocorrências registradas em ambas folhas. Os diversos polígonos resultantes foram reunidos em grupos únicos referentes a cada ocorrência através da função *merge* do módulo de edição do ArcMap. Posteriormente, organizou-se no próprio ArcMap o banco de dados dos atributos de cada ocorrência, organizadas em domínios geomorfológicos, unidades geomorfológicas, modelado, descrição da ocorrência e código, conforme consta nos mapas de origem.

O mapa geomorfológico do IBGE não foi utilizado nas análises da pesquisa, dando-se preferência ao mapa geomorfológico elaborado segundo a metodologia adotada.

Mapa de Precipitação

O mapeamento da distribuição espacial da precipitação na área da pesquisa e arredores foi efetuado em ambiente SIG através da interpolação dos totais gerais de precipitação de 19 estações pluviométricas, cujos dados abrangem o período 1940-2005.

A fase de preparo do mapeamento consistiu em exaustiva investigação teórica e metodológica quanto ao método de interpolação a ser utilizado dentre as diversas possibilidades existentes, assim como em testes com os valores da base de dados pluviométricos a serem considerados no procedimento de interpolação. Os procedimentos de preparo da base de dados de chuvas estão descritos no item 4.2 – Coleta e Organização dos Dados Pluviométricos.

Interpolação é um procedimento para estimar o valor de um determinado atributo em locais não amostrados a partir de pontos amostrados na mesma área ou região, convertendo assim dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas (GASA, 2006).

Segundo Goodchild & Kemp (1990), alguns profissionais valorizam os procedimentos de interpolação manual (*eyeballing*), em especial aqueles ligados à Geologia. Acredita-se que o método de interpolação manual, por não utilizar

algoritmos matemáticos que tendem a homogeneizar as superfícies, permite a detecção de variações abruptas e a consideração das características particulares na área a ser modelada através do conhecimento individual do profissional que executa o procedimento.

A preocupação em se definir um procedimento de interpolação adequado tem como base principalmente o fato de que a área de estudo apresenta significativa amplitude topográfica, portanto sujeita a diferenciação na distribuição espacial da precipitação condicionada pelo relevo, desde os eventos individuais de chuva até os totais anuais de um determinado setor, em distâncias relativamente curtas. Assim, as diferenças e até mesmo aparentes discrepâncias observadas no conjunto dos totais anuais das diferentes estações pluviométricas refletem o efeito de um gradiente topográfico, em alguns setores abrupto, sobre a distribuição espacial das chuvas.

O conhecimento e vivência em campo da área da pesquisa são, portanto, fundamentais para uma crítica aos procedimentos automatizados de análise e interpolação estatística de dados em um ambiente georreferenciado.

Os procedimentos de interpolação podem ser classificados, segundo Goodchild & Kemp (1990), em pontuais/areolares, globais/locais, exatos/aproximados, estocásticos/determinísticos e graduais/abruptos. Já os métodos de interpolação, ou simplesmente interpoladores, são técnicas que combinam os diferentes procedimentos de interpolação.

No processo de interpolação dos dados de precipitação foi utilizado o módulo *Geostatistical Analyst* do programa ArcMap 8.1. Este módulo oferece a possibilidade de utilização de diversos interpoladores, reunidos em dois grupos principais, os determinísticos e os geoestatísticos, relacionados respectivamente a procedimentos de interpolação determinísticos e estocásticos.

Segundo ESRI (2001), os procedimentos determinísticos criam superfícies a partir de pontos efetivamente medidos com base tanto na extensão da similaridade (p.ex., método do Inverso do Quadrado da Distância – *Inverse Distance Weighted*) como no grau de suavização (p.ex., método de Função de Base Radial – *Radial Basis*

Functions). Os procedimentos determinísticos podem ainda ser divididos em dois grupos, de interpoladores globais e locais, que representam funções matemáticas de entrada dos dados (polinômios de 1°, 2° ou 3° grau).

Os interpoladores globais efetuam o cálculo de previsão de valores utilizando simultaneamente todo o conjunto de dados, cuja superfície resultante não “toca” os dados efetivos de origem, mas passa entre eles, o que torna estes interpoladores inexatos ou aproximados. Os interpoladores locais efetuam os cálculos a partir dos pontos medidos circunscritos a vizinhanças, que são áreas menores dentro da área maior em estudo. São interpoladores exatos. O módulo *Geostatistical Analyst* oferece como interpolador global o método Polinômio Global (*Global Polynomial*) e como interpoladores locais os métodos Inverso do Quadrado da Distância (*Inverse Distance Weighted - IDW*), Polinômio Local (*Local Polynomial*) e Função de Base Radial (*Radial Basis Functions*).

Já os procedimentos geoestatísticos (ou estocásticos), segundo ESRI (2001), criam superfícies que incorporam as propriedades estatísticas dos dados medidos. O programa ArcMap 8.1 oferece diversos métodos associados aos procedimentos geoestatísticos, todos relacionados à krigagem (*kriging*): ordinário, simples, universal, probabilístico, indicativo e disjuntivo. Os métodos de *krigagem* representam interpoladores exatos que se apóiam na noção de autocorrelação, que, por sua vez é função da distância. Segundo Jakob (2002), a krigagem

é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações. Utilizando o princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que diz que unidades de análise mais próximas entre si são mais parecidas do que unidades mais afastadas, a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados. A partir de gráficos como o (semi)variograma, a superfície contínua de dados é criada, e pode-se ter uma idéia da segregação espacial das variáveis, e o alcance da segregação no espaço, em unidades métricas conhecidas, como milhas, quilômetros, etc. (p.1-2).

Os métodos de krigagem oferecem também informação complementar na forma de gráficos e tabelas com os erros ou incertezas decorrentes da interpolação, de modo

a indicar o grau de exatidão da superfície gerada. Em comparação com os demais métodos, a krigagem exige freqüentes tomadas de decisão durante o processo de interpolação, pois oferece uma gama maior de opções a serem consideradas e controladas. Cada opção no processo de krigagem produz modificações significativas na superfície resultante, destacando-se entre elas as opções anisotropia (*anisotropy*) e efeito pepita (*nugget*). Segundo Jakob & Young (2006), a anisotropia é um componente direcional que acontece quando existe uma autocorrelação espacial mais acentuada em uma direção, que pode afetar as predições na superfície de saída. É modelada como um erro aleatório, não constituindo um processo determinístico, que pode ser descrito como uma equação matemática. Já o efeito pepita diz respeito à distância no eixo y do semivariograma entre o valor inicial zero e o ponto inicial da curva onde esta toca o eixo. Segundo Jakob (2002), um efeito pepita grande denota uma grande diferenciação de valores em pequenas distâncias.

A primeira etapa do processo de interpolação teve início com a investigação da distribuição dos totais gerais das estações dispostos em histogramas e em mapeamento preliminar por polígonos de Voronoi, gerados no módulo *Geostatistical Analyst*. Os polígonos ou mapas de Voronoi, segundo ESRI (2001), são criados como delimitações na forma de polígono de áreas em que cada ocorrência no seu interior esteja mais perto da localização do ponto efetivamente amostrado do que qualquer outro ponto no conjunto de dados considerado. Optou-se por utilizar os polígonos criados pelo método simples, que atribui a uma célula o valor registrado no ponto amostrado.

Com base nos histogramas e nos polígonos de Voronoi efetuou-se uma breve análise comparativa entre os totais gerais das estações com e sem os dados considerados como discrepantes (*outliers*), referentes à linha de corte de 1000mm.

Os histogramas apontaram para uma pequena alteração na distribuição dos valores das médias geral (com todos os dados de médias anuais) e >1.000mm (com dados de médias anuais somente acima de 1.000mm) (figura 50).

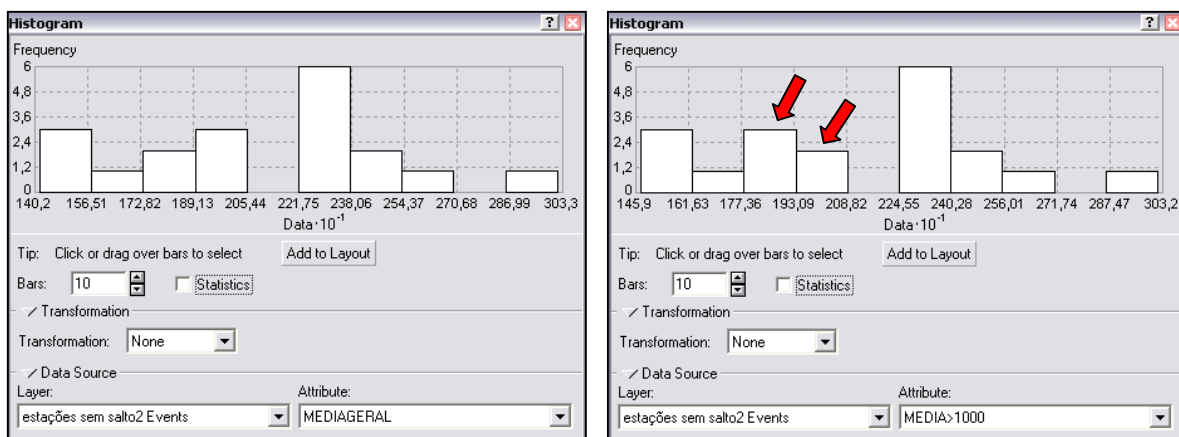


Figura 50: histogramas com indicação de diferenças na distribuição dos valores das médias geral (esquerda) e >1.000mm (direita).

A avaliação preliminar efetuada através dos polígonos de Voronoi mostrou que a retirada das médias anuais inferiores a 1.000mm da média geral de cada estação produz uma pequena alteração na sua distribuição espacial (figura 51). Este mapeamento preliminar permitiu também conhecer o padrão geométrico da distribuição espacial dos dados, com concentração dos maiores valores no sentido SW-NE, de grande valia para avaliação posterior dos mapas gerados pelos diferentes métodos testados.

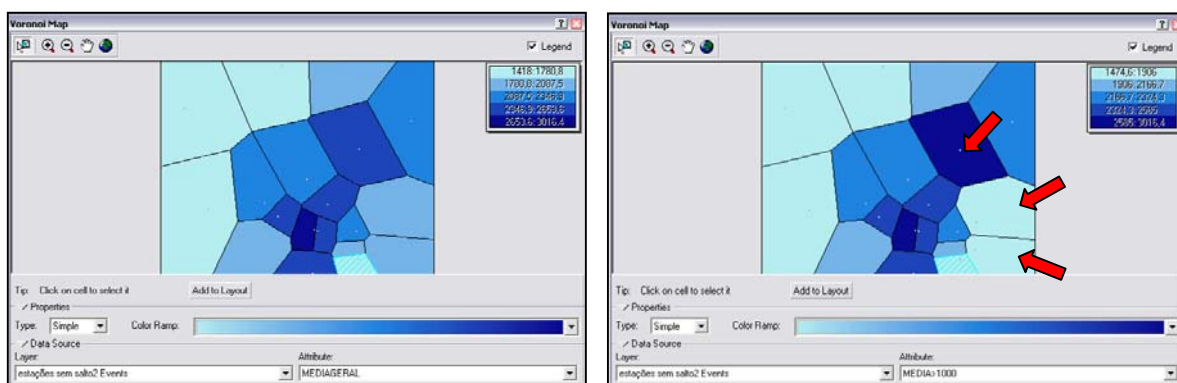


Figura 51: polígonos de Voronoi com indicação de diferenças na distribuição espacial dos valores das médias geral (esquerda) e >1.000mm (direita).

Uma vez conhecida a distribuição preliminar dos dados e sua variação segundo impacto da inclusão ou não dos totais anuais inferiores a 1.000mm na média geral de cada estação, iniciou-se etapa de testes de interpolação. Foram efetuados cerca de 90 testes com os diversos métodos disponíveis, envolvendo ambas possibilidades de médias gerais e alternando adicionalmente a inclusão ou retirada total dos dados das estações Quiriri CCJ e Salto 2 do Cubatão, que se mostraram adequados nos procedimentos de análise estatística previamente efetuados (vide item 4.2), porém discrepantes no conjunto de estações quando interpolados para fins de mapeamento.

Dentre os cerca de 90 mapas gerados, selecionou-se um exemplar de cada grupo referente a um método testado, de modo a se definir por comparação visual aquele que mais aproxima da distribuição de chuvas na área da pesquisa.

Observou-se que a *krigagem* ordinária ofereceu potencialmente a possibilidade de mapeamento mais exato, sendo adotado como mapa final para a pesquisa o produto resultante deste interpolador com os dados de médias gerais contendo médias anuais somente acima de 1.000mm, retirados os dados das estações Salto 2 e Quiriri CCJ.

Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal

O mapa de distribuição da cobertura vegetal foi produzido a partir do arquivo digital no formato *dgn* do mapa fitoecológico elaborado em 2002 na escala 1:100.000 pela DIGEO/SUL do IBGE, correspondente à folha SG-22-Z-B-II e à parte leste da folha SG-22-Z-B-I.

Da mesma forma como executado para os mapas geológico, de reconhecimento de solos e geomorfológico, os arquivos do mapa fitoecológico foram importados para o programa ArcMap 8.1, onde efetuou-se a união e edição dos polígonos que correspondem às diferentes ocorrências de vegetação registradas em ambas folhas. Os diversos polígonos resultantes foram reunidos em grupos únicos referentes a cada ocorrência através da função *merge* do módulo de edição do ArcMap. Posteriormente, organizou-se no próprio ArcMap o banco de dados dos atributos de

cada unidade fitoecológica, organizadas em região, sub-região, grupo, formação e sub-formação, segundo apresentado nos mapas de origem.

Mapa de Uso da Terra

O mapa de uso da terra foi elaborado nos programas Spring 4.2 e ArcMap 8.1, a partir de imagem orbital Landsat TM5 de 02/09/2005, com resolução espacial de 30 metros. Os procedimentos de elaboração do mapa de uso da terra podem ser divididos em duas fases, com distintas etapas. A primeira fase consiste nas etapas de treinamento, classificação, pós-classificação e edição matricial da imagem, que foram executadas no programa Spring. A segunda fase inclui as etapas de edição de polígonos, construção da tabela de atributos e acabamento do mapa, que foram realizadas no programa ArcMap.

Na primeira fase efetuou-se inicialmente o recorte das bandas 1, 2, 3, 4 e 5, que correspondem a distintas faixas espectrais compreendidas entre 0,45 e 1,75 μm da imagem orbital utilizada, na forma de um retângulo que contém toda a área da pesquisa. Para a classificação da imagem utilizou-se as bandas selecionadas no seu estado bruto, sem alteração do contraste. Dentre as técnicas de classificação geralmente utilizadas, optou-se pela classificação supervisionada, indicada *a priori* para aqueles que já possuem conhecimento prévio da área a ser mapeada.

Nesta técnica, tanto a resolução do sensor (tamanho do pixel) quanto o comportamento espectral dos diferentes alvos demandam constantes tomadas de decisão por parte do operador no sentido de inclusão ou não de um pixel ou grupo de pixels em determinada classe temática (categoria). Segundo Moreira (2005), “o pixel representa uma reflectância média, integrada, de todos os alvos contidos numa área mínima do terreno, que, no caso do sensor TM do Landsat, representa uma área de 30m x 30m (900m²). Além disso, a reflectância expressa no pixel tende a ter um valor que representa o alvo de maior brilho ou de maior ocupação” (p. 248).

Considerados os objetivos da pesquisa, optou-se por classificar a área de estudo segundo oito categorias ou classes de uso da terra. Não se procurou na definição das classes incluir todos os tipos de uso da terra que ocorrem na área da pesquisa,

mas agrupá-los de modo a representarem categorias cujo impacto sobre a circulação da água na superfície e subsuperfície, assim como potencial produção de sedimentos em suspensão fossem semelhantes para efeito de posterior análise. Definiu-se, assim, as classes:

- água – referente aos corpos hídricos, independente seu tamanho;
- urbano – áreas urbanizadas e industriais em geral, assim como estradas e rodovias;
- agricultura/pastagem – inclui todos os tipos de agricultura e pastagens;
- rizicultura – definida como classe única dada sua dependência de um aporte sazonal significativo de água;
- campo natural/antrópico – campos de altitude, áreas de vegetação arbustiva e de gramíneas próximas a áreas úmidas;
- mata – referente à cobertura da superfície por mata nativa em seus diversos estágios de conservação, de mata primária a capoeiras;
- reflorestamento – inclui todas espécies utilizadas comercialmente;
- manguezal

Definidas as classes, iniciou-se a etapa de treinamento, anterior à classificação propriamente dita, que consiste em selecionar e fornecer ao sistema um conjunto de *pixels* (amostras) representativos de cada alvo (classe) de uso da terra na imagem a ser classificada (MOREIRA, 2005).

O treinamento constituiu etapa longa e decisiva de testes de adequação antes da classificação definitiva. A grande dificuldade nesta fase consiste em se amostrar *pixels* puros, efetivamente representativos, pois a resposta espectral de um alvo contido em determinada porção do terreno nunca é homogênea e exclusiva daquele alvo. A confusão de classes é, portanto, um constante problema a ser contornado e solucionado. Desta forma, os procedimentos de treinamento, classificação e pós-classificação foram repetidos cerca de 30 vezes ao longo de vários dias, até que se chegasse a um resultado satisfatório.

Para a identificação dos padrões de uso da terra utilizou-se a técnica de elementos de reconhecimento descrita por ANDERSON & VERSTAPPEN (1982), que define os seguintes elementos de reconhecimento e diferenciação: tonalidade; forma; padrão; padrões de drenagem; densidade; declividade; textura; tamanho; sombra; posição; adjacências. Além desses, procurou-se adicionalmente utilizar o elemento homogeneidade.

A análise de aquisição de amostras do Spring indicou para o conjunto de 23 amostras que foram utilizadas para a elaboração da classificação final um desempenho médio de 98,57%, com confusão média de 1,43%, índices considerados bons. Efetuou-se então a classificação da imagem segundo o algoritmo de máxima verossimilhança (Maxver), em cuja formulação estatística é assumida uma densidade de probabilidade condicional, que define a característica da classe dentro de uma distribuição espectral considerada como normal ou gaussiana (MOREIRA, 2005).

Uma vez classificada, a imagem resultante foi pós-classificada, o que consiste na extração de pixels isolados de classes em função de um limiar e um peso fornecido pelo executor (INPE, 2005). No caso, foram atribuídos peso 3 e limiar 5. Iniciou-se em seguida o procedimento de edição matricial, que consiste em transferir de classe pixels ou grupos de pixels que foram equivocadamente enquadrados durante a classificação em uma classe à qual não pertencem. Nesta etapa é fundamental o bom conhecimento de campo da área mapeada, sendo por vezes necessária a identificação *in loco* de alvos duvidosos que porventura não se conhecem.

É importante lembrar que a imagem bruta diz respeito a uma cena obtida no início do mês de setembro, que marca o final da estação seca na região e quando as áreas destinadas à rizicultura estão em fase final de preparo para o plantio. Desta forma, enquanto algumas quadras já se encontravam cheias de água, com resposta espectral típica de rizicultura, outras se encontravam secas e com o solo revolvido, com resposta espectral que as confundia ora com a classe urbano, ora com a classe agricultura/pastagem, fato que foi corrigido na edição matricial.

Concluída a edição matricial, efetuou-se a transformação das ocorrências de cada classe em polígonos, procedimento conhecido no Spring como mapeamento. O arquivo resultante foi então exportado no formato *shape* para o programa ArcMap.

Na segunda fase da confecção do mapa de uso da terra, efetuada no ArcMap, recortou-se inicialmente o arquivo de polígonos para os limites da área da pesquisa. As várias centenas de polígonos foram em seguida agrupadas como ocorrências únicas referentes a cada classe.

Como não há uma norma definida na literatura para o uso de cores em mapas de uso da terra, somente algumas recomendações, procurou-se atribuir às classes cores evocativas, que de alguma forma remetem ao tipo de uso da terra a elas associado.

Organização e Síntese dos Dados dos Mapas

Para efeito de organização e síntese de dados, efetuou-se no programa ArcMap 8.1 o recorte dos oito mapas produzidos segundo os limites de cada bacia hidrográfica estudada (10), em um total de 80 recortes, que foram organizados em projetos¹⁸ individuais para cada bacia.

As tabelas de atributos de cada mapa e para cada bacia hidrográfica foram exportadas uma a uma como tabelas de banco de dados no formato *dbf*, utilizado pelo ArcMap, em um total de 80 tabelas individuais. Cada tabela foi então importada como planilha do programa *Excel*.

Neste programa, organizou-se em arquivo único o conteúdo relativo exclusivamente às áreas de cada atributo das 80 planilhas, o que resultou em uma planilha com 490 campos de dados referentes a 49 atributos (agrupados segundo os oito temas dos mapas produzidos) de cada bacia hidrográfica. Os valores foram posteriormente convertidos de m² para km².

¹⁸ Denominação para a organização e vinculação de arquivos utilizada nos programas da série ArcGIS.

A fim de otimizar a análise conjunta da distribuição dos atributos, converteu-se os valores de km² para dados percentuais da ocorrência de cada atributo segundo as áreas das bacias.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Produtos Temáticos

O objetivo geral da pesquisa de estimar o aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga a partir de um setor de sua área de contribuição hidrográfica, com apoio de instrumentos no âmbito da geomorfologia, hidrologia e cartografia, confere aos produtos cartográficos gerados papel de destaque. A proposta de análise geomorfológica da relação entre precipitação, relevo e uso da terra é essencialmente viabilizada por meio de documentos cartográficos básicos que possibilitem uma caracterização adequada do meio físico, de modo a subsidiar análises qualitativas e quantitativas, na forma como apresentado por Libault (1980).

Procurou-se adequar a representação cartográfica dos diversos temas aos princípios básicos da cartografia temática, a fim de garantir a máxima recuperação de informação pelo leitor no processo de comunicação desencadeado pela confecção e leitura de um mapa.

Quanto à opção pelo uso da cartografia digital e trabalho em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), estes mostraram-se ferramentas poderosas que facilitaram sobremaneira tanto a representação gráfica quanto a manipulação de dados de naturezas diversas.

Todos os mapas confeccionados têm como fundamento representações gráficas de bancos de dados associados à base cartográfica digital na escala 1:50.000. No caso desta pesquisa, o banco de dados de cada tema corresponde a uma tabela, em cujas colunas se agrupam as ocorrências discriminadas nas linhas. É possível assim, no programa utilizado (ArcMap 8.1), construir diferentes apresentações de um dado tema, selecionando-se como objeto de representação uma das colunas da tabela. Os produtos cartográficos apresentados a seguir constituem, portanto, uma escolha entre algumas possibilidades de representação.

5.1.1 Mapa Geológico

O mapa geológico foi estruturado segundo a coluna “tipo” da tabela de atributos (anexo 1), que se refere aos diferentes tipos de litologias. Dentre as possibilidades de representação, seria também possível utilizar a coluna “unidade”, perdendo-se porém em especificidade.

Observa-se que a distribuição das litologias acompanha a compartimentação do relevo, com predomínio de depósitos quaternários a leste da área de estudo e de gnaisses granulíticos nos setores com elevações, localizados na parte central e oeste. A ocorrência de corpos graníticos intrusivos coincide com os setores mais elevados (figura 52).

Nota-se também a grande diferença de predomínio de litologias entre as bacias hidrográficas estudadas. Na bacia do rio Cubatão destaca-se a prevalência de gnaisses granulíticos, com ocorrências significativas de granitos e, em menor proporção, de depósitos quaternários. Já na bacia do rio Pirabeiraba, apesar de haver também predomínio de gnaisses, ocorrem em menor proporção e em equilíbrio granitos e depósitos quaternários. Nas bacias dos rios do Braço e Bonito prevalecem majoritariamente os depósitos quaternários, que, por sua vez, ocorrem em relativo equilíbrio com gnaisses nas bacias dos rios Canela e Turvo. Por outro lado, predomina a ocorrência de granitos na bacia do rio Três Barras, com ocorrência em menor proporção de gnaisses. Nas bacias dos rios Cupim e Sete Voltas ocorrem granitos, gnaisses e depósitos quaternários em proporções semelhantes, situação diferente daquela verificada na vizinha bacia do rio da Onça, onde predominam os depósitos quaternários, além de ocorrências importantes de granitos e gnaisses (figura 52).

É importante observar que as bacias dos rios Cubatão, Pirabeiraba, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e Onça possuem áreas de cabeceiras localizadas em setores de ocorrência de granitos, enquanto que as bacias dos rios do Braço, Bonito, Canela e Turvo as possuem em áreas de gnaisses.

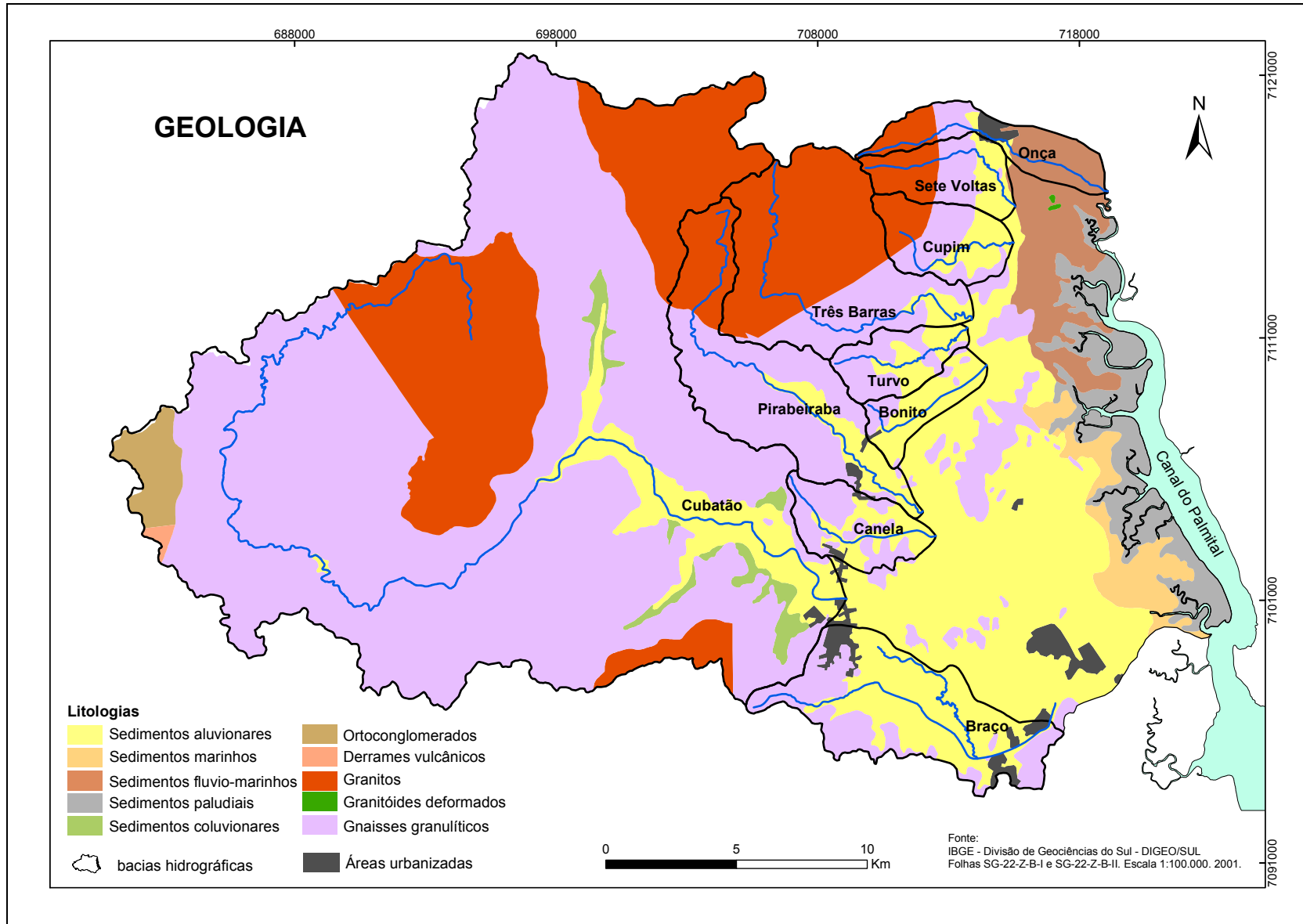


Figura 52: mapa geológico.

5.1.2 Mapa Geomorfológico

O mapa geomorfológico adotado, construído a partir da compartimentação do relevo, está apresentado com base na coluna "3º Táxon", pois, no caso específico da área de estudo, não seria possível diferenciar com a representação pela coluna "4º Táxon" os trechos de escarpas daqueles mais elevados da Serra do Mar (anexo 1). No contexto geral, observa-se nítida compartimentação da área da pesquisa em trechos planos referentes a planícies quaternárias fluviais, marinhas e intertidais, localizados a leste, e trechos elevados correspondentes às áreas de rochas cristalinas das unidades Escarpas, Serra do Mar, na parte central, e Planalto de São Bento do Sul, a oeste (figura 53).

Ocorrem em proporções semelhantes na bacia do rio Cubatão trechos referentes às áreas elevadas da Serra do Mar, escarpas e colinas do Planalto de São Bento do Sul, como é localmente conhecido, e, em menor proporção, trecho de planícies e terraços fluviais. Nas bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras ocorrem principalmente áreas elevadas da Serra do Mar e escarpas, com ligeiro predomínio da última, além de trecho referente a planícies fluviais de Joinville/Garuva. Ocorre também na bacia do rio Pirabeiraba a unidade de planície fluvial de mesmo nome. Observa-se nas bacias dos rios do Braço e Bonito grande predomínio das planícies fluviais de Joinville/Garuva, com pequena ocorrência das unidades Escarpas e Morros Litorâneos, esta em maior proporção na bacia do rio do Braço. Nas bacias dos rios Canela e Turvo destacam-se as planícies fluviais de Joinville/Garuva, com maior predomínio destas na bacia do rio Canela, além de ocorrência significativa da unidade Escarpas e ocorrências isoladas de morros litorâneos. Na bacias dos rios Cupim e Sete Voltas predomina a unidade Escarpas, com pequena ocorrência de planícies fluviais de Joinville/Garuva e de morros litorâneos, este último somente na bacia do rio Cupim. Na bacia do rio da Onça ocorre em menor proporção a unidade Escarpas, predominando as planícies de Joinville/Garuva, neste caso incluindo trechos importantes de planícies marinhas (figura 53). Na figura 54 está apresentado, somente a título de comparação, o mapa geomorfológico organizado a

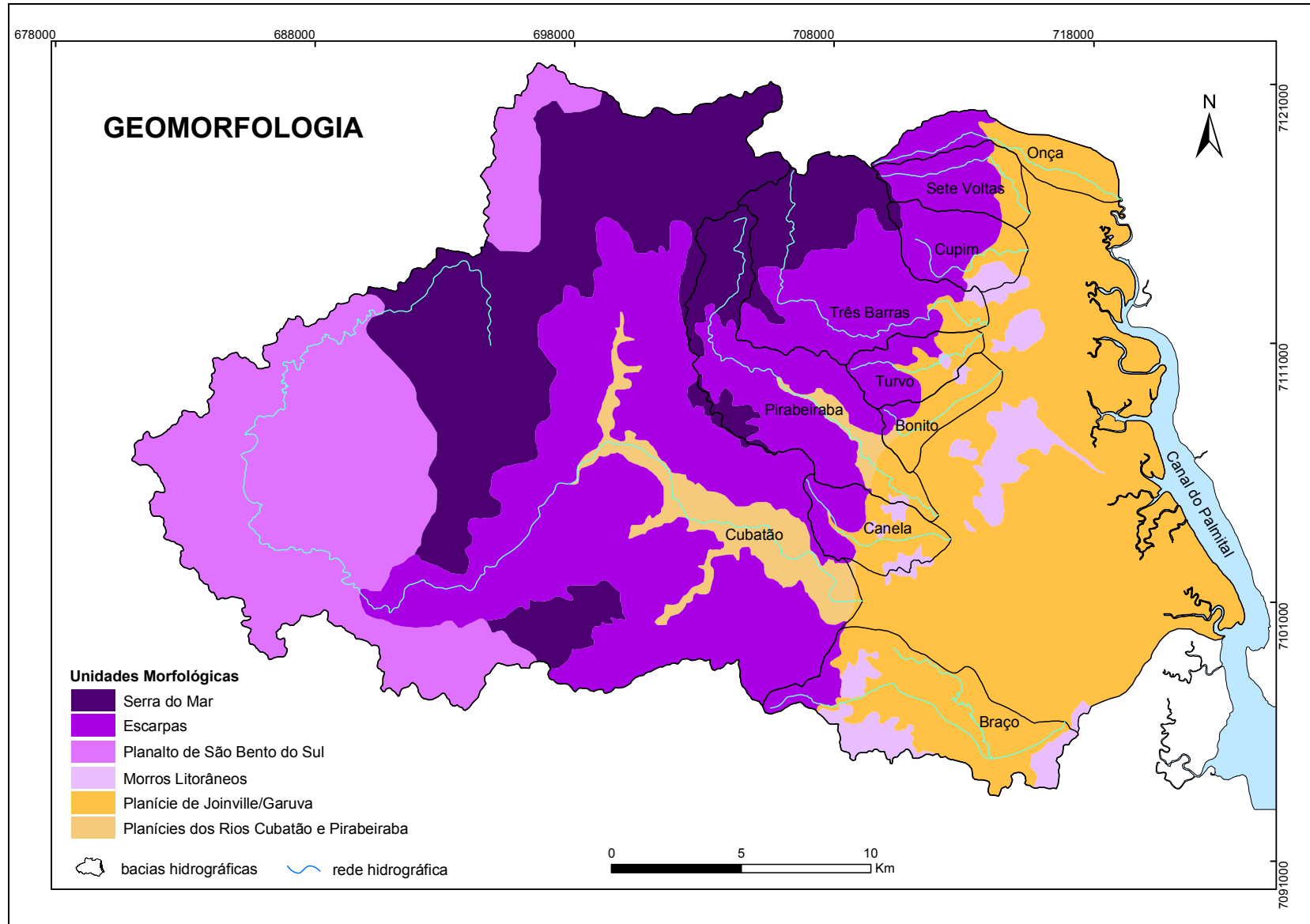


Figura 53: mapa geomorfológico elaborado a partir da proposta de Ross (1991, 1992, 1994).

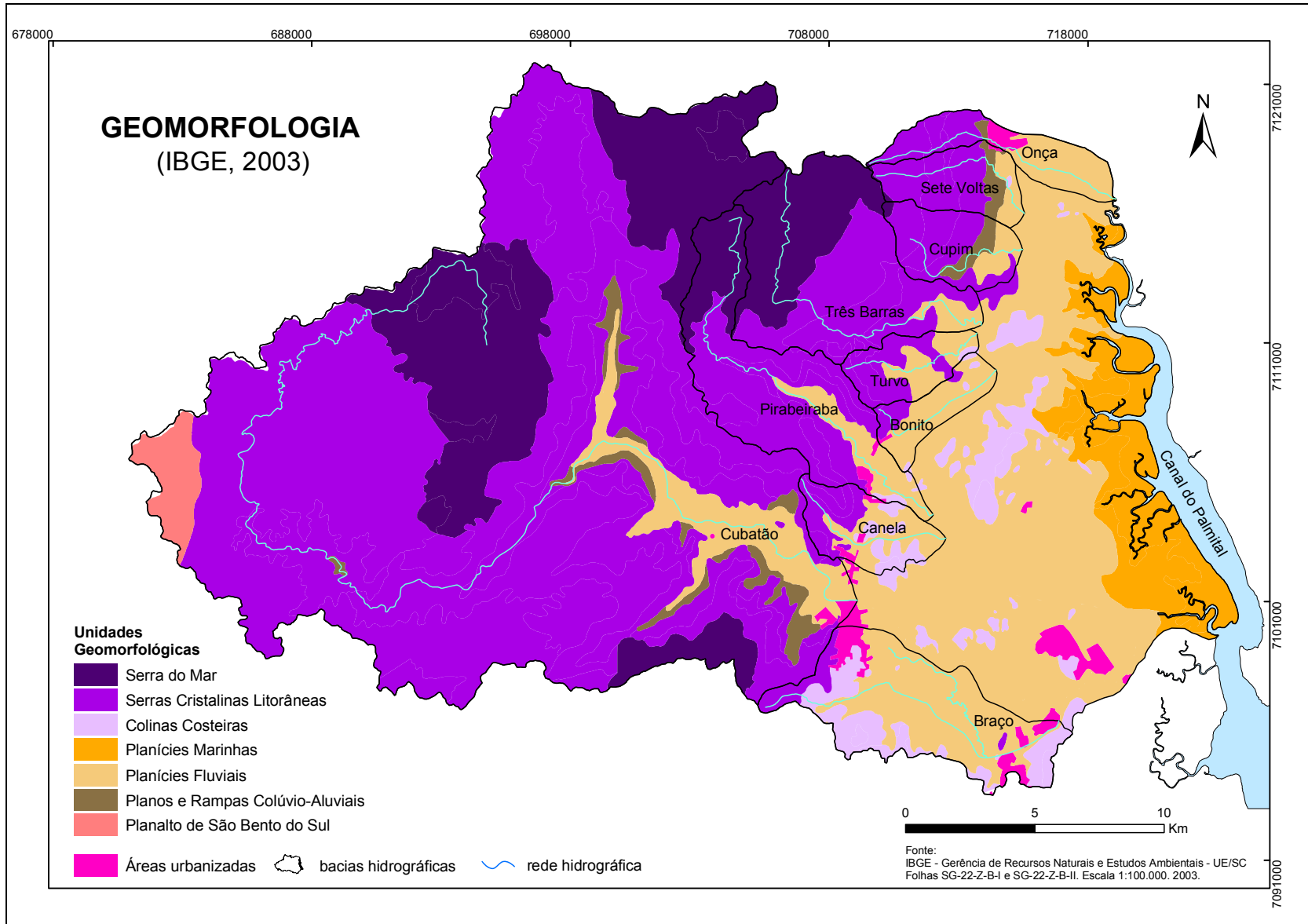


Figura 54: mapa geomorfológico organizado com base no mapa geomorfológico produzido pela DIGEO/SUL-IBGE (2003).

partir do mapeamento efetuado pela DIGEO/SUL do IBGE (2003). Observa-se que os limites das Unidades Geomorfológicas do mapa coincidem em grande parte com os limites de ocorrências de litologias que constam no mapa geológico da área elaborado pelo mesmo órgão em 2001 (figura 52). Trata-se, portanto, de um mapa elaborado com base no mapeamento geológico, ao contrário do mapa geomorfológico elaborado para a pesquisa com base na metodologia de Ross (1991, 1992, 1994), a partir da identificação visual das diferentes unidades. Com exceção da delimitação da unidade Planalto de São Bento do Sul (figuras 53 e 54) e da unidade Planos e Rampas Colúvio-aluviais (figura 54), é notável a semelhança entre ambos mapeamentos, o que vem a reforçar o critério de identificação visual como de grande valia para mapeamentos geomorfológicos.

É importante observar na figura 53 que as bacias dos rios Cubatão, Pirabeiraba e Três Barras possuem áreas de cabeceiras localizadas na unidade Serra do Mar, enquanto que estas se encontram localizadas na unidade Escarpas nas demais bacias.

5.1.3 Mapa de Solos

A representação do mapa de solos está baseada na coluna “tipo” de sua tabela de atributos (anexo 1), de forma a agrupar as diferentes características de um mesmo tipo de solo (eutrófico, alumínico, húmico, etc.) em ocorrência única, evitando-se assim fragmentar o mapa em dezenas de unidades, o que o tornaria um instrumento de difícil leitura e inútil em termos de aplicabilidade para a pesquisa.

Observa-se o grande predomínio de cambissolos na área da pesquisa, em especial nos compartimentos topográficos planície costeira e Serra do Mar (figura 55). Os neossolos litólicos concentram-se nas áreas escarpadas e com elevadas declividades, enquanto que os argissolos ocorrem preferencialmente no trecho de

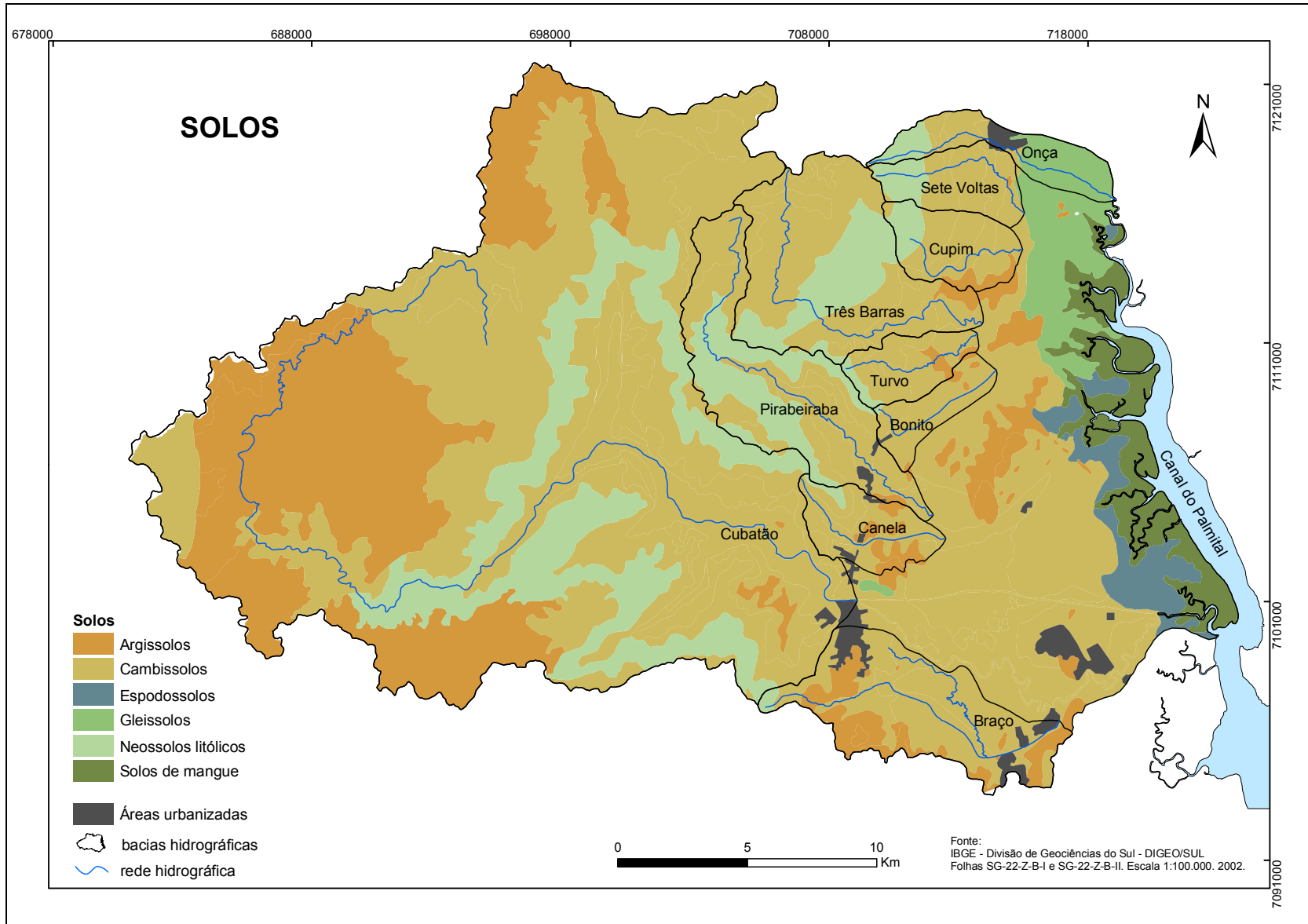


Figura 55: mapa de solos.

planalto e nos morros litorâneos. Gleissolos, espodossolos e solos de mangue concentram-se junto à linha de costa e adjacências. Similar ao mapa geomorfológico, este mapa, também produzido pela DIGEO/SUL-IBGE em 2002, tem como base o mapa geológico da área, seguindo os limites de ocorrências das diferentes litologias, o que fica evidente ao se efetuar a representação de solos através da coluna “código” da tabela de atributos (anexo 1).

Predomina a ocorrência de cambissolos em todas as bacias hidrográficas, estando os argissolos concentrados especialmente na bacia do rio Cubatão, em menor proporção nas bacias dos rios Canela e do Braço e em pequenas ocorrências nas bacias dos rios Bonito, Turvo, Três Barras e Cupim. Os neossolos litólicos ocorrem no trecho central das bacias dos rios Cubatão, Pirabeiraba e Três Barras, assim como nas áreas de cabeceiras das bacias dos rios Cupim, Sete Voltas e Onça, destacando-se nesta última a ocorrência de gleissolos no seu terço jusante (figura 55).

5.1.4 Mapa Clinográfico

O mapa clinográfico foi estruturado segundo as classes de declividades que constam na coluna “gridcode” da tabela de atributos (anexo 1). Nota-se o grande predomínio de declividades inferiores a 12° na área da pesquisa, estando valores menores de 3° concentrados nas planícies costeiras e fluviais e, em menor proporção, nos trechos de planalto. Declividades entre 12° e 35° predominam nas áreas elevadas da Serra do Mar, estando nos trechos escarpados concentradas as declividades entre 20° e 35° e superiores a 35° (figura 56).

São significativas as ocorrências de declividades inferiores a 12° em todas as bacias da área da pesquisa, predominando esta faixa de declividades nas bacias dos rios do Braço, Canela, Bonito, Turvo e da Onça, destacando-se nesta última os valores menores de 3°. Concentram-se no trecho central das bacias dos rios

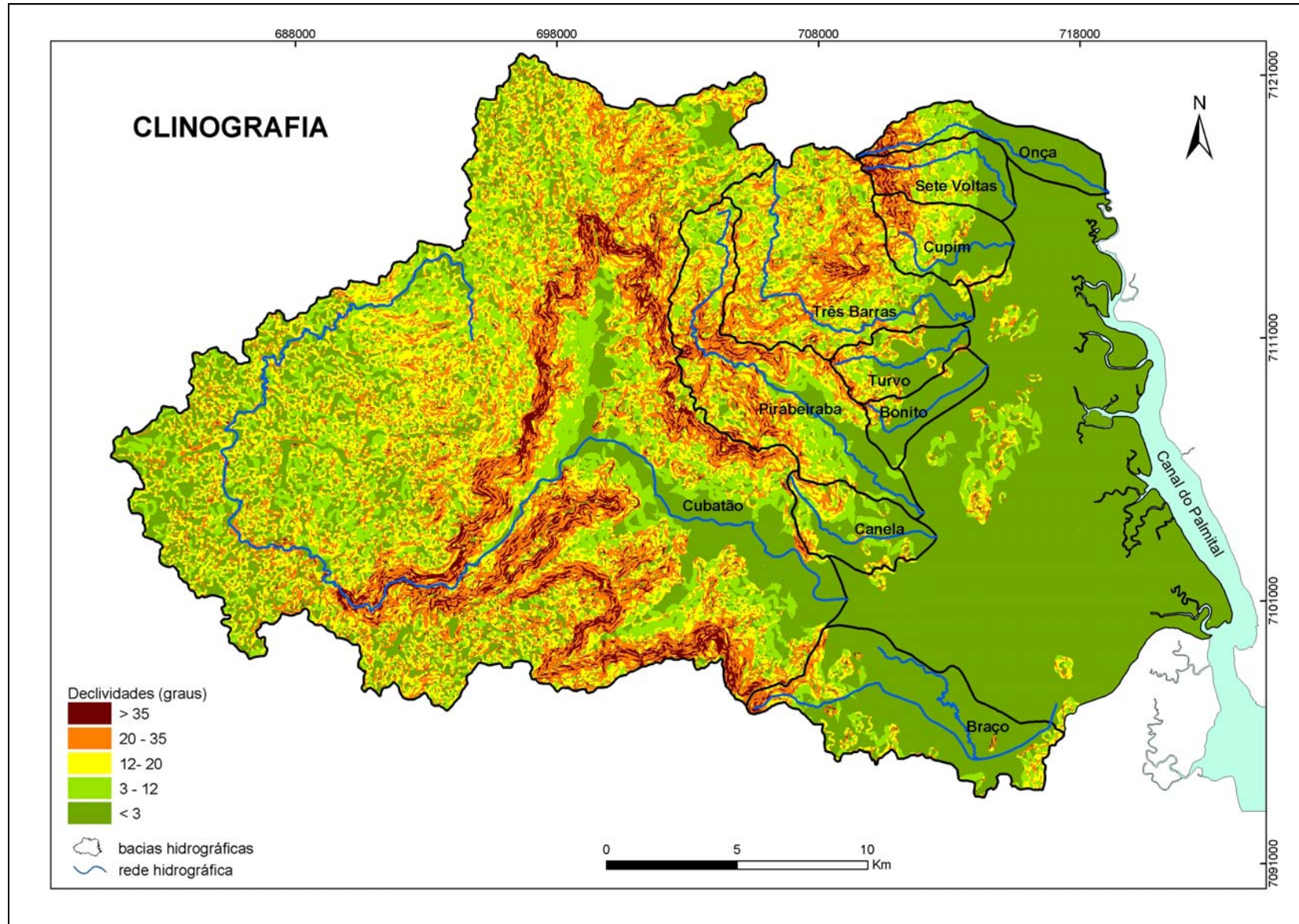


Figura 56: mapa clinográfico.

Cubatão, Pirabeiraba e Três Barras as declividades superiores a 20°, em especial superiores a 35°, enquanto que tais faixas ocorrem nas áreas de cabeceiras das bacias dos rios Cupim, Sete Voltas e Onça.

Na bacia do rio Cubatão a concentração de declividades inferiores a 12° no setor oeste coincide com a ocorrência de argissolos. Já a ocorrência de neossolos litólicos coincide com a concentração de declividades superiores a 20° em todas as bacias inseridas no contexto de áreas escarpadas – Cubatão, Pirabeiraba, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e Onça (figuras 55 e 56).

5.1.5 Mapa Hipsométrico

O mapa hipsométrico foi organizado de acordo com as classes hipsométricas relacionadas na coluna “gridcode” da tabela de atributos (anexo 1). As classes com valores inferiores à cota de 100m estão concentradas na parte leste da área da pesquisa, assim como nos vales dos rios Cubatão e Pirabeiraba, enquanto que cotas superiores a 300m ocorrem nos trechos central e oeste (figura 57).

As associações de classes hipsométricas a ocorrências de elementos do meio físico estão descritas no item 4.6 – elaboração dos produtos cartográficos.

Nota-se nas bacias dos rios Cubatão, Pirabeiraba e Três Barras predomínio de cotas superiores a 300m, com significativa ocorrência da faixa 800-1000m na bacia do rio Cubatão, faixa essa correspondente em grande parte ao Planalto de São Bento do Sul e na qual se concentra a ocorrência de argissolos. Predominam nas bacias dos rios Cupim, Sete Voltas e Onça cotas inferiores a 300m, prevalecendo na bacia do rio da Onça altitudes inferiores a 100m. Nas bacias dos rios do Braço, Canela, Bonito e Turvo há predomínio absoluto de cotas inferiores a 100m (figura 57).

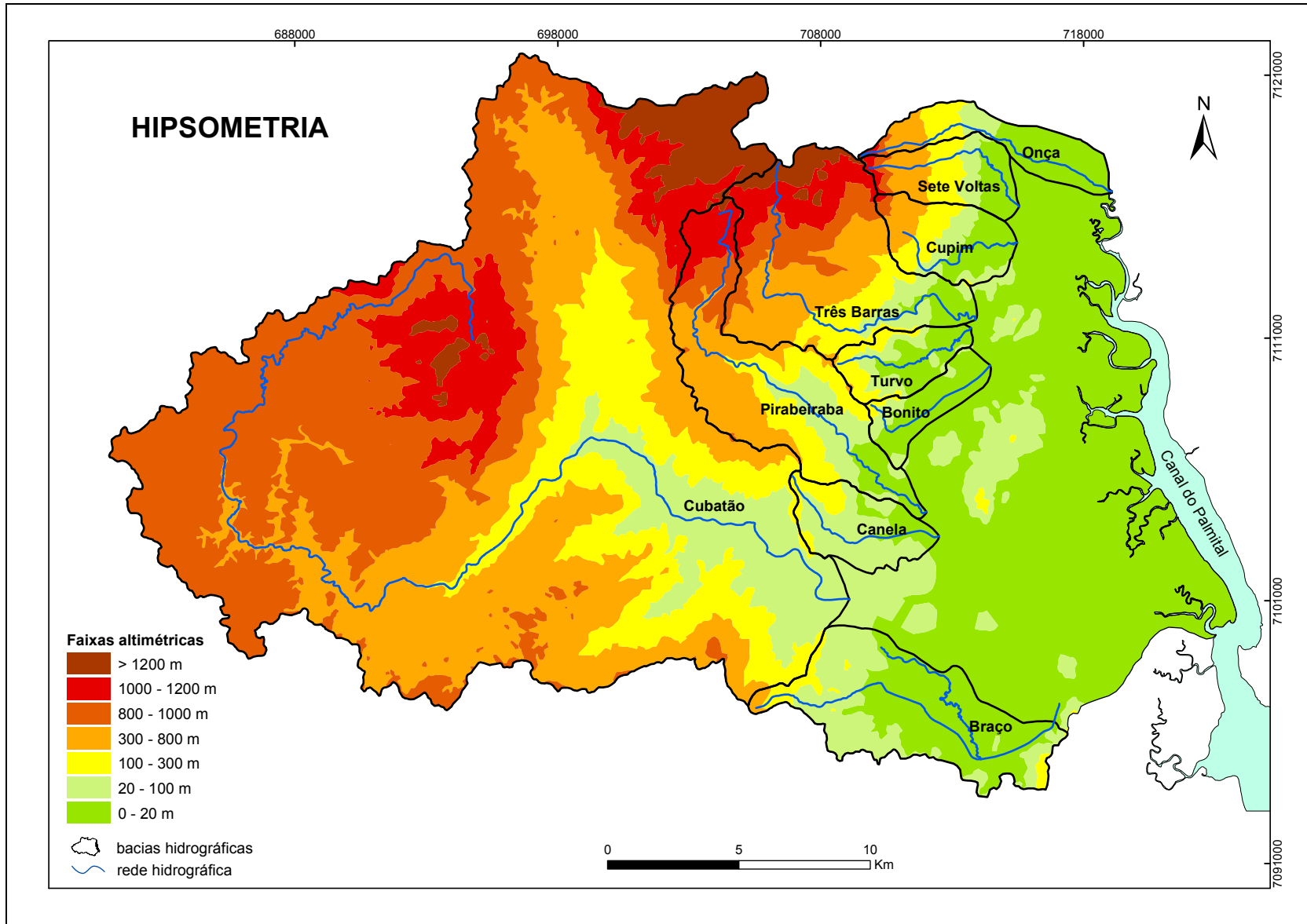


Figura 57: mapa hipsométrico.

5.1.6 Mapa de Distribuição da Cobertura Vegetal

A representação do mapa de distribuição da cobertura vegetal está baseada na coluna “sub-região” de sua tabela de atributos (anexo 1). Dentre as possibilidades de representação oferecidas pelo mapa produzido pela DIGEO/SUL-IBGE em 2002 (vide figura 29), optou-se pela sub-região por ser essa a que melhor qualifica as diferentes ocorrências de cobertura vegetal na região (figura 58). Este mapa, a exemplo dos mapas geomorfológico (versão IBGE) e de solos, também tem limites associados ao mapa geológico da área produzido pela mesma instituição em 2001.

Em panorama geral, observa-se o predomínio de vegetação do tipo terras baixas na planície costeira e planícies dos rios Cubatão e Pirabeiraba. Nos trechos escarpados ocorre a vegetação do tipo sub-montana, que se interpõe entre a vegetação de terras baixas, a leste, e a vegetação do tipo montana, a oeste, que predomina nas áreas elevadas da Serra do Mar e planalto.

Concentra-se nas áreas de maiores elevações referentes às serras Queimada e Quiriri, que correspondem a corpos graníticos, vegetação do tipo alto-montana (figura 58). Nas bacias dos rios do Braço, Canela, Bonito e Turvo ocorre vegetação dos tipos terras baixas e sub-montana, predominando a primeira as bacias dos rios do Braço e Bonito. Na bacia do rio da Onça predomina também a vegetação do tipo terras baixas, com ocorrência expressiva do tipo sub-montana e, em menor proporção, do tipo montana. A distribuição da cobertura vegetal se apresenta equilibrada e com grande simetria entre as bacias dos rios Cupim, Sete Voltas e curso superior do rio da Onça. Predomina na bacia do rio Três Barras cobertura vegetal do tipo montana, que também ocorre de modo significativo na bacia do rio Pirabeiraba. Em ambos os casos ocorre em menor proporção vegetação do tipo alto-montana. Já na bacia do rio Cubatão prevalece cobertura vegetal do tipo montana, com grande ocorrência de vegetação do tipo alto-montana nas áreas mais elevadas e vegetação dos tipos sub-montana e terras baixas, que ocorrem em trechos escarpados e do médio vale do rio Cubatão, respectivamente.

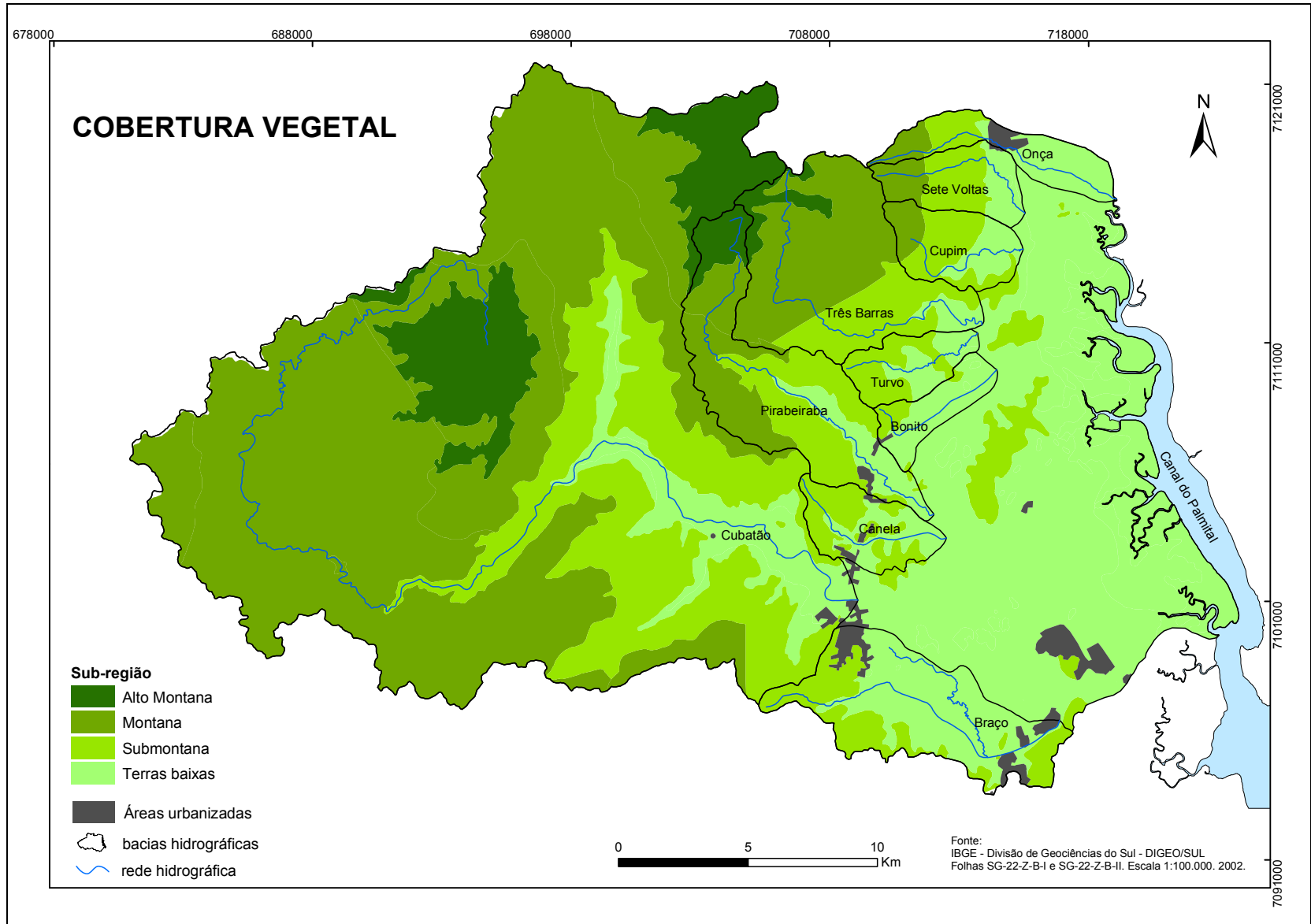


Figura 58: mapa de distribuição da vegetação.

5.1.7 Mapa de Uso da Terra

O mapa de uso da terra foi composto segundo as classes que constam na coluna “sprclasse” da tabela de atributos (anexo 1). Trata-se de um mapa elaborado a partir do reconhecimento visual de diferentes usos da terra observados em imagem orbital com resolução espacial de 30m, sujeito, portanto, a equívocos quanto a detalhes de áreas de tamanho inferior a 900 m² e por vezes até maiores, dependendo do contexto em que se encontram (figura 59).

Este mapeamento teve como objetivo principal identificar ocorrências que possam influenciar a disponibilização de sedimentos à rede fluvial. A classe “matas” predomina em toda a área da pesquisa, com exceção da classe “agricultura/pastagem”, que prevalece nos setores de planície costeira e planícies dos rios Cubatão e Pirabeiraba. As ocorrências incluídas na classe genérica “matas” dizem respeito à cobertura vegetal dos mais variados tipos, tamanhos e distribuição, uma vez que para a pesquisa é importante conhecer somente onde há algum tipo de cobertura vegetal que venha a oferecer proteção à superfície de solos e depósitos sedimentares frente ao escoamento superficial, ao contrário do que ocorre na classe “agricultura/pastagem” e, em especial, na classe “áreas urbanizadas” (figura 59). O item 2.5 traz uma primeira descrição do uso da terra na área de estudo.

Nota-se na bacia do rio do Braço a maior concentração de áreas urbanizadas de toda a área da pesquisa. Situa-se nesta bacia o distrito industrial de Joinville, que, por tratar-se de setor em forte expansão, promove um contínuo fornecimento de sedimentos e poluentes à rede fluvial local através da remoção da cobertura vegetal para instalação de novas unidades fabris e do lançamento de efluentes industriais. Somam-se a esses fatores a expansão da área urbana do distrito de Pirabeiraba, localizada no extremo noroeste da bacia, e de bairros localizados na zona norte do perímetro urbano de Joinville. As atividades agrícolas passam atualmente também por fase de expansão, em especial a rizicultura, às expensas de remoção da cobertura vegetal. Face a esses fatores, a bacia do rio do Braço é sem dúvida a mais problemática de toda a área da pesquisa.

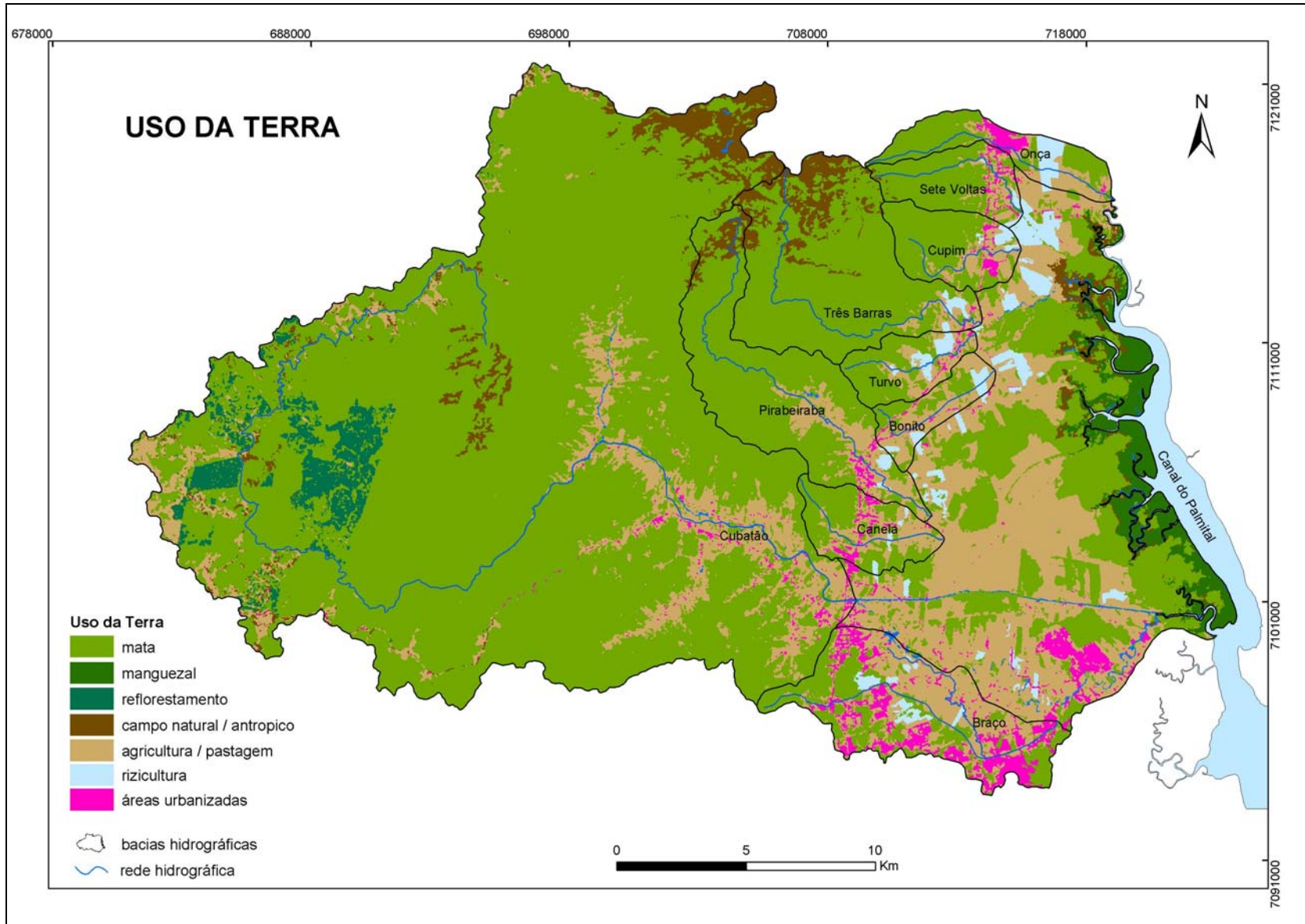


Figura 59: mapa de uso da terra.

Predomina na bacia do rio Cubatão a classe “matas”, com ocorrência importante da classe “agricultura/pastagem” ao longo do médio vale do rio. A cobertura vegetal nesta e nas demais bacias da área da pesquisa encontra-se bastante preservada, com ocorrência de densas florestas primárias e secundárias. Parte da classe “agricultura/pastagem” refere-se à bananicultura, concentrada principalmente no terço jusante da bacia. Em menor proporção ocorrem culturas de cana-de-açúcar e mandioca. Nos setores elevados das serras Queimada e Quiriri ocorre vegetação arbustiva e de gramíneas referente à classe “campo natural/antrópico”, enquanto que no trecho oeste da bacia situam-se importantes áreas de silvicultura de *Pinus sp.* e, em menor proporção, araucárias. Era prática comum até o final da década de 1990 e início da década de 2000 o corte simultâneo de grandes áreas de *pinus*, o que promovia significativo aumento de turbidez no rio Cubatão, prática essa abandonada em tempos recentes.

A faixa de mata ciliar é praticamente inexistente ao de todos os rios no trecho em que atravessam a planície costeira. Neste ambiente é tradicional a prática de cultivo de arroz irrigado, que tem se intensificado e ampliado nos últimos anos. Esta cultura demanda grandes volumes de água em determinadas épocas do ano, especialmente entre agosto e outubro, quando as quadras são preparadas e inundadas para se efetuar a semeadura.

A classe “matas” também prevalece em grande parte das bacias dos rios Pirabeiraba, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e Onça, com importante ocorrência da classe “campo natural/antrópico”, referente a vegetação arbustiva e de gramíneas dos campos de altitude nas bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras. Nestas bacias a classe “agricultura/pastagem” diz respeito a pastagens e, em menor proporção, à rizicultura. É importante lembrar que a imagem orbital a partir da qual foi efetuado o mapeamento de uso da terra foi tomada no início do mês de setembro, quando diversas quadras de arroz ainda não se encontravam inundadas. Tal fato pode ter induzido a confusão desta classe com “agricultura/pastagem”, o que, por sua vez, pode ter alterado o mapeamento no sentido de uma diminuição das áreas efetivamente ocupadas pela rizicultura.

Destaca-se na bacia do rio da Onça a ocorrência do trecho urbano do município de Garuva, assim como de grandes áreas dedicadas à rizicultura, que também é importante na bacia do rio Turvo. A classe “agricultura/pastagem” predomina nas bacias dos rios Canela e Turvo, nesta última em termos absolutos.

Por fim, deve-se atentar para a ocorrência não desprezível de uma mancha da classe “áreas urbanizadas” que se refere às obras de instalação de uma grande unidade industrial muito próxima ao rio Cupim, ocorrida durante os 12 últimos meses dos procedimentos de campo da pesquisa e que promoveu, além da remoção da cobertura vegetal, a movimentação e o revolvimento de grandes quantidades de materiais superficiais.

5.1.8 Mapa Pluviométrico

Para avaliar a precipitação em uma bacia hidrográfica, Tricart (1960) sugere a construção de um mapa de isoietas a partir da interpolação dos totais pluviométricos da região utilizando-se dados de diversas postos pluviométricos. Segundo o autor, a precisão do trabalho dependerá da relação entre a densidade dos postos e a variabilidade pluviométrica.

Conforme já descrito no item 4.6 – elaboração dos produtos cartográficos, efetuou-se dezenas de testes com os diversos métodos de interpolação disponíveis, com os dados de médias anuais ou os dados de médias anuais somente acima de 1.000mm, incluindo ou não as estações Quiriri CCJ e Salto 2 do Cubatão. Dentre os cerca de 90 mapas gerados, selecionou-se um exemplar de cada grupo referente a um método testado (figura 60), de modo a se definir por comparação visual aquele que mais se aproxima da distribuição de chuvas na área da pesquisa.

Observou-se que o método de *krigagem* ofereceu potencialmente a possibilidade de mapeamento mais exato, sendo adotado como mapa final para a pesquisa o produto resultante deste interpolador com os dados de médias gerais contendo médias anuais somente acima de 1.000mm, retirados os dados das estações Salto 2 e Quiriri CCJ (figura 60, sub-figura 5).

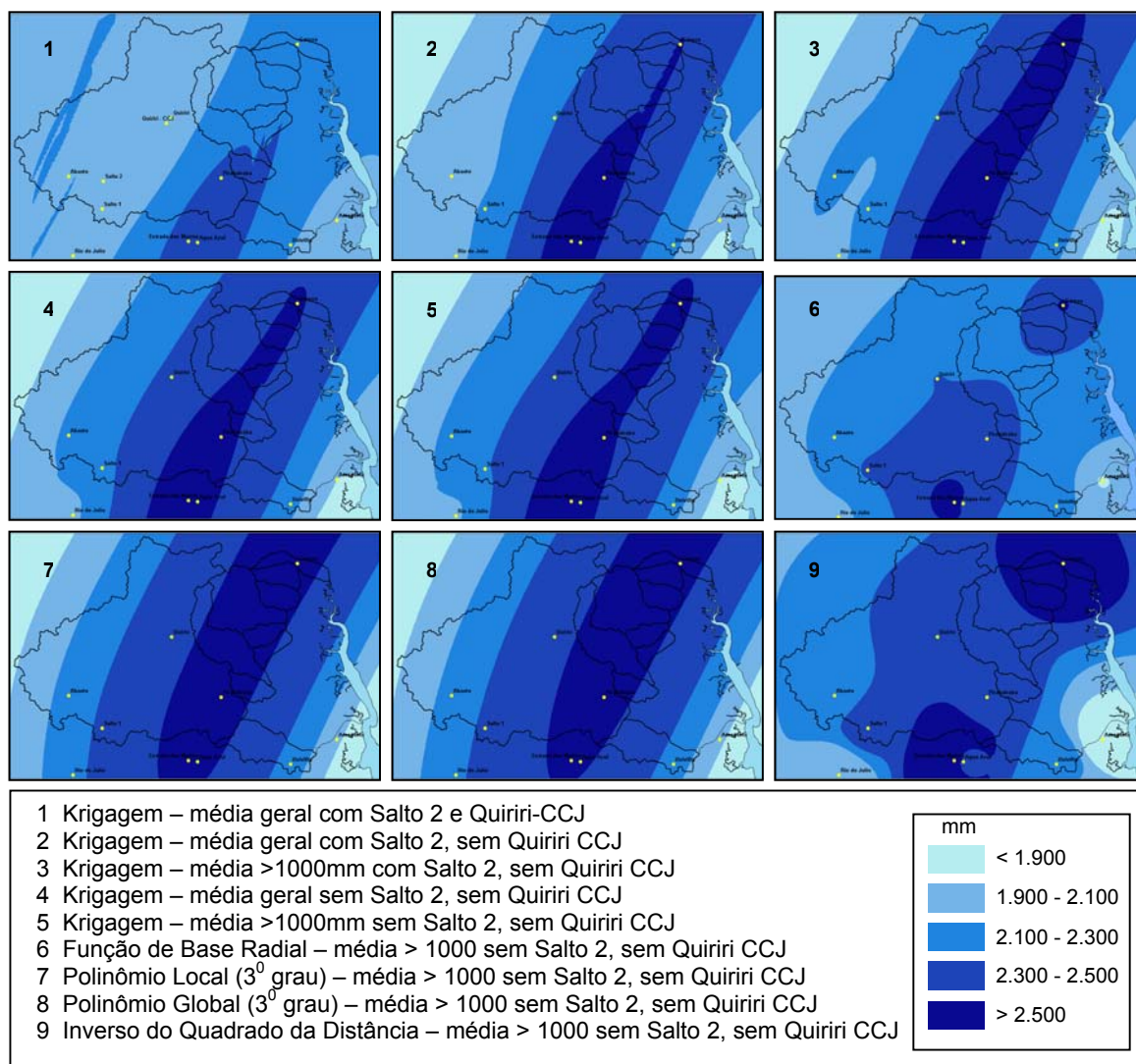


Figura 60: seleção de mapas pluviométricos produzidos a partir de testes com diferentes interpoladores em diferentes situações, contendo todos os dados de médias anuais ou os dados de médias anuais somente acima de 1.000mm, além da inclusão ou retirada dos dados das estações Salto 2 e Quiriri CCJ. A abrangência das faixas de precipitação varia de modo significativo em relação às áreas das bacias hidrográficas, ao fundo.

O mapa pluviométrico final foi organizado segundo as classes que constam na coluna “gridcode” da tabela de atributos (anexo 1). De modo geral, as faixas pluviométricas estruturam-se no sentido NE-SW (figura 61), o que condiz com a direção preferencial S-SE de chegada de massas de ar que provocam chuvas na região.

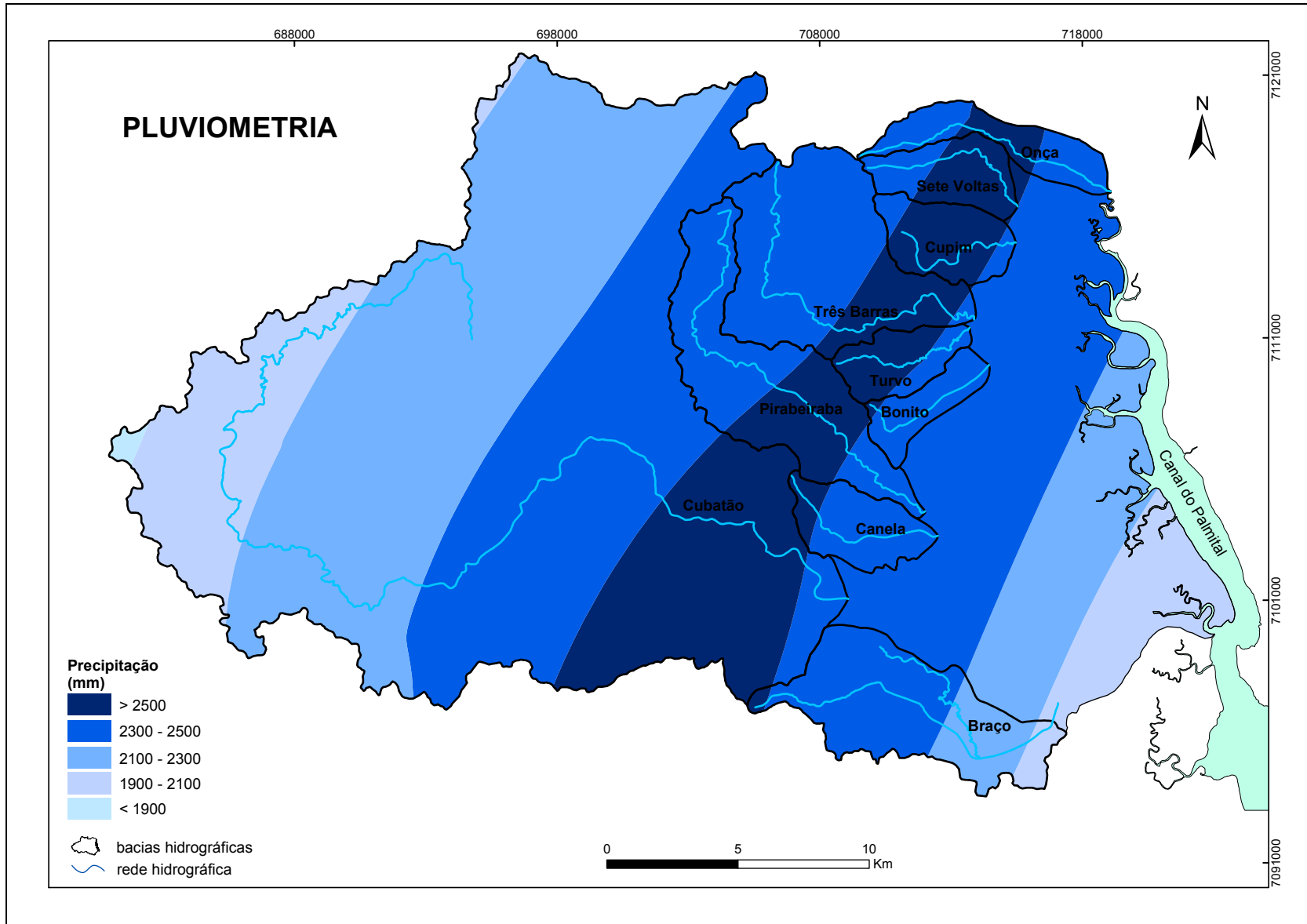


Figura 61: mapa pluviométrico.

Guardadas as diferenças de escala, a geometria das faixas de distribuição da chuva no mapa gerado é confirmada pelos mapeamentos efetuados pelo GAPLAN (1986) e Ide *et al.* (1980) (vide figuras 14, 15 e 16), porém as médias encontradas não condizem com aquelas propostas por este último autor. Adicionalmente, a faixa associada ao índice mais elevado de precipitação está alinhada com os trechos de escapas da Serra do Mar, onde se observa em campo concentração da precipitação, principalmente orográfica. A diminuição paulatina da precipitação para leste e, principalmente para oeste (figura 61) é também confirmada por observações de campo.

As bacias dos rios Canela, Pirabeiraba, Bonito, Turvo, Três Barras, Cupim, Sete Voltas e Onça estão integralmente inseridas em faixas de precipitações superiores a 2.300mm. É importante notar que somente as áreas de cabeceiras dos rios Turvo e Canela estão localizadas na faixa de precipitação superior a 2.500mm, estando as demais inseridas na faixa 2.300–2.500mm. A faixa de precipitação superior a 2.500mm ocorre nas partes centrais das bacias dos rios Pirabeiraba, Cupim, Sete Voltas e Onça, e nos baixos cursos dos rios Três Barras e Sete Voltas. A parte majoritária das bacias dos rios Turvo, Cupim e Sete Voltas está inserida nessa faixa. Já a bacia do rio do Braço contém parte de sua área inserida nas faixas de precipitação 2.100–2.300mm e 1.900–2.100mm, que diminuem de montante para jusante, ou oeste para leste (figura 61).

Por outro lado, a bacia do rio Cubatão apresenta grande diversidade de ocorrência de faixas de precipitação, que diminuem de jusante para montante, ou de leste para oeste, destacando-se o fato de que o curso superior deste rio se encontra nas faixas de precipitações 2.100–2.300mm e 1.900–2.100mm. Este é o único rio cujas áreas de cabeceiras se localizam na faixa 2.100–2.300mm, inferior portanto a todos os demais rios da área da pesquisa (figura 61).

5.2 Dados Pluviométricos

Os dados de chuva foram recolhidos em diferentes escalas de tempo (horários, diários, mensais e anuais), segundo disponibilidade. Tal procedimento teve por objetivo compor um banco de dados de chuvas o mais abrangente possível, que permitisse: (1) efetuar uma caracterização pluviométrica mais detalhada da área da pesquisa via interpolação de dados em séries históricas, conforme descrito nos itens 4.2, 4.6 e 5.1.6; (2) possibilitar análises conjuntas e comparativas com dados de vazões, turbidez e carga sedimentar em suspensão coletados também em diferentes escalas de tempo, de modo a permitir identificar como a precipitação se relaciona com as variáveis anteriormente citadas no contexto da área da pesquisa.

Uma primeira avaliação geral da distribuição dos totais anuais de chuvas permite constatar que as estações utilizadas não funcionaram em igual número e simultaneamente ao longo do tempo (quadro 9). Entre 1940 e 2005 houve uma média de sete estações funcionando a cada ano (quadro 10), com um mínimo de uma estação em 1940 e máximo de 11 em 1985. Se forem consideradas todas as estações que se encontravam ativas em 2005, com ou sem dados disponibilizados, haveria então um total de 12 estações para este ano, o máximo histórico (quadro 10; vide também a coluna “período” do quadro 6).

O valor de mediana para o período 1940-2005 é de oito estações ativas por ano e o de moda nove, este com um total de 16 registros. Observa-se que a partir de 1953 aumenta o número de estações em atividade, havendo um novo incremento a partir de 1977, que perdurou até 2004, período esse em que se concentra o valor de moda (quadro 10).

Para melhor compreender o comportamento e a evolução da precipitação na região da Baía da Babitonga e entorno, efetuou-se uma análise estatística descritiva dos

Quadro 9: períodos de atividade das estações situadas na área da pesquisa e entorno entre 1940 e 2005, com totais anuais (mm).

ano	Abaeté CCJ	Aeroporto	Água Azul	Campo Alegre	Estrada Blumenau	Estrada dos Morros	Estrada Saí CCJ	Garuva	Ilha do Rio Claro	Joinville DNOS	Joinville RVPS	Morro Grande	Pirabeiraba	Quiriri	Quiriri CCJ	Rio da Várzea dos Lima	Rio do Júlio	Salto 1	Salto 2	Tupy	Univille	Vossoroca
1940											1568,8											
1941											1375,4					1384,0						
1942											1545,5					1284,0						
1943											1206,1					1055,0						
1944											1079,4					1066,0						
1945											1163,8					978,4						
1946											1204,8					1619,0						
1947											1904,2					1196,0						
1948											1178,0					1176,0	2218,3					
1949											815,8					1167,0	1974,2					1445,8
1950											870,9					1211,0	2080,4		1983,2			1564,9
1951											921,9					1304,0	2017,3		1880,8			1619,2
1952											974,3					1170,0	1678,5		1793,2			1193,7
1953			1949,9							1596,0	945,0					1167,0	1964,2		1920,8			1400,4
1954			2510,6							1932,8	1525,8					1648,0	2177,9		2366,0			1576,5
1955			1890,9							1737,4	964,5					1343,0	1742,0		2100,9			1562,8
1956			2378,6							1760,2	1024,0			2065,7		1238,0	1658,9		1961,5			1332,8
1957			3616,9							2680,4	1656,6			3389,2		2083,0	1325,1		2875,1			1738,0
1958			2091,3							1996,7	1361,1			2537,4		1317,0			2398,7			1463,9
1959			2103,5							1654,5	1048,3			1868,4		1217,0			2069,3			1229,8
1960			2942,7							2406,6	1624,4			2545,5		1658,0	2061,8		3427,5			1854,8
1961			2738,5							2262,3	1478,7			2309,3		1494,0	2463,2		2381,7			1803,2
1962			1413,1							1636,3	1075,0			1658,3		965,6	1192,0					1387,5
1963			2344,3							2071,8	1218,3			2088,6		1294,0	2544,2		881,3			1583,1
1964			2048,0							1625,5	876,1			2045,8		1267,0	2443,7		1042,5			1467,6
1965			2598,8							1979,1	1615,4			2637,4		1147,0	2498,5		1307,7			1683,8
1966			2609,7							2075,9	2010,4			2295,4		1309,0			1427,4			1302,0
1967			2697,9							2068,8	1932,7					964,2	1723,4		1313,1			1454,4
1968			1652,1							1271,1	1504,8					1038,0	1177,7		1179,6			1190,4
1969										1890,9	1797,0					1578,0	1425,8		1652,5			1595,9
1970										2168,0	1666,2					1526,0	746,9		1350,4			1889,7
1971										1929,4	1728,0					1487,0			1265,6			1642,3
1972										2668,3						1684,0				2429,7		1866,2
1973										2241,6	2023,4	1610,0				1440,0				1942,5		1537,2
1974										1744,1	1919,9	1554,0				1285,0				1454,3		1545,2
1975									1883,0	1990,8	1875,8	2787,0				1531,0				1790,8		1655,8
1976										1935,0	1841,6	1697,5	2288,0			1726,0				1858,9		1409,5
1977				1547,3				2677,3	2366,0	2080,6	1931,7	2810,0				1779,0				2001,0		1555,8
1978				1282,0				2128,8	1574,0	1463,2	1590,8	1764,0				1225,0				1483,7		1163,8
1979				1377,8				1939,2	1749,0	1427,7	1412,6	2090,0				1503,0				1572,1		1503,9

ano	Abaeté CCJ	Aeroporto	Água Azul	Campo Alegre	Estrada Blumenau	Estrada dos Morros	Estrada Saí CCJ	Garuva	Ilha do Rio Claro	Joinville DNOS	Joinville RVPS	Morro Grande	Pirabeiraba	Quiriri	Quiriri CCJ	Rio da Várzea dos Lima	Rio do Júlio	Salto 1	Salto 2	Tupy	Univille	Vossoroca
1980				1954,0				2952,3	2387,0	2138,9	1468,8	3147,0				1775,0				2001,0		1921,8
1981				1114,8				2328,6	1943,0	1785,9		2317,0				1047,0				1524,9		1213,7
1982				1722,9				2636,6	2187,0	2225,9		2471,0				1586,0		2388,2		2297,4		1760,0
1983				2446,9				3711,1	2433,0	3220,2		3346,0				2110,0		3341,7		2715,5		2353,9
1984				1724,7				2280,4	1916,0	2164,6	1881,2	2116,0				1485,0		2002,1		1922,4		1520,3
1985				985,8	2032,0			2281,4	1496,0	1686,0	1347,9	1703,0				1007,0		1728,5		1531,3		1093,7
1986				1449,2	2550,2			2755,6	1890,0		1562,7	2208,0				1494,0		1944,6		1753,0		1615,2
1987				1751,7	2753,1	3642,5		2573,2			1585,7					1294,0		2588,7		1882,5		1781,7
1988				1356,7		3235,6		2874,8			1536,6		2319,7			1434,0		2052,4		1521,8		1527,0
1989				1573,3	2772,4	3273,2		2806,4			1984,8		2617,9			1459,0		2385,7		1948,0		1782,4
1990				2267,7		4235,3		2772,3			1849,6		2966,1			2140,0		2984,4		2202,9		2264,2
1991				1116,9		3336,8		2026,9			1346,8		1978,8			1253,0		1751,6		1944,7		1400,5
1992				1784,6		3300,2		2716,9			1804,7		2166,9			1604,0		1973,5		1799,0		1855,3
1993				1571,5		3663,8		2266,1			1681,8		2401,9			1671,0		2389,7		1927,1		
1994				1536,4		3368,3		2479,6			1856,9		2614,4			1320,0		2206,3		1791,4		
1995				1746,3		2185,9		2735,6			1979,5		2411,6			1345,0		2535,7		2192,1		
1996				2008,7		2851,0		2889,7			2211,1		2839,5			1881,0		2630,5			2471,0	
1997				1657,0		3063,2		2535,3			1865,7		2620,9			1580,0		2464,6			2357,5	
1998				2152,0		2874,0		3075,4			2873,0		3056,5			1959,0		3041,8		3088,7	3348,5	
1999				1470,0		2854,4		2882,8			2183,8		2708,3			1546,0		2569,5		2120,2	2566,2	
2000				1373,4		2322,6		2133,8			1727,5		1990,8			1385,0		2073,0		1973,2	1676,5	
2001		2567,0		1766,4		3127,7		3473,9			2094,8		2894,0			1507,0		2751,7		1439,2	2795,3	
2002		1775,5		1613,0		2339,1		1872,6	1827,0		1158,6		2178,0			1603,0				1109,4	1992,6	
2003		1552,2		1201,1		2148,1		2246,3	1894,0				2094,8			1214,0		2091,3			1619,9	
2004		1648,6		1347,1		2472,6		2583,5	2841,0				1988,8			1276,0		2285,5			1833,3	
2005	2259,0	1503,0							2501,0						1192,0	1672,0					2175,8	
média	2259,0	1809,3	2349,2	1603,5	2526,9	3016,3		2594,2	2051,4	1982,5	1547,7	2300,8	2461,7	2312,8	1192,0	1418,0	1855,7	2371,9	1837,1	1904,1	2283,7	1575,2

Quadro 10: número de estações climatológicas ativas na área da pesquisa e entorno, por ano.

ano	est.	ano	est.	ano	est.	ano	est.	ano	est.	ano	est.	ano	est.
1940	1	1950	5	1960	8	1970	6	1980	9	1990	9	2000	9
1941	2	1951	5	1961	8	1971	5	1981	8	1991	9	2001	10
1942	2	1952	5	1962	7	1972	4	1982	9	1992	9	2002	10
1943	2	1953	7	1963	8	1973	6	1983	9	1993	8	2003	9
1944	2	1954	7	1964	8	1974	6	1984	10	1994	8	2004	9
1945	2	1955	7	1965	8	1975	7	1985	11	1995	8	2005*	6
1946	2	1956	8	1966	7	1976	7	1986	10	1996	8	2006*	4
1947	2	1957	8	1967	7	1977	9	1987	9	1997	8		
1948	3	1958	7	1968	7	1978	9	1988	9	1998	9		
1949	4	1959	7	1969	6	1979	9	1989	10	1999	9		
média: 7		mediana: 8		moda: 9		máximo: 11		mínimo: 1					

Fonte: Hidroweb, Agência Nacional de Águas, 2006; Universidade da Região de Joinville; Aeroporto de Joinville; Comitê Cubatão Joinville; Fundação Tupy. Org.: F. Oliveira, 2006.

* dados atualmente disponíveis, que não refletem porém o número de estações ativas

registros referentes aos dados pluviométricos. Os momentos estatísticos analisados revelam variações significativas na precipitação ao longo do tempo.

Verificou-se uma amplitude geral de 3.488,4mm para os totais anuais de precipitação, com valor mínimo absoluto de 746,9mm, registrado em 1970 na estação Rio do Júlio, e máximo absoluto de 4.235,3mm, registrado em 1990 na estação Estrada dos Morros (quadro 10; vide também anexo 2). A amplitude interna dos valores de cada estação varia de 740,4mm para a estação Estrada Blumenau, a 2546,2mm para a estação Salto 2 do Cubatão. Não considerando as estações Estrada Saí (até o momento de redação deste texto ainda sem registro de um ano completo) e Quiriri-CCJ (apenas um registro), verifica-se que quatro estações apresentam amplitude inferior a 1200mm, três entre 1.200-1.600mm, oito entre 1.600-2.000mm e quatro acima de 2.000mm (quadro 11).

A grande amplitude geral das médias anuais (3.488,4mm) poderia, a princípio, ser entendida segundo quatro diferentes perspectivas: (1) diferença significativa na distribuição da precipitação entre as estações em função de sua localização; (2) ocorrência e/ou intercalação de ciclos climáticos mais secos ou mais úmidos ao longo do período analisado; (3) equívocos operacionais no registro, manipulação e

tratamento estatístico dos dados pluviométricos; (4) somatória parcial ou total das possibilidades anteriormente listadas.

Quadro 11: médias anuais máximas e mínimas e amplitude dos totais de precipitação das estações localizadas na área de estudo e entorno.

estação	média anual máxima	média anual mínima	amplitude
Abaeté CCJ	2259	2259	0
Aeroporto	2567	1503	1064
Água Azul	3616,9	1413,1	2203,8
Campo Alegre	2446,9	985,8	1461,1
Estrada Blumenau	2772,4	2032	740,4
Estrada dos Morros	4235,3	2148,1	2087,2
Estrada Saí CCJ	-	-	-
Garuva	3711,1	1872,6	1838,5
Ilha do Rio Claro	2841	1496	1345
Joinville DNOS	3220,2	1271,1	1949,1
Joinville RVPSC	2873	815,8	2057,2
Morro Grande	3346	1554	1792
Pirabeiraba	3056,5	1978,8	1077,7
Quiriri	3389,2	1658,3	1730,9
Quiriri CCJ	1192	1192	0
Rio da Várzea dos Lima	2140	964,2	1175,8
Rio do Júlio	2544,2	746,9	1797,3
Salto 1 Cubatão	3341,7	1728,5	1613,2
Salto 2 Cubatão	3427,5	881,3	2546,2
Tupy	3088,7	1109,4	1979,3
Univille	3348,5	1619,9	1728,6
Vossoroca	2353,9	1093,7	1260,2

Nota-se que dentre os 462 totais anuais de precipitação, 13 registros correspondem a médias anuais inferiores a 1.000mm, fato que não condiz com a realidade climática regional. Se o patamar for elevado para valores inferiores a 1.100mm, estes chegam a somar 24 registros, sendo 18 deles concentrados em apenas duas estações (Joinville RVPSC, com 11, e Rio da Várzea dos Lima, com oito). Em verdade, tais registros discrepantes parecem ser produto de uma somatória de possibilidades.

Verifica-se no quadro de distribuição dos dados no Anexo 2 que os totais anuais inferiores a 1.100mm repetem-se nas mesmas estações e cessam após 1970, com apenas dois períodos de novas ocorrências depois deste ano, em 1981 e 1985. Se

forem observados os dados das demais estações para o mesmo ano de ocorrência de um valor discrepante e os valores dos anos anteriores e posteriores, constata-se que em alguns casos se trata de um ano efetivamente mais seco, como por exemplo 1955, 1956, 1959, 1962, 1981 e 1985. Em outros casos, não há indicativo de tratar-se de um ano seco, mas de um ano com precipitações normais, como 1949, 1964, 1967, 1968 e 1970, o que sugere erro operacional, em especial no ano de 1970. Adicionalmente, as faixas de valores em que oscilam as médias anuais de cada estação sugere influência do contexto de localização das estações na precipitação registrada.

As análises de dispersão indicam diferentes afastamentos, ou variabilidade, dos totais anuais de cada estação em relação à sua média geral (quadro 12). Neste tipo de análise não foram consideradas as estações Abaeté, Estrada Saí e Quiriri-CCJ por serem unidades de funcionamento recente e não apresentarem totais referentes a mais de um ano.

Quadro 12: medidas de dispersão dos totais anuais das diferentes estações em relação à média.

estação	média	desvio padrão	coeficiente de variação
Abaeté CCJ	2259,00	-	-
Aeroporto	1809,26	436,18	24,11%
Água Azul	2349,18	537,83	22,89%
Campo Alegre	1603,54	348,44	21,73%
Estrada Blumenau	2526,93	344,92	13,65%
Estrada dos Morros	3016,35	568,06	18,83%
Estrada Saí CCJ	-	-	-
Garuva	2594,16	429,89	16,57%
Ilha do Rio Claro	2051,38	365,35	17,81%
Joinville DNOS	1982,52	391,88	19,77%
Joinville RVPSC	1547,70	412,10	26,63%
Morro Grande	2300,79	561,67	24,41%
Pirabeiraba	2461,70	360,43	14,64%
Quiriri	2312,82	466,62	20,18%
Quiriri CCJ	1192,00	-	-
Rio da Várzea dos Lima	1418,02	278,07	19,61%
Rio do Júlio	1855,70	496,24	26,74%
Salto 1 Cubatão	2371,86	418,59	17,65%
Salto 2 Cubatão	1837,09	631,16	34,36%
Tupy	1904,09	403,94	21,21%
Univille	2283,66	540,00	23,65%
Vossoroca	1575,22	265,76	16,87%

As estações Vossoroça e Rio da Várzea dos Lima apresentam os menores desvios padrão indicando, portanto, uma distribuição mais fechada com maior proximidade de seus valores em relação à média geral, enquanto que as estações Salto 2 do Cubatão, Estrada dos Morros, Morro Grande, Univille e Água Azul apresentam os maiores desvios, indicando situação contrária. A estação Salto 2 do Cubatão apresenta o maior desvio padrão (631,16mm) do conjunto de dados.

Os menores coeficientes de variação, que representam a razão em valores percentuais entre o desvio padrão e a média, são apresentados pelas estações Estrada Blumenau e Pirabeiraba, indicando menor dispersão dos dados em relação à média, ao passo que os maiores coeficientes referem-se às estações Salto 2 do Cubatão, Rio do Júlio e Joinville RVPSC, indicando situação inversa. O maior coeficiente de variação (34,36%) do conjunto dados refere-se à estação Salto 2 do Cubatão.

Para análise de sazonalidade dos registros, construiu-se um gráfico simples de evolução da precipitação entre 1940 e 2005 de forma a permitir análise visual da variação das médias anuais de cada estação. É possível detectar neste período, em especial após 1953, quando entra em funcionamento um maior número de estações, ciclos de anos mais secos e anos mais úmidos (figura 62). Observa-se que os anos mais úmidos intercalam-se aproximadamente a cada três ou quatro anos, o mesmo ocorrendo para os anos mais secos. Já a sucessão entre um ano seco e um ano úmido pode ou não ser anual.

Conforme análise visual, foram mais úmidos os anos 1954, 1957, 1960, 1965, 1972, 1977, 1980, 1983, 1987, 1990, 1996, 1998, 2001 e 2004. Foram mais secos os anos 1955, 1959, 1962, 1968, 1974, 1978, 1981, 1985, 1988, 1991, 1997, 2000, 2003.

O período em que aconteceram os procedimentos de campo desta pesquisa, entre maio de 2003 e maio de 2006, está inserido em uma fase caracterizada por menores totais de precipitação, iniciada em 2002, com pequeno aumento das médias em 2004, que voltam a declinar em 2005. Os valores ligeiramente mais elevados

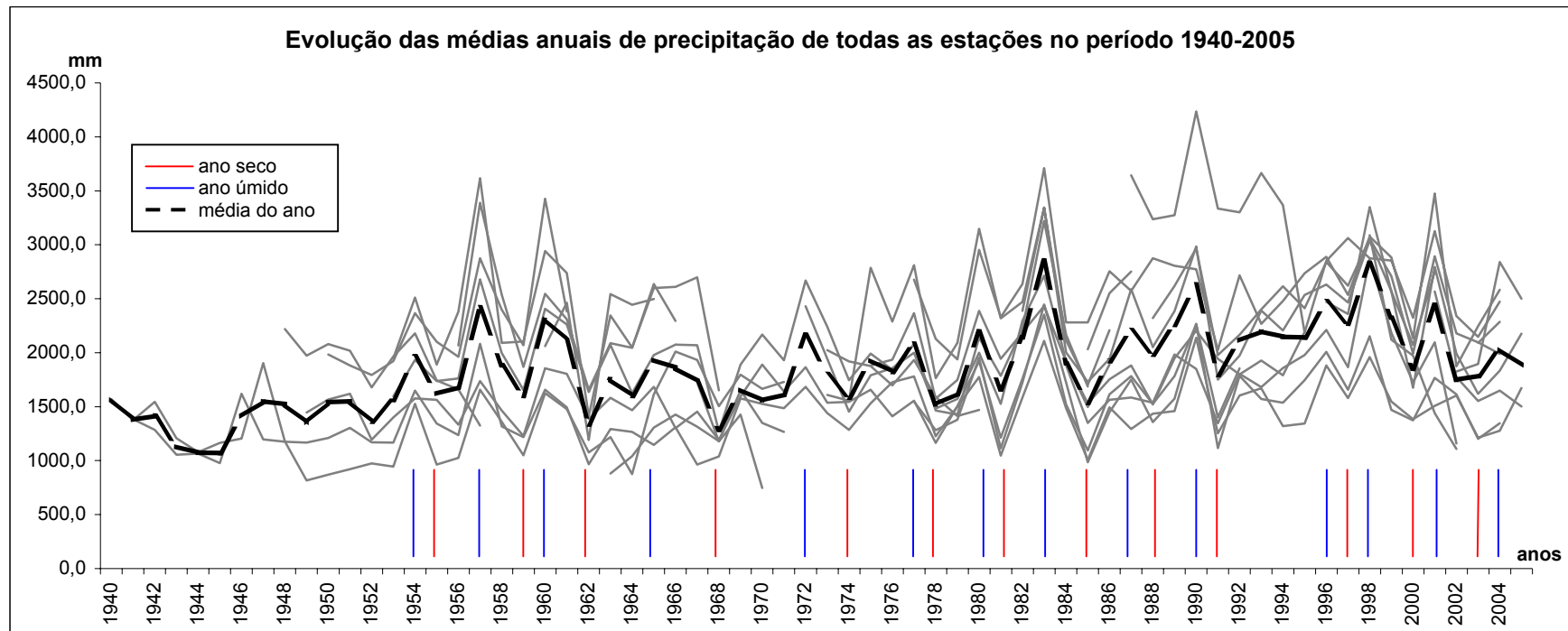


Figura 62: evolução dos totais anuais de precipitação das estações na área da pesquisa e entorno entre 1940 e 2005. Observam-se períodos de intercalação de anos mais secos e anos mais úmidos.

de 2004 não são porém suficientes para caracterizá-lo como um ano propriamente úmido, mas sim menos seco do que 2002 e 2003.

Para efeito de possibilidade de correlação da precipitação com dados de vazão e de carga sedimentar em suspensão medidos durante o período, é importante que os dados de chuvas referentes a todos os momentos em que se efetuaram as medições e amostragens sejam provenientes sempre das mesmas fontes, localizadas preferencialmente o mais próximo possível dos pontos de medições e não concentradas em uma única faixa de precipitação, conforme mapeado (figura 59).

A partir de 2003, ano em que se inicia a pesquisa, encontram-se disponíveis dados de 12 estações (quadro 9), registrados com frequência diária (anexo 3). Ainda mais detalhados, o registros das estações Abaeté, Quiriri CCJ e Estrada Saí apresentam valores horários (anexo 4), enquanto que na estação Univille estes são efetuados três vezes ao dia (anexo 4).

Verifica-se, porém disparidade no oferecimento dos dados para o período. Apresentam dados contínuos para todo o período dos trabalhos de campo somente as estações Univille e Aeroporto (anexo 3). Para as demais estações, os registros ou terminam em 2004¹⁹ ou se iniciam a partir do início de 2005 (quadro 9). Adicionalmente, algumas estações localizam-se fora da área da pesquisa, como as estações Aeroporto, Campo Alegre, Estrada dos Morros, por vezes muito distantes, como as estações Ilha do Rio Claro e Rio da Várzea dos Lima. Optou-se, assim, por eliminá-las, mesmo a estação Aeroporto, que oferece dados contínuos, pois está localizada em situação muito semelhante à estação Univille, que também dispõe de dados contínuos, porém mais detalhados. A estação Quiriri-CCJ já havia sido eliminada do rol de estações por ocasião dos procedimentos de interpolação, devido a problemas em seu funcionamento.

Restaram, desta forma, três duplas de estações localizadas no interior da área da pesquisa e em situações semelhantes de localização com relação às faixas de

¹⁹ Na realidade os registros não terminam em 2004, pois as estações continuam ativas. No entanto, registros mais recentes não se encontravam ainda disponibilizados pela ANA até nov/2006.

precipitação: as estações Garuva e Pirabeiraba na faixa de valores superiores a 2.500mm, localizadas próximas a áreas escarpadas; as estações Salto 1 e Abaeté na faixa de 2.100 a 2.300mm, situadas em áreas elevadas da Serra do Mar; as estações Univille e Estrada Saí, localizadas na mesma faixa de precipitação, porém no contexto de planície costeira (figura 63). As estações Pirabeiraba, Abaeté e Salto 1 situam-se na bacia do rio Cubatão, a estação Garuva na bacia do rio da Onça e a estação Univille na bacia do rio do Braço.

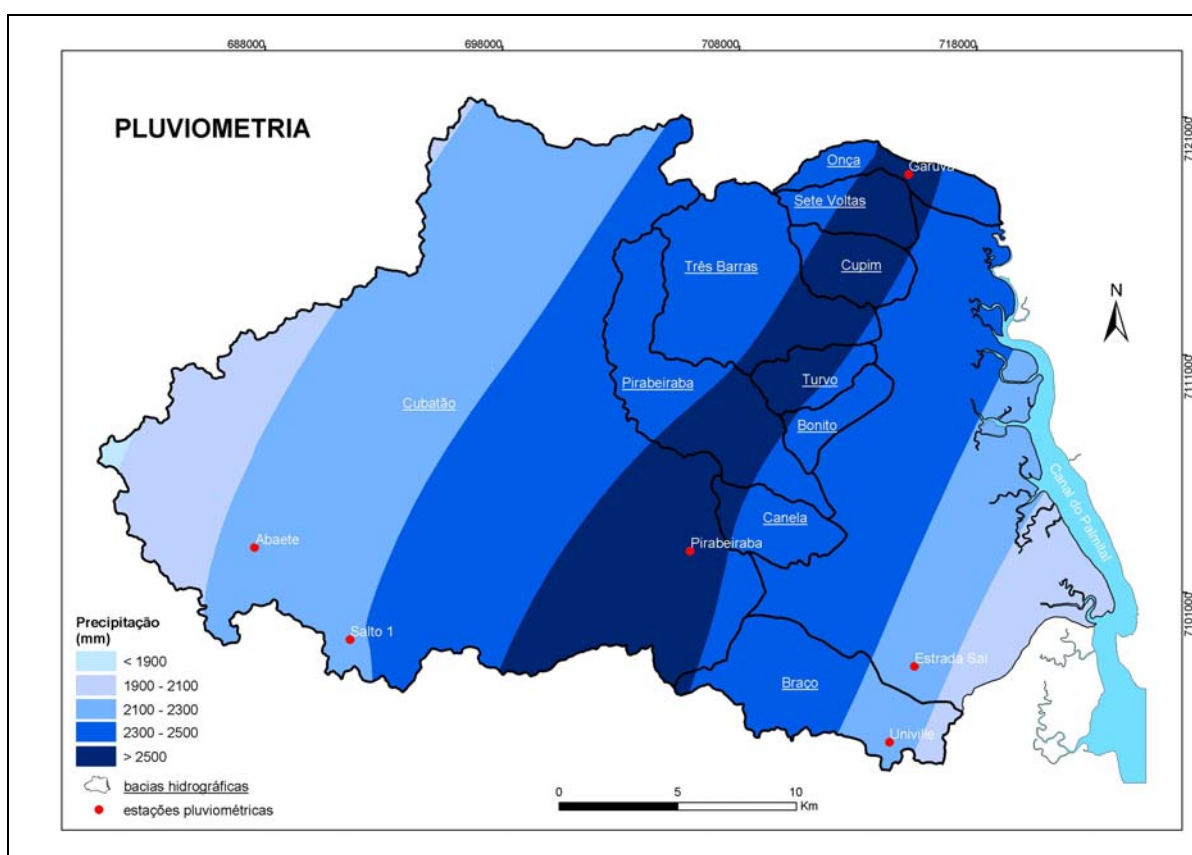


Figura 63: localização das estações Univille, Estrada Saí, Pirabeiraba, Garuva, Abaeté e Salto 1 no contexto de distribuição pluviométrica da área da pesquisa.

A distribuição dos totais mensais destas seis estações é desigual no tempo (anexo 5; figura 64). Porém, é possível verificar que sua variação gráfica é aproximadamente semelhante, sugerindo harmonia e sincronidade, resguardadas as diferenças de valores absolutos referentes aos contextos de localização (figura 64).

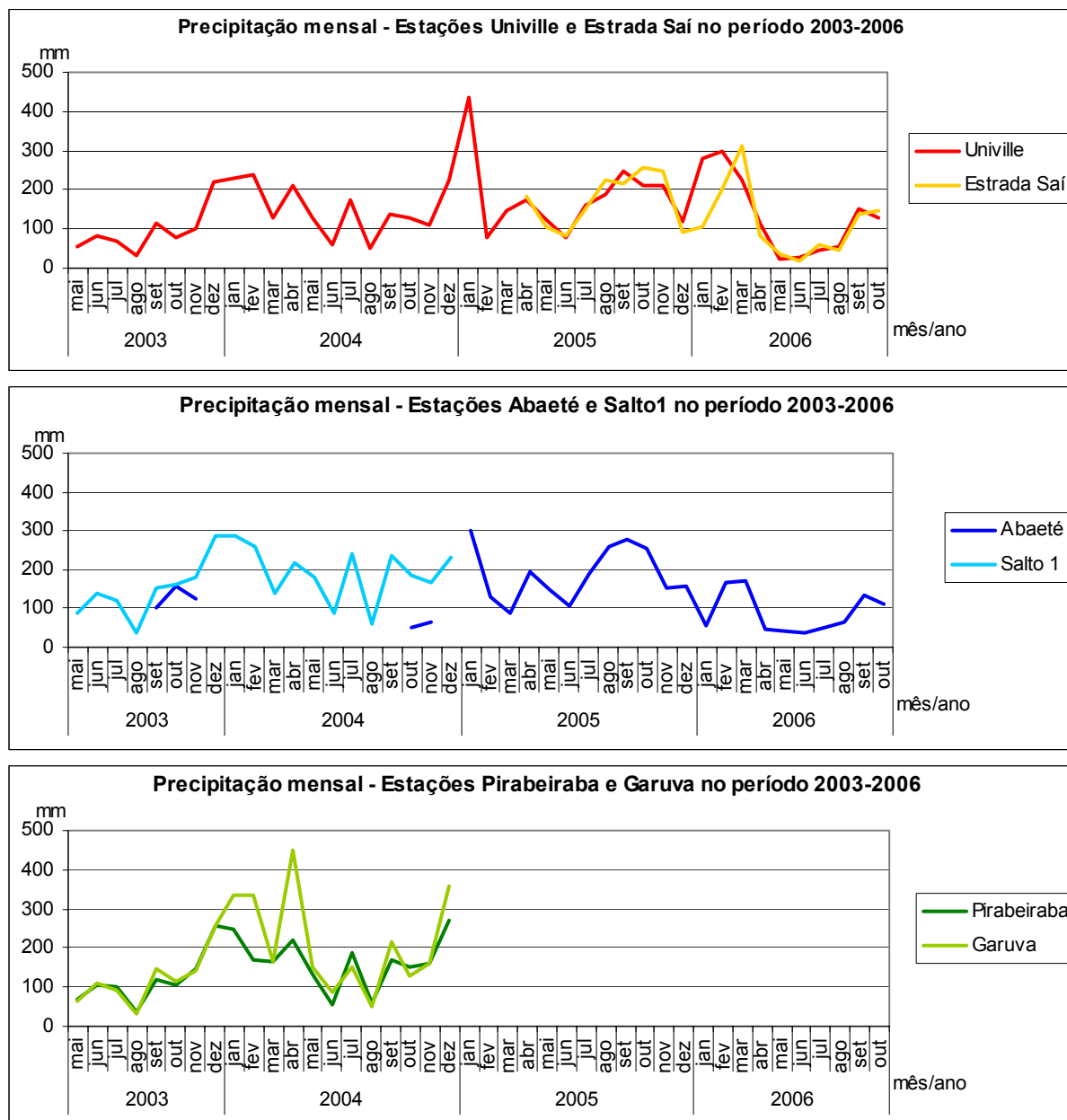


Figura 64: evolução dos totais mensais de chuvas registrados nas estações Univille, Estrada Saí, Pirabeiraba, Garuva, Abaeté e Salto 1, agrupadas segundo seu contexto de localização.

Há muito pouca diferença entre as curvas das estações Univille e Estrada Saí, com exceção dos registros entre janeiro e março de 2006. Entre as estações Salto 1 e Abaeté há aparentemente uma continuidade, havendo somente um breve momento de sobreposição de dados entre setembro e novembro de 2003. Já entre as estações Pirabeiraba e Garuva há bastante sincronia, excetuando-se os meses de janeiro, fevereiro e abril de 2004 (figura 64).

Dadas as características de distribuição dos dados destas estações, optou-se por eliminar para efeitos de análises de correlação com dados de outras naturezas as estações Estrada Saí, Pirabeiraba e Garuva. A primeira pelo fato de que há outra estação próxima (Univille) com dados completos e relativamente detalhados referentes a todo o período dos trabalhos de campo. No segundo caso, optou-se por eliminar ambas estações por não haver continuidade de dados do mesmo contexto para os anos 2005 e 2006. Assim, serão utilizados os dados diários e/ou horários das estações Univille, representando o contexto da planície costeira, e das estações Salto 1 e Abaeté, no contexto de áreas mais elevadas da Serra do Mar. A supressão dos dados das estações Pirabeiraba e Garuva poderá causar algum impacto no sentido de diminuição de acuracidade das análises, em especial das bacias dos rios localizados na faixa de maior precipitação. Tal fato poderá, no entanto ser sanado em futuro próximo, quando estiverem publicados dados de chuvas para os anos 2005 e 2006.

Foi, portanto, necessário efetuar todo um percurso ao longo dos registros de chuvas, em diferentes escalas de tempo, para se conseguir definir tanto um padrão de distribuição da precipitação na área da pesquisa como quais registros poderão ser utilizados para correlações com dados de vazão e carga sedimentar em suspensão.

5.3 Vazões

As medidas de vazões foram efetuadas sempre no leito de vazante dos rios e em trecho estável, conforme recomendado por Christofolletti (1981), Carvalho (1994) e Santos *et al.* (2001). Como mencionado no item 4.3, procurou-se, quando possível, construir as seções dos rios no interior do canal, ou, quando não, junto a pequenas pontes.

A construção das seções a partir de pontes pode apresentar, no entanto, inconvenientes. Nas ocasiões de eventos de maior pluviosidade, é possível que grande quantidade de material como galhos, arbustos e até mesmo árvores seja arrastada pelas águas e fique retida nos pilares das pontes, ocasionando um entulhamento que produz o efeito de represamento (figura 65). Este, por sua vez, pode inviabilizar o procedimento, sendo então necessário procurar, ao menos provisoriamente, um novo local para a construção da seção. Por vezes as próprias pontes são total ou parcialmente destruídas.



Figura 65: entulhamento de galhos e arbustos em pontes após enxurrada, ocasionando transtornos para os procedimentos de medição de vazões. Fotos: F.A.Oliveira, 2004.

Deve-se também observar que as irregularidades encontradas do leito dos canais fluviais podem interferir nas medições efetuadas. Alguns rios da área da pesquisa apresentam carga de fundo composta por matacões, blocos e seixos, localizados

onde não se espera encontrá-los, em trechos planos e distantes das áreas-fonte. A angulosidade destes materiais sugere que tenham sido depositados nestes locais por ocasião da construção e manutenção das estradas que os atravessam.

Apresentam leitos com expressiva carga detrítica nos pontos de medição de vazão os rios Canela, Turvo e Sete Voltas. Já os rios do Braço, Pirabeiraba, Bonito, Três Barras, Cupim e da Onça possuem leitos predominantemente arenosos, onde as medições são facilitadas. No rio Pirabeiraba, seixos arredondados e polidos encontrados em alguns trechos podem ter sido removidos de antigos depósitos fluviais, via erosão das margens, por ocasião de enxurradas. O leito do rio Cubatão, em todo o trecho estudado, é integralmente composto por material detrítico.

Com relação às datas em que ocorreram as medições de vazão, foi detectado em março de 2004 erro no procedimento de leitura da altura da coluna d'água do vertedouro 1 do rio Cubatão. Com exceção da medida efetuada no dia 30/6/03, todos os demais dados foram perdidos. Para sanar o vazio de dados de vazão deste rio no período entre maio de 2003 e fevereiro de 2004, substitui-se na planilha de dados de vazões de todos os rios os valores errados de vazão do rio Cubatão por aqueles medidos pelo CCJ (quadro 13). Uma vez que essas medidas são efetuadas somente uma vez por semana, às quartas-feiras pela manhã, lançou-se os dados referentes à quarta-feira mais próxima ao dia em que ocorreram as campanhas mensais de medições de vazão para os demais rios. Portanto, as dadas reais em que se mediu a vazão do rio Cubatão foram: (2003) 28/5; 30/7; 27/8; 24/9; 29/10; 26/11; 24/12; (2004) 21/1; 25/2.

As maiores vazões do período de registro são sistematicamente apresentadas pelos rios Cubatão, Três Barras e Pirabeiraba, que correspondem às três maiores bacias hidrográficas da área da pesquisa (quadros 13 e 14; figura 66). Apesar de se tratarem de valores obtidos por meio de medições pontuais, efetuadas uma vez ao mês, observa-se na série formada pelo conjunto de vazões uma nítida sazonalidade em sua distribuição. Os valores são mais baixos entre os meses de maio e agosto, passando a se elevar a partir de setembro, até atingir seu auge nos meses de dezembro e janeiro, quando entram em fase de oscilação, entre março e abril, até se iniciar novo período de diminuição das vazões (quadro 13; figuras 66 e 67).

Quadro 13: vazões mensais (m³/s) de todos os rios medidas entre maio de 2003 e maio de 2006.

	2003					2004					2005					2006																						
datas	31/5	30/6	31/7	29/8	27/9	30/10	27/11	22/12	22/1	28/2	25/3	23/4	31/5	30/6	30/7	30/8	30/9	28/10	29/11	28/12	28/1	27/2	26/3	30/4	27/5	27/6	30/7	30/8	28/9	28/10	30/11	21/12	3/2	24/2	28/3	27/4	30/5	
(cubatão)	28/5		30/7	27/8	24/9	29/10	26/11	24/12	21/1	25/2																												
rio / mês	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	fev a	fev b	mar	abr	mai	
braço		1,21	1,06	0,98	1,75	1,63	1,21	5,93	2,93	4,91	2,19	6,13					2,46	1,45	1,75	2,18		2,47		2,64	1,19	0,62	1,21	0,74		5,38	1,08	1,59	1,07	5,44	2,23	1,21	0,70	
cubatão	4,88	4,88	5,78	3,43	3,86	5,78	13,37	19,31	13,86	7,70	7,69	19,30	12,39	6,99	10,54	6,99	11,45	11,45	12,87	16,49	19,31	19,31	11,91	11,45	10,10	6,66	7,33	4,00	27,41	25,44	12,39	28,08	3,76	13,87	43,39	4,13	3,28	
canela		0,56	0,16	0,21	0,70	0,45	0,34	1,63	1,21	0,71	0,65	1,19	0,68	0,35	0,30	0,76	0,31	0,38	0,55	0,46	0,43	0,52	0,42	1,11	0,36	0,22	0,23	0,12	0,89	1,11	0,35	0,80	0,17		0,71	0,18	0,18	
pirabeiraba		0,66	1,16	0,56	1,22	3,88	1,14	6,14	2,21	2,69	1,37	4,02	1,96	0,68	1,60	2,10	1,07	1,39	2,40	2,61	3,11	1,49	1,57	1,96	1,39	0,98	0,81	0,50	5,23	3,81	1,65	3,03	0,49		2,46	0,71	0,47	
bonito			0,23	0,17	0,42	0,35	0,10	0,87	0,41	0,47	0,17	0,62	0,40	0,42	0,20	0,31	0,20	0,19	0,25	0,27	0,34	0,20	0,34	0,68	0,32	0,16	0,18	0,12	0,52	0,77	0,26	0,23	0,15		0,52	0,14	0,13	
turvo	0,14	0,11	0,19	0,08	0,33	0,49	0,09	0,48	0,29	0,63	0,17	0,59	0,42	0,30	0,17	0,26	0,17	0,19	0,30	0,18	0,35	0,27	0,26	0,34	0,25	0,17	0,14	0,11	0,40	0,59	0,14	0,19	0,02		0,29	0,12	0,13	
três barras	0,71	0,70	0,89	1,14	2,63	8,42	1,96	5,33	3,94	5,18	2,86	6,25	2,79	1,47	2,04	4,53	5,72	2,74	4,40	4,25	10,71	2,26	3,49	2,73	2,13	1,58	1,18	1,14	9,70	7,48	2,54	6,59	1,22		4,29	1,32	0,96	
cupim	0,17	0,18	0,14	0,09	0,38	0,17	0,18	0,64	0,43	0,45	0,34	0,89	0,31	0,10	0,29	0,18	0,24	0,32	0,34	0,36	0,58	0,27	0,31	0,57	0,33	0,25	0,21	0,14	0,94	0,59	0,28	0,32	0,07		0,44	0,21	0,12	
sete voltas	0,31	0,17	0,26	0,13		0,49	0,10	1,13	1,07	0,93	0,51	1,25	0,51	0,20	0,27	0,22	0,18	0,27	0,53	0,96	1,09	0,56	0,70	0,70	0,40	0,28	0,22	0,05		0,97	0,26	0,49	0,13		0,61	0,27	0,11	
onça	0,16		0,27	0,23	0,65	0,41	0,39	1,00	0,65	0,70	0,36	0,83	0,52	0,26	0,37	0,34	0,26	0,15	0,34	0,44	0,81	0,41	0,57	0,54	0,37	0,16			0,91	0,81	0,26	0,35	0,11		0,49	0,13	0,11	

vazão com tendência oposta ao conjunto do mês

Obs.: às vazões do rio Cubatão foram somados 1,3 m³/s referentes ao volume médio de água aduzido para consumo público a montante do ponto de medição.

Quadro 14: média geral das vazões mensais (m³/s) dos rios estudados.

rio	média
braço	2,14
cubatão	12,14
canela	0,55
pirabeiraba	1,96
bonito	0,33
turvo	0,26
três barras	3,53
cupim	0,33
sete voltas	0,48
onça	0,43

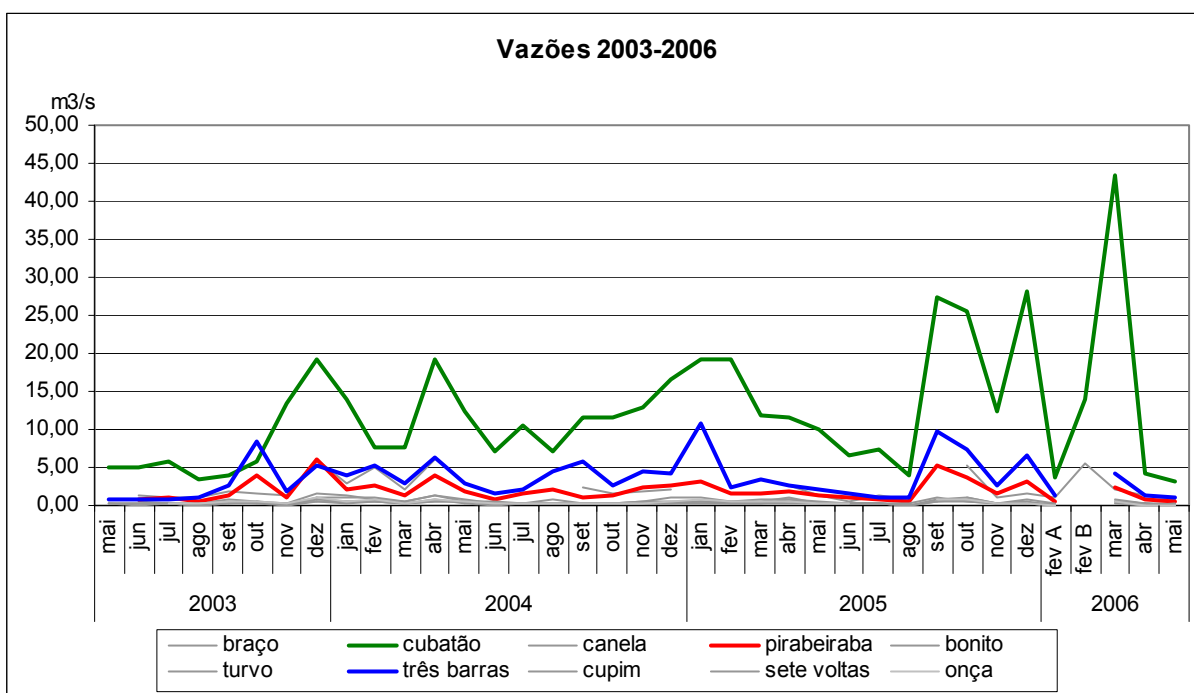


Figura 66: vazões mensais de todos os rios medidas entre maio de 2003 e maio de 2006.

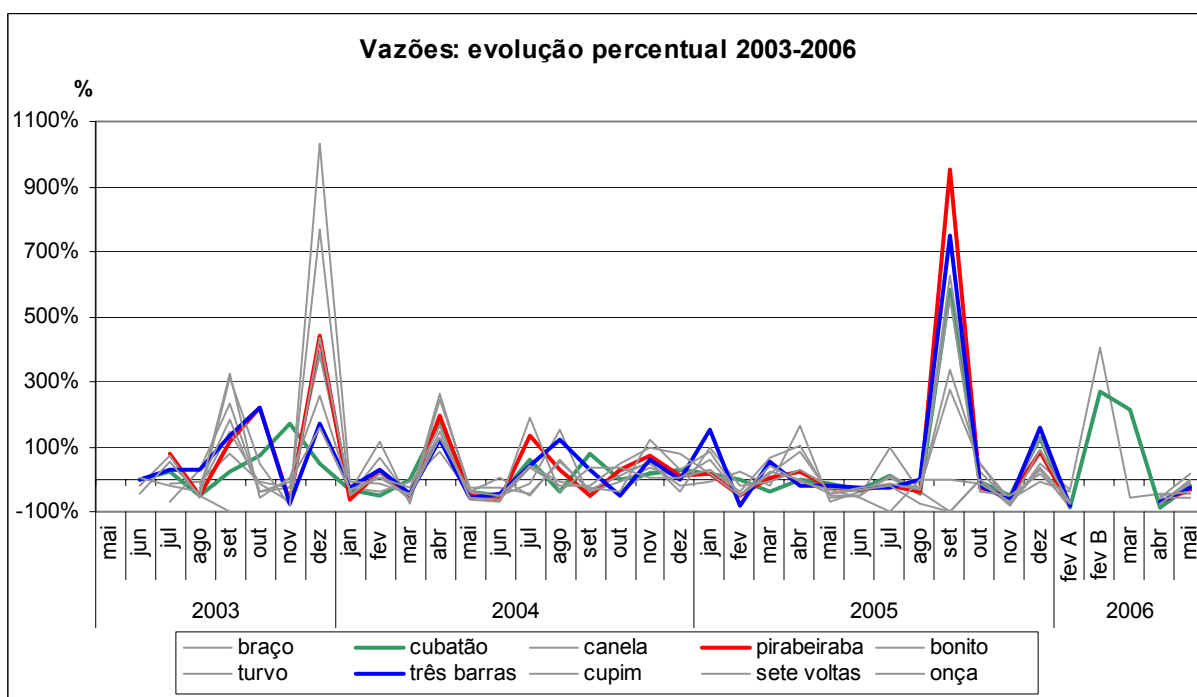


Figura 67: evolução percentual das vazões mensais.

Com relação às médias gerais de vazões (quadro 14), observa-se o valor máximo de $12,14 \text{ m}^3/\text{s}$ para o rio Cubatão e mínimo de $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ para o rio Turvo. Com base nestes valores, pode-se dividir o conjunto de rios em dois grupos principais: (1) rios com médias próximas ou superiores a $2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Cubatão, Três Barras, Braço e

Pirabeiraba) e (2) rios com médias entre 0,20 e 0,60 m³/s (Canela, Sete Voltas, Onça, Cupim, Bonito e Turvo) (quadro 14). Este segundo grupo pode ser novamente dividido em dois sub-grupos, de acordo com a proximidade dos valores das vazões: o primeiro, composto pelos rios da Onça, Sete Voltas e Canela, com vazões entre 0,43 e 0,55 m³/s, e o segundo, formado pelos rios Turvo, Bonito e Cupim, com vazões entre 0,26 e 0,33 m³/s.

As vazões dos três maiores rios da área da pesquisa evoluem de forma sincronizada e refletem em geral proporcionalidade entre os tamanho das bacias, sendo os valores referentes ao rio Cubatão substancialmente maiores. Os valores do rio Três Barras são pouco mais elevados do que os do rio Pirabeiraba, com um único momento em que a vazão deste supera a do rio Três Barras, em dezembro de 2003 (figura 66). A vazão de 8,42 m³/s do rio Três Barras em outubro de 2003, maior que a vazão de 5,78 m³/s do rio Cubatão (quadro 13; figura 66) é um caso atípico e pode estar associada à diferença das datas de registro dos dados.

Quanto à sincronia da evolução das vazões de um mês em relação ao antecedente no conjunto dos rios, observa-se no quadro 13 que o rio Cubatão apresenta o maior número de incompatibilidades, com 9 registros. Porém, se forem consideradas as diferenças de datas dos registros de vazão, que podem refletir diferentes situações de precipitação anterior, este número tende a ser menor. Os rios Três Barras e Canela apresentam alto número de incompatibilidades, 7 e 6 respectivamente.

Destaca-se o mês de outubro dos anos 2003, 2004 e 2005 como de alta incidência de incompatibilidades, em especial para os rios Cubatão, Três Barras e Pirabeiraba. Os meses de agosto a outubro de 2004 concentram cerca de 25% das incompatibilidades de todo o conjunto de vazões. Dentre as 36 seqüências de vazão de um mês em relação ao anterior listadas no quadro 13, referentes a 37 meses de registros, 17 apresentam algum tipo de incompatibilidade. É importante lembrar que as áreas de rizicultura costumam ser inundadas entre os meses de agosto e outubro.

Quanto à evolução percentual das vazões (figura 67), observa-se quatro momentos significativos e sincronizados de aumento de vazões, referentes a dezembro de 2003, abril de 2004, setembro e dezembro de 2005 (anexo 6). Em setembro de 2005

grande parte dos rios experimentou aumento de vazão entre 300% e 900% em relação ao mês anterior. Em dezembro de 2003, metade dos rios apresentou aumento de vazões entre 400% e 1.000%. Tais eventos devem ser analisados à luz das situações de precipitação anterior ao momento de medição das vazões.

Observa-se também nos meses de novembro/dezembro de 2003 e fevereiro de 2004 um descompasso entre as vazões do rio Cubatão e as vazões dos demais rios. Tal fato se deve provavelmente às diferentes datas dos registros de vazões. Com relação aos três maiores rios, houve entre agosto e outubro de 2004 outro descompasso, quando em agosto aumentou a vazão do rio Três Barras e diminuiu a dos rios Cubatão e Pirabeiraba. Em setembro, aumentou a vazão do rio Cubatão e diminuiu a dos rios Pirabeiraba e Três Barras. Já em outubro aumentou a vazão do rio Pirabeiraba e diminuíram as dos rios Cubatão e Três Barras.

A sazonalidade das vazões acompanha a sazonalidade da precipitação (figura 68). A correlação entre a média das vazões e os totais de precipitação nas estações Univille e Salto1/Abaeté é de aproximadamente 60%, índice apenas satisfatório, porém é significativa e sincronia dos ritmos, não importando os valores absolutos.

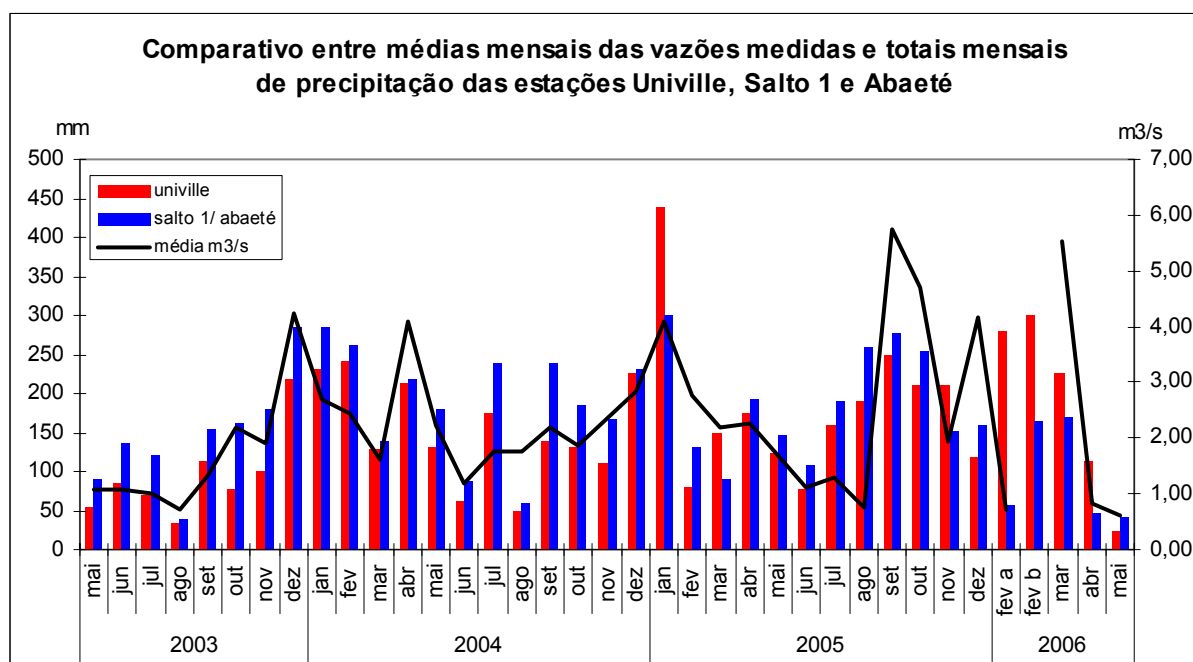


Figura 68: evolução comparada entre as médias mensais das vazões medidas e os totais mensais de chuvas nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté.

Mesmo com as possíveis discrepâncias causadas pela falta de dados das áreas mais chuvosas, fica caracterizada a oscilação das vazões em relação à incidência de chuvas (figura 68), com divergências apenas nos meses de agosto e novembro de 2004, assim como agosto e dezembro de 2005.

Entre as duas séries pluviométricas utilizadas na comparação, a oscilação das vazões ocorre aparentemente mais sincronizada com os dados das estações Salto1/Abaeté do que com os da estação Univille, sugerindo maior influência da precipitação nas áreas elevadas sobre os totais de vazão. Esta análise, porém, é precária por se tratarem de médias gerais e não de valores pontuais específicos.

Com relação à planície costeira, no período de colheita do arroz, realizada entre março e abril, as áreas de cultivo devem estar secas. Neste caso não se espera o estabelecimento de uma relação colheita/vazão, estando a diminuição da vazão dos rios claramente associada a uma diminuição da precipitação nesta época do ano.

Para padronizar representações e facilitar a comparação entre diferentes cursos d'água, Christofletti (1981) propõe que se transformem os valores absolutos em vazões específicas, representadas em litros/segundo/km², dividindo-se o valor da vazão pela área da bacia de drenagem. Optou-se por utilizar vazões específicas em m³/segundo/km² e ampliar a análise também para km²/m³/segundo, de modo a compor leituras complementares para o mesmo fenômeno (quadro 15).

Quadro 15: relações vazão/área da bacia para o conjunto de rios estudados.

rio	Q média (m3)	área da bacia (km2)	m3/km2	km2/m3
Braço	2,14	36,06	0,06	16,85
Cubatão	12,14	394,23	0,03	32,48
Canela	0,55	12,90	0,04	23,28
Pirabeiraba	1,96	40,18	0,05	20,53
Bonito	0,33	8,27	0,04	25,34
Turvo	0,26	10,04	0,03	38,72
Três Barras	3,53	46,85	0,08	13,25
Cupim	0,33	13,10	0,03	39,89
Sete Voltas	0,48	12,27	0,04	25,54
Onça	0,43	12,70	0,03	29,19

Nota-se na coluna m^3/km^2 , que se refere ao total de m^3 de água produzidos por km^2 , que o rio Cubatão apresenta a menor relação, de $0,03 \text{ m}^3/\text{km}^2$, semelhante aos rios Turvo, Cupim e da Onça. Com a maior relação, de $0,08 \text{ m}^3/\text{km}^2$ destaca-se o rio Três Barras, seguido pelos rios do Braço ($0,06$) e Pirabeiraba ($0,05$).

Na coluna km^2/m^3 , que indica o total de km^2 necessários para produzir 1 m^3 de água, destacam-se com os maiores índices os rios Cupim, Turvo e Cubatão ($39,89$; $38,72$ e $32,48 \text{ km}^2/\text{m}^3$, respectivamente), e com o menor o rio Três Barras ($13,25 \text{ km}^2/\text{m}^3$), indicando ser essa a bacia com maior eficiência na produção de água.

Uma primeira análise efetuada por meio de estatística multivariada, que relaciona em dendograma o agrupamento das bacias segundo a relação área/vazão (figura 69), expressa em m^3/km^2 e km^2/m^3 no quadro 15, mostra um distanciamento mais significativo entre as três maiores bacias hidrográficas da área da pesquisa do que o verificado no agrupamento efetuado somente pelas médias das vazões, já descrito.

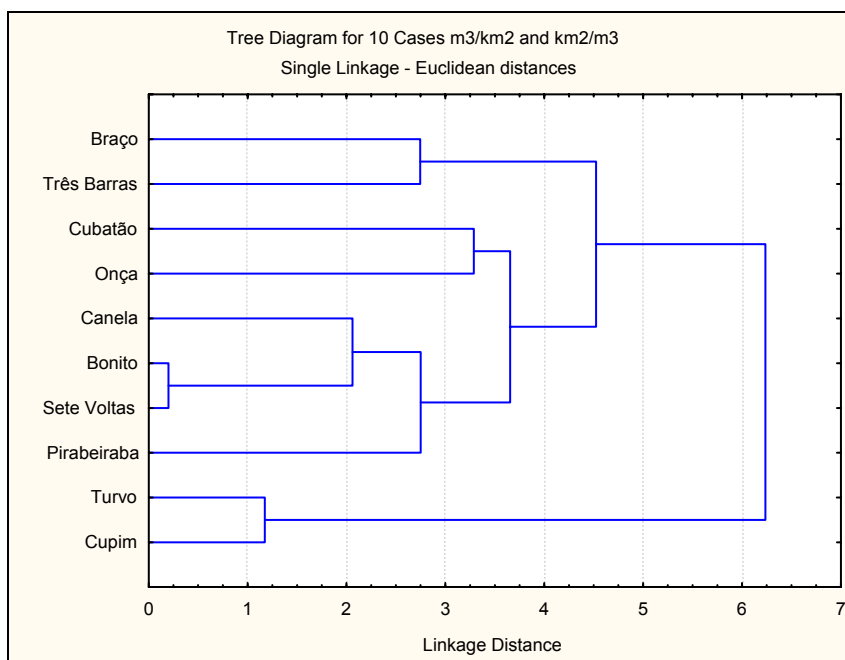


Figura 69: agrupamento das bacias segundo relação área/vazão expressa em m^3/km^2 e km^2/m^3 .

A bacia do rio Três Barras agrupa-se com a bacia do rio do Braço, enquanto que a Bacia do rio Cubatão agrupa-se com a bacia do rio da Onça, posteriormente unindo-se ao grupo formado pelas bacias dos rios Pirabeiraba, Canela, Bonito e Sete Voltas. As bacias dos rios Turvo e Cupim formam grupo separado e independente. As relações mais próximas, duas a duas, estão entre as bacias dos rios Bonito e Sete Voltas, Turvo e Cupim, Braço e Três Barras, Cubatão e Onça, nesta ordem. Os rios Pirabeiraba e Canela unem-se de forma mais distanciada e em momentos diferenciados à dupla formada pelos rios Bonito e Sete Voltas (figura 69).

Dada a expressividade e importância da bacia hidrográfica do rio Cubatão para a região de Joinville, suas vazões foram detalhadas em valores diários e, em alguns momentos, horários (vide anexo 7). Os registros diários foram efetuados durante 30 meses consecutivos, sempre no período da manhã, entre 7:00 e 9:00 horas. Os registros horários foram efetuados em momentos específicos de incidência de chuvas, de modo a possibilitar melhor detalhamento da análise da relação chuva/vazão para esta bacia. Procurou-se, assim, conhecer o comportamento das vazões do rio Cubatão em diferentes escalas temporais, partindo-se do mensal para o diário e deste para o horário, em crescente nível de detalhe.

Com o detalhamento diário, a média das vazões do rio Cubatão para o mesmo período das medições pontuais mensais é de $14,80 \text{ m}^3/\text{s}$, superior portanto à média de $12,14 \text{ m}^3/\text{s}$ indicada nos quadros 14 e 15. Tal fato imprime significativa mudança na relação vazão/área, que passa a $0,04 \text{ m}^3/\text{km}^2$ e $26,64 \text{ km}^2/\text{m}^3$, bastante diferente da relação $0,03 \text{ m}^3/\text{km}^2$ e $32,48 \text{ km}^2/\text{m}^3$ que consta no quadro 15. Assim, o agrupamento proposto na figura 69, que tem por base dados mensais unitários de vazão, poderia sofrer mudanças expressivas caso se utilizassem para todos os rios médias mensais originadas de registros diários. Tais dados, porém, não existem.

Observa-se na figura 70 que o conjunto das vazões diárias do rio Cubatão apresenta variação sazonal no período de registro, compreendido entre junho de 2004 e novembro de 2006, da mesma forma como verificado para os dados pontuais mensais, anteriormente descritos. Neste tipo de detalhamento é possível perceber de forma clara as oscilações diárias das vazões, assim como eventos de pico

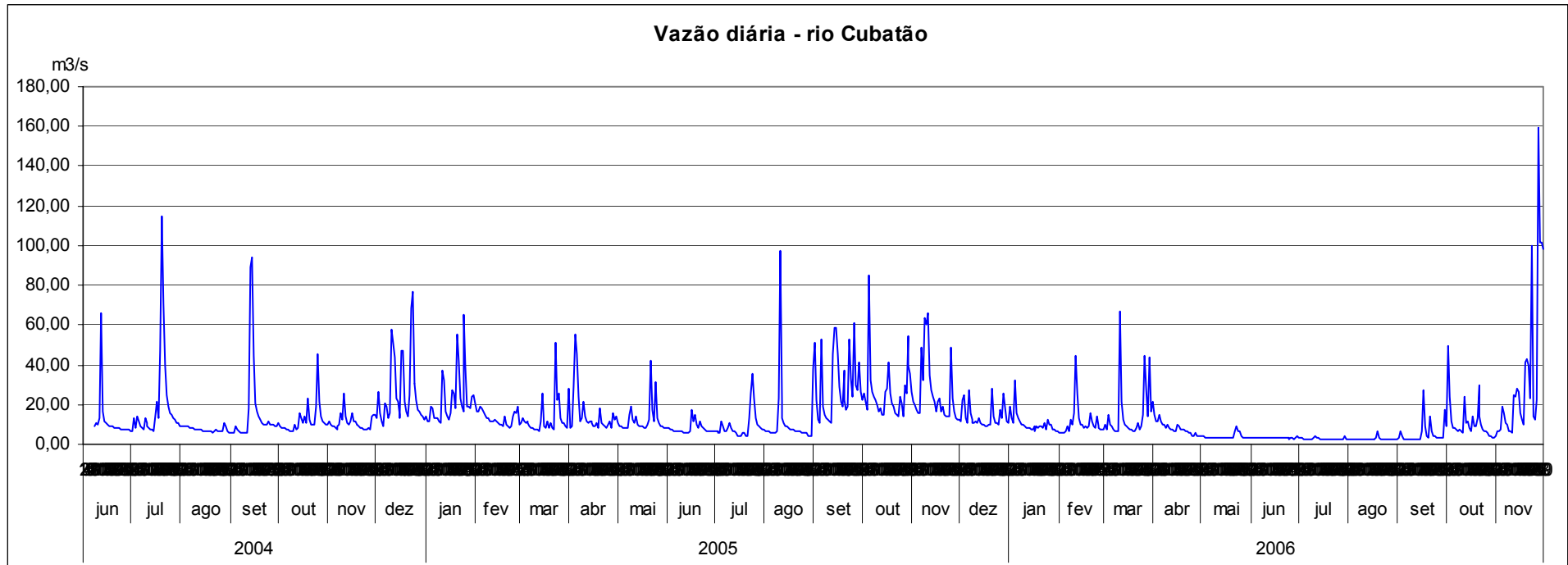


Figura 70: evolução da vazão do rio Cubatão entre junho de 2004 e novembro de 2006.

aparentemente extratemporâneos não registrados nos dados pontuais mensais, como em junho, julho e setembro de 2004 e agosto de 2005 (figura 70). Observa-se também que o ano de 2006 é marcadamente mais seco do que os anos precedentes, com grande parte dos registros abaixo de 10 m³/s, em especial após meados de abril, quando se registram as vazões mais baixas de todo o período de estudo (anexo 7). Em novembro registram-se os maiores picos de todo o período.

As oscilações diárias das vazões podem ser melhor visualizadas em sua evolução através dos registros horários. Estes foram efetuados da seguinte forma:

<u>data</u>	<u>horário</u>	<u>duração</u>
19/5/05	9:00 às 16:00 hs.	7 horas
24/5/05	8:00 às 18:00 hs.	10 horas
25-26/3/06	7:00 às 19:00 hs.	36 horas
29-30/9/06	8:00 às 8:00 hs.	24 horas

Por questões de logística e oportunidade, não foi possível efetuar um monitoramento em caráter horário da evolução das vazões do rio Cubatão em ocasiões de intensa pluviosidade, que na realidade foram raras em todo o período da pesquisa. Os monitoramentos dizem respeito a recortes em eventos pluviométricos comuns, de baixa a média intensidade.

Nota-se que as vazões sofrem importantes alterações no decorrer dos períodos de monitoramento (figura 71; anexo 6), registrando-se, nos casos analisados, aumentos de até 670% em 14 horas, como no dia 29/9/2006. Deve-se considerar o fato de que os registros do mês de maio foram efetuados no início da fase de estiagem, enquanto que os registros de março e setembro dizem respeito a fases de transição de época úmida/seca e vice-versa.

Os registros históricos de vazão do rio Cubatão (anexo 7) obtidos junto à ANA referem-se a dados das estações fluvio-pluviométricas Salto 1 e Pirabeiraba, localizadas no alto e médio curso do rio, respectivamente, assim como a dados complementares da estação fluvio-pluviométrica Quiriri, no rio homônimo (figura 72).

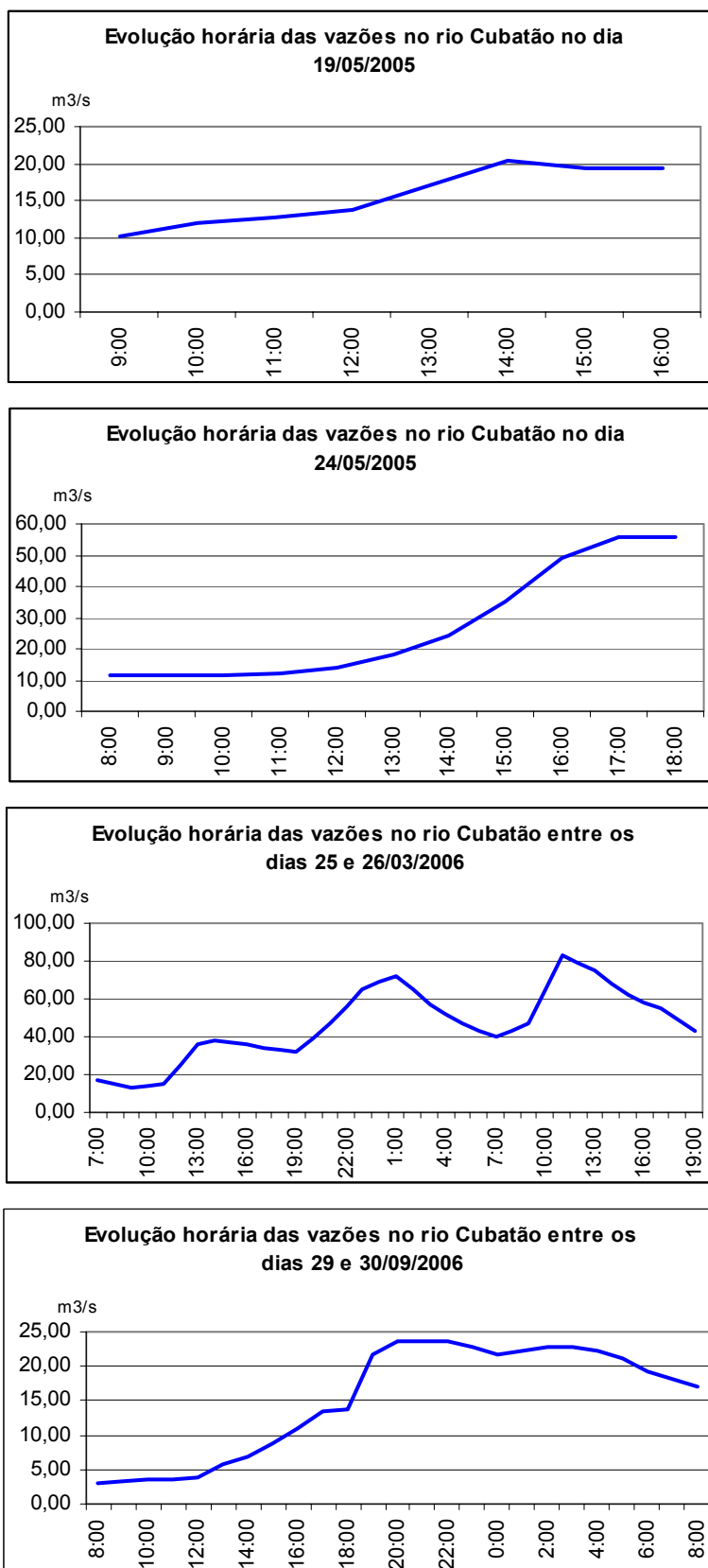


Figura 71: gráficos de evolução horária das vazões do rio Cubatão nos períodos monitorados.

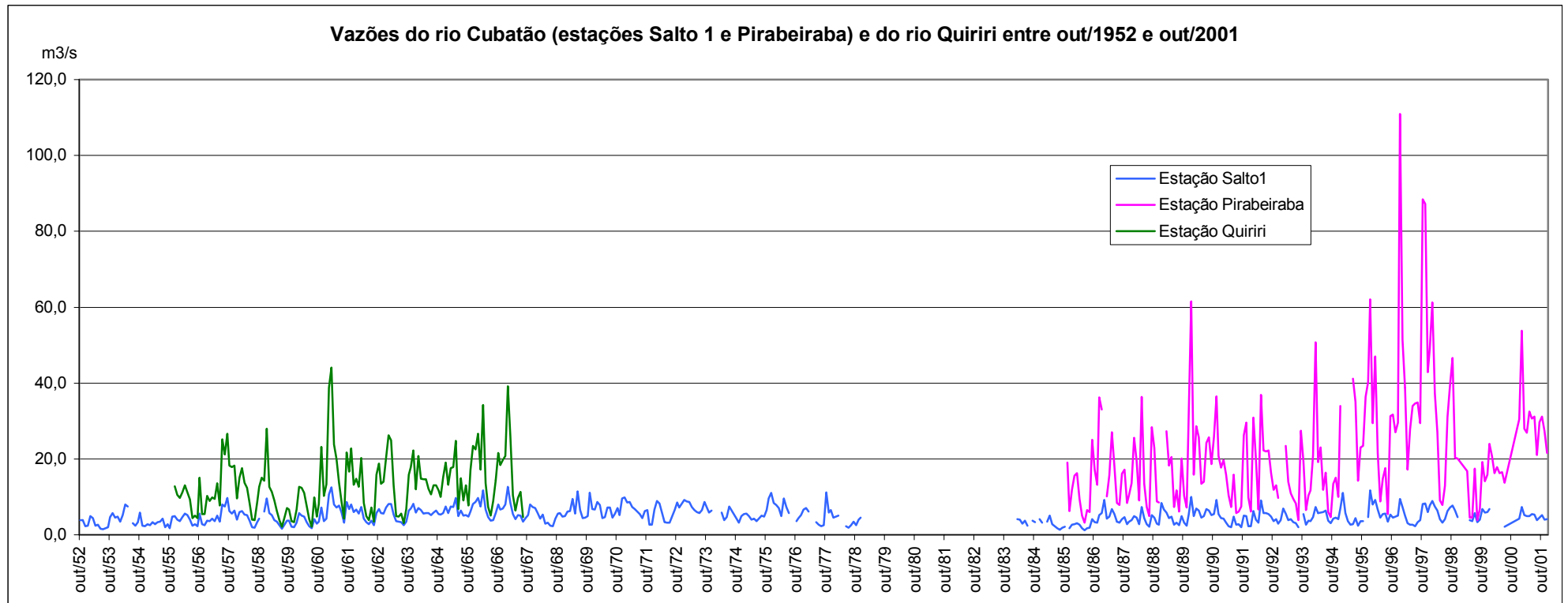


Figura 72: comparativo da evolução da vazão do rio Cubatão nas estações fluvi-pluviométricas Salto 1 e Pirabeiraba, assim como do rio Quiriri em estação homônima, no período compreendido entre outubro de 1952 e dezembro de 2001.

Verifica-se que os dados das três estações são descontínuos no tempo, mas que complementam-se nos períodos de sobreposição (figura 72). Pode-se observar no lado direito do gráfico que a vazão do rio Cubatão na altura da estação Salto 1 é substancialmente inferior à sua vazão na estação Pirabeiraba. Da mesma forma, a vazão do rio Cubatão na estação Salto 1 também é bastante inferior à vazão do rio Quiriri, como se observa no lado esquerdo do gráfico.

Apesar de se tratarem de registros efetuados em épocas distintas, fica evidente a decisiva contribuição do rio Quiriri para as vazões observadas no médio curso do rio Cubatão (vide figura 27), tanto na estação Pirabeiraba, como em seu vertedouro, mais a jusante, onde se efetuaram as medições de vazão para a pesquisa.

A correlação das vazões registradas nas estações Salto 1 e Quiriri é de 0,96, ou 96%, fato que evidencia a sincronia de flutuação de suas vazões e reforça a forte ligação das vazões do rio Cubatão às do rio Quiriri. Já as vazões do rio Cubatão nas estações Salto 1 e Pirabeiraba apresentam correlação de 0,74, ou 74%, indicando uma aparente influência tanto dos diferentes contextos topográficos como das faixas de precipitação em que estão inseridas (vide figuras 57 e 63).

5.4 Turbidez

As leituras de turbidez foram efetuadas entre abril de 2004 e maio de 2006 em todas as amostras de água coletadas em caráter mensal, diário e horário (anexo 8), conforme descrito no item 4.4, para análise conjunta com dados de vazões e de quantificação da carga sedimentar em suspensão.

Além das leituras realizadas em laboratório, foram também coletados dados históricos de leituras de turbidez efetuadas duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, entre janeiro de 2002 e setembro de 2004, na Estação de Tratamento de Água (ETA) do rio Cubatão, então mantida pela CASAN²⁰, a partir da água bruta aduzida para tratamento e abastecimento público. Os dados foram organizados como arquivo único em planilha eletrônica e confrontados com os registros pontuais referentes às amostras coletadas por ocasião dos trabalhos de campo. Verificou-se que os registros para os mesmos dias eram muito desiguais, em geral bastante inferiores às leituras efetuadas para a pesquisa. Decidiu-se, assim, por abandonar a possibilidade de sua utilização. Coletou-se também registros diários de turbidez, efetuados desde janeiro de 2005 pela empresa Águas de Joinville também a partir da água bruta aduzida na ETA Cubatão, em série contínua de leituras com intervalo de 30 minutos. Tratam-se de dados extremamente detalhados que registram variações bruscas de turbidez, mas que foram abandonados para utilização nesta pesquisa justamente devido ao excesso de detalhes, sendo reservados para utilização em trabalhos futuros.

Grande número de autores aborda a questão de leituras de turbidez associada ao monitoramento de carga sedimentar em suspensão. Para Moliere (2005), o monitoramento contínuo de sedimentos em suspensão é um processo muito trabalhoso e caro. Leituras da turbidez de amostras de água podem representar uma boa alternativa para substituir os procedimentos laboratoriais de quantificação de sedimentos em suspensão em séries longas e/ou contínuas (NIPPES, 1983; MOLIERE, *op.cit.*; CLIFFORD *et al.*, 1995; PAVANELLI & PAGLIARANI, 2002; KLIMENT, 2003), através do estabelecimento de uma correlação inicial entre os

²⁰ Companhia Catarinense de Águas e Saneamento.

valores lidos em um turbidímetro e os valores efetivamente medidos em laboratório. Walling, Walling *et al.*, Glysson & Gray, Schoellhamer & Wright (1977, 1992, 2002, 2003, respectivamente, *apud* MOLIERE, 2003) recomendam a leitura de turbidez como medida indireta da concentração de sedimentos em suspensão.

No entanto, autores como Duggan (1991 *apud* MOLIERE, 2003) e Riley (1997, 1998 *apud* MOLIERE, *op.cit.*) informam que estudos efetuados na região de Kakadu, Austrália, apresentaram alto índice de erro nas relações estabelecidas entre turbidez e sedimentos em suspensão. Para Symader (1980), o conceito sedimento em suspensão abrange amplas categorias de materiais, de frações areia fina, silte e argila a algas, flocos de detritos e partículas de efluentes. Desta forma, Pavanelli & Pagliarani (2002) consideram que a heterogeneidade da composição da carga sedimentar em suspensão, tanto em termos de tamanho como de natureza, resulta em diferentes níveis de espalhamento da luz do turbidímetro pelas partículas, o que pode ocasionar equívocos de leitura. Tal fato é confirmado por Schmidt (1996) ao relatar que a turbidez consiste a princípio em uma função da superfície geométrica da partícula, uma vez que a forma da superfície pode refletir a luz de diferentes modos, levando a diferentes leituras.

Assim, Pavanelli & Pagliarani (*op.cit.*) recomendam cautela na utilização de leituras de turbidez, que não devem ser empregadas como substituto da quantificação de sedimentos em suspensão sem estudo criterioso e detalhado prévio que permita estabelecer entre ambas uma forte relação estatística, como amplamente apresentado na literatura. Os autores relatam ainda que muitos estudos utilizam com sucesso turbidímetros para monitorar a concentração de sedimentos em suspensão, em especial se o efeito do tamanho das partículas não impedir a calibragem das amostras.

Adicionalmente, Madej *et al.* (2002) alertam para a importância de se conhecer a fração orgânica dos sedimentos em suspensão, pois essas partículas permanecem mais tempo suspensas do que partículas inorgânicas de tamanho semelhante, contribuindo assim de forma mais efetiva para a definição dos níveis de turbidez.

Os resultados das leituras efetuadas apresentam um quadro claro de diferentes comportamentos das bacias hidrográficas estudadas em termos de índices de turbidez do rio principal (quadro 16; quadro 17; figura 73). De modo geral, o rio do Braço apresenta os maiores níveis de turbidez, enquanto que o rio Três Barras apresenta os menores. Destaca-se também com elevados níveis de turbidez o rio da Onça e, em menor proporção, o rio Canela. Em termos de médias gerais (quadro 17; figura 74), podem ser agrupados com valores próximos os rios Turvo e Bonito, com médias entre 10 e 12 NTU, e os rios Pirabeiraba, Sete Voltas, Cupim e Cubatão, com médias muito próximas entre 7 e 8 NTU. Os rios do Braço, Onça, Canela e Três Barras não podem ser agrupados em categorias homogêneas que reflitam valores próximos.

Considerando o fato de que se tratam de leituras pontuais efetuadas uma vez ao mês, observa-se que, ao contrário de como acontece com as vazões, não há uma sazonalidade bem marcada na distribuição dos valores de turbidez ao longo do período estudado, em especial no ano de 2004, quando os valores aparentam se distribuir de forma mais caótica (quadro 16; figura 73). Os picos de turbidez entre os diferentes rios divergem fortemente, não sendo possível definir com clareza meses em que os valores são mais elevados.

A partir de janeiro de 2005 pode-se observar uma melhor sincronia na distribuição dos índices de turbidez, principalmente no período compreendido entre janeiro e julho daquele ano. Partindo de valores mais baixos em janeiro daquele ano, há um movimento sincronizado de elevações e diminuições até julho, quando a sincronia aparentemente deixa de existir (figura 73). Com exceção dos rios do Braço e Canela, no mês de junho de 2005 se registram os menores valores de turbidez de todo o período de monitoramento. Já os valores mais elevados de cada bacia se encontram distribuídos em diferentes momentos, havendo coincidências de pico somente em outubro de 2005, para os rios do Braço e Turvo, e em fevereiro(B) de 2006 para os rios Cubatão, Canela e Cupim.

Com relação à médias anuais de turbidez por rio (quadro 17; figura 74), nota-se que dos 10 rios monitorados, seis apresentaram maiores índices de turbidez em 2005

Quadro 16: leituras de turbidez (NTU) de todos os rios efetuadas entre abril de 2004 e maio de 2006.

	2004		2005																		2006					
	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	fev A	fev B	mar	abr	mai
Braço						21,63	12,99	13,60	16,53	21,61	104,08	32,21	63,44	36,26	28,84	80,01	20,53	79,37	398,34	22,61	41,49	21,22	57,12	49,79	20,85	19,13
Cubatão	4,00	6,79	3,13	2,09	9,11	2,60	3,25	6,65	1,78	4,88	16,69	8,99	12,25	4,46	0,01	2,94	3,04	11,36	15,58	5,93	17,04	6,85	24,22	7,44	11,25	2,68
Canela	18,12	10,45	10,76	6,82	17,40	14,23	8,53	15,09	11,84	8,92	27,45	13,05	36,76	12,75	6,87	12,03	13,55	19,88	22,56	13,08	23,33	16,52	40,06	22,26	12,97	5,15
Pirabeiraba	3,46	3,96	21,21	4,73	13,93	2,54	3,07	1,84	1,47	2,44	7,42	4,32	9,02	4,29	0,01	6,84	2,86	3,43	5,81	3,72	38,99	15,45	6,55	5,03	4,22	5,34
Bonito	7,14	9,52	9,91	6,97	18,39	11,09	7,54	9,72	10,30	6,96	17,44	10,39	22,54	12,30	4,86	10,43	11,13	15,46	22,18	9,40	10,30	7,68	9,31	12,72	5,31	4,83
Turvo	6,57	7,23	7,97	6,68	8,36	21,45	22,69	20,72	7,84	7,08	11,47	14,31	11,66	8,29	4,62	6,89	7,98	20,40	43,19	10,88	42,50	10,15	8,84	10,89	5,84	5,07
Três Barras	1,07	1,73	3,18	1,88	8,39	14,14	0,92	2,41	3,96	2,16	11,30	4,86	3,98	3,05	0,01	3,18	1,33	1,95	6,76	3,26	4,99	3,73	5,63	2,77	3,01	0,93
Cupim	6,89	3,35	5,45	4,25	7,38	6,09	4,43	6,47	7,32	6,09	10,35	7,71	17,81	5,40	0,69	5,19	4,51	5,42	9,97	7,16	9,31	9,33	16,51	7,59	7,10	7,25
Sete Voltas	4,38	1,74	4,47	1,76	21,82	4,82	7,78	7,89	9,45	4,48	9,80	7,54	12,43	6,48	0,37	6,61	3,63	24,52	9,38	8,58	7,36	5,15	14,53	6,59	3,23	3,45
Onça	13,85		9,77	10,64	21,77	21,98	22,09	21,43	22,24	9,97	18,71	15,43	29,61	11,70	4,21	10,84	36,64	18,53	66,32	307,85	20,39	10,23	36,62	10,69	4,77	5,32

Quadro 17: médias anuais e média geral das leituras de turbidez no período estudado.

rio	2004	2005	2006	geral
Braço	16,19	77,40	33,62	42,40
Cubatão	4,37	8,59	10,49	7,82
Canela	12,58	17,52	19,39	16,50
Pirabeiraba	6,24	7,43	7,32	7,00
Bonito	10,06	12,78	7,97	10,27
Turvo	12,16	15,77	8,16	12,03
Três Barras	4,19	3,90	3,22	3,77
Cupim	5,74	7,47	9,55	7,59
Sete Voltas	7,12	8,43	6,59	7,38
Onça	17,97	45,85	13,53	25,78

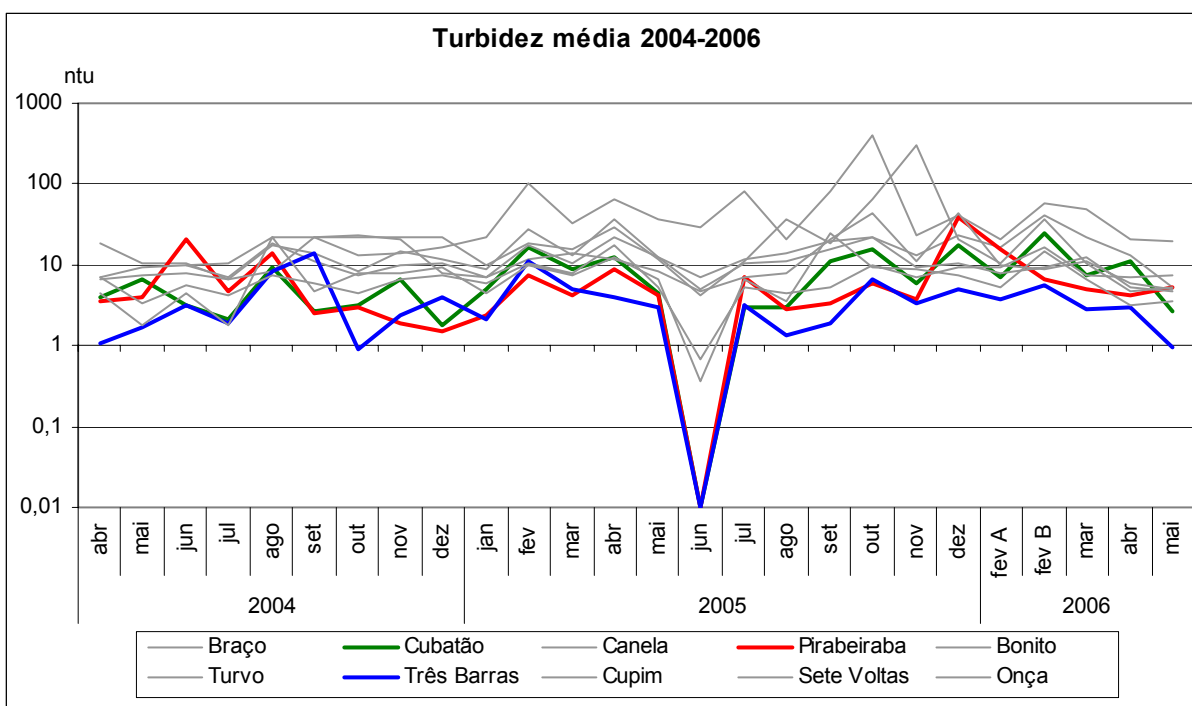


Figura 73: valores de turbidez registrados mensalmente entre abril de 2004 e maio de 2006.

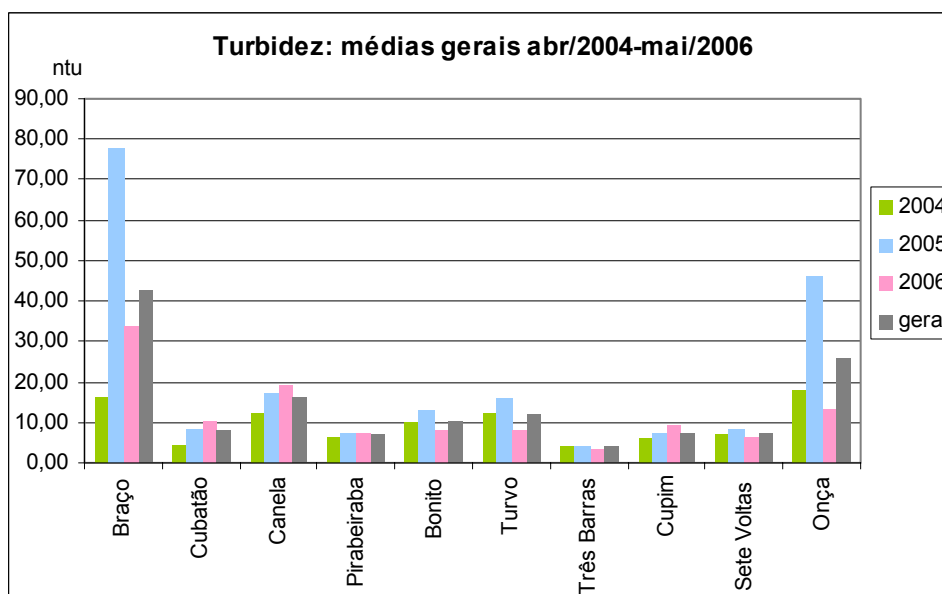


Figura 74: distribuição das médias anuais e gerais de turbidez por rio.

(Braço, Pirabeiraba, Bonito, Turvo, Sete Voltas e Onça), três em 2006 (Cubatão, Canela e Cupim) e um em 2004 (Três Barras). É importante lembrar que 2005 é o único ano no qual se efetuaram registros em todos os meses. Desta forma, análises comparativas por ano são, portanto, pouco adequadas.

O agrupamento das bacias em dendograma segundo as médias anuais de turbidez de 2004, 2005 e 2006, apresentadas no quadro 17, mostra o grande isolamento da bacia do rio do Braço em termos de índices de turbidez. O rio Cubatão agrupa-se com o rio Cupim, enquanto que o rio Pirabeiraba agrupa-se com o rio Sete Voltas. Ambos grupos se unem ao grupo formado pelos rios Bonito e Turvo, que passam a incluir de forma sucessiva, isolada e distanciada os rios Três Barras, Canela e Onça (figura 75).

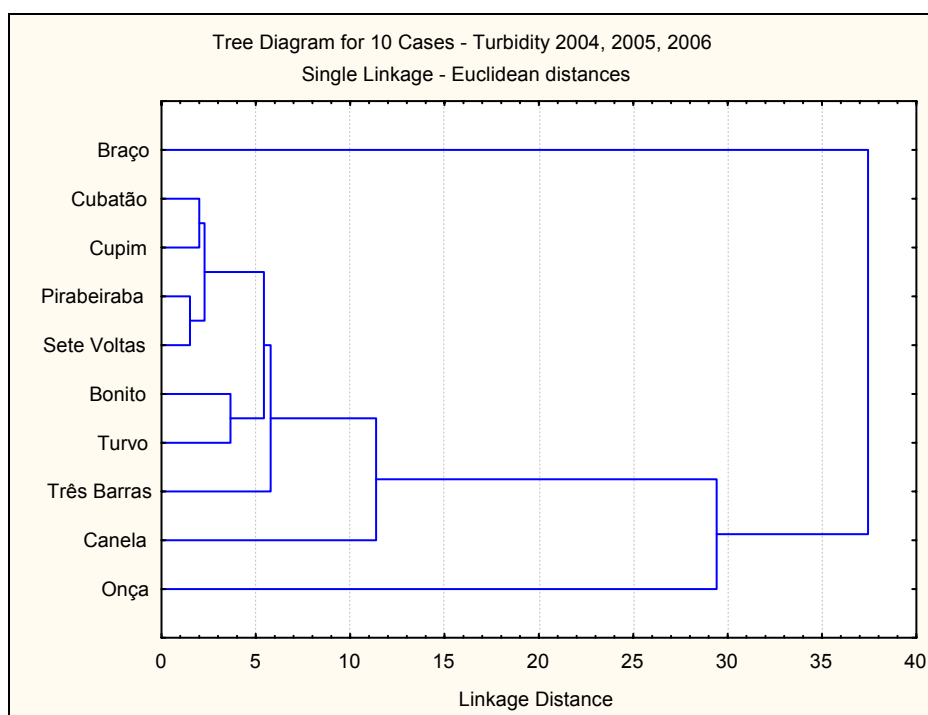


Figura 75: agrupamento das bacias segundo as médias anuais de turbidez de 2004, 2005 e 2006.

Quanto à evolução da turbidez em termos percentuais (anexo 9; figura 76), verifica-se que os rios Sete Voltas, Pirabeiraba, Três Barras e Cubatão, nesta ordem, apresentam picos bastante significativos. Destaca-se o fato de estarem incluídas neste grupo as três maiores bacias hidrográficas da área da pesquisa. Os maiores picos do rio Sete Voltas ocorreram em agosto de 2004, julho e setembro de 2005. Os maiores picos do rio Pirabeiraba aconteceram em junho de 2004, julho e dezembro de 2005. Os picos mais significativos do rio Três Barras aconteceram em junho de 2004, julho e dezembro de 2005. Os picos do rio Cubatão, ocorridos em agosto de 2004, fevereiro e julho de 2005, com divergência em setembro e outubro de 2005, quando registraram picos importantes os rios Cubatão e Três Barras, respectivamente.

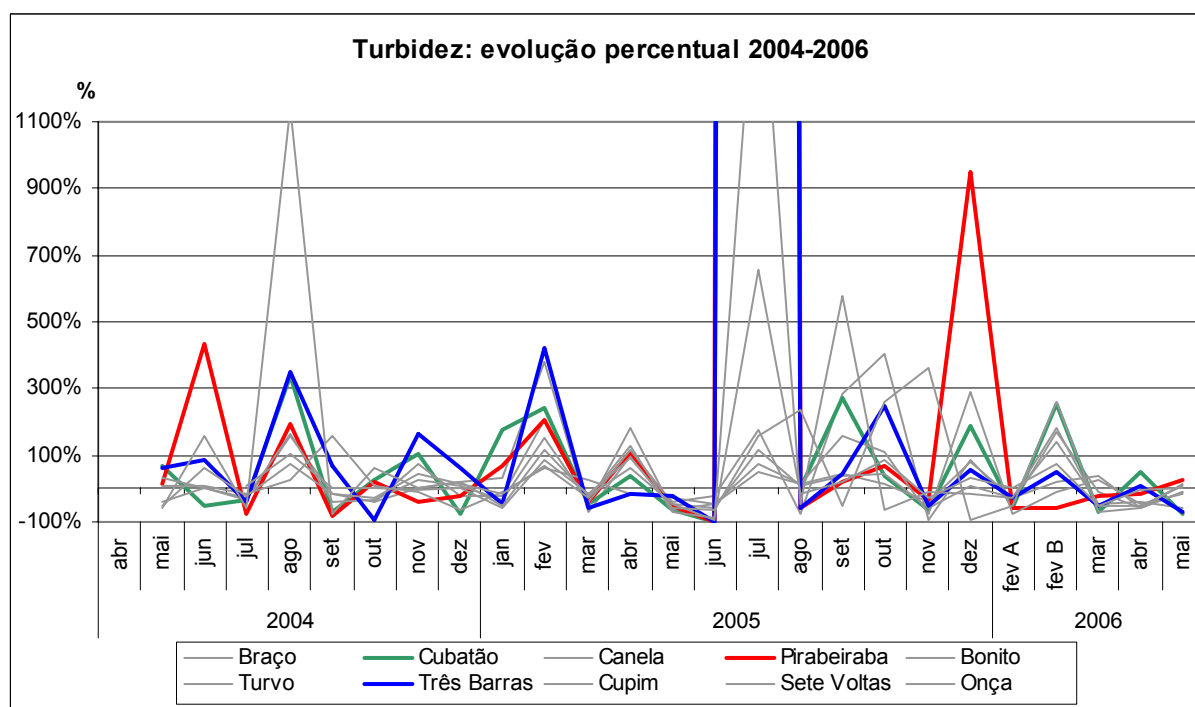


Figura 76: evolução percentual dos índices de turbidez.

Em julho de 2005 ocorrem aumentos percentuais extremamente elevados para os rios Pirabeiraba (68.300%), Três Barras (31.733%), Cubatão (29.275%) e Sete Voltas (1.702%) (figura 76, anexo 9). Na realidade, apesar de constarem como elevações dramáticas de turbidez, representam valores absolutos pouco significativos no conjunto de registros individuais do período de estudo (quadro 16).

O grande aumento percentual registrado neste mês deve-se aos baixíssimos valores registrados no mês anterior (junho/2005), quando apresentaram índice “zero” de turbidez os rios Cubatão, Pirabeiraba e Três Barras, fato inédito e único no período.

Diferente das vazões, os índices médios de turbidez não acompanham de modo satisfatório a sazonalidade da precipitação (figura 77). A correlação entre a média mensal dos índices de turbidez e os totais mensais de precipitação nas estações Univille e Salto1/Abaeté é bastante baixa, de aproximadamente 18%. Observa-se apenas alguma sincronia de ritmos entre abril e junho de 2005 e entre fevereiro(B) e abril de 2006.

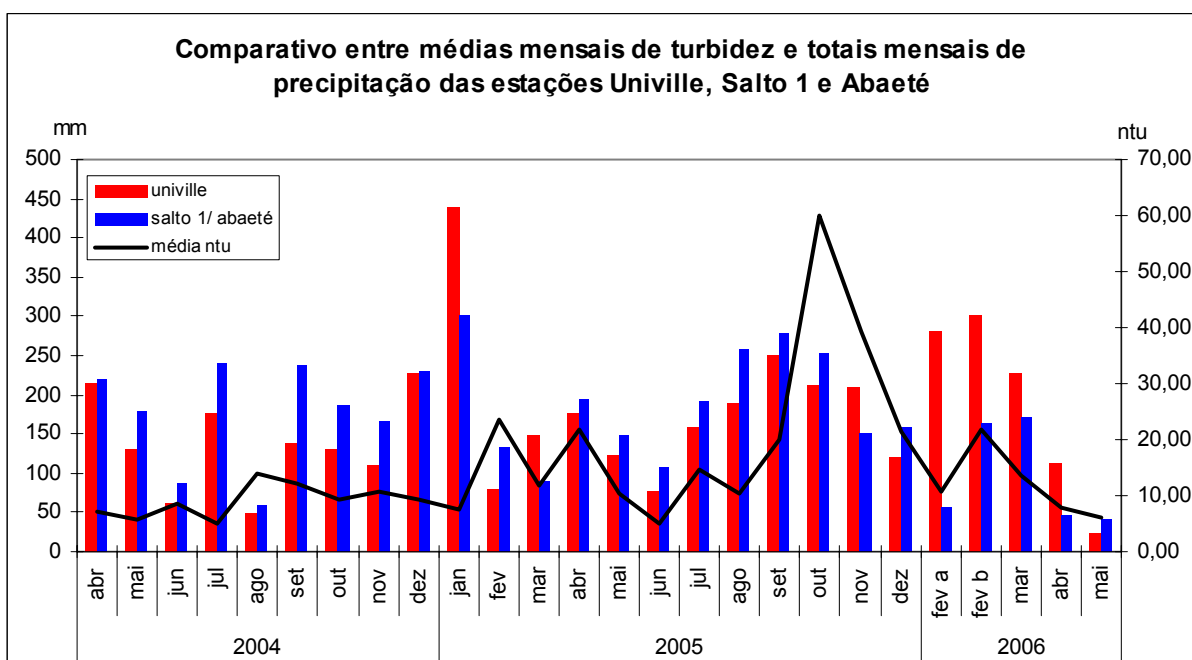


Figura 77: evolução comparada entre as médias mensais de turbidez e os totais mensais de chuvas nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté.

De modo semelhante, os índices médios de turbidez não acompanham a sazonalidade das vazões (figura 78). A correlação entre a média mensal dos índices de turbidez e as médias mensais das vazões é de apenas 0,36 ou 36%, considerada baixa. Também como acontece com a precipitação, observa-se apenas alguma

sincronia dos ritmos da turbidez e da vazão entre abril e junho de 2005 e entre fevereiro(B) e maio de 2006.

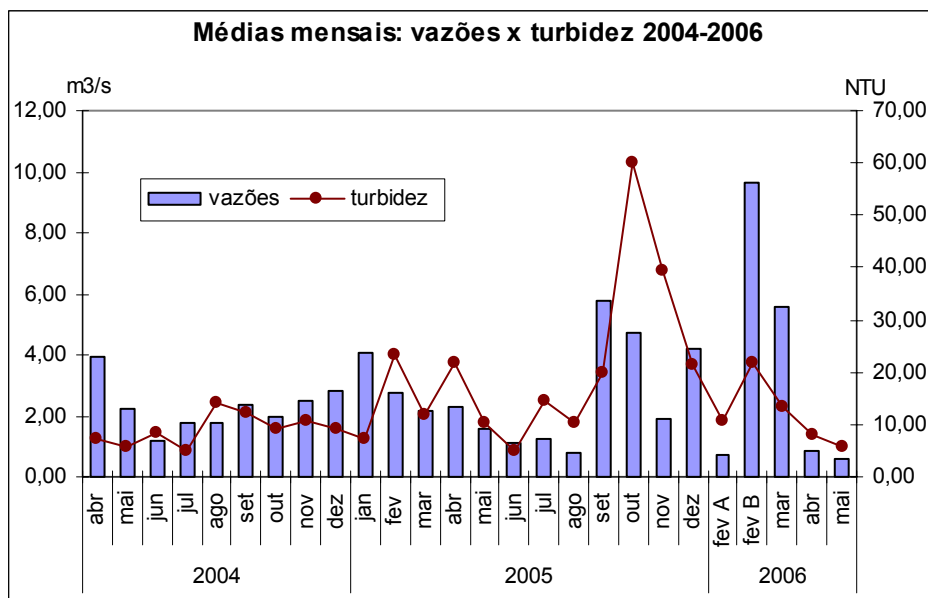


Figura 78: comparativo entre as médias mensais de turbidez e as médias de vazões no período de monitoramento.

Para melhor entendimento da dinâmica da evolução dos índices de turbidez nos períodos entre as leituras mensais, efetuou-se adicionalmente para o rio Cubatão alguns recortes temporais referentes ao registro das oscilações diárias e horárias dos índices de turbidez (anexo 8). Os resultados são apresentados no item 5.5, em conjunto com os dados de quantificação de sedimentos em suspensão, dada a forte relação que possuem.

5.5 Carga Sedimentar em Suspensão

A quantificação da carga sedimentar em suspensão foi efetuada para as amostras de água de todos os rios coletadas por ocasião das campanhas de campo mensais que ocorreram em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006. Efetuou-se também a quantificação para amostras de água do rio Cubatão coletadas isoladamente ao longo do período da pesquisa e durante as campanhas específicas de detalhamento diário e horário.

Além dos dados obtidos nos procedimentos laboratoriais, foram coletados dados de carga sedimentar em suspensão do rio Cubatão disponibilizados pela ANA, referentes a 22 amostras pontuais recolhidas entre 1997 e 2004 na estação fluviopluiométrica Pirabeiraba.

Conforme já mencionado, não foi possível a coleta de amostras em momentos de maior pluviosidade, de modo a permitir identificar em campo e laboratório as variações da carga sedimentar em suspensão que ocorrem por ocasião de grandes aumentos de vazão, segundo relatado na literatura.

Autores que estudaram o comportamento hidrossedimentológico de rios nos mais diversos ambientes do planeta, sob diferentes condições climáticas, geológicas, biogeográficas e sócio-econômicas, relatam em consenso que as concentrações de sedimentos em suspensão no sistema fluvial variam no tempo e no espaço, em diferentes escalas, sendo porém a essas flutuações atribuídas etiologias ou explicações diversas.

A ocorrência, com maior ou menor intensidade, de uma variabilidade sazonal e intersazonal nos fluxos de sedimentos em suspensão é um fato que tem sido sistematicamente observado por muitos autores, em diferentes períodos de monitoramento e em localidades tão diversas como a Floresta Negra, na Alemanha (NIPPES, 1983), os Alpes bávaros (BECHT, 1986), as terras altas da Etiópia (BOSSHART, 1998), o vale do Lorraine, na França (CARBONNOIS, 1998), estuários

do leste da Austrália (HOUSSAIN & EYRE, 2002), savanas úmidas do sul do Mali (DROUX *et al.*, 2003), os Pirineus orientais (SOLER *et al.*, 2003), rios da República Tcheca (KLIMENT, 2003), rios do Japão central (SIAKEU *et al.*, 2004), sudeste do Quênia (KITHEKA *et al.*, 2005), centro-oeste norte-americano (LI *et al.*, 2006), entre outras.

Essa sazonalidade está associada principalmente à sazonalidade climática, representada pela precipitação (SUTHERLAND & BRYAN, 1990; SCHÜTT, 1994; CARBONNOIS, 1998; STEINHARDT & VOLK, 2000; DROUX *et al.*, 2003; MOLIERE, 2005), mas também a fatores sócio-econômicos e mesmo culturais ligados ao uso da terra, neste caso não como alteração sazonal propriamente dita, mas como modificação ao longo do tempo. Bosshart (1998), em período de monitoramento de dez anos, constatou uma forte influência do uso da terra, em especial relacionado à adoção ou abandono de práticas agrícolas conservacionistas, que promoveram redução ou aumento na disponibilização de sedimentos em suspensão em rios do planalto etíope, respectivamente, fato também verificado por Tamene *et al.* (2005) em outras regiões do mesmo país. De forma semelhante, Siakeu *et al.* (2004) associam a redução da carga sedimentar em suspensão observada em rios do Japão central ao encolhimento das áreas agrícolas em função do avanço da urbanização.

Por outro lado, fatores geométricos, morfológicos e geológicos também atuam de forma simultânea e integrada no controle dos fluxos de sedimentos. Observações de Terman & Murgatroyd (1984) em rios do sudoeste da Inglaterra indicam que mudanças nas concentrações de sedimentos em suspensão estão claramente relacionadas a mudanças nas características do canal fluvial, em especial no gradiente e largura, fato confirmado por Hardy (2006), que atribui às variações na geometria hidráulica as alterações nas rotas seguidas pelos sedimentos fluviais e, por conseguinte, na sedimentação no interior do canal fluvial.

Para Tamene *et al.* (2005) a morfologia, a presença de erosão linear e as litologias superficiais explicam a variabilidade do aporte sedimentar entre bacias hidrográficas. Asselman (1997) acredita que bacias cujo embasamento é composto por rochas calcáreas ou metamórficas apresentam normalmente menor disponibilização de

sedimentos para a rede fluvial. Para o autor, o fluxo de sedimentos em geral diminui com o aumento do tamanho da bacia devido ao armazenamento dos materiais erodidos em seu interior, como, por exemplo, a re-deposição em sopés de vertentes e em depressões locais, processo esse também relatado por Symader (1989). Walling *et al.* (1998) atribuem este fato ao tempo de residência dos sedimentos depositados nas planícies fluviais e outras áreas, que possui uma ordem de magnitude muitas vezes superior aos sedimentos depositados nos canais fluviais. Segundo Terman & Murgatroyd (1984), a vegetação que cresce no interior do canal, em especial musgos, atua como um filtro eficiente de sedimentos em suspensão e deve ser considerada como importante fator de estocagem de sedimento em rios de pequeno porte.

Ainda segundo Asselman (*op.cit.*), índices crescentes de concentração de sedimentos ao longo do canal fluvial estão, a princípio, relacionados à erosão marginal, assim como à existência de feições erosivas lineares, que permitem aporte direto do material erodido para o sistema fluvial, ao contrário da erosão laminar, cujos produtos podem ser depositados ao longo de seu percurso. Da mesma forma, para Klein (1982) há uma nítida ligação entre a geometria do canal, a morfologia do terreno e o transporte de sedimentos. O autor acredita que a taxa de mudança nas concentrações de sedimentos em suspensão aumenta para jusante nas bacias hidrográficas de pequeno e grande porte, diminuindo naquelas de tamanho médio.

Já para Al-Ansari *et al.* (1988), o transporte de sedimentos em suspensão não pode ser visto apenas como uma simples função das condições hidráulicas do canal fluvial, mas como um fenômeno que depende muito da disponibilidade de materiais na bacia de drenagem. Variações nesta disponibilidade podem ser responsáveis pelo efeito de histerese ou de exaustão observados na concentração de sedimentos em suspensão durante eventos individuais ou em seqüências de eventos de aumento de vazão. Wood (1977) observou em rios da Jamaica que pode haver uma ampla gama de concentrações de sedimentos em suspensão para uma mesma vazão. Aparentemente a condição de histerese não existe ou encontra-se reduzida em eventos curtos e de pequena magnitude, ao passo que em eventos de longa duração e elevada magnitude o suprimento de sedimentos se esgota na baixa do

fluxo, surgindo condições para instalação de um quadro de histerese mais pronunciada.

Assim, o esperado efeito de flutuação em uníssono da concentração de sedimentos e da vazão pode não acontecer, o que vem a confirmar os diversos casos relatados na literatura de picos de concentração de sedimentos em suspensão situados antes ou depois dos picos de vazão. Como exemplo, Sutherland & Bryan (1990) observaram no oeste do Quênia que as concentrações máximas de sedimentos em suspensão coincidiram com os picos de vazão, enquanto que Becht (1986) obteve pouco sucesso ao tentar relacionar de modo satisfatório a carga sedimentar em suspensão de rios nos Alpes bávaros com picos de vazões.

Diversos estudos mostram que a carga sedimentar em suspensão move-se através do sistema fluvial em pulsos ou ondas gerados pelas descargas fluviais, que podem ocorrer em diferentes escalas temporais. Moliere (2005) observou em alguns rios australianos um ciclo regular e diário de aumento na concentração de sedimentos em suspensão pela manhã, que logo associou ao ciclo das precipitações locais, com chuvas concentradas no período da tarde e da noite. Clifford *et al.* (1995) verificaram em rios suíços que um terço das oscilações diárias na concentração de sedimentos em suspensão pode ocorrer em menos de 1% do tempo diurno, com pulsos de variação que duram apenas alguns segundos e parecem acompanhar as características de turbulência do meio fluído.

Assim, em termos de quantificação de sedimentos em suspensão é importante considerar flutuações repentinas e em curto espaço de tempo que podem ocorrer associadas ou não a flutuações nas vazões e/ou na precipitação. Para Droux *et al.* (2003), a variação anual da carga sedimentar em suspensão está concentrada em um pequeno número de eventos pluviométricos mais significativos. Neste sentido, Schmidt & Frühauf (2000) constataram em alguns rios alemães que mais de 90% da carga sedimentar era transportada durante eventos de tempestades, fato confirmado por Schütt (1994) ao verificar, também em rios alemães, que a maior parte dos sedimentos em suspensão era transportada durante poucos eventos pluviométricos de significativa magnitude. Houssain & Eyre (2002) relatam para rios australianos que de 72 a 91% dos sedimentos em suspensão foram transportados em menos de

5% do período de monitoramento, concentrando-se em poucos dias de eventos. Fato semelhante foi também observado por Webb & Walling (1982 *apud* Houssain & Eyre, *op.cit.*) em rios britânicos.

Em síntese, o transporte sedimentar em suspensão é composto por regimes complexos (BRYCE *et al.*, 2003) e governado principalmente por princípios estocásticos (SCHMIDT, 1996), havendo, nas flutuações periódicas, flutuações embutidas, o que pode remeter os registros de concentração de sedimentos em suspensão à dimensão fractal (CLIFFORD *et al.*, 1995).

Dada a complexidade associada às concentrações de sedimentos em suspensão, é importante estar ciente de que o processo amostral via-de-regra não identifica em seus resultados todas as variações temporais e mesmo espaciais que ocorrem na seção fluvial. Desta forma, para Orwin & Smart (2005) e Li *et al.* (2006) o monitoramento discreto é inadequado para caracterizar os padrões dos sedimentos em suspensão, podendo resultar em uma base de dados sub-amostrada. Por outro lado, Clifford *et al.* (1995) consideram que a qualidade da informação sobre o comportamento de sedimentos em suspensão reflete o método de amostragem adotado e não somente a frequência da amostragem.

Por fim, Madej *et al.* (2002) informam que o conhecimento da fração orgânica dos sedimentos em suspensão contribui de forma positiva para a compreensão da dinâmica sedimentar em uma bacia hidrográfica, uma vez que o conteúdo orgânico pode corresponder a quantidades superiores a 50% do peso seco da carga sólida total.

Os resultados obtidos das quantificações de sedimentos em suspensão (anexo 10), referentes a 15 meses de monitoramento, indicam um comportamento diferenciado das bacias hidrográficas em termos de concentrações expressas em mg/L (quadro 18). Devido a problemas técnicos ocorridos por ocasião da coleta de amostras de água, posteriormente percebidos, foram perdidas as amostras dos rios Pirabeiraba, Bonito, Três Barras e Cupim, em novembro de 2004; dos rios Pirabeiraba e Sete voltas em Julho de 2005 e de todos os rios em dezembro de 2005.

Foi observado para todas as amostras que o material retido nas membranas após a filtragem diz respeito predominantemente às frações silte e argila, assim como à fração orgânica. Tal fato pode ser associado aos momentos em que se efetuou as coletas, em geral de pouca turbulência do fluxo fluvial.

As concentrações de sedimentos em suspensão no período analisado são de modo geral baixas para todos os rios. As maiores concentrações foram apresentadas predominantemente pelo rio do Braço, com nove registros, e pelo rio da Onça, com três registros. Os rios Canela e Bonito também se destacam com um registro cada (quadro 18). As concentrações do rio do Braço são em geral de duas a três vezes superiores à média do mês para todos os rios, destacando-se a ocorrência do maior pico da série (330 mg/L), em outubro de 2005. Os valores registrados para o rio da Onça são igualmente elevados, com destaque para o segundo maior pico da série (329 mg/L), em novembro de 2005. Nota-se que os picos de ambos os rios não ocorreram no mesmo mês, sendo os registros para os demais rios nos meses destes grandes picos normais, com exceção do rio Turvo, que apresentou o seu maior pico no mesmo mês que o rio do Braço.

Quadro 18: concentração de sedimentos em suspensão (mg/L) de todos os rios medida em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006.

rio / data	2004		2005							2006						média
	29/11	30/4	27/5	27/6	30/7	30/8	28/9	28/10	30/11	21/12	3/2	24/2	28/3	27/4	30/5	
Braço	25,5	48,0	22,0	18,5	40,7	13,8	61,0	330,0	20,0		18,5	81,5	18,0	14,0	20,0	52,2
Cubatão	9,5	11,5	4,2	1,5	0,9	1,4	7,2	1,5	3,0		6,0	31,5	1,9	17,3	7,8	7,5
Canela	22,0	31,5	10,8	9,0	4,5	13,0	20,5	21,0	12,5		17,5	37,0	21,5	14,5	8,0	17,4
Pirabeiraba		10,5	3,4	1,5		0,0	6,0	1,0	0,5		13,0	5,5	6,1	5,6	5,8	4,9
Bonito		23,5	9,0	7,5	2,6	7,5	18,0	17,0	6,0		8,0	10,5	24,0	7,0	7,5	11,4
Turvo	19,5	11,0	3,0	3,5	1,2	8,0	19,5	35,5	10,0		12,0	11,5	14,5	7,0	6,5	11,6
Três Barras		6,0	0,6	0,0	5,0	0,0	3,0	2,5	0,0		3,0	6,0	3,9	2,8	3,6	2,8
Cupim		17,0	2,8	4,0	4,8	2,5	8,0	5,5	4,5		11,0	16,5	10,5	9,0	12,5	8,4
Sete Voltas	10,5	6,5	3,6	1,0		2,0	23,5	2,5	7,0		5,0	13,0	12,0	3,5	5,5	7,4
Onça	40,5	22,0	8,0	6,0	2,8	40,5	21,0	57,0	329,0		11,5	30,5	14,0	6,5	8,5	42,7

valores mais elevados valores mais baixos

Os menores valores são apresentados pelo rio Três Barras, em dez dos 14 meses de monitoramento, seguido pelo rio Pirabeiraba, com quatro registros e pelo rio

Turvo, com um registro. Nota-se no quadro 18 que não foi destacado o valor mais baixo para o mês de novembro de 2004, por faltarem os registros dos dois rios que sistematicamente apresentam os menores valores. As concentrações do rio Três Barras são no mínimo 50% inferiores à média do mês para todos os rios, sendo em alguns casos cerca de 20 vezes menores. Destaca-se o valor “zero” mg/L registrado para o rio Três Barras em junho, agosto e novembro de 2005 e para o rio Pirabeiraba em agosto de 2005, assim como o valor 0,5 registrado para o mesmo rio em novembro de 2005.

Embora o período de monitoramento tivesse duração de pouco mais de um ano hidrológico, é possível observar uma sazonalidade na distribuição das concentrações de sedimentos em suspensão. Os valores mais elevados estão concentrados principalmente entre os meses de outubro de 2005 e março de 2006, na estação chuvosa, enquanto que os menores valores concentraram-se entre junho e agosto de 2005 (quadro 18; figura 79), no período de estiagem. Dentre os 134 registros, 24 concentram-se entre maio e agosto de 2005 com valores muito baixos, inferiores a 5,0 mg/L, o que constitui 18% do total dos registros. Observa-se na figura 79 uma relativa sincronia de aumento e diminuição nas concentrações ao longo do período de estudo, o que também pode ser verificado no quadro 19.

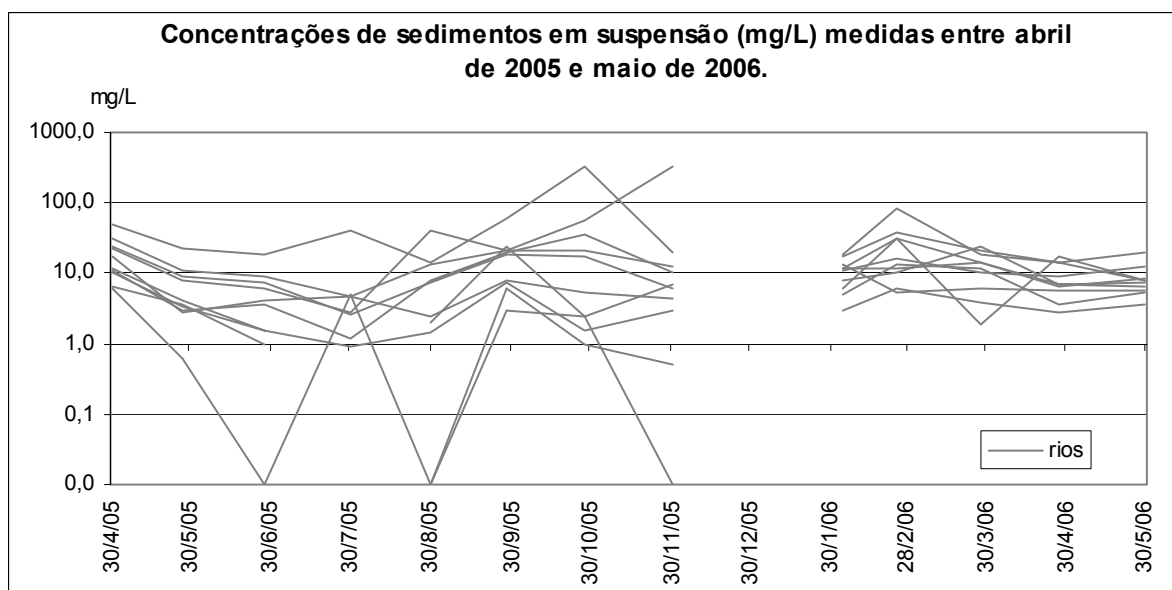


Figura 79: distribuição das concentrações de sedimentos em suspensão (mg/L) medidas entre abril de 2005 e maio de 2006.

Quanto à evolução das cargas sedimentares em suspensão em termos percentuais, observa-se no quadro 19 que concentram-se principalmente nos meses de julho, agosto e setembro de 2005 os maiores aumentos de valores em relação ao mês precedente, que fazem parte do período de estiagem. Ocorrem em setembro de 2005 a maior concentração de valores elevados de todo o período da pesquisa, indicando ter ocorrido neste mês mudança significativa na carga sedimentar em suspensão dos rios estudados, o que coincide com o final do período de estiagem e início das chuvas de primavera.

De modo semelhante aos registros de turbidez, os valores percentuais extremamente elevados do rio Três Barras em julho e setembro de 2005, assim como do rio Pirabeiraba em setembro de 2005, não representam a ocorrência de valores absolutos elevados de sedimentos em suspensão, mas apenas de valores medianos, que porém contrastam significativamente com os baixíssimos valores do mês anterior (quadro 19).

Quadro 19: variação percentual dos valores mensais entre abril de 2005 e maio de 2006.

rio / data	2005						2006						
	27/5	27/6	30/7	30/8	28/9	28/10	30/11	21/12	3/2	24/2	28/3	27/4	30/5
Braço	-54,2%	-15,9%	119,7%	-66,1%	342,0%	441,0%	-93,9%			340,5%	-77,9%	-22,2%	42,9%
Cubatão	-63,5%	-64,3%	-40,0%	55,6%	414,3%	-79,2%	100,0%			425,0%	-94,0%	810,5%	-54,9%
Canela	-65,7%	-16,7%	-49,4%	185,7%	57,7%	2,4%	-40,5%			111,4%	-41,9%	-32,6%	-44,8%
Pirabeiraba	-67,6%	-55,9%	-100,0%		59900,0%	-83,3%	-50,0%			-57,7%	10,9%	-8,2%	3,6%
Bonito	-61,7%	-16,7%	-65,3%	188,5%	140,0%	-5,6%	-64,7%			31,2%	128,6%	-70,8%	7,1%
Turvo	-72,7%	16,7%	-65,7%	566,7%	143,7%	82,1%	-71,8%			-4,2%	26,1%	-51,7%	-7,1%
Três Barras	-90,0%	-98,3%	49900,0%	-99,8%	29900,0%	-16,7%	-99,6%			100,0%	-35,0%	-28,2%	28,6%
Cupim	-83,5%	42,9%	20,0%	-47,9%	220,0%	-31,3%	-18,2%			50,0%	-36,4%	-14,3%	38,9%
Sete Voltas	-44,6%	-72,2%	-100,0%		1075,0%	-89,4%	180,0%			160,0%	-7,7%	-70,8%	57,1%
Onça	-63,6%	-25,0%	-53,3%	1346,4%	-48,1%	171,4%	477,2%			165,2%	-54,1%	-53,6%	30,8%

Em termos de médias da concentração de sedimentos em suspensão por rio (quadro 18; figura 80) é possível agrupar os rios do Braço e da Onça com valores entre 40 e 55 mg/L; os rios Bonito e Turvo com valores entre 10 e 12,5 mg/L; os rios Cubatão, Cupim e Sete Voltas, com concentrações de 7 a 8,5 mg/L e os rios Três Barras e

Pirabeiraba, com valores entre 2,5 e 5 mg/L. O rio Canela não se inclui em nenhuma faixa, não podendo, portanto, ser agrupado.

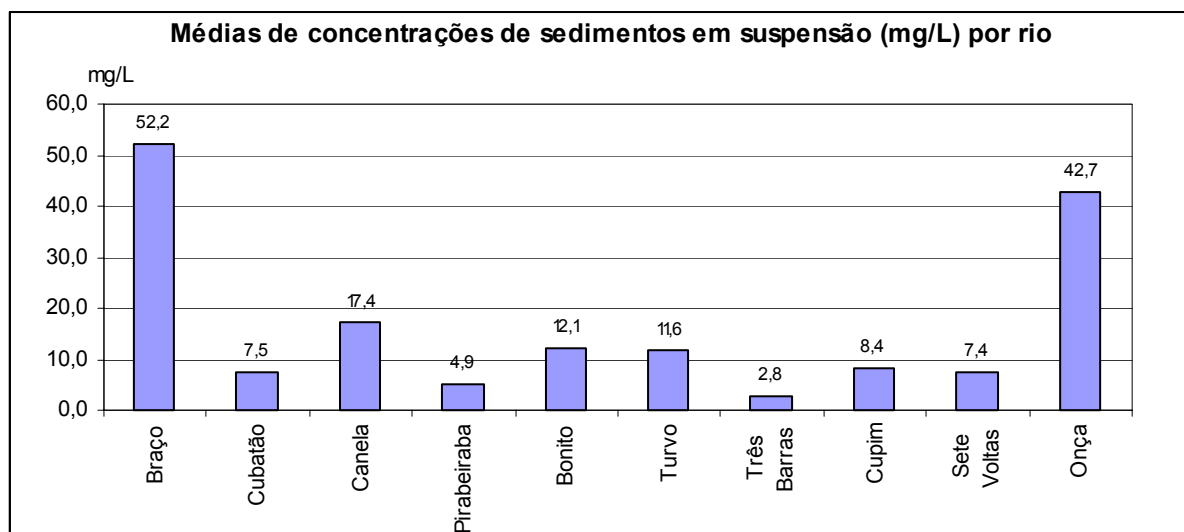


Figura 80: distribuição das médias de concentrações de sedimentos em suspensão (mg/L) por rio.

Já o agrupamento das bacias segundo as médias da concentração de sedimentos em suspensão efetuado por análise estatística multivariada, mostra em dendograma que o grupo formado pelos rios Cubatão e Sete Voltas une-se ao rio Cupim, formando um bloco que se une ao grupo constituído pelos rios Pirabeiraba e Três Barras, formando um novo bloco que une-se ao rio Canela para enfim agrupam-se com grande distância do bloco formado pelos demais rios do Braço e da Onça (figura 81).

Com relação às médias mensais, estas não acompanham de modo satisfatório a sazonalidade das precipitações (figura 82). A correlação linear entre ambas é de 0,41, considerada fraca. Observa-se, porém, na figura 82, que apesar de não estar sincronizada com a variação das precipitações, a curva das médias mensais de sedimentos em suspensão apresentou no período estudado caráter sazonal próprio, com diminuição dos valores entre maio e agosto e aumento a partir de setembro.

De forma semelhante, as concentrações médias mensais de sedimentos em suspensão não acompanham de modo sincronizado a variação das médias mensais

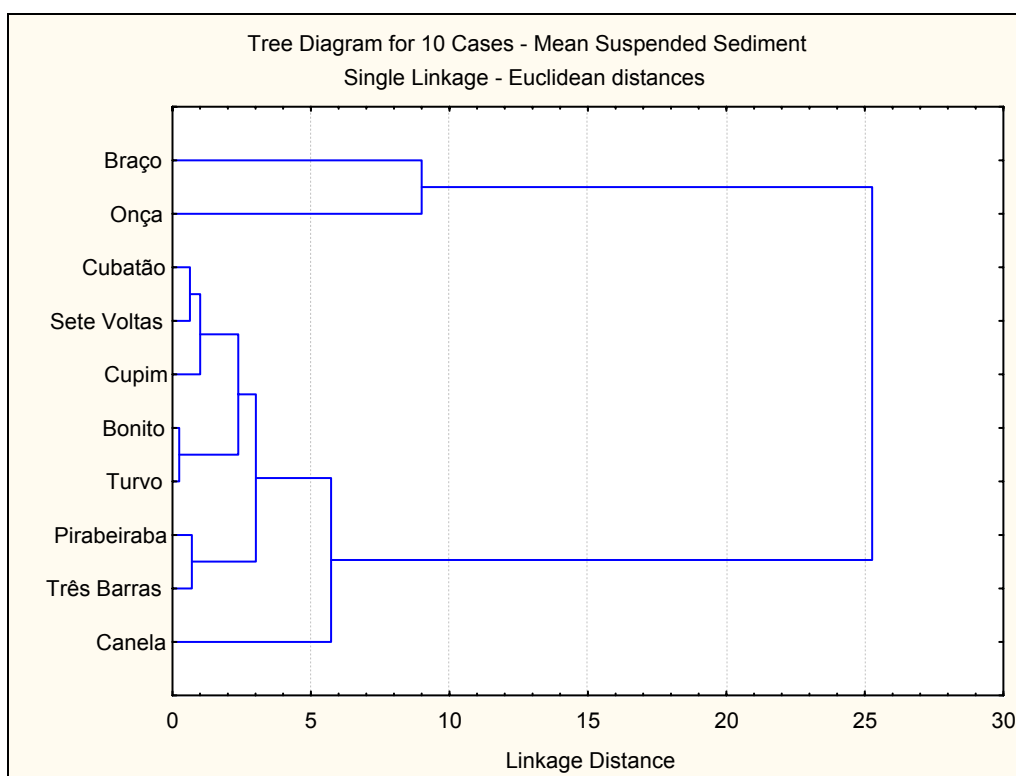


Figura 81: agrupamento das bacias em dendograma segundo médias da concentração de sedimentos em suspensão.

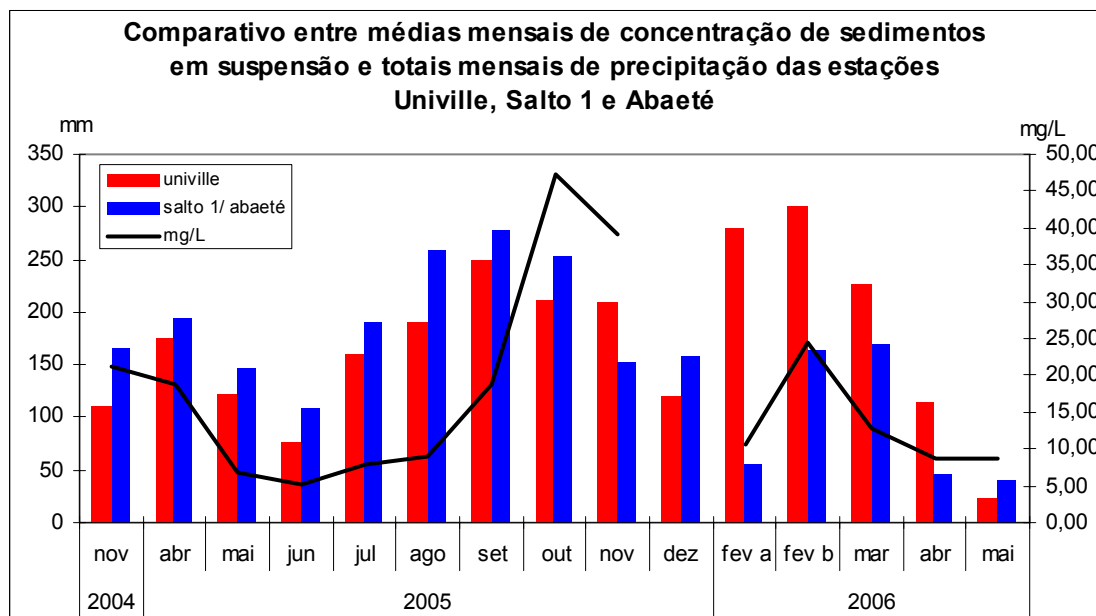


Figura 82: evolução comparada entre as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão e os totais mensais nas estações Univille, Salto 1 e Abaeté.

das vazões, sendo a correlação entre ambas fraca, de 0,47 (figura 83). Observa-se uma sincronia entre ambas de abril a agosto de 2005 e de modo precário entre março e maio de 2006.

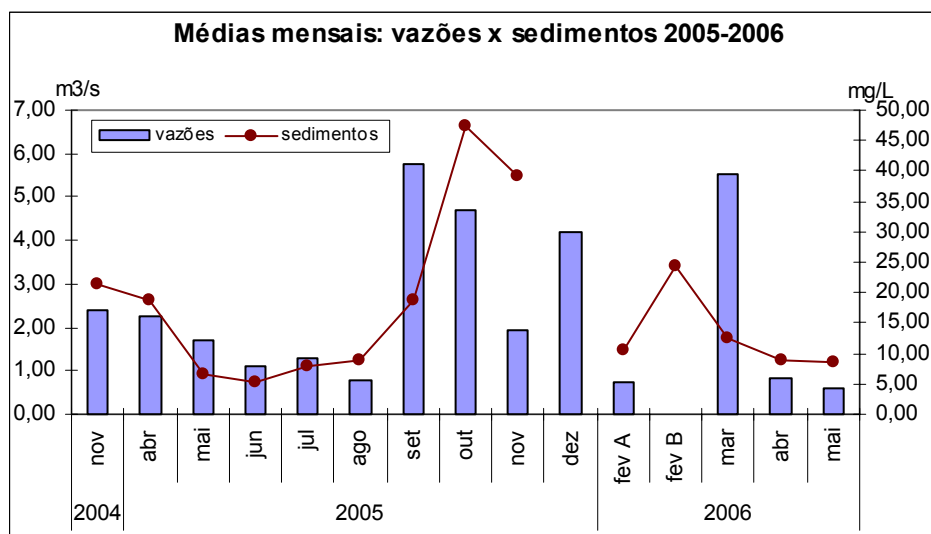


Figura 83: comparativo entre as médias mensais de vazões e as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão.

Já as médias mensais de turbidez e as médias mensais de sedimentos em suspensão apresentam correlação linear positiva de 0,97, considerada muito forte (figura 84). Observa-se uma grande sincronia entre as oscilações de ambas, com marcada sazonalidade, em especial no período de estiagem dos anos 2005 e 2006.

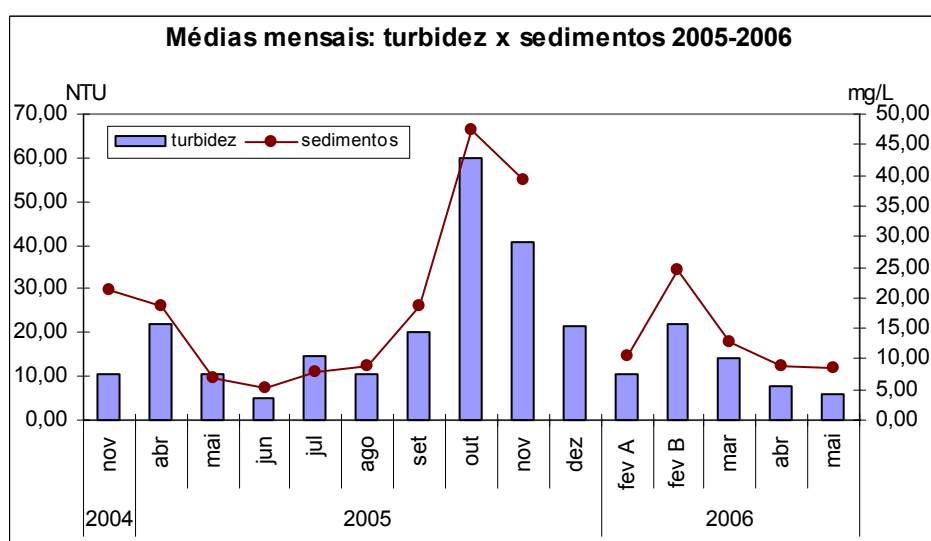


Figura 84: comparativo entre as médias mensais de turbidez e as médias mensais de concentração de sedimentos em suspensão.

Efetuiu-se também coleta adicional de água do rio Cubatão entre os monitoramentos regulares mensais, de modo a possibilitar que se conheça através de alguns recortes temporais a dinâmica das variações diárias e horárias da carga sedimentar em suspensão (anexo 12) e dos índices de turbidez, que mostraram estar fortemente associados. Utilizou-se para tal sete conjuntos amostrais, cujas coletas ocorreram nos seguintes momentos:

<u>data</u>	<u>duração</u>	<u>nº registros</u>
19/5/05	9:00 às 12:00 hs.	4
24/5/05	9:00 às 17:00 hs.	5
23-31/7/05	9 dias	9
25-26/3/06	7:00 às 19:00 hs.	22
29/6-31/7/06	33 dias	33
01-30/9/06	30 dias	30
29-30/9/06	8:00 às 8:00 hs.	18

Os índices de concentração de sedimentos em suspensão e de turbidez sofreram importantes alterações no decorrer dos períodos de monitoramento detalhado (figuras 85 e 86). Tais alterações apresentam, porém, amplitudes e ritmos únicos e diferenciados, que devem estar relacionados principalmente ao contexto pluviométrico do momento.

Em termos gerais, observa-se bastante sincronia entre as variações de turbidez e de carga sedimentar em suspensão (figuras 85 e 86), conforme relatado por Nippes, (1983), Moliere (2005), Clifford *et al.* (1995), Pavanelli & Pagliarani (2002), Kliment (2003), entre outros, com exceção do monitoramento diário efetuado no mês de julho de 2006 (figura 85) e horário no dia 19/05/2005 (figura 86).

Observa-se na figura 85 que a amplitude da variação da concentração de sedimentos em suspensão e da turbidez no período entre 29/06 e 31/07/06 é pequena para um período de 33 dias. Já em outros momentos, a variação pode ser bastante ampla no decorrer de poucos dias, como entre os dias 23 e 26/7/05 e entre

os dias 19 e 21/9/06. Destaca-se também um pico menor no dia 17/9, e um pico somente de turbidez no dia 24/9, não acompanhado por equivalente alteração na concentração de sedimentos em suspensão. De modo contrário, observa-se entre os dias 29 e 31/7/05 importantes alterações na concentração de sedimentos em suspensão não acompanhada por mudança semelhante na turbidez. Já as variações registradas em julho de 2005 apresentam grande disparidade, com movimentos opostos entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez, como verificado principalmente nos dias 4, 8, 14, 21, 23 e 26 (figura 85).

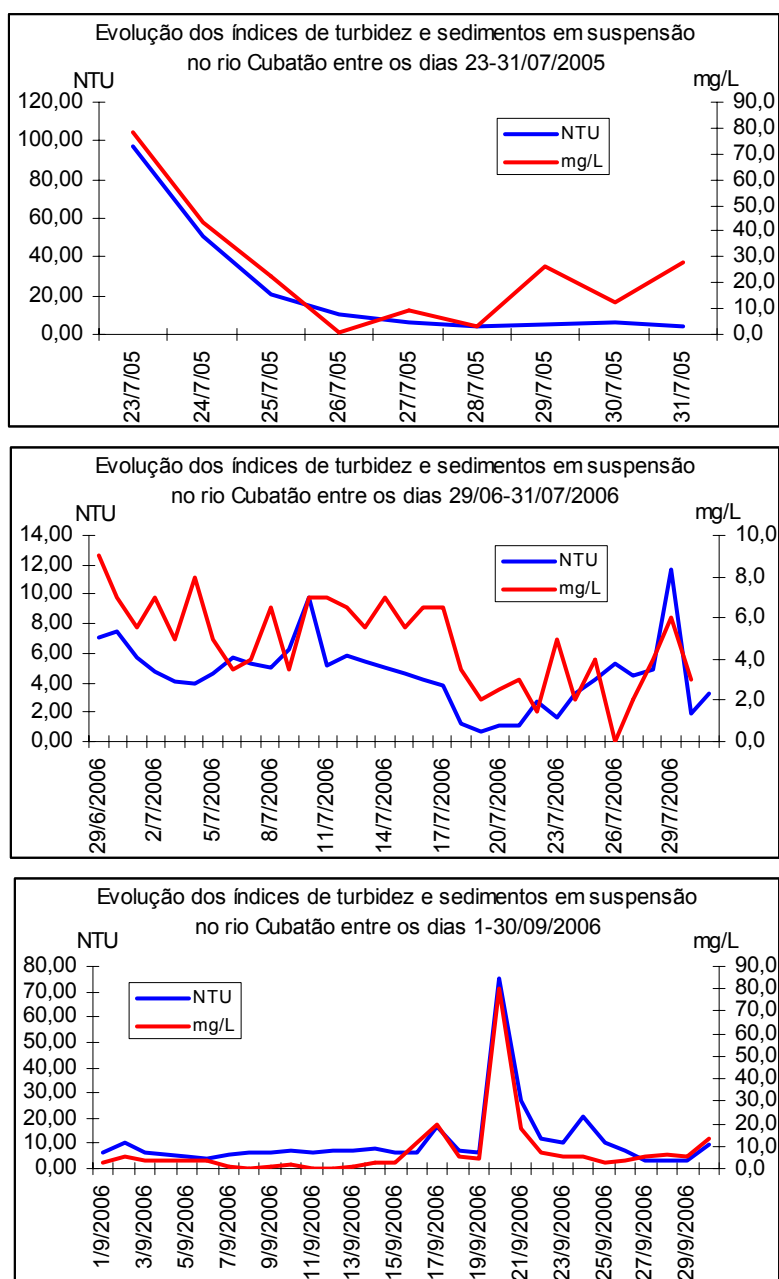


Figura 85: evolução diária dos índices de turbidez e de sedimentos em suspensão do rio Cubatão nos períodos monitorados.

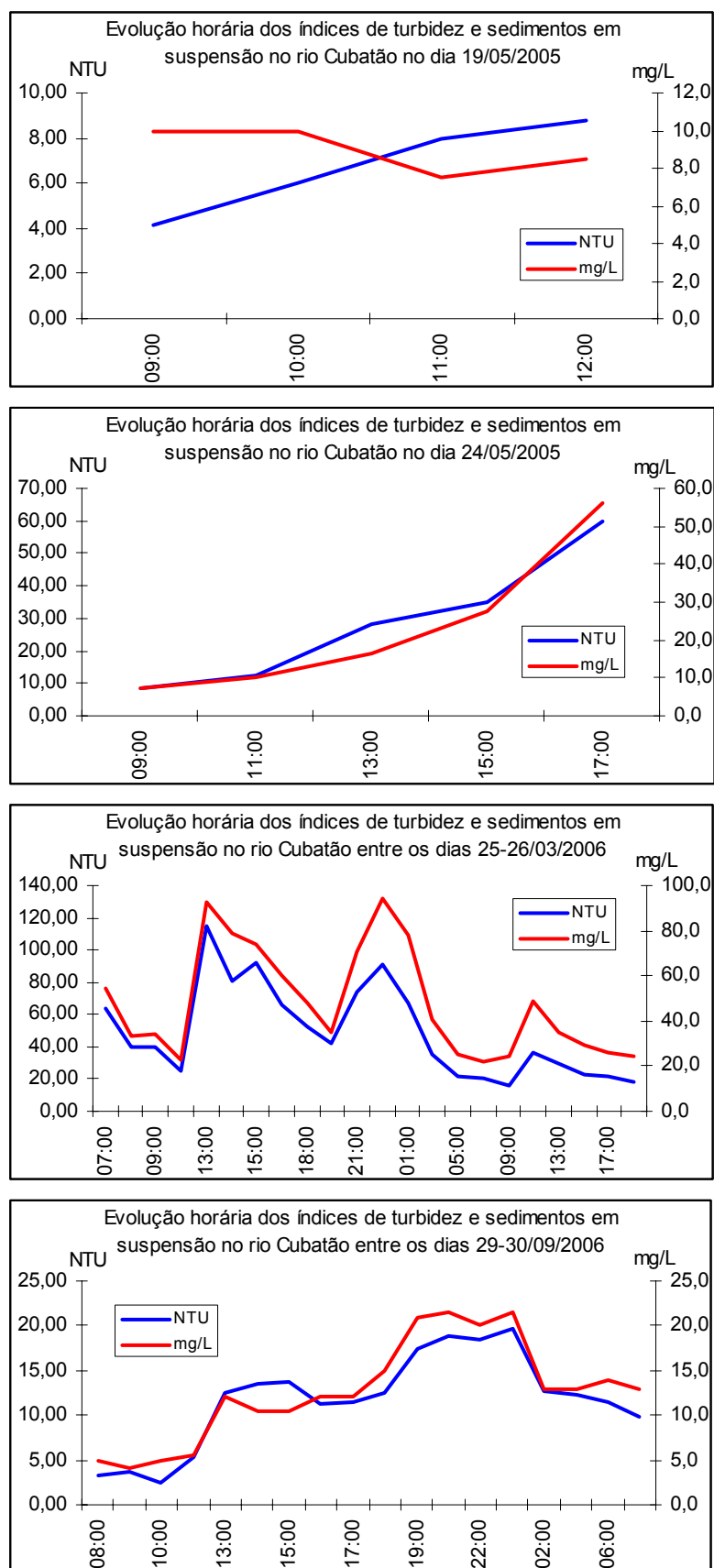


Figura 86: evolução horária dos índices de turbidez e de sedimentos em suspensão do rio Cubatão nos períodos monitorados.

Observa-se na figura 85 que entre os dias 29 e 30 de setembro de 2006 houve um pequeno aumento linear das concentrações de sedimentos em suspensão e da turbidez. Porém, em recorte temporal efetuado para este mesmo período através de registros horários durante 24 horas, conforme observado na figura 86, as retas que parecem ascender de modo contínuo na figura 85 adquirem grande detalhe na representação horária da figura 86, indicando que o aumento da carga sedimentar em suspensão e da turbidez não ocorre de forma linear, mas em ritmo oscilante, com dois picos principais, às 20:00 horas do dia 29 e às 0:00 horas do dia 30. Evidencia-se, assim, o caráter pulsante das variações, conforme relatado por Christofolletti (1981), Moliere (2005) e Clifford *et al.* (1995), em especial no período entre 13:00 horas do dia 29 e 0:00 horas do dia 30.

O período de monitoramento horário referente a 36 horas efetuado entre os dias 25 e 26 de março de 2006 também confirma o caráter pulsante das variações da concentração de sedimentos em suspensão e da turbidez (figura 86). Já a menor duração dos monitoramentos efetuados nos dias 19 e 24/5/05 aparentemente não conseguiu captar alterações mais significativas. Nestes casos torna-se claro que quanto mais extenso o período de monitoramento, tanto maior é o detalhe captado (figura 86).

Por fim, não foram satisfatórios os resultados laboratoriais obtidos para determinação do percentual de matéria orgânica a partir do volume total de sedimentos em suspensão, conforme recomendado por Madej *et al.* (2002). Por tratarem-se de concentrações muito pequenas, a pesagem final do conteúdo sedimentar de cada amostra, após a queima da matéria orgânica, freqüentemente apresentou erros (vide exemplo na tabela do anexo 10), indicando valores negativos de matéria orgânica. Tais resultados foram descartados em sua totalidade. Dentre os resultados positivos e coerentes, obteve-se as seguintes médias: rio do Braço – 40,7%; rio Cubatão – 29,6% (menor valor); rio Canela – 41,8%; rio Pirabeiraba – 49,4%; rio Bonito – 49,1%; rio Turvo – 58,9%; rio Três Barras – 67,7% (maior valor); rio Cupim – 56,7%; rio Sete Voltas – 42,4% e rio da Onça – 42%.

5.6 A Relação Precipitação-Vazão-Sedimentos

Para a análise da relação entre a precipitação, vazão e a concentração de sedimentos em suspensão utilizou-se os dados de vazões referentes somente ao período em que coincidiram com as quantificações de sedimentos em suspensão. Deste período, eliminou-se os dados de novembro de 2004, por se tratarem de registros isolados, sem conexão direta com o registros seguintes, que só ocorrem em abril de 2005, estando portanto fora do contexto da seqüência sazonal do conjunto de dados.

São amplas as possibilidades de utilização dos dados de precipitação oferecida pelas bases de dados selecionadas para esta finalidade, detalhadas em valores horários (estação Abaeté) ou com registros três vezes ao dia (estação Univille), conforme apresentado no item 5.2. Para um determinado dado de vazão e de concentração de sedimentos em suspensão, medido de forma pontual, poderia-se utilizar para efeito de comparação e correlação a somatória do total precipitado uma hora antes da medição e coleta da amostra de água, ou seis horas, ou 12, ou 24, ou 36, ou 48 horas, e assim sucessivamente.

Efetuaram-se alguns testes iniciais de correlação linear com dados de precipitação de 12, 24 e 36 horas, procurando-se considerar, em breve análise qualitativa preliminar, fatores que possivelmente intervêm no tempo de resposta de cada bacia para um evento pluviométrico, como o comprimento dos rios, declividade, área da bacia, compartimentação do relevo, etc. Face à menor disparidade dos resultados obtidos, optou-se por utilizar o total precipitado nas 24 horas que antecederam o monitoramento em campo. No caso específico do rio Cubatão, utilizou-se, somente para os monitoramentos efetuados em caráter horário, o total precipitado nas seis horas anteriores ao momento da medição. É importante ressaltar a relativa subjetividade da escolha, apesar dos cuidados tomados para sua definição.

Conforme descrito nos itens 5.3 e 5.5 e apresentado nas figuras 68 e 82, observou-se que a correlação linear entre as médias mensais da precipitação com as médias

mensais de vazões e de concentração de sedimentos em suspensão é de 0,60 (moderada) e 0,47 (baixa), respectivamente. Não se encontrou melhora para estes valores nas análises dos dados mensais efetuadas para cada bacia referente ao período entre abril de 2005 e maio de 2006 (quadro 20).

Quadro 20: correlação linear por bacia hidrográfica entre os totais de precipitação nas estações Univille e Abaeté, registrados nas 24 horas anteriores aos procedimentos de campo, e os valores de vazões e de concentração de sedimentos em suspensão.

bacia	vazão x precipitação		sedimentos x precipitação	
	Univille	Abaeté	Univille	Abaeté
Braço	0,51	0,61	0,06	0,71
Cubatão	0,16	0,37	0,73	0,54
Canela	0,64	0,64	0,85	0,77
Pirabeiraba	0,33	0,44	0,38	0,03
Bonito	0,39	0,36	0,42	0,38
Turvo	0,23	0,39	0,07	0,57
Três Barras	0,30	0,51	0,67	0,50
Cupim	0,38	0,23	0,76	0,49
Sete Voltas	0,41	0,60	0,35	0,05
Onça	0,27	0,29	-0,10	-0,03

Adotando-se a chave de interpretação apresentada na figura 87, é possível observar que os valores para ambas correlações concentram-se na faixa entre moderada e fraca, com exceção de quatro ocorrências de correlações fortes entre precipitação e concentração de sedimentos em suspensão para as bacias dos rios do Braço, Cubatão, Canela e Cupim. Nota-se que as melhores correlações entre precipitação e vazões associam-se à estação Abaeté, ao passo que as melhores correlações entre a precipitação e a carga sedimentar em suspensão estão vinculadas à estação Univille.

De modo geral, não se confirmou através de correlação linear estatística a forte relação da precipitação com vazões e concentração de sedimentos em suspensão relatada na literatura.

Valor de ρ (+ ou -)	Interpretação
0.00 a 0.19	Uma correlação bem fraca
0.20 a 0.39	Uma correlação fraca
0.40 a 0.69	Uma correlação moderada
0.70 a 0.89	Uma correlação forte
0.90 a 1.00	Uma correlação muito forte

Figura 87: chave para interpretação dos valores de correlação. Fonte: Crespo, 2002.

Por outro lado, a análise dos gráficos apresentados na figura 88 evidencia que os eventos pluviométricos influenciaram decisivamente a variação tanto das vazões quanto da concentração de sedimentos em suspensão. As respostas das bacias a um determinado evento de chuva não são nem lineares nem de mesma magnitude, o que deixa claro a fragilidade da interpretação da relação precipitação/vazão e precipitação/sedimentos em suspensão via correlação estatística.

Consideradas as diferenças de escala do eixo “y” direito dos gráficos, observa-se na figura 88 que entre abril e agosto de 2005 houve uma tendência geral de diminuição das vazões em função de registros nulos de precipitação, com exceção de um pequeno aumento em julho no rio do Braço. A partir de setembro de 2005 as vazões aumentam em resposta a chuvas de pequena magnitude registradas na estação Abaeté, sofrendo alterações mais significativas deste ponto em diante, o que coincide com o final do período de estiagem. Todas as bacias reagem positivamente à precipitação em dezembro, algumas pouco como as dos rios do Braço, Bonito, Turvo e Cupim. A partir de março de 2006 há uma tendência generalizada de diminuição das vazões frente à ausência de chuva. Não foi possível perceber uma maior ou menor variação das vazões associada às chuvas registradas em alguma estação específica (figura 88).

Já a concentração de sedimentos em suspensão apresenta variações mais significativas e assíncronas do que as variações das vazões. Destaca-se o pico registrado em julho de 2005 nos rios do Braço e Três Barras com ausência de

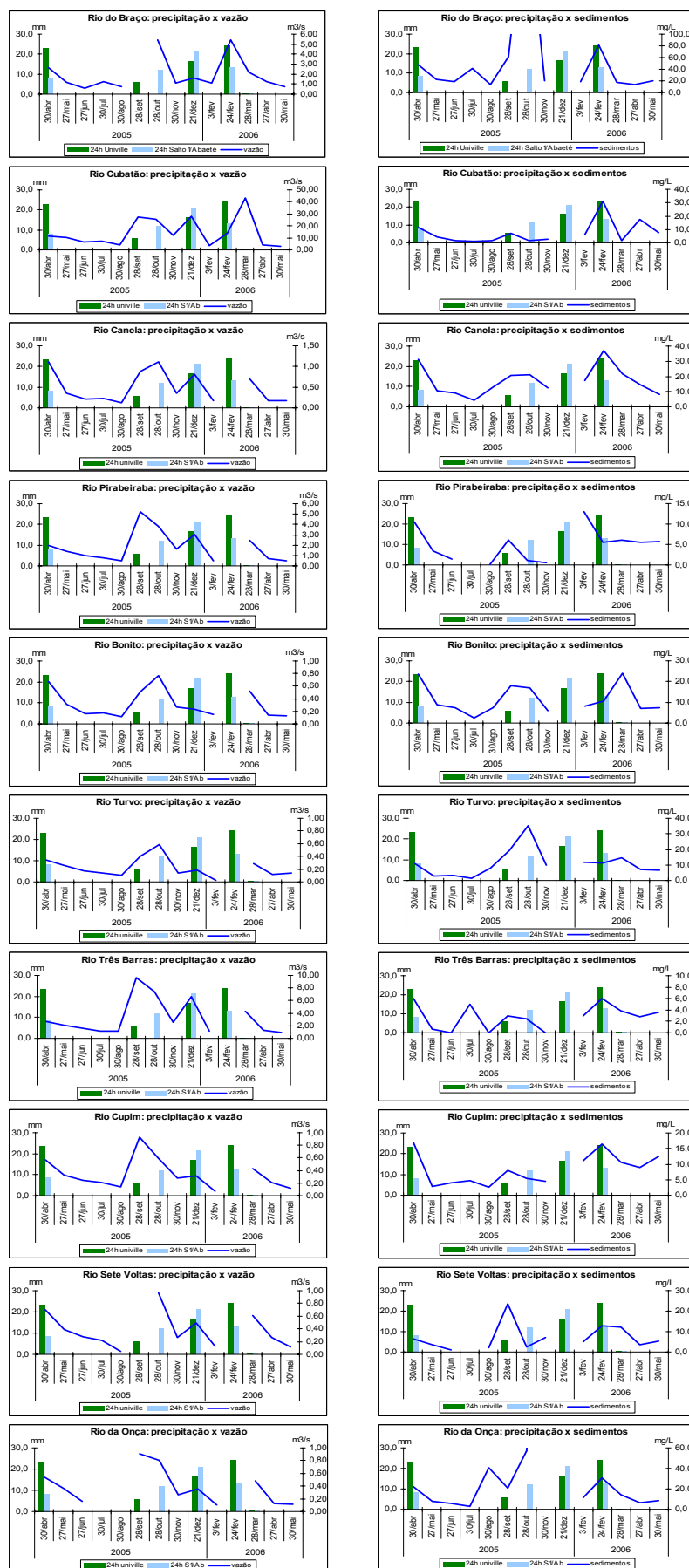


Figura 88: gráficos comparativos entre precipitação e vazão e entre precipitação e concentração de sedimentos em suspensão para todas as bacias hidrográficas estudadas.

registro de chuvas *nas estações utilizadas*. Há em setembro um aumento na concentração de sedimentos em suspensão em todas as bacias, que se torna um aumento muito expressivo em outubro no rio do Braço (330mg/L), repetindo-se em novembro no rio da Onça (329mg/L), apesar neste caso do valor “zero” de precipitação registrado nas 24 horas antecedentes.

Dada a característica pontual dos registros de vazão e sedimentos em suspensão, não foi possível identificar a existência de algum retardamento na resposta das bacias a um evento de chuva em função de sua área ou da compartimentação do relevo. Os grandes picos de concentração de sedimentos em suspensão dos rios do Braço e Turvo, em outubro, e do rio da Onça, em novembro, podem estar associados a questões relacionadas ao uso da terra, em especial a atividades nas áreas de rizicultura nos casos dos rios Turvo e da Onça.

Já a mudança de escala temporal da análise para as evoluções com frequência diária e horária evidencia uma maior sincronia das variações de vazão e de concentração de sedimentos em suspensão entre si e em relação à variação da precipitação (figuras 89 e 90). Utilizou-se para essa análise os dados do mesmo conjunto de amostras descrito nos itens 5.4 e 5.5.

Observa-se no monitoramento diário (figura 89), ocorrido em julho de 2005 e 2006 e em setembro de 2006, que todos os picos de vazão surgem como resposta aos eventos pluviométricos de pequena a média magnitude ocorridos no período, evidenciando sua profunda ligação.

Já os picos de concentração de sedimentos em suspensão ocorreram preferencialmente associados aos eventos pluviométricos, mas não exclusivamente, como, por exemplo, em julho de 2006. Neste mês, as concentrações de sedimentos em suspensão flutuaram grandemente nos períodos em que se registrou precipitação nula. Observa-se fato semelhante, porém com menor intensidade, no monitoramento de julho de 2005. Deve-se lembrar que o mês de julho situa-se no meio do período de estiagem, que foi particularmente severa em 2006, quando há

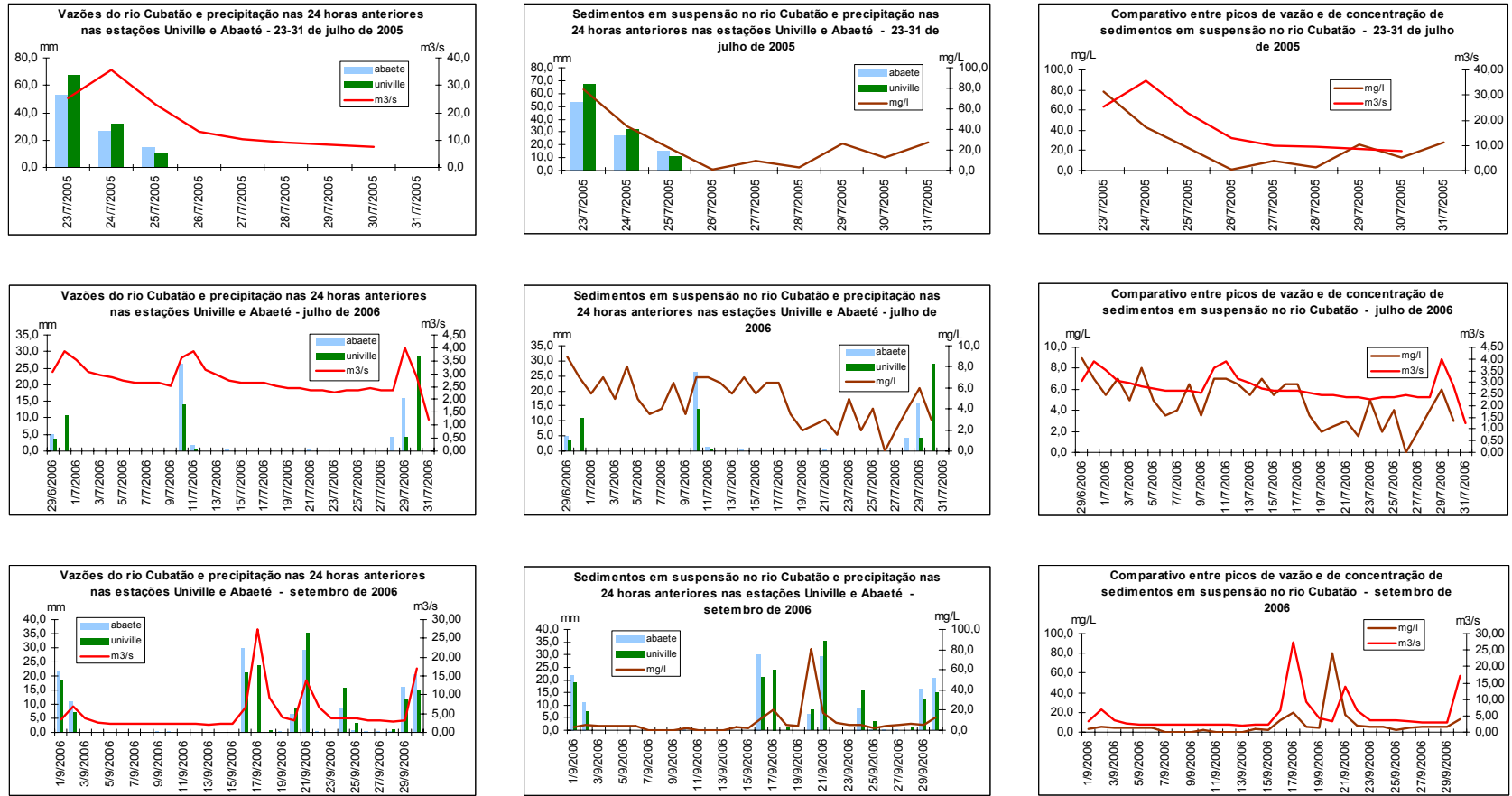


Figura 89: comparativo da evolução de vazões e carga sedimentar em suspensão com relação à precipitação ocorrida nas estações Abaeté e Univille, em monitoramento com frequência diária.

grande estoque de materiais que podem ser carregados pelas chuvas, normalmente fracas e esporádicas. A antecipação em cerca de 24 horas dos picos de concentração de sedimentos em suspensão em relação aos picos e vazões, como ocorrido nos dias 23/7/05, 29/6/05 e 20/9/2006, ilustra este fato e pode ser entendida como resultado de uma rápida lavagem da superfície durante o evento chuvoso. Por outro lado, os picos do dia 29/7/06 aconteceram sincronizados e proporcionais, como resposta a 48 horas de chuvas de pequena intensidade ocorridas em especial nas áreas mais elevadas onde se encontra a estação Abaeté.

Os picos de vazões e de carga sedimentar em suspensão registrados em setembro de 2006 ocorrem de modo sincronizado e diretamente associados às chuvas, que passam a ser mais freqüentes e de maior intensidade a partir do início da segunda quinzena do mês. A única exceção ocorreu no pico de concentração de sedimentos em suspensão do dia 20/9/06, antecipado em 24 horas em relação ao pico de vazão.

O maior detalhe permitido pelo aumento da escala de observação, através do monitoramento das variações de vazão e da concentração de sedimentos em suspensão efetuado com freqüência horária (figura 90), ressalta o caráter pulsátil do fenômeno (WOOD, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1981; AL-ANSARI *et al.*, 1988; SUTHERLAND & BRYAN, 1990; CLIFFORD *et al.*, 1995; SCHÜTT, 1994; HOUSSAIN & EYRE, 2002; MOLIERE, 2005).

Os registros horários evidenciam a forte relação da variação da precipitação com as alterações de vazão e de carga sedimentar em suspensão. O critério adotado para comparação, de soma da precipitação nas seis horas que antecederam cada medição em campo, representa uma dentre diversas possibilidades de representação. Eventualmente deverão ser feitos testes com outros critérios em oportunidades futuras, em especial quando houver possibilidade de inclusão de dados de outras estações.

Embora não aconteçam com a mesma magnitude, é nítida a sincronia das alterações das vazões e da carga sedimentar em suspensão (figura 90). O retardo destas flutuações como reação à variação da chuva ocorre aparentemente em um

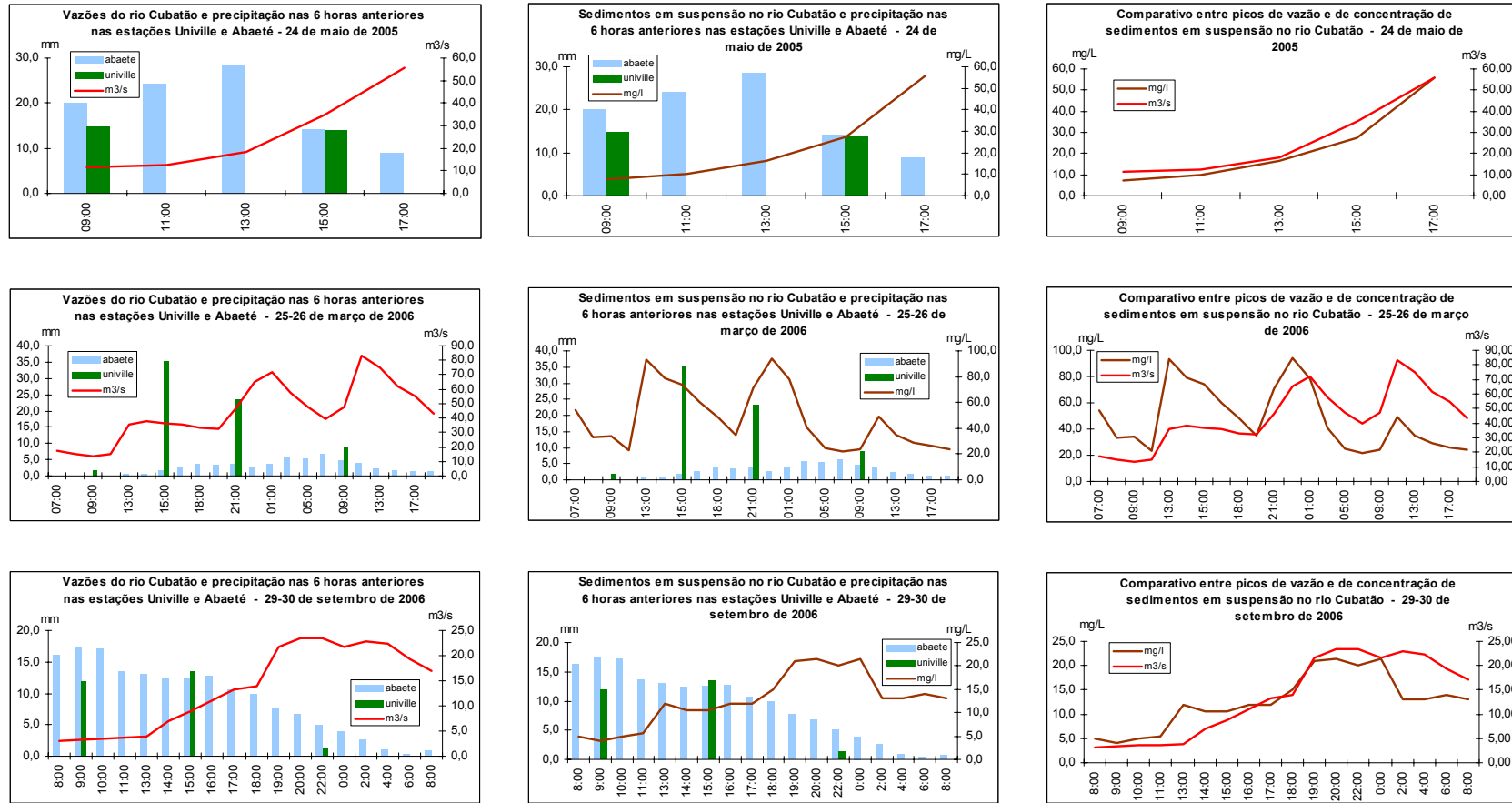


Figura 90: comparativo da evolução de vazões e carga sedimentar em suspensão com relação à precipitação ocorrida nas estações Abaeté e Univille, em monitoramento com frequência horária.

tempo de quatro horas nos monitoramentos do dia 24/5/05 e 25-26/3/06, e em dez horas no monitoramento dos dias 29-30/9/06.

Dada a diferença na frequência de registro da precipitação entre as estações Abaeté e Univille, não se conseguiu determinar se alguma dessas estações possui maior ou menor influência sobre os fenômenos analisados.

As curvas ascendentes da vazão e da concentração de sedimentos em suspensão no dia 24/5/05 evoluem bastante sincronizadas e proporcionais à precipitação registrada quatro horas antes (figura 90).

Já as curvas dos dias 25-26/3/06 (figura 90) também evoluem de forma sincronizada, porém não proporcionais. Deve-se considerar que este período de monitoramento foi o mais longo efetuado, de 36 horas, o que ofereceu condições para o registro de maior quantidade de variações, inclusive do efeito de histerese mais pronunciado (WOOD, 1977; AL-ANSARI *et al.*, 1988) ocorrido na concentração de sedimentos em suspensão entre 11 e 19 horas do dia 25/3/05. Observa-se neste caso que não há registro de precipitação que justifique o pico de carga sedimentar, o que sugere ocorrência de chuvas em outras áreas não abrangidas pelas estações utilizadas (vide figura 63), como, por exemplo, nas faixas entre 2.300-2.500mm e superior a 2.500mm. A falta de dados destas faixas de precipitação para o período estudado (abril/2005 - maio/2006) constitui o mais sério entrave para a precisão das análises efetuadas.

Observa-se ainda no monitoramento dos dias 25-26/3/06 que as curvas trocam de trajetória a partir da 1:00 hora do dia 26/3, quando a concentração de sedimentos em suspensão passa a diminuir com maior rapidez do que a vazão, sugerindo esgotamento mais rápido do estoque sedimentar disponível do que do estoque de água acumulado pela precipitação, fato também observado em estudos hidrossedimentológicos realizados por Wood (1977) na Jamaica, por Al-Ansari *et al.* (1988) no Iraque e por Walling *et al.* (1998) na Inglaterra.

Caso semelhante ocorre no monitoramento efetuado nos dias 29-30/9/06 (figura 90). Neste caso, as curvas percorrem trajetória coerente com a evolução da precipitação e sincronizadas, com exceção de um pico na concentração de sedimentos às 13:00 horas do dia 29/9 não acompanhado por igual pico de vazão. A partir das 0:00 horas do dia 30/9 observa-se que a carga sedimentar em suspensão passa a diminuir de forma mais rápida e acentuada do que a vazão, sugerindo novamente esgotamento mais rápido do estoque sedimentar. O monitoramento nos dias 29-30/9/06 coincidiu exatamente com o evento pluviométrico que, embora de pequena magnitude, marcou o final do longo e severo período de estiagem do ano 2006.

5.7 Análise Geral das Bacias Hidrográficas

5.7.1 O Conjunto dos Dados Fluviométricos

O conjunto dos dados fluviométricos representados pelos dados de vazões, turbidez, concentração sedimentos em suspensão e percentual de matéria orgânica, obtidos em todas as fases do período de monitoramento da pesquisa e em distintas escalas temporais de abordagem, indica que o comportamento das bacias hidrográficas estudadas guarda importantes diferenças entre si.

Com base nos resultados do monitoramento mensal, efetuado em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006 (vide anexo 12), foi possível compor médias gerais, por bacia hidrográfica, dos valores de vazões, turbidez e concentração sedimentos em suspensão, assim como do percentual do conteúdo de matéria orgânica (quadro 21), de modo a permitir comparações e correlação estatística (quadro 22).

Quadro 21: médias de vazões, turbidez, concentração sedimentos em suspensão e percentual de matéria orgânica referentes ao período de monitoramento mensal efetuado em novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006.

rio / médias	vazões (m ³ /s)	turbidez (NTU)	sedimentos em suspensão (mg/L)	matéria orgânica (% MO)
Braço	1,65	65,2	53,5	40,7
Cubatão	13,25	8,2	7,5	29,6
Canela	0,47	17,6	17,4	41,8
Pirabeiraba	1,70	5,6	4,9	49,9
Bonito	0,33	11,4	11,3	49,1
Turvo	0,23	12,5	11,6	58,9
Três Barras	3,02	3,0	2,8	67,7
Cupim	0,35	7,9	9,0	56,7
Sete Voltas	0,38	8,1	7,4	42,4
Onça	0,38	42,0	42,7	42,0
amostragem adicional				
Cubatão – todas	24,76	31,1	30,0	33,85
Cubatão - detalhamento	15,33	20,1	19,4	43,04

Observa-se no quadro 21 que, com exceção da bacia do rio Cubatão e, em menor grau, da bacia do rio Três Barras, todas as bacias apresentam baixos valores médios de vazões, enquanto que as bacias dos rios Pirabeiraba e do Braço apresentam valores intermediários e semelhantes.

Os valores médios de turbidez são igualmente baixos, assim como os de concentração de sedimentos em suspensão, verificando-se a manutenção de grande equivalência na diminuição e no aumento de ambos os valores entre a quase totalidade das bacias (quadro 21). Destacam-se com maiores valores nestas categorias as bacias dos rios do Braço e da Onça e com menores os rios Três Barras e Pirabeiraba. A equivalência verificada entre turbidez e sedimentos em suspensão não se mantém de igual forma, porém, entre estes e as vazões, cujos valores apresentam-se bastante diferentes.

Já os valores percentuais de conteúdo de matéria orgânica concentram-se, em geral, na faixa entre 45-50%, excetuando-se o rio Cubatão, com o valor mais baixo (29,6%), e o rio Três Barras, com o valor mais elevado (67,7%). Dada a dificuldade que se teve de obter em laboratório quantificações confiáveis e consistentes dos percentuais de matéria orgânica, optou-se por não considerar esses dados no estudo efetuado, devendo, portanto, ser vistos apenas como um indicativo de possibilidade adicional de análise.

As amostragens adicionais efetuadas para o rio Cubatão (quadro 21, parte inferior) apresentam uma situação diferenciada de valores substancialmente maiores, obtidos a partir de medições de vazões e coletas esporádicas de amostras de água em momentos de pequenos picos, assim como do monitoramento sistemático mais detalhado efetuado em caráter diário e horário, já descrito. Mesmo nesta situação de valores mais elevados, a equivalência entre a concentração de sedimentos em suspensão e a turbidez se mantém, o mesmo não ocorrendo com as vazões.

A análise estatística de correlação linear entre vazões (m^3/s), concentração de sedimentos em suspensão (mg/L) e turbidez (NTU), efetuada por bacia hidrográfica

e referente ao período de monitoramento (quadro 22), confirma de modo satisfatório as equivalências observadas no quadro 21.

O coeficiente de correlação expressa uma relação linear entre os dados de duas variáveis (LAPPONI, 2000), indicando a forma como a alteração dos valores de um grupo de dados se comporta em relação à modificação dos valores de outro grupo. O conjunto de coeficientes de correlação linear observados no quadro 22 confirma o comportamento heterogêneo das bacias hidrográficas com relação às variações de vazões, concentração de sedimentos em suspensão e turbidez.

Há uma tendência de correlação linear muito forte entre concentração de sedimentos em suspensão e turbidez (quadro 22), que predomina em cinco das dez bacias, e forte em quatro. A bacia do rio Três Barras apresenta a menor correlação linear, de moderada a fraca, enquanto que, de modo oposto, a bacia do rio da Onça apresenta correlação perfeita.

A bacia do rio do Braço destaca-se como a que apresenta o melhor conjunto individual de correlações lineares entre as três variáveis, ao passo que a bacia do rio Três Barras apresenta o pior.

Quadro 22: correlação linear, por bacia hidrográfica, entre vazões (m^3/s), concentração de sedimentos em suspensão (mg/L) e turbidez (NTU), referente ao período de monitoramento entre abril de 2005 e maio de 2006.

rio	$m^3/s \times mg/L$	$mg/L \times NTU$	$m^3/s \times NTU$
Braço	0,90	0,98	0,92
Cubatão	0,44	0,96	0,32
Canela	0,80	0,94	0,82
Pirabeiraba	-0,07	0,82	-0,16
Bonito	0,85	0,72	0,92
Turvo	0,79	0,95	0,85
Três Barras	0,11	0,46	0,36
Cupim	0,11	0,74	0,26
Sete Voltas	0,26	0,86	0,67
Onça	-0,04	1,00	-0,01

Verifica-se que a relação de discrepância entre as médias das vazões e médias dos valores de turbidez das bacias hidrográficas do período de monitoramento apresentado no quadro 21 (novembro de 2004 e entre abril de 2005 e maio de 2006),

se repete, de modo geral, nos demais momentos da pesquisa (vide quadros 14 e 17). Houve, no período compreendido entre 2003 e 2006, fases diferenciadas de condições de precipitação, em especial no que diz respeito à severidade do período de estiagem neste último ano. A manutenção do mesmo tipo de relação discrepante, porém proporcional, ao longo dos anos, independente das macro condições climáticas reinantes, sugere que as relações entre vazões e turbidez são possivelmente controladas por fatores outros que não somente o clima.

Não há dados comparativos suficientes para deduzir situação semelhante para a concentração de sedimentos em suspensão, face ao seu monitoramento com duração de pouco mais de um ano hidrológico. Porém, dada a correlação estatística prevalente de forte a muito forte entre os valores de turbidez e os de concentração de sedimentos em suspensão (quadro 22), pode-se inferir por que a proporção média da produção de sedimentos em suspensão entre as bacias de modo geral também deve se manter frente a oscilações climáticas menores, assim como se mantêm as vazões e os valores de turbidez.

5.7.2 Tamanho e Perfil Longitudinal

A proporcionalidade relativamente estável encontrada entre os valores de vazões, sedimentos em suspensão e turbidez no decorrer do período da pesquisa é fato cuja explicação deve avançar para além dos dados em si.

Para Christofolletti (1977), a contribuição de bacias hidrográficas em termos de carga sedimentar e vazões é normalmente muito desigual entre bacias de tamanho semelhante. Leopold & Maddock (1953 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981) consideram que o fornecimento de detritos por unidade de área é maior em bacias pequenas do que nas grandes, ao passo que Beckinsale (1973, *apud* CHRISTOFOLETTI, 1980, 1981) e LEOPOLD *et al.* (1992) consideram que diferenças no escoamento fluvial são controladas pelo perfil longitudinal dos rios.

Perfis mais íngremes permitem maior velocidade e turbilhonamento do fluxo hídrico, criando condições para a neutralização de forças coesivas que mantêm os materiais

mais finos e de hábito placóide depositados junto ao fundo do leito fluvial (MORISAWA, 1969 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981; SUGUIO & BIGARELLA, 1990). O estudo de parâmetros morfométricos como o perfil fluvial e a área das bacias hidrográficas pode contribuir de modo significativo para o entendimento da complexidade envolvida na produção e transporte de sedimentos em suspensão.

Souza (2005) utilizou a análise de parâmetros morfométricos no estudo simultâneo de várias bacias hidrográficas para identificar áreas com maior suscetibilidade a inundações na região costeira do estado de São Paulo, em ambiente semelhante ao da área da pesquisa. Dentre os parâmetros utilizados, a autora identificou nove como mais relevantes: densidade hidrográfica, densidade de confluências, declividade média do canal principal, frequência de canais de 1ª ordem, frequência de canais totais e o tamanho das bacias.

A grande diferença na restituição da rede de drenagem entre as folhas topográficas utilizadas para compor a base cartográfica de trabalho (vide figuras 20 e 48) não permitiu a utilização de parâmetros relacionados à rede hidrográfica sem a introdução de erros. A folha SG-22-Z-B-I-2, elaborada pelo SGE na década de 1960, apresenta densidade de canais muito inferior às folhas vizinhas, produzidas pelo IBGE na década de 1980, estando essa falha concentrada principalmente na bacia do rio Cubatão. Desta forma, optou-se por analisar somente o perfil longitudinal dos rios e as áreas das bacias.

Observa-se diferenças significativas entre comprimento dos rios estudados e o tamanho proporcional de suas bacias hidrográficas (figuras 91 e 92; quadro 1). Quanto ao comprimento do rio principal, enquadram-se em categorias semelhantes rios Três Barras (17,32 km), Pirabeiraba (19,69 km); Braço (11,83 km) e Onça (10,81 km); Sete Voltas (7,57 km), Cupim (6,50 km), Canela (7,17); Turvo (6,56 km) e Bonito (6,03 km). O rio Cubatão (67,21 km) constitui categoria própria (figura 91).

Em termos de áreas, são próximas as bacias dos rios Pirabeiraba (40,18 km²) e Três Barras (46,85 km²); rio da Onça (12,70 km²), Sete Voltas (12,27 km²), Cupim (13,10 km²), Canela (12,90 km²); Turvo (10,04 km²) e Bonito (8,27 km²). Nesta categoria os

O agrupamento das bacias por área não difere de modo muito significativo do agrupamento segundo as médias de vazões e de concentração de sedimentos em suspensão (quadro 21), indicando uma proporcionalidade entre ambas possibilidades. As bacias dos rios Três Barras e Pirabeiraba apresentam relação inversa de vazões e carga sedimentar em suspensão com relação às suas áreas, ou seja, quanto maior a área, menor os valores registrados. Já as bacias menores e de tamanho aproximado – Cupim, Sete Voltas e Onça – possuem vazões e áreas muito semelhantes, porém a concentração de sedimentos em suspensão se altera bastante na bacia do rio da Onça, cuja geometria e comprimento do rio principal são diferentes das bacias correlatas (figuras 91 e 92). De modo semelhante, a bacia do rio Canela apresenta disparidade entre a concentração média de sedimentos em suspensão e as demais categorias em que coincide com as bacias de mesmo porte.

Como complemento à análise comparativa das bacias, construiu-se perfis longitudinais de todos os rios estudados, além dos principais tributários do rio Cubatão. Para permitir efetiva comparação, manteve-se para todos os perfis a mesma escala nos eixos x e y, cuja referência foi o perfil do rio Cubatão, o mais longo de todos. Manteve-se, assim, a proporcionalidade de representação gráfica (figuras 93 e 94). O exagero vertical se deu em função da possibilidade de representação das bacias menores. Ao perfil do rio do Braço foi unido o rio Mississipe, seu principal afluente, pois este tem suas nascentes nas áreas de escarpa da Serra do Mar, enquanto o rio do Braço é um curso d'água típico de planície.

É possível notar de imediato na figura 93 a grande disparidade de magnitude existente entre os perfis, em especial aqueles das menores bacias destacadas na figura 92.

Lembra-se que o final do perfil no eixo “x” corresponde ao ponto de medição de vazões e coleta de amostras de água.

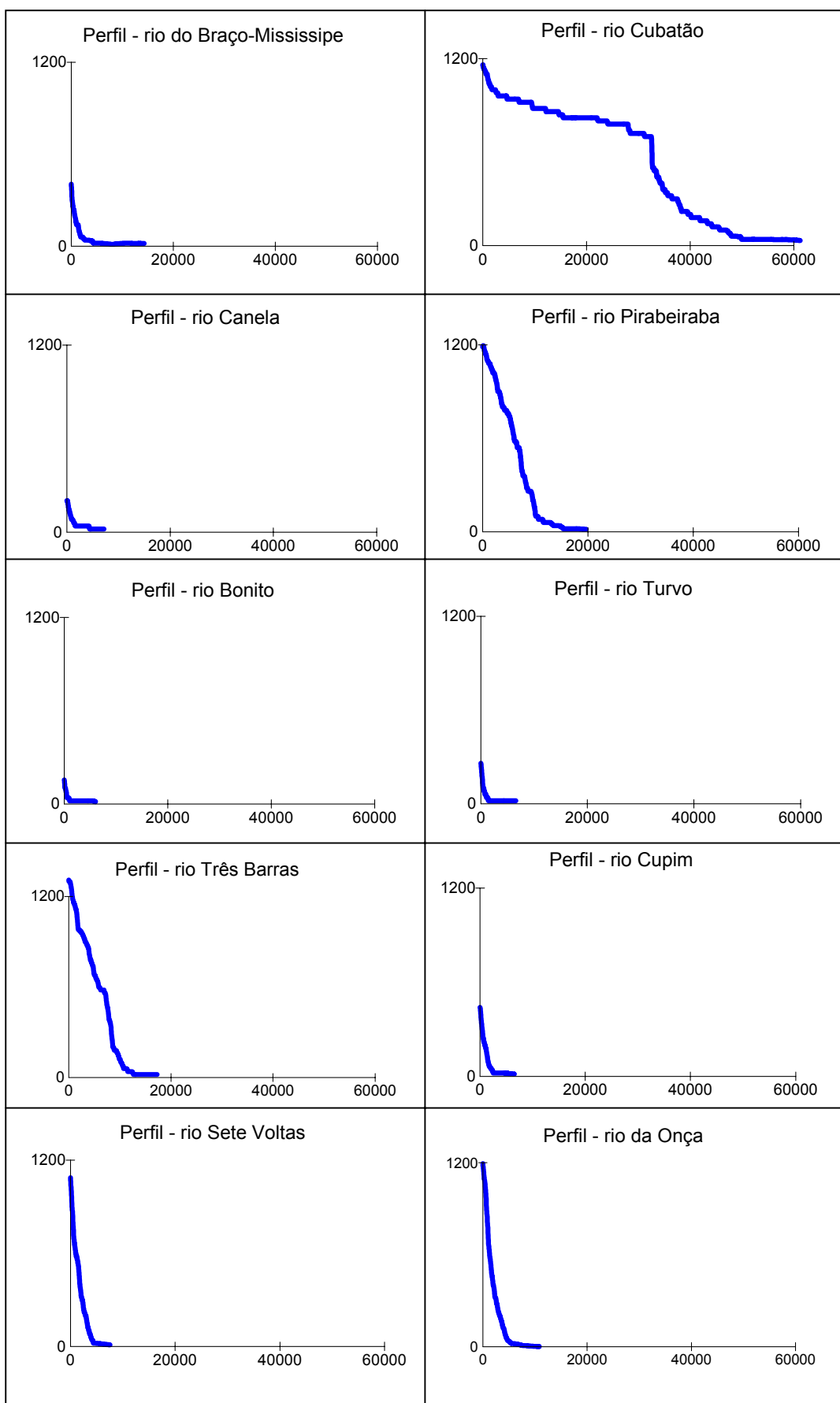


Figura 93: comparativo de perfis longitudinais dos rios estudados (valores em metros).

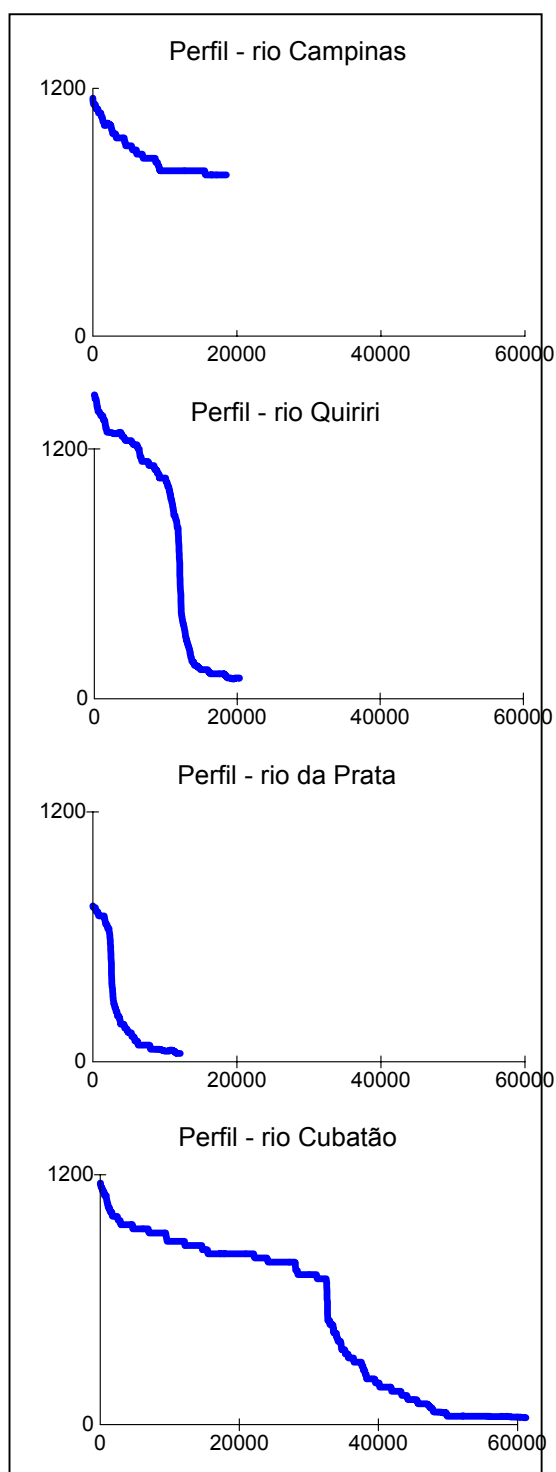


Figura 94: comparativo de perfis longitudinais do rio Cubatão e seus principais afluentes (valores em metros).

Em termos de tamanho são pouco expressivos os perfis dos rios Bonito, Canela e Turvo. Os perfis do rio Cupim e do Braço-Mississipe apresentam amplitude topográfica similar, porém o trecho de planície é mais desenvolvido no segundo rio, constituindo o maior na área da pesquisa. Os rios Sete Voltas e da Onça apresentam perfis geometricamente muito semelhantes, porém com diferença de extensão da planície costeira. Caracterizam esses rios as declividades do canal principal mais elevadas da área da pesquisa, de 11,04 e 9,05%, respectivamente. Bastante semelhantes, os perfis dos rios Pirabeiraba e Três Barras apresentam declividades respectivas de 4,32 e 5,50%, enquanto que o perfil do rio Cubatão, apesar do seu tamanho, apresenta declividade de somente 1,32%.

O valor da declividade é um indicador morfométrico que pode, porém, ocultar importantes aspectos da geometria do perfil longitudinal de um curso fluvial. Como exemplo, o baixo valor do índice do rio Cubatão não permite vislumbrar a existência de uma compartimentação do relevo que é decisiva para explicar o comportamento hidrológico e hidrossedimentológico do rio. Há, desde suas nascentes, toda uma seqüência de patamares topográficos, alguns bastante expressivos, que podem funcionar como verdadeiras bacias locais de decantação, o que influi diretamente no regime hidrossedimentológico do rio. Estando os sedimentos estocados nas áreas de menor declividade, eventos pluviométricos de maior magnitude podem remover em curto espaço de tempo o material depositado de forma mais lenta, causando picos expressivos de concentração de sedimentos em suspensão que, em poucos momentos, podem transportar grande parte do conteúdo correspondente ao balanço sedimentar de todo um ano hidrológico (CHRISTOFOLETTI, 1981; CLIFFORD *et al.*, 1995; SCHMIDT & FRÜHAUF, 2000; HOUSSAIN & EYRE, 2002).

Adicionalmente, observa-se na figura 94 que os principais tributários do rio Cubatão também apresentam patamares topográficos, o que vem a potencializar o efeito de estocagem e rápida remoção, em especial no rio Quiriri, que apresenta também expressivas declividades.

Ainda sobre o perfil longitudinal do rio Cubatão, as declividades na borda da escarpa são muito elevadas, em especial no primeiro trecho de queda, com ângulos superiores a 70° . As declividades do perfil diminuem de modo constante e harmônico a partir da borda da escarpa, dando ao perfil formato côncavo característico. Os demais rios apresentam mudança brusca de declividade na passagem das áreas da escarpa para a planície costeira, considerada a escala de representação vertical.

Pode-se agrupar os rios segundo características de comprimento, declividade e geometria de seu perfil longitudinal. Agrupam-se os rios Pirabeiraba e Três Barras; da Onça e Sete Voltas; Cupim, Turvo, Bonito e Canela. Os rios do Braço-Mississipe e Cubatão não se agrupam.

As características semelhantes dos perfis não são, porém, suficientes para explicar diferenças no comportamento hidrológico e hidrossedimentológico de bacias vizinhas, com perfil do rio principal muito semelhante, como no caso dos rios da Onça e Sete Voltas. Ambos apresentam vazões médias bastante próximas (quadro 21), porém conteúdos sedimentares muito distintos. No caso das bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras, os perfis são semelhantes e a carga sedimentar média em suspensão entre ambos não é discrepante, o que não acontece com as vazões médias, que apresentam diferenças superiores a 100%.

Tanto em um caso, como em outro, as explicações para tais discrepâncias devem ser buscadas em novo nível de análise.

5.7.3 Síntese-comparativa dos Temas Mapeados

Nas sucessivas etapas de análise da pesquisa procurou-se identificar características comuns às bacias hidrográficas e agrupá-las com base nos dados no momento em pauta, como, por exemplo, pluviometria, vazões, concentração de sedimentos em suspensão e turbidez. Para tal, utilizou-se técnicas de análise qualitativa e técnicas de análise quantitativa relacionadas a correlação linear e agrupamento por estatística multivariada.

Deste modo, foi possível conhecer aspectos importantes do comportamento hidrológico e hidrossedimentológico das bacias estudadas, em especial características comuns de flutuações sazonais. Observou-se no trajeto até então percorrido que, com base nos dados objetivos levantados em campo e laboratório, há uma tendência de aproximação dos comportamentos de algumas bacias hidrográficas.

O contexto ambiental geral das bacias é semelhante, porém não o é seu comportamento na forma de respostas aos eventos pluviométricos. Dentre as diversas possibilidades de exemplos, a vazão média do rio Cubatão é cerca de 350% superior à do rio Três Barras, porém sua área é cerca de 750% superior, enquanto que a concentração de sedimentos em suspensão é somente 170% maior. A vazão média do rio Três Barras é cerca de 80% superior à vazão do rio Pirabeiraba, apesar de contar com área de monitoramento somente 15% maior. As concentrações de sedimentos em suspensão, são, porém, muito próximas.

A confecção e uso dos mapas constituiu importante e decisiva etapa para a pesquisa. A análise visual dos oito temas mapeados – geologia, geomorfologia, solos, clinografia, hipsometria, pluviometria, cobertura vegetal e uso da terra (figuras 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 61) – permite observar, conforme descrito nos itens 5.1.1 a 5.1.8, diferenças importantes na composição individual de cada bacia hidrográfica, que poderiam, a princípio, explicar ou justificar as diferentes respostas hidrológicas e hidrossedimentológicas encontradas.

Procurou-se, então, elaborar mapas individuais de cada tema para cada bacia, a partir de recortes dos mapas previamente preparados, de modo a permitir melhor visualização e análise comparativa. O projeto foi, porém, abandonado, face ao grande volume de mapas que necessitaria ser gerado – 80 mapas, que cobrem os oito temas para cada uma das dez bacias estudadas.

Buscou-se, assim, outra forma de sintetizar as informações contidas nos temas mapeados. Dentre diversas tentativas, selecionou-se as tabelas individuais de atributos de cada mapa, que, uma vez reunidas e editadas, permitiu transformar os mapas da sua forma gráfica para um quadro-síntese geral contendo os dados

referentes às áreas (km²) de ocorrência de cada atributo (quadro 23). Para promover melhor entendimento e possibilidade de comparação, os valores foram transformados em porcentagens (quadro 24).

Observa-se no quadro 23 que somente o tema declividades possui todos os campos preenchidos em todas as bacias. Isso se deve à natureza do mapa, pois não pode haver porção dos territórios das bacias que não esteja incluída em classe alguma. Já para os demais temas, os campos vazios referem-se à não ocorrência daquele atributo na bacia.

Dadas suas dimensões, a bacia do rio Cubatão apresenta os campos preenchidos para quase todas as possibilidades de ocorrências, o que indica a complexidade da sua composição e configuração, em comparação, por exemplo com as bacias dos rios Turvo, Bonito ou Canela, menos complexas em termos de sua estrutura.

Já no quadro 24 é possível conhecer e comparar as proporções da composição de cada bacia, por atributo. A partir deste quadro, elaborou-se gráficos para os temas geologia, geomorfologia, pluviometria e uso da terra, que se mostraram, através de análise estatística multivariada, ser os mais relevantes para explicar semelhanças entre as bacias (figura 95).

Observa-se no quadro 24 que, em termos percentuais, diferenças que a princípio parecem ser irrelevantes, adquirem proporções muito significativas no contexto do tamanho das bacias. Como exemplo, a ocorrência de 7,97 km² de área da bacia do rio Bonito na faixa de precipitação superior a 2.500mm parece muito pouco em comparação com a ocorrência de 117,78 km² de área da bacia do rio Cubatão na mesma faixa. Porém, em leitura percentual, estes valores significam que 96,28% da bacia do rio Bonito está incluída nesta faixa, ao passo que para a bacia do rio Cubatão a proporção cai para 29,88%. Assim, a leitura dos valores absolutos deve ser cautelosa, pois a ocorrência de um determinado atributo representa impactos percentuais diferenciados para cada bacia, com conseqüências sobre o seu funcionamento.

Quadro 23: síntese-comparativa das áreas de cada classe dos temas mapeados, por bacia hidrográfica – valores em km².

	Classe	Braço	Cubatão	Canela	Pirabeiraba	Bonito	Turvo	Três Barras	Cupim	Sete Voltas	Onça
geologia	Áreas urbanizadas	3,01	0,56	0,38	0,52	0,09				0,07	1,05
	Sedimentos coluvionares		7,16								
	Sedimentos aluvionares	20,54	22,91	4,92	6,21	6,37	3,92	2,27	3,88	3,42	0,48
	Gnaisses granulíticos	12,50	263,98	7,60	24,83	1,81	6,11	12,81	5,79	3,81	1,88
	Sedimentos fluvio-marinhos									0,11	6,25
	Granitos		89,97		8,62			31,77	3,43	4,86	3,04
	Ortoconglomerados		7,41								
	Derrames vulcânicos		0,78								
geomorfologia	Serra do Mar		110,72		11,17			17,69	0,41	0,19	
	Escarpas	3,42	133,71	5,10	22,26	1,09	5,90	26,54	8,79	9,11	4,93
	Morros Litorâneos	7,91		1,54	0,20	0,38	0,29	0,39	1,42		
	Planície Costeira	24,73	0,27	6,23	3,26	6,51	3,85	2,23	2,47	2,97	7,77
	Planícies Fluviais		22,50	0,04	3,31	0,29					
	Planalto de S. Bento do Sul		127,02								
solos	Áreas urbanizadas	3,01	0,78	0,53	0,52	0,09				0,07	1,05
	Corpo hídrico		0,57								
	Cambissolos	23,13	205,98	9,22	25,72	7,57	8,34	33,26	9,48	9,28	3,41
	Gleissolos									0,11	6,23
	Argissolos	9,31	123,26	2,64	0,38	0,52	0,88	0,95	1,33	0,08	
	Neossolos litólicos	0,52	61,30	0,51	13,57	0,08	0,82	12,64	2,28	2,72	1,98
Pluviometria	< 1900 mm		1,21								
	1900 – 2100 mm	2,80	48,08								
	2100 – 2300 mm	9,20	169,30								
	2300 – 2500 mm	23,47	117,78	10,61	25,80	7,97	2,94	36,10	2,64	4,00	9,22
	> 2500 mm	0,59	57,85	2,29	14,39	0,31	7,10	10,75	10,45	8,27	3,47
Deciduidades	< 3°	27,18	102,21	7,07	9,06	6,88	5,29	7,39	5,09	4,22	8,09
	3 – 12°	3,36	75,06	2,83	8,89	0,54	1,34	9,15	2,54	3,14	1,84
	12 – 20°	2,93	101,33	1,76	9,41	0,44	1,79	14,44	2,82	2,01	1,08
	20 – 35°	2,21	90,56	1,14	10,64	0,36	1,41	13,90	2,18	2,08	1,27
	> 35°	0,38	25,02	0,09	2,19	0,05	0,20	1,97	0,47	0,82	0,42
Hipsometria	< 20 m	20,08		2,50	3,39	6,41	4,54	2,84	4,44	3,54	6,99
	20 – 100 m	13,07	33,82	8,21	7,24	1,49	2,82	3,66	2,83	1,91	1,40
	100 – 300 m	2,38	57,00	2,18	8,36	0,37	2,55	6,18	3,09	2,98	2,09
	300 – 800 m	0,53	114,89		13,07		0,13	14,41	2,25	2,78	1,78
	800 – 1000 m		136,45		3,84			8,32	0,37	0,54	0,25
	1000 – 1200 m		34,84		4,12			7,72	0,10	0,48	0,17
	> 1200 m		17,23		0,17			3,71		0,04	0,02
vegetação	Áreas urbanizadas	3,03	0,59	0,53	0,52	0,09				0,07	1,05
	Terras baixas	20,60	29,73	4,92	6,21	6,63	4,11	2,27	3,88	3,61	6,73
	Submontana	12,38	80,90	7,45	14,81	1,54	5,92	12,65	6,73	5,72	2,92
	Montana		238,04		14,43			28,35	2,50	2,87	2,00
	Alto Montana		43,50		4,21			3,59			
uso da terra	agua	0,13	0,85		0,06						
	agricultura/pastagem	14,92	42,25	4,59	6,57	4,73	2,78	1,72	2,72	2,16	2,79
	mata	11,99	331,36	7,18	30,86	2,77	5,97	37,77	9,28	9,07	7,29
	urbano	7,60	1,63	0,84	0,55	0,21	0,23	0,10	0,56	0,64	1,18
	reflorestamento		5,95								
	rizicultura	1,41		0,28	0,39	0,81	1,05	0,56	0,53	0,28	1,43
	campo natural/antropico		14,39		1,77			6,70	0,01	0,12	0,01

Quadro 24: síntese-comparativa das áreas de cada classe dos temas mapeados, por bacia hidrográfica – valores em porcentagem.

	Classe	Braço	Cubatão	Canela	Pirabeiraba	Bonito	Turvo	Três Barras	Cupim	Sete Voltas	Onça	
geologia	Áreas urbanizadas	8,36	0,14	2,95	1,30	1,13				0,60	8,24	
	Sedimentos coluvionares		1,82									
	Sedimentos aluvionares	56,96	5,83	38,17	15,45	76,94	39,10	4,85	29,59	27,86	3,77	
	Gnaisses granulíticos	34,68	67,21	58,88	61,79	21,92	60,90	27,34	44,24	31,07	14,78	
	Sedimentos fluvio-marinhos									0,90	49,25	
	Granitos		22,91		21,45				67,81	26,17	39,57	23,96
	Ortoconglomerados		1,89									
	Derrames vulcânicos		0,20									
geomorfologia	Serra do Mar		28,09		27,79			37,76	3,16	1,57		
	Escarpas	9,48	33,92	39,52	55,39	13,12	58,78	56,64	67,14	74,21	38,80	
	Morros Litorâneos	21,94		11,93	0,49	4,62	2,86	0,84	10,85			
	Planície Costeira	68,58	0,07	48,27	8,10	78,70	38,37	4,77	18,86	24,22	61,20	
	Planícies Fluviais		5,71	0,28	8,23	3,57						
Planalto de São Bento do Sul		32,22										
solos	Áreas urbanizadas	8,38	0,20	4,10	1,30	1,13				0,60	8,26	
	Corpo hídrico		0,15									
	Cambissolos	64,30	52,56	71,47	63,99	91,50	83,11	70,99	72,40	75,64	26,94	
	Gleissolos									0,90	49,16	
	Argissolos	25,88	31,45	20,45	0,94	6,34	8,77	2,02	10,19	0,68		
	Neossolos litólicos	1,44	15,64	3,98	33,77	1,03	8,12	26,99	17,41	22,17	15,65	
pluviometria	< 1900 mm		0,31									
	1900 – 2100 mm	7,76	12,20									
	2100 – 2300 mm	25,52	42,95									
	2300 – 2500 mm	65,08	29,88	82,26	64,20	96,28	29,25	77,06	20,19	32,63	72,63	
	> 2500 mm	1,64	14,67	17,74	35,80	3,72	70,75	22,94	79,81	67,37	27,37	
declividades	< 3°	75,39	25,93	54,80	22,54	83,16	52,75	15,78	38,89	34,38	63,69	
	3 – 12°	9,33	19,04	21,95	22,12	6,51	13,35	19,53	19,37	25,62	14,53	
	12 – 20°	8,12	25,71	13,68	23,43	5,35	17,82	30,82	21,53	16,39	8,54	
	20 – 35°	6,12	22,97	8,85	26,47	4,36	14,07	29,66	16,63	16,96	9,97	
	> 35°	1,05	6,35	0,72	5,44	0,62	2,01	4,21	3,58	6,66	3,27	
hipsometria	< 20 m	55,68		19,41	8,43	77,48	45,28	6,07	33,92	28,86	55,06	
	20 – 100 m	36,26	8,58	63,67	18,01	18,00	28,06	7,82	21,62	15,58	11,02	
	100 – 300 m	6,59	14,46	16,92	20,79	4,52	25,37	13,19	23,61	24,32	16,43	
	300 – 800 m	1,47	29,14		32,52		1,28	30,76	17,21	22,62	14,03	
	800 – 1000 m		34,61		9,57			17,76	2,84	4,36	1,94	
	1000 – 1200 m		8,84		10,25			16,48	0,80	3,93	1,35	
	> 1200 m		4,37		0,42			7,91		0,32	0,16	
vegetação	Áreas urbanizadas	8,42	0,15	4,10	1,30	1,13				0,60	8,24	
	Terras baixas	57,21	7,57	38,17	15,45	80,20	40,98	4,85	29,59	29,43	53,02	
	Submontana	34,37	20,60	57,72	36,86	18,67	59,02	26,99	51,35	46,60	22,99	
	Montana		60,61		35,90			60,50	19,06	23,36	15,75	
	Alto Montana		11,07		10,48			7,66				
uso da terra	agua	0,37	0,21		0,15		0,02					
	agricultura/pastagem	41,39	10,66	35,62	16,34	55,51	27,72	3,66	20,78	17,61	22,01	
	mata	33,25	83,59	55,68	76,79	32,46	59,45	80,62	70,84	73,95	57,42	
	urbano	21,08	0,41	6,49	1,36	2,50	2,30	0,21	4,27	5,18	9,28	
	reflorestamento		1,50									
	rizicultura	3,92		2,21	0,96	9,52	10,51	1,21	4,03	2,28	11,24	
campo natural/antropico		3,63		4,40				14,31	0,07	0,98	0,05	

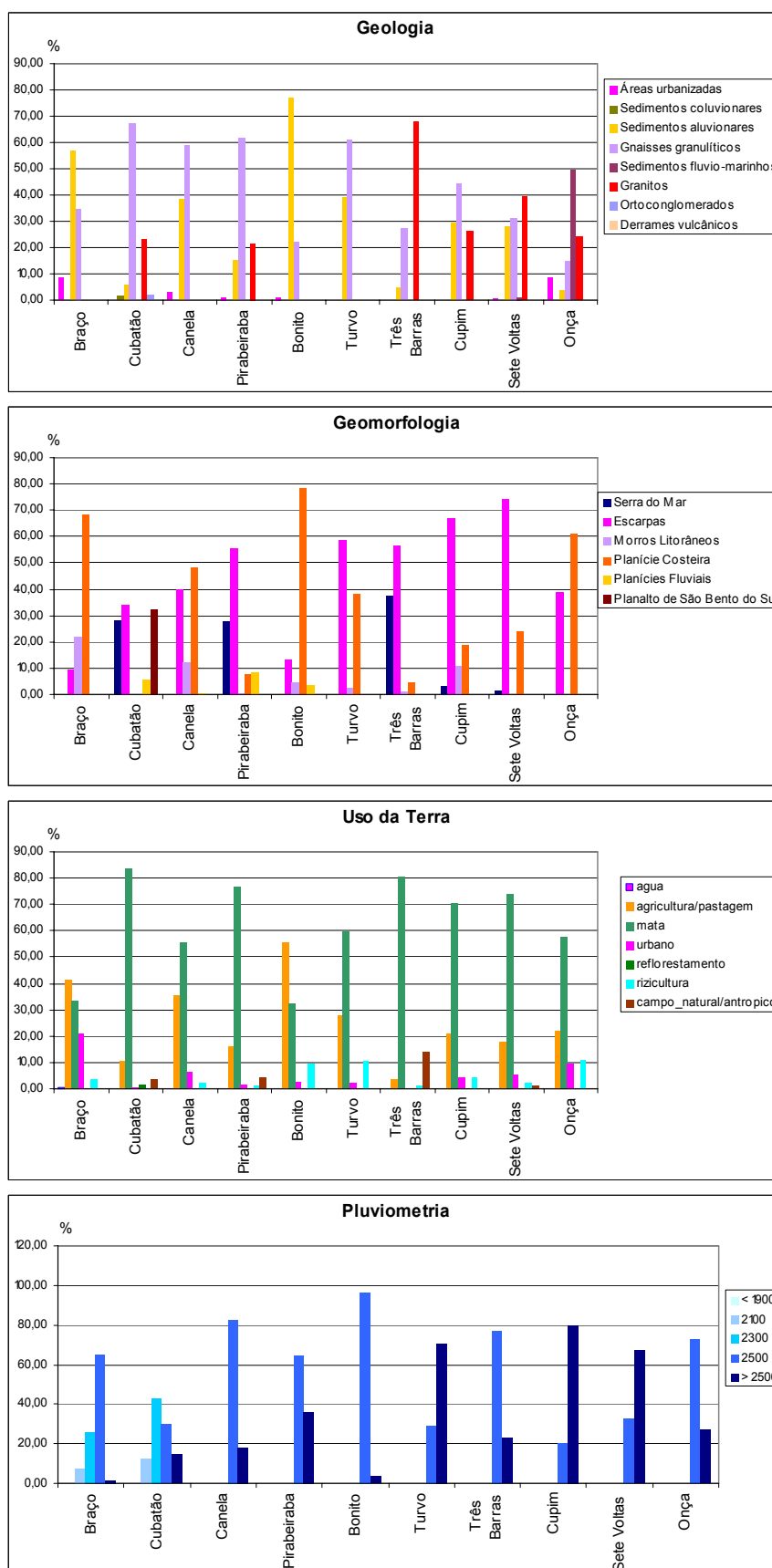


Figura 95: gráficos de distribuição dos atributos dos temas geologia, geomorfologia, uso da terra e pluviometria, por bacia hidrográfica.

As possibilidades de análise oferecidas por esta abordagem quantitativa são amplas, em especial se feitas em conjunto com a análise qualitativa dos mapas, que permite considerar dados subjetivos originados do conhecimento adquirido em campo.

Este conhecimento de campo foi importante para subsidiar e criticar análises efetuadas em ambiente automatizado, quer sejam estatísticas ou de sistemas de informações geográficas. Dentre os oito temas mapeados, supunha-se que alguns poderiam ser mais relevantes do que outros para explicar o comportamento diferenciado das bacias. Efetuou-se uma análise de agrupamento inicial de todos os atributos, de todos os temas, por estatística multivariada, cujo resultado foi um dendograma indicando a organização geral das bacias. Efetuou-se em seguida o mesmo tipo de análise sucessivas vezes, ora retirando ora incluindo determinados temas. Os resultados obtidos mostram que os temas geologia, geomorfologia, pluviometria e uso da terra são aqueles que determinam o agrupamento geral das bacias, uma vez que os dendogramas gerados com todos os temas ou somente com esses quatro temas são muito similares (figura 96). Desta forma, esses foram os temas selecionados para ser representados na forma de gráficos (figura 95).

Os dados obtidos em campo e laboratório indicaram comportamentos próximos de algumas bacias, o que permite seu agrupamento. De modo geral, com base nesses dados, podem ser agrupadas as bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras; as bacias dos rios Sete Voltas, Cupim, Turvo, Bonito e, de modo mais distante, a bacia do rio Canela; em menor proporção e com algumas restrições as bacias dos rios do Braço e da Onça. A bacia do rio Cubatão não se encaixa em nenhum grupo.

Já o dendograma gerado a partir dos dados de todos os temas mapeados indica agrupamento similar ao obtido pela análise dos dados de campo e laboratório, com diferenças apenas no agrupamento dos rios Bonito e da Onça, que constituem um grupo separado, e rio do Braço, que se insere de forma isolada no grupo formado pelas bacias hidrográficas de menor porte. A questão tamanho da bacia constitui o pano de fundo para este agrupamento, uma vez que os valores referem-se a km^2 . A retirada dos temas solos, declividades, hipsometria e vegetação causa pouco impacto à estrutura do dendograma (figura 96).

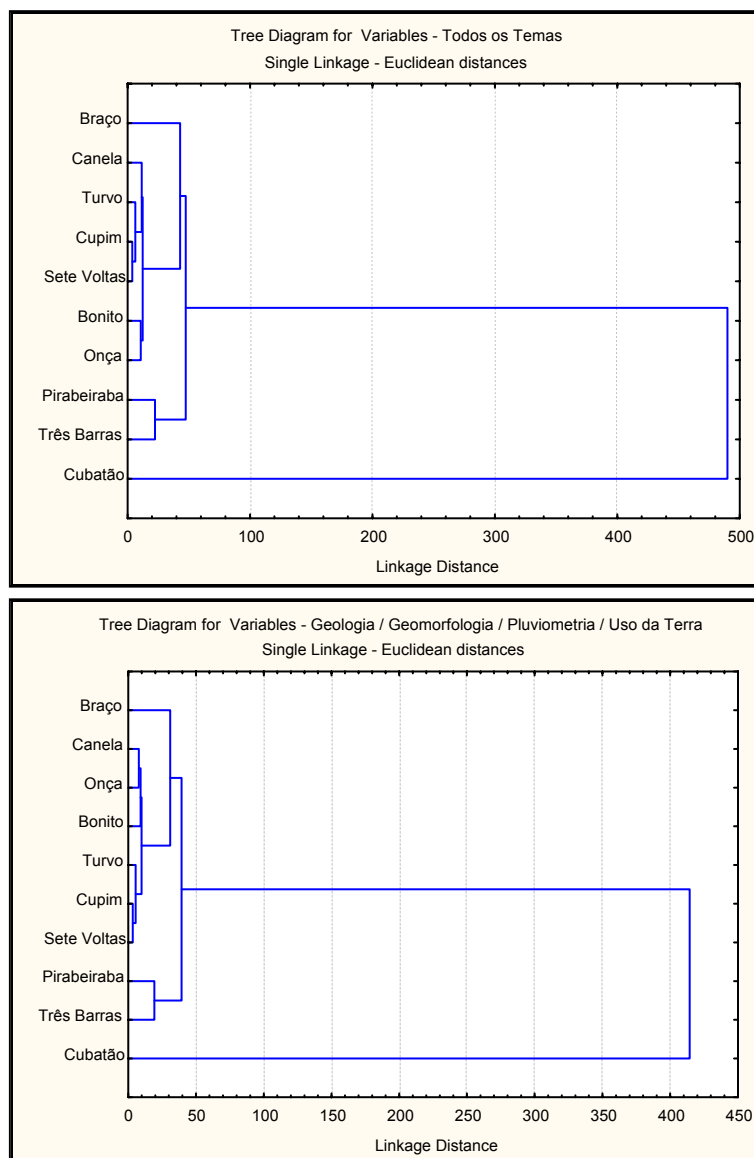


Figura 96: agrupamento das bacias hidrográficas em dendrograma segundo todos os temas (superior) e com a retirada dos temas solos, declividades, hipsometria e vegetação (inferior).

Observa-se na figura 95 que as bacias dos rios Pirabeiraba e Três Barras apresentam estrutura geológica muito diferente, porém estrutura geomorfológica e características pluviométricas e de uso da terra próximas. Adicionalmente, apresentam tamanhos aproximados e perfis longitudinais similares. Assim, a diferença significativa que apresentam em termos de vazões (80%) pode estar vinculada a questões de ordem geológica, conforme apontado por Tricart (1960).

As bacias dos rios Cupim e Sete Voltas apresentam proximidade em todos os temas retratados na figura 95, com pequena diferença na estrutura geológica e na distribuição de chuvas. O comportamento de ambas bacias em termos hidrológicos e hidrossedimentológicos é muito semelhante. A bacia do rio Sete Voltas conta com 10% a mais de sua área composta por granitos (ou 10% a menos de gnaisses) e 10% a menos na faixa de precipitação acima de 2.500mm (ou 10% a mais na faixa 2.300-2.500mm). Na bacia do rio Cupim a situação é invertida, ou seja, contém 10% a menos de sua área composta por granitos (ou 10% a mais por gnaisses) e 10% a mais na faixa de precipitação acima de 2.500mm (ou 10% a menos na faixa 2.300-2.500mm). Tal fato reforça a sugestão de controle geológico sobre a resposta hidrológica e hidrossedimentológica das bacias neste contexto.

Já o comportamento hidrológico e hidrossedimentológico dos rios do Braço e da Onça, com vazões muito diferentes (1,65 e 0,38 m³/ respectivamente) e concentrações de sedimentos em suspensão próximas (53,5 e 42,7 mg/L, respectivamente, as maiores de todos os rios) está aparentemente vinculado ao uso da terra. A bacia do rio do Braço possui 20% de sua área ocupada pela urbanização, enquanto que o rio da Onça apresenta 10%. Deve-se lembrar que o rio da Onça corta o centro urbano do município de Garuva, enquanto que o rio do Braço corta o distrito industrial de Joinville. Adicionalmente, o rio do Braço possui a menor área florestada de todas as bacias estudadas, de somente 32%. A bacia do rio da Onça, por sua vez, possui quase 12% de sua área ocupada pela rizicultura.

Entre as bacias dos rios Canela, Turvo e Bonito observa-se que as bacias dos rios Canela e Turvo apresentam características geológicas, geomorfológicas e de uso da terra semelhantes, ao passo que características de precipitação bastante diferentes. A bacia do rio Bonito apresenta todas suas características diferentes das outras duas bacias em análise, com exceção da pluviometria, que é semelhante àquela da bacia do rio Canela. Os rios Bonito e Turvo apresentam grande proximidade em termos de comportamento hidrológico e hidrossedimentológico, perfis longitudinais com geometria semelhante, porém características geológicas, geomorfológicas, de uso da terra e, principalmente, de pluviometria muito distintas. A única característica que possuem em comum é a atividade de rizicultura, ocupando pouco mais de 10%

de seus territórios, o que sugere ser essa a atividade que exerce um controle decisivo na resposta hidrológica e hidrossedimentológica.

Quanto ao rio Cubatão, o conjunto de sua estrutura geológica, geomorfológica, pluviométrica e de uso da terra é único dentre todas as bacias estudadas, destacando-se o fato de que é a bacia com a maior percentual de sua área em faixas de menores precipitações, o que pode explicar a baixa relação área/produção de água que apresenta (vide quadro 15).

O agrupamento em dendograma das bacias (figura 96) não é suficiente para explicar suas respostas hidrológicas e hidrossedimentológicas, mas reflete semelhanças de sua estrutura de modo a subsidiar a análise do papel de cada bacia no aporte de sedimentos em suspensão na Baía da Babitonga.

5.8 O Aporte Sedimentar em Suspensão na Baía da Babitonga

São distintas as contribuições de cada bacia no aporte de sedimentos em suspensão na Baía da Babitonga, assim como o são seus comportamentos hidrológico e hidrossedimentológico associados às suas características principalmente geológicas, geomorfológicas, pluviométricas e de uso da terra.

Para o cálculo dos volumes totais produzidos por cada bacia hidrográfica, foram utilizados os dados de vazão e de concentração de sedimentos em suspensão produzidos a partir do monitoramento mensal efetuado entre abril de 2005 e maio de 2006. Os dados das vazões médias e das concentrações médias de sedimentos em suspensão, referentes a 13 recortes mensais de um momento no ciclo anual dos rios – que, acredita-se, sejam representativos – foram anualizados de modo a se obter a carga sedimentar em suspensão média que é lançada na Baía da Babitonga no decurso de um ano, por rio (quadro 25). Efetuou-se adicionalmente, para efeito de comparação, cálculo semelhante para os dados do rio Cubatão coletados em amostragens esporádicas, efetuadas em momentos de maior pluviosidade, assim como dos monitoramentos diários e horários. Todos os cálculos incluem a fração orgânica.

O maior contribuinte individual de sedimentos em suspensão para a Baía da Babitonga é o rio Cubatão, com um total de 3.139 toneladas por ano, seguido pelo rio do Braço, com 2.789 t/ano. Como o rio do Braço é afluente do rio Cubatão no seu baixo curso, suas contribuições devem ser somadas para efeito de totalização da contribuição. Assim, o total de sedimentos lançados na foz do rio Cubatão é de 5.928 t/ano.

O segundo maior contribuinte é o rio da Onça, com 517 t/ano, seguido pelos rios Três Barras, Pirabeiraba e Canela, com 266, 263 e 260 t/ano, respectivamente.

Os rios Bonito, Cupim, Sete Voltas e Turvo apresentam contribuições menores, de 117, 97, 87 e 84 t/ano, respectivamente, sendo a bacia do rio Turvo aquela que

Quadro 25: cálculo do aporte sedimentar em suspensão anual na Baía da Babitonga, por bacia hidrográfica.

período abril/2005 - maio/2006

	mg/l	Vol (g) / m3/s	kg/min	kg/hora	kg/dia	kg/mês	kg/ano	ton/ano	vazão média m3/s	g/m3/s x vazão média	kg/min	kg/hora	kg/dia	kg/mês	kg/ano	ton/ano
Braço	53,5	53,53	3,21	192,715714	4625,1771	138755,3	1688189,66	1688	1,65	88,44	5,31	318,40	7641,64	229249,22	2789198,82	2789,20
Cubatão	7,5	7,51	0,45	27,05143	649,234	19477	236970,5	237	13,25	99,54	5,97	358,35	8600,52	258015,51	3139188,75	3139,19
Canela	17,4	17,38	1,04	62,5757143	1501,8171	45054,51	548163,257	548	0,47	8,25	0,49	29,70	712,77	21383,19	260162,16	260,16
Pirabeiraba	4,9	4,91	0,29	17,67	424,08	12722,4	154789,2	155	1,70	8,37	0,50	30,12	722,89	21686,76	263855,55	263,86
Bonito	11,3	11,32	0,68	40,7630769	978,31385	29349,42	357084,554	357	0,33	3,73	0,22	13,42	322,11	9663,44	117571,90	117,57
Turvo	11,6	11,62	0,70	41,8371429	1004,0914	30122,74	366493,371	366	0,23	2,67	0,16	9,62	230,79	6923,56	84236,60	84,24
Três barras	2,8	2,80	0,17	10,08	241,92	7257,6	88300,8	88	3,02	8,46	0,51	30,46	731,02	21930,46	266820,56	266,82
Cupim	9,0	8,99	0,54	32,3742857	776,98286	23309,49	283598,743	284	0,35	3,10	0,19	11,17	268,16	8044,73	97877,56	97,88
Sete voltas	7,4	7,35	0,44	26,4738462	635,37231	19061,17	231910,892	232	0,38	2,77	0,17	9,99	239,65	7189,52	87472,54	87,47
Onça	42,7	42,70	2,56	153,72	3689,28	110678,4	1346587,2	1347	0,38	16,40	0,98	59,06	1417,36	42520,86	517337,18	517,34

Amostragem eventual

Cubatão	30,0	30,00	1,80	108	2592	77760	946080	946	24,76	742,67	44,56	2673,60	64166,43	1924992,89	23420746,80	23420,75
---------	------	-------	------	-----	------	-------	--------	-----	-------	--------	-------	---------	----------	------------	-------------	----------

Amostragem diária e horária

Cubatão	19,4	19,45	1,17	70,0114865	1680,2757	50408,27	613300,622	613	15,33	298,19	17,89	1073,50	25763,97	772919,16	9403849,81	9403,85
---------	------	-------	------	------------	-----------	----------	------------	-----	-------	--------	-------	---------	----------	-----------	------------	---------

produz a menor de quantidade de sedimentos em suspensão, por ironia ao seu nome.

Observa-se que a seqüência da síntese dos dados produzidos em toneladas/ano em termos de colocação, ou *ranking*, reflete os agrupamentos previamente efetuados das bacias segundo suas características hidrológicas, hidrossedimentológicas, morfométricas, geológicas, geomorfológicas, pluviométricas e de uso da terra.

É notável o fato de que, em termos médios, a bacia do rio do Braço, com 36,06 km², o que representa 8,4% da área de contribuição total somada à bacia do rio Cubatão, produz 47% dos sedimentos em suspensão lançados na foz do rio Cubatão.

Fato semelhante acontece com a bacia do rio Canela, que, com área de 12,9 km² produz volumes de sedimentos em suspensão muito similares às bacias dos rios Três Barras e Pirabeiraba, que são cerca de 250% maiores.

Em síntese, para padronizar a representação e facilitar a comparação entre as diferentes bacias hidrográficas, adaptou-se a proposta de Christofolletti (1981), de cálculo de vazões específicas, para um cálculo de contribuições específicas, em t/ano/km², ampliado também para km²/t/ano (quadro 26).

Quadro 26: contribuições específicas das bacias estudadas

rio	t/ano	área da bacia (km ²)	t/ano/km ²	km ² /t/ano
Braço	2789,2	36,06	77,36	0,01
Cubatão	3139,2	394,23	7,96	0,13
Canela	260,2	12,90	20,17	0,05
Pirabeiraba	263,9	40,18	6,57	0,15
Bonito	117,6	8,27	14,21	0,07
Turvo	84,2	10,04	8,39	0,12
Três Barras	266,8	46,85	5,69	0,18
Cupim	97,9	13,10	7,47	0,13
Sete Voltas	87,5	12,27	7,13	0,14
Onça	517,3	12,70	40,75	0,02

Nota-se, assim, a expressividade das contribuições individuais dos rios do Braço, da Onça e Canela em termos de potencial de produção de sedimentos em suspensão por unidade de área.

É importante lembrar que os valores calculados foram obtidos a partir do monitoramento efetuado entre abril de 2005 e maio de 2006, em um momento da Baía da Babitonga caracterizado em 2005 pela normalidade dos índices pluviométricos e em 2006 por sua diminuição, em especial a partir de abril.

Não foi possível monitorar os reflexos nos rios de nenhum evento pluviométrico mais significativo durante os 36 meses de trabalhos de campo da pesquisa, de modo a registrar as mudanças bruscas e dramáticas que ocorrem nos rios por ocasião de chuvas muito intensas (figuras 97 e 98).



Figura 97: barragem do canal de derivação do rio Cubatão em momentos de vazão média (esquerda) e de grande pico de vazão (direita). Fotos: Oliveira, 2006; CCJ, 2001.



Figura 98: erosão marginal no rio Cubatão como resultado de grande pico de vazão. Foto: Oliveira, 2001.

Relatos de moradores locais indicam que os picos de vazão para todos os rios estudados são muito intensos e rápidos. São especialmente significativos os picos observados no rio Cubatão, cujas vazões podem variar de valores pouco maiores que $2 \text{ m}^3/\text{s}$ a superiores a $600 \text{ m}^3/\text{s}$, com grandes impactos sobre o transporte sedimentar em suspensão, na forma como observado por Clifford *et al.* (1995), Schütt (2004), Schmidt & Frühauf (2000), Droux *et al.* (2003), Houssain & Eyre (2002), entre tantos outros, em diferentes bacias hidrográficas situadas em distintos contextos ambientais.

Como exemplo, no monitoramento efetuado no dia 24/5/2005, calculou-se que o rio Cubatão lançou na Baía da Babitonga em um período de dez horas volume superior a 909.000.000.000 de litros de água, contendo aproximadamente 32 toneladas de sedimentos em suspensão. Anualizado, esse valor seria de aproximadamente 27.650 toneladas, dez vezes superior àquele encontrado nas médias dos monitoramentos mensais.

Em somatória geral, são lançadas na Baía da Babitonga cerca de 7.624 toneladas/ano de sedimentos em suspensão, sendo 77,8% deste volume localizado na foz do rio Cubatão.

O cálculo do aporte sedimentar em suspensão na Baía da Babitonga é uma estimativa e não um resultado definitivo. Deve-se lembrar todo o percurso amostral e laboratorial seguido, que resultou em quantificações da ordem de toneladas/ano a partir de filtragens de 200ml de 399 amostras de água coletadas de forma pontual em um momento específico dos rios. Os totais assim obtidos podem não ser representativos, pois são reflexo de um recorte no tempo e de processos amostrais e laboratoriais eventualmente falhos, mas são bastante significativos, pois individualmente e em seu conjunto refletem e trazem implícitas questões de sazonalidade climática, de estrutura geológica e geomorfológica, assim como de uso da terra.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos foram os motivos que levaram à elaboração deste estudo, dentre eles a curiosidade por entender, ao menos parcialmente, os fatores que intervêm no funcionamento de um sistema complexo como a produção e transporte de sedimentos em suspensão.

A área objeto de estudo, o setor de 742 km² localizado na margem oeste do Canal do Palmital, na Baía da Babitonga, é composta por dez bacias hidrográficas, dentre elas a bacia do rio Cubatão, com 481 km². Este setor corresponde a 54,2% da área total de contribuição hidrográfica da baía, que vem sofrendo processo de crescente assoreamento há décadas. A necessidade de estudos de natureza hidrológica, sedimentológica e hidrossedimentológica para atividades de planejamento na região justificou a empreitada.

A pesquisa teve como ponto de partida alguns questionamentos fundamentais: quanto sedimento em suspensão é transportado e depositado na baía; qual é a relação da produção desses sedimentos com os regimes climático e hidrológico, com o relevo e sua compartimentação, com o uso da terra; como tratar essas questões de forma integrada. Tais questionamentos levaram a considerar as hipóteses de trabalho de que (1) as quantidades proporcionais de sedimentos carreados em suspensão são desiguais entre bacias hidrográficas vizinhas e que (2) os volumes transportados não são constantes, mas variam ao longo do tempo.

A partir destes questionamentos e hipóteses, definiu-se como objetivo principal da pesquisa estimar o aporte sedimentar em suspensão na baía da Babitonga a partir de um setor de sua área de contribuição hidrográfica, com base em uma análise geomorfológica da relação entre precipitação, relevo e uso da terra, e com apoio de instrumentos no âmbito da geomorfologia, hidrologia e cartografia.

Para tal, adotou-se como referências teórico-metodológicas principais:

(1) A proposta de Ab'Saber (*Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*), de 1969, que apresenta três níveis de tratamento para pesquisas em geomorfologia: a compartimentação da topografia regional e descrição das formas; o conhecimento da estrutura superficial da paisagem e dos materiais que dão sustentação às formas; o entendimento da fisiologia da paisagem através do funcionamento dos processos morfoclimáticos.

(2) A proposta de Tricart (*Ecodinâmica*), de 1977, que introduz o conceito ecológico na análise geomorfológica e propõe a classificação dos ambientes segundo seu funcionamento ecodinâmico, a partir de uma análise morfodinâmica dos processos decorrentes de fluxos de matéria e energia.

Com base na linha metodológica adotada, definiu-se os procedimentos operacionais que consistiram em:

- levantamento bibliográfico e cartográfico;
- levantamento e organização de dados pluviométricos;
- elaboração e/ou adaptação de mapas temáticos de apoio: geológico, geomorfológico, levantamento de solos, clinográfico, hipsométrico, cobertura vegetal, uso da terra, pluviométrico;
- medições de vazões e coletas de amostras de águas, realizadas em caráter mensal, e com alguns recortes temporais detalhados diários e horários para o rio Cubatão;
- análises laboratoriais para quantificação de sedimentos em suspensão;
- análise cartográfica, estatística;
- análise conjunta.

Os resultados obtidos e análises efetuadas confirmaram as hipóteses de trabalho. Há um nítido diferencial do comportamento hidrológico e hidrossedimentológico entre as bacias hidrográficas, que se reflete em distintas parcelas de contribuição de cada bacia no aporte sedimentar em suspensão na baía.

Apresentam comportamentos e contribuição sedimentar próximos as bacias dos rios Três Barras e Pirabeiraba e dos rios Turvo, Cupim e Sete Voltas. As demais bacias, dos rios do Braço, Canela, Bonito, e da Onça apresentam comportamentos mais individualizados, associados a diferentes fatores, destacando-se a estrutura geológica, a compartimentação do relevo e o uso da terra.

Estimou-se que são lançadas na Baía da Babitonga, a partir da área da pesquisa, cerca de 7.624 toneladas/ano de sedimentos em suspensão, estando 77,8% deste volume concentrado na foz do Rio Cubatão.

Tal valor é uma estimativa, obtida a partir de um monitoramento discreto com frequência mensal, que, acredita-se, ser representativo.

O volume de dados coletados e produzidos na pesquisa foi grande, cuja manipulação conduziu, em muitos momentos, a uma encruzilhada. O resultados da pesquisa refletem, assim, tomadas de decisão quanto a procedimentos metodológicos em campo, em laboratório e no processo de análise parcial e integrada dos resultados.

O material coletado e produzido não foi utilizado em sua totalidade. As possibilidades de análises adicionais são extensas e devem ser aproveitadas em futuro próximo. Talvez a maior contribuição desta pesquisa não seja os resultados obtidos em si, mas a abertura de uma nova frente de análises e trabalhos na região da Baía da Babitonga.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

Referências Bibliográficas

- ABREU, A.A. A Teoria Geomorfológica e sua Edificação: análise crítica. **Revista IG**, v.4 (1/2), jan/dez 1983.
- AB'SABER, A.N. **Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário**. São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1969. 23p. (Geomorfologia, 18)
- AB'SABER, A.N. O Ribeira de Iguape: uma setorização endereçada ao planejamento regional. **Boletim Técnico Sudelpa**, n.1, 1985. p.1-35.
- AGRA, S.G.; SOUZA, V.C.B; CASTRO, N.M.; SILVEIRA, A.L.L. **Medição de vazão e descarga sólida na bacia do rio Potiribu: arroio Turcato, Pejuçara – RS**. Projeto Potiribu, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, 2000. Disponível em: <http://www.iph.ufrgs.br/potiribu/publicacoes/file.asp?num=3&type=application/pdf>. Acesso em junho de 2005.
- AHNERT, F. **Einführung in die Geomorphologie**. Stuttgart, Ulmer, 2.Auflage, 1999. 440p.
- AL-ANSARI, N.A.; ASAAD, N.M.; WALLING, D.E.; HUSSAN, S.A. The suspended sediment discharge of the River Euphrates at Haditha, Iraq: an assessment of the potential for establishing sediment rating curves. **Geografiska Annaler**, v.70 A, n.3, 1988. p.203-213.
- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C.D.R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v.28, n.2, 1998. p. 135-150.
- AMBERS, K.R.; DRUCKENBROD, D.L.; AMBERS, C.P. Geomorphic response to historical agriculture at Monument Hill in the Blue Ridge Foothills of Central Virginia. **Catena**, n.65, 2006. p. 49-60.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb**. <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 13/07/2006.
- ANDERSON, P.S.; VERSTAPPEN, H.T. Aspectos Básicos da Fotointerpretação. *In*: ANDERSON, P.S. **Fundamentos para Fotointerpretação**. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Cartografia, 1982. p. 41-53.
- ASSELMAN, N.E.M. Suspended Sediment in the River Rhine. **Nederlandse Geographische Studies**, n. 234, 1997. p.32-43.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de Estatística à Climatologia**. Pelotas, Editora Universitária da Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161p.

AYOUADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 3ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1991. 332p.

BANDEIRA, D. R. **Ceramistas Pré-coloniais da Baía da Babitonga – Arqueologia e Etnicidade**. Campinas, UNICAMP, 2004. 257 p. (Tese – Doutorado)

BANDEIRA, D. R. Povos sambaquianos: os construtores dos montes de conchas e os mais antigos moradores da Baía da Babitonga. *In: Joinville Ontem e Hoje*. Joinville, Câmara de Vereadores de Joinville, v.3, p. 4-9, março 2005.

BARBOSA, G.V.; SILVA, T.C.; NATALI F^O, T.; DEL'ARCO, D.M; COSTA, R.C.R. Evolução da Metodologia para Mapeamento Geomorfológico do Projeto RadamBrasil. **Geociências**, n.2, 1983. p.7-20.

BARSCH, D.; LIEDTKE, H. Methoden und Anwendbarkeit geomorphologischer Detailkarten – Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm II. **Berliner Geographische Abhandlungen**, Heft 31. Berlin, 1980. 104p.

BARSCH, D.; LIEDTKE, H. Erträge und Fortschritte der geomorphologischen Detailkartierung - Beiträge zum GMK-Schwerpunktprogramm III. **Berliner Geographische Abhandlungen**, Heft 35. Berlin, 1982. 134p.

BAUNGARTEN, A.P.; FELIX, D.; MÜLLER, M. **Avaliação da Precipitação Média na Bacia do Rio Chopim**. Lactec – Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2003. Disponível em: http://www.lactec.org.br/publicacoes/2003/054_2003.pdf. Acesso em 28/07/2006.

BECHT, M. Die Schwebstoffführung der Gewässer im Lainbachtal bei Benediktbeuern/Obb. **Münchener Geographische Abhandlungen - Reihe B**, n.2, 1986. p.1-21 / 58-69 / 190-201.

BECKINSALE, R.P. River Regimes. In: CHORLEY, R.J. (ed.) **Introduction to Physical Hydrology**. Bungay, Methuen & Co. Ltd., 1973. 211p.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global – Esboço Metodológico**. (1968). São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1972. 27p. (Caderno de Ciências da Terra, 13)

BIGARELLA, J.J. **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná**. Curitiba, Secretaria de Estado do Planejamento / Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1978. 248p.

BOSSHART, U. Catchment discharge and suspended sediment transport as indicators of the performance of physical soil and water conservation in the Ethiopian Highlands. **Advances in Geocology**, n.31, 1998. p. 403-413.

BRASINGTON, J. RICHARDS, K. Turbidity and suspended sediment dynamics in small catchments in the Nepal Middle Hills. **Hydrological Processes**, v.14, n.14, p. 2559-2574, nov.2000.

BRYCE, S.; LARCOMBE, P.; RIDD, P.V. Hydrodynamic and geomorphological controls on suspended sediment transport in mangrove creek systems, a case study: Cocoa Creek, Townsville, Austrália. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.56, 2003. p.415-431.

CALHOUN, R.S.; FLETCHER III, C.H. Measured and predicted sediment yield from a subtropical, heavy rainfall, steep-sided river basin: Hanalei, Kauai, Hawaiian Islands. **Geomorphology**, n.30, 1999. p.231-226.

CARBONNOIS, J. Les facteurs de la variation spatio-temporelle des transports solides e dissous. Exemple de trois bassins versants en Lorraine. **Géomorphologie: relief, processus environnement**, n.4, 1998. p.313-330.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. Rio de Janeiro, CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, N.O.; FILIZOLA JR., N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de Páticas Sedimentométricas**. Brasília, Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 154p.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia, Centro Editorial e Gráfico da UFG, 1990. 136p.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em:
<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em 24/08/2006.

CHORLEY, R.J. A Geomorfologia e a Teoria dos Sistemas Gerais. **Notícia Geomorfológica**, v.11, n.21, 1971. p. 3-22.

CHORLEY, R.J. (ed.) **Introduction to Fluvial Processes**. Bungay, Methuen & Co. Ltd., 1973a. 218p.

CHORLEY, R.J. (ed.) **Introduction to Physical Hydrology**. Bungay, Methuen & Co. Ltd., 1973b. 211p.

CHRISTOFOLETTI, A. **A Mecânica do Transporte Fluvial**. São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1977. 23p. (Geomorfologia, 51)

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1980. 188p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgard Blücher, 1981. 313p.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicação da Abordagem em Sistemas na Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia**, v.52, n.2, abr/jun 1990. p. 21-35.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 1999. 236p.

CHURCH M.; MARK D.M. On Size and Scale in Geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v.4, n.4, 1980. p. 342-390.

CLIFFORD N.J.; RICHARDS, K.S.; BROWN, R.A.; LANE, S.N. Scales of Variation os Suspended Sediment Concentrations and Turbidity in a Glacial Meltwater Stream. **Geografiska Annaler**, v. 77A, 1995. p. 45-65.

CNRS – CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE. **Légende pour la Carte Géomorphologique de la France au 1:50.000**. 1970.

COLTRINARI, L. Um Exemplo de Carta Geomorfológica de Detalhe: a carta do médio vale do rio Paratéj, SP (1:25.000). **Revista do Departamento de Geografia**, separata do n.1, p.55-63.

COLTRINARI, L. Cartas Geomorfológicas. **Orientação**, n. 5, 1984. p.96-99.

COLTRINARI, L. Natural and Anthropogenic Interactions in the Brazilian Tropics. *In* BERGER, A.R.; IAMS, W.J. **Geoindicators - Assessing rapid environmental changes in earth systems**. Rotterdam, A.A. Balkema, 1996. p.295-310.

CRESPO, A.A. **Estatística Fácil**. 18.ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2002. 224p.

DAVIDSON-ARNOTT, R.G.D.; PROOSDIJ, D.; OLLERHEAD, J. SCHOSTAK, L. Hydrodynamics and sedimentation in salt marshes: examples from macrotidal marsh, Bay of Fundy. **Geomorphology**, n.48, 2002. p.209-231.

DE BIASI, M. A Carta Clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, 1992. p. 45-60.

DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. *In*: **Proceedings of the IGU Commission on Applied Geomorphology, sub-commission on Geomorphological Mapping**, 1967. p. 36-72.

DNAEE – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. DIVISÃO DE CONCESSÃO DE RECURSOS HÍDRICOS. **Manual para Serviços de Hidrometria**. São Paulo, 1977.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES; IME – INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA. **Estudos Ambientais da Baía da Babitonga – Canal do Linguado (Relatório Final)**. Disponível em: http://dnit.ime.eb.br/br280/relatorio_final/relatorio_final_babi.pdf. Acesso em 20/7/2005.

DROUX, J.P.; MIETTON, M.; OLIVRY, J.C. Flux de matières particulaires en suspension en zone de savane soudanienne: l'exemple de trois bassins versants

maliens représentatifs. **Géomorphologie: relief, processus environnement**, n.2, 2003. p.99-110.

DURY, G.H. Hydraulic Geometry. In: CHORLEY, R.J. (ed.) **Introduction to Fluvial Processes**. Bungay, Methuen & Co. Ltd., 1973. 218p.

EDWARDS, T.K.; GLYSSON, G.D. **Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment**. Reston, Virginia, United States Geological Survey (USGS), 1999.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, Embrapa, 1999. 412p.

EPAGRI – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. **Atlas Climatológico de Santa Catarina**. Florianópolis, EPAGRI, 2002. CD-ROM.

ESRI. **Using ArcGIS Geostatistical Analyst – GIS by ESRI**. Redlands, ESRI, 2001.

FAIRBRIDGE, R.W. **The Encyclopedia of Geomorphology**. New York, Reinhold Book Corporation, 1968. 1295p.

FATMA – FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Atlas Ambiental da Região de Joinville - Complexo Hídrico da Baía da Babitonga**. Florianópolis, FATMA/GTZ, 2002. 139p.

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira**. 2ª ed. Fortaleza, Multigraf Editora Ltda, 2000. 340p.

FILL, H.D.; SANTOS, I. **Estimativa da concentração de sedimentos em suspensão através da profundidade Secchi**. Curitiba, Lactec. Disponível em: lactec.org.br/publicacoes/2001/035_2001.pdf. Acesso em 19/07/2005.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. **Hidrologia**. 2.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 1988. 291p.

GASA – GRUPO DE ANÁLISE DE SISTEMAS AMBIENTAIS. **Métodos de Interpolação**. Disponível em: <http://gasa.dcea.fct.unl.pt/tig/AulaT4/Interpol.html>. Acesso em 28/06/2006.

GERASIMOV, I. Problemas Metodológicos de la Ecologización de la Ciencia Contemporánea (1965). In GERASIMOV, I. **La Sociedad y el Medio Natural**. Moscu, Editorial Progreso, 1983. 205p.

GERRARD, J. Soil Geomorphology – Present dilemmas and future challenges. **Geomorphology**, n.7, 1993. p.61-84.

GLOBAL WATER. **FP101-FP201 Global Flow Probe User's Manual**. Global Water instrumentation, Inc. Disponível em: <http://www.globalw.com>. Acesso em junho de 2005.

GONÇALVES, M. L.; CARVALHO, R. J.; BARBOSA, A.; VOLTZ, R. Descrição dos aspectos fisiográficos da bacia do rio Cubatão, região nordeste de Santa Catarina. **Revista Saúde e Ambiente**. v.3, n.2, 2002. p.49-59.

GOODCHILD, M.F., KEMP K.K. **NCGIA Core Curriculum in GIS**. National Center for Geographic Information and Analysis, University of California, Santa Barbara CA, 1990. Disponível em <http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/u40.html>. Acesso em 29/07/2006.

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1992. 367p.

HARDY, R.J. Fluvial Geomorphology. **Progress in Physical Geography**, v. 30, n.4, 2006. p.553-567.

HICKS, D.M.; GOMEZ, B. Sediment Transport. In: KONDOLF G.M.; PIÉGAY, H. **Tools in Fluvial Geomorphology** (eds.). Chichester, John Wiley & Sons, 2003. 668p.

HORN FILHO, N.O. **O Quaternário costeiro da Ilha de São Francisco do Sul e arredores, Nordeste do Estado de Santa Catarina: aspectos geológicos, evolutivos e ambientais**. Porto Alegre, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO, UFRGS, 1997. (Tese - Doutorado)

HOSSAIN, S.; EYRE, B. Suspended Sediment Exchange through the Sub-tropical Richmond River Estuary, Australia: a balance approach. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n.55, 2002. p.579-586.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, FIBGE, 1992. 92p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1995. 113 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 5).

IDE, B.Y.; ALTHOFF, D.A.; THOMÉ, V.M.R.; VIZZOTTO, V.J. **Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina**. 2ª etapa. Florianópolis, EMPASC, 1980. 106p.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **SPRING Básico – Tutorial 10 aulas (SPRING 4.2)**. São José dos Campos, INPE, 2005. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html>. Acesso em 20/05/2006.

IOS – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Liquid flow measurement in open channels – Methods for measurement of suspended sediment**. International Standard ISO 4363, 1st ed., 1977

JAKOB, A.A.E. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. In: XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, Ouro Preto, 2002.

Anais... Disponível em:

http://www.abep.nepo.unicamp.br/docs/anais/pdf/2002/GT_SAU_ST3_Jakob_texto.pdf#search=%22ArcGis%20nugget%22. Acesso em 28/09/2006.

JAKOB, A.A.E.; YOUNG, A.F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP. Caxambu, 2006. **Anais...** Disponível em:

http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/ABEP2006_388.pdf#search=%22ArcGis%20anisotropia%22. Acesso em 28/09/2006.

KITHEKA, J.U.; OBIERO, M.; NTHENGE, P. River discharge, sediment transport and exchange in the Tana Estuary, Kenya. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, n. 63, 2005. p.455-468.

KLEIN, M. The relation between channel geometry and suspended sediment transport in the downstream direction. **Zeitschrift für Geomorphologie**, v.26, n.4, 1982. p.491-494.

KLIMASZEWSKI, W. Detailed Geomorphological Maps. **ITC Journal**, vol. 1982-3, 1982. p.265-272.

KLIMENT Z. Transport of suspended sediments in various regions of the Czech Republik. **Acta Universitatis Carolinae - Geographica**, n.1, 2003. p. 157-166.

KLINK, H.J. **Geocologia e Regionalização Natural**. (1974). São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1981. 32p. (Biogeografia, 17)

KLINK, H.J. Ökologie und Umwelt: Physische Geographie in einer Veränderten Rolle. **Geographentag Bochum, Band 2: Ökologie und Umwelt - Analyse, Vorsorge, Erziehung**. Stuttgart, Steiner Verlag, 1993.

KOHLER, H.C. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.2, n.1, 2001. p. 21-33.

KONDOLF G.M.; PIÉGAY, H. **Tools in Fluvial Geomorphology** (eds.). Chichester, John Wiley & Sons, 2003. 668p.

KOTHYARI, U.C.; JAIN, M.K.; Raju, K.G.R. Estimation of temporal variation of sediment yield using GIS. **Hydrological Sciences Journal**, v.47, n.5, p.693-706, oct. 2002.

KUNDZEWICZ, Z. W. Ecohydrology – seeking consensus on interpretation of the notion. **Hydrological Sciences Journal**, v.47, n.5, p.799-822, oct. 2002.

LAPPONI, J.C. **Estatística usando Excel**. São Paulo, Lapponi Treinamento e Editora, 2000. 450p.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. New York, Dover Publications, 1992. 522p.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo, oficina de Textos, 2002. 178p.

LEWIS, J. Turbidity-controlled suspended sediment sampling for runoff-event load estimation. **Water Resources Research**, v. 32, n. 7, p. 2299-2310, jul.1996. Disponível em: <http://www.fs.fed.us/psw/publications/lewis/Lewis96.pdf>. Acesso em 19/07/2005.

LEWIS, J.; EADS, R. Turbidity-controlled suspended sediment sampling. **Watershed Management Council Networker**, v.6, n.5, 1996. Disponível em: http://www.watershed.org/news/sum_96/turbid.html. Acesso em 19/07/2005.

LI, Z.; ZHANG, Y.K; SCHILLING, K.; SKOPEC, M. Cokriging estimation of daily suspended sediment loads. **Journal of Hydrology**, 2006. [no prelo]

LIBAULT, A. **Os Quatro Níveis da Pesquisa Geográfica** (1971). São Paulo, Laboratório de Cartografia, DG/FFLCH/USP, 1994, 19 p. (Geocartografia,1)

LIMA, M.I.C. **Introdução à Interpretação Radargeológica**. Manuais Técnicos em Geociências, n.3. Rio de Janeiro, FIBGE/IBGE, 1995. 124p.

MADEJ, M.A; WILZBACH, M.; CUMMINS, K.; ELLIS, C.; HADDEN, S. The contribution of suspended organic sediments to turbidity and sediment flux. **Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop**, Reno, 2002. Disponível em: <http://water.usgs.gov/osw/techniques/TSS/madej.pdf>. Acesso em 19/07/2005.

MAZZER, A.M.; OLIVEIRA, F.A. Contribuição à Geomorfologia da Planície Costeira da Vila da Glória, São Francisco do Sul (SC). **Revista Univille**, v.9, ed. Especial, 2004. p. 37-65.

MELO, U.; SUMMERHAYES, C.P.; TONER, L.G. Metodologia para o estudo do material em suspensão na água do mar. **Boletim Técnico Petrobrás**, v.18, n.3/4, jul-dez 1975. p.115-127

MEŠCERJAKOV, J.P. Les Concepts de Morphostructure et de Morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, v. 77, n. 423, 1968. p. 539-552.

MOLIERE. D. Analysis of historical streamflow data to assist sampling design in Gulungul Creek, Kakadu National Park, Australia. Supervising Scientist Report 183, **Supervising Scientist**, Darwin, 2005. 45p.

MORAES, A.C.R. **Geografia – pequena história crítica**. 12. ed. São Paulo, Hucitec, 1993. 138p.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa, Editora da UFV, 2005, 3ª ed. 320p.

NAZARETH, H.R.S. **Curso Básico de Estatística**. São Paulo, Editora Ática, 2001. 160p.

- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1989. 421p.
- NIPPES, K.R.; Erfassung von Schwebstofftransporten in Mittelgebirgsflüssen. **Geoökodynamic**, n.4, 1983. p.105-124.
- NOVO, E.M.L.M. Métodos e Técnicas Aplicadas aos Estudos Geomorfológicos. **Sociedade e Natureza**, v.8, n.15, 1996. p. 20-24.
- OLIVEIRA, F.A. **Parâmetros Ambientais como Suporte ao Planejamento Urbano: estudo de caso no município de Jundiá, SP**. São Paulo, Departamento de Geografia / FFLCH / USP, 2001. 157p. (Dissertação – Mestrado)
- OLIVEIRA, F.A. Análise Preliminar de Impactos da Atividade Mineradora no Leito do Rio Cubatão Norte (Joinville, SC) sob a Ótica da Geomorfologia. **Revista Saúde e Ambiente**, vol. 3, n.1, 2002. p.23-27.
- OLIVEIRA, M.S.C. **Os Sambaquis da Planície Costeira de Joinville, Litoral Norte de Santa Catarina: Geologia Paleogeografia e Conservação in situ**. Florianópolis, CFH / UFSC, 2000. 310p. (Dissertação – Mestrado)
- ORWIN, J.F.; SMART, C.C. An inexpensive turbidimeter for monitoring suspended sediment. **Geomorphology**, n.68, p.3-15, 2005. Disponível em: <http://www.sfu.ca/~jorwin/Corrected%20Proof%20HOBS.pdf>. Acesso em 19/07/2005.
- PAVANELLI D.; PAGLIARANI A. Monitoring Water Flow, Turbidity and Suspended Sediment Load from an Apennine Catchment Basin, Italy. **Biosystems Engineering**, v.83, n.4, 2002. p. 463-468.
- PENTEADO ORELLANA, M.M. Metodologia Integrada no Estudo do Meio Ambiente. **Geografia**, v.10, n.20, p. 125-148, out/1985.
- PHILLIPS J.D. Biogeomorphology and Landscape Evolution: the Problem of Scale. **Geomorphology**, n. 13, 1995. p. 337-347.
- PIÉGAY, H.; SCHUMM, S.A. System Approaches in Fluvial Geomorphology. In: KONDOLF G.M.; PIÉGAY, H. **Tools in Fluvial Geomorphology** (eds.). Chichester, John Wiley & Sons, 2003. 668p.
- PINTO, N.L.S; HOLTZ, A.C.T. Medições de Vazão. In: PINTO, N.L.S; HOLTZ, A.C.T.; MARTINS, J.A.; GOMIDE, F.L.S. **Hidrologia Básica**. São Paulo, Edgard Blücher, 1976. p.182-204.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. **Entre o Tempo e a Eternidade**. Lisboa, Gradiva, 1988. 267p.
- RILEY, S.J. The sediment concentration-turbidity relation: its value in monitoring at Ranger Uranium Mine, Northern Territory, Australia. **Catena**, v.32, n.1, p.1-14, feb. 1998.

RIMBERT, S. **Metodologia Cartográfica Comparada em Geomorfologia**. São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1976. 12 p. (Cartografia, 3)

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições Ltda., 1997. 747p.

RODDA, J.C. The Flood Hydrograph. In: CHORLEY, R.J. (ed.) **Introduction to Physical Hydrology**. Bungay, Methuen & Co. Ltd., 1973. 211p.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada – Avaliação de Experiências e de Instrumentos de Planejamento Físico-Territorial e Ambiental Brasileiros**. São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 1997. 250 p. (Tese - Doutorado)

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua Contribuição aos Estudos Geográficos e Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n.14, p. 69-77, 2001.

ROSS, J.L.S. **Estudo e Cartografia Geomorfológica da Província Serrana – MT**. São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 1987. 326 p. (Tese - Doutorado)

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo, Contexto, 1991. 84p.

ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J.L.S. Análises e Sínteses na Abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 9, p. 65-75, 1995.

ROSS, J.L.S. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. n.12. p.89-121, 1998.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia e Geografia Aplicadas à Gestão Territorial: Teoria e Metodologia para o Planejamento Ambiental**. São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 2001. 324 p. (Tese – Livre Docência)

ROVIRA, A.; BATALLA, R.J.; SALA, M. Fluvial sediment budget of a mediterranean river: the lower Tordera (Catalan Coastal Ranges, NE Spain). **Catena**, n.60, 2005. p. 19-42.

SAINT-HILAIRE, A. **Viagem á Província de Santa Catharina (1820)**. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1936. 252p.

SALOMÉ, A.I.; van DORSSER, H.J. Exemples of 1:50.000 Scale Geomorphological Maps of Part of the Ardennes. **Zeitschrift für Geomorphologie**, vol. 46, n. 4, p. 481-489, 1982.

SANTA CATARINA. GAPLAN – GABINETE DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL. SUBCHEFIA DE ESTATÍSTICA, GEOGRAFIA E INFORMÁTICA. **Atlas de Santa Catarina**. Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro, 1986. 173p.

SANTA CATARINA. SDM – SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. **Zoneamento Ecológico Econômico – Baixada Norte Catarinense**. Florianópolis, 1999. 147 p.

SANTA CATARINA. SDS – SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL, URBANO E MEIO AMBIENTE. **Parecer Técnico sobre a Reabertura do Canal do Linguado**. Parecer Gepam nº 006/04. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro/ Gerência de Planejamento Ambiental –GEPAM, 2004 (documento inédito)

SANTANA, N.A. **A Produção do Espaço Urbano e os Loteamentos na Cidade de Joinville (SC) - 1949/1996**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, 1998. (Dissertação – Mestrado)

SANTANA, N.A.; GONÇALVES, M.N.; CARVALHO, R.J. Levantamento de Feições Topográficas para o Mapeamento Geológico Estrutural da Região Nordeste de Santa Catarina através de Técnicas Digitais. **Revista Saúde e Ambiente**, vol. 2, n.1, 2001. p.32-40.

SANTOS, I.; FILL, H.D.; SUGAI, M.R.v.B.; BUBA, H.; KISHI, R.T.; MARONE, E.; LAUTERT, L.F. **Hidrometria Aplicada**. Curitiba, Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço, Tempo: Globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo, Hucitec, 1996.

SANTOS, M. **Território e Sociedade**. São Paulo, Fundação Perseu Abramo, 2000. 127p.

SCHETTINI, C.A.F.; CARVALHO, J.L.B. Caracterização hidrodinâmica do estuário do rio Cubatão, Joinville. **Notas Técnicas Facimar**, n.3, 1999. p. 87-97.

SCHMIDT K.H. Messung und Bewertung der zeitlichen und räumlichen Variabilität des Schwebstofftransports. **Heidelberger Geographische Arbeiten – Beiträge zur Physiogeographie**, n. 104, 1996. p. 352-372.

SCHMIDT G.; FRÜHAUF M. Abflusssdynamik und Stofftransport im Einzugsgebiet des wiedererentstehenden salzigen Sees. **Geoökodynamik**, n. 21, 2000. p. 229-252.

SHERMAN, D.J. Methodology in Geomorphology: Traditions and Hypocrisy. **Annals of the Association of American Geographers**. v.89, n.4. p.687-696, dec. 1999.

SHÜTT B. Schwebstoff-Bilanzen von Flüssen der Nordeifel. **Forschungsstelle Bodenerosion**, n.12, 1994. p. 93-111.

SIAKEU, J.; OGUSHI, T.; AOKI, T.; ESAKI, Y.; JARVIE, H.P. Change in riverine suspended sediment concentration in central Japan in response to late 20th century human activities. **Catena**, n.55, 2004. p.231-254.

SOLER, M.; REGÜÉS, D.; GALLART, F. Estudio del Tamaño de las Partículas en Suspensión en Relación con el Caudal y la Concentración de Sedimento en una Cuenca de Montaña. **Revista C & G**, v. 3-4, n.17, 2003. p.69-77.

SOTCHAVA, V.B. O Estudo de Geossistemas. São Paulo, Instituto de Geografia / USP, 1977. 51 p. (Métodos em Questão, 16)

SOUZA, C.R.G. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 1, 2005. p. 45-62.

SPEEDING, N. On Growth and Form in Geomorphology. **Earth Surface Processes and Landforms**. n.22, p.261-265, 1997.

STATSOFT, Inc. **Electronic Statistics Textbook**. Tulsa, OK: StatSoft, 2006. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/stathome.html>. Acesso em 16/07/2006.

STEINHARDT, U.; VOLK, M. Von der Makropore zum Flusseinzugsgebiet - hierarchische Ansätze zum Verständnis des landschaftlichen Wasser- und Stoffhaushaltes. **Petermanns Geographische Mitteilungen**, v. 144, n.2, 2000. p. 80-91.

STRAHLER, A.N.; STRAHLER, A.H. **Geografía Física**. 3ª ed. Barcelona, Ediciones Omega, 2000. 550p.

SUTHERLAND, R.A.; BRYAN, R.B. Flow dynamics and the variability of suspended sediment in the semiarid tropical stream, Baringo District, Kenya. **Geografiska Annaler**, v. 72 A, n.1, 1990. p.23-39.

SVARICHEVSKAYA, Z.A. The Tasks of the Geomorphological Mapping. *In: Proceedings of the IGU Commission on Applied Geomorphology, sub-commission on Geomorphological Mapping*, p. 167-177, 1967.

SUGUIO, K.; KUTNER, A.S. Estudo dos Sedimentos do Rio Cubatão (Estado de São Paulo). **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, v.18, n.1, 1969. p.57-78.

SUGUIO, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher, 1973. 317p.

SUGUIO, K; BIGARELLA, J.J. **Ambientes Fluviais**. Florianópolis, Editora da UFSC / Editora da UFPR, 1990. 183p.

- SYMADER, W. Statistische Untersuchungen zur Schwebstoffbelastung in kleinen Einzugsgebieten. **42. Deutscher Geographentag Göttingen – Tagungsbericht und wissenschaftliche Abhandlungen**. Wiesbaden, Franz Steiner Verlag, 1980. p. 356-358.
- SYMADER, W. Zeitlich variante Eigenschaften Fluviatiler Schwebstoffe - ein Werkstattbericht. **Göttinger Geographische Abhandlungen**, n. 86, 1989. p.137-143.
- TAMENE, L.; PARK, S.J.; DIKAU, R.; VLEK, P.L.G. Analysis of factors determining sediment yield variability in the highlands of northern Etiópia. **Geomorphology**, 2005. (no prelo).
- TERAJIMA, T.; SAKAMOTO, T.; NAKAI, Y.; KITAMURA, K. Suspended sediment discharge in subsurface flow from the head hollow of a small forested watershed, northern Japan. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.22, n.987-1000.
- TERMAN, J.L.; MURGATROYD, H. The role of vegetation in baseflow suspended sediment and specific conductance in granite catchments, SW England. **Catena – Supplement 5**, 1984. p.51-62.
- THOMAS, M.F. **Geomorphology in the Tropics**. Chichester, John Wiley & Sons, 1994. 433p.
- TOY, T.J.; HADLEY, R.F. **Geomorphology and Reclamation of Disturbed Lands**. Orlando, Academic Press, 1987. 480 p.
- TRICART, J. **Método de Estudos Hidrológicos**. Salvador, Publicações da Universidade da Bahia, 1960. p.5-14.
- TRICART, J. **Principes et Methodes de la Geomorphologie**. Paris, Masson, 1965. 496 p.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977. 97p.
- TRUCCOLO, E.C.; SCHETTINI, C.A.F. Marés astronômicas na baía da Babitonga, SC. **Notas Técnicas Facimar**, n.3. p. 57-66, 1999.
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**. 2^a ed. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS, 2001. 943p.
- UHLENBROOK S.; LEIBUNDGUT C. Abflußbildung bei Hochwasser in verschiedenen Raumskalen. **Wasser und Boden**, v.49, Sept. 1997. p.13-22.
- UHRICH, M.A. Determination of total and clay suspended-sediment loads from instream turbidity data in the North Santiam river basin, Oregon: 1998-2000. **Turbidity and Other Sediment Surrogates Workshop**, Reno, 2002. Disponível em: <http://water.usgs.gov/osw/techniques/TSS/uhrich2.pdf>. Acesso em 19/07/2005.

VALE, C.C. **Séries Geomórficas Costeiras do Estado do Espírito Santo e os Habitats para o Desenvolvimento dos Manguezais : uma visão sistêmica.** São Paulo, Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 2004. 386 p. (Tese - Doutorado)

VIEIRA, S. **Princípios de Estatística.** São Paulo, Editora Guazzelli, 1999. 144p.

WALLING, D.E.; OWENS, P.N.; LEEKS, G.J.L. The role of channel and floodplain storage in the suspended sediment budget of the river Ouse, Yorkshire, UK. **Geomorphology**, n.22, 1998. p.225-242.

WALSH S.J.; BUTLER, D.R.; MALANSON, G.P. An Overview of Scale, Pattern, Process Relationships in Geomorphology: a Remote Sensing and GIS Perspective. **Geomorphology**, n.21, 1988. p. 183-205.

WOOD, P.A. Suspended sediment in a tropical environment of seasonal flow and large floods: Hope River, Jamaica. **The Journal of Tropical Geography**, v. 45, 1977. p.65-69.

YATSU, E. To Make Geomorphology more Scientific. **Transactions.** Japanese Geomorphological Union. v.13, n.2, 2002. p. 87-124.

Referências Cartográficas

ANGELINI, S.; FARABOLLINI, P.; MENOTTI, R.; MILLESIMI, F.; PETITTA, M. **Carta Geomorfológica-Turística del Comprensorio dei Monti Reatini (Appennino Centrale).** Firenze, Litografia Artistica Cartografica, 2004. (escala 1:12.500)

BALLERINI, P.; MAGINI, S.; MORETTI, S.; RANFAGNI, L.; RADOLFI, G. **Carta Geomorfológica del Comune di Atri.** Firenze, Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Scienze della Terra, 1995. (escala 1:25.000)

BONDESAN, A.; MENEGHEL, M.; ROSSELLI, R.; VITTURI, A. (eds) **Carta Geomorfológica della Provincia di Venezia.** Venezia, 2004.

COUTARD, J.P.; FERREIRA, R.P.D.; PELLERIN, J.; QUEIROZ NETO, J.P.; AILLAUD, C; AGUIAR, M.B.; REIS, M.S.L.S.; HERZ, R.; FRANÇOZO, S.C.; WATANABE, A.S. **Carta Geomorfológica de São Pedro.** São Paulo, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1977.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. **Folhas São Francisco do Sul (SG-22-Z-B-II-2), Garuva (SG-22-Z-B-II-1), Araquari (SG-22-Z-B-II-4), Joinville (SG-22-Z-B-II-3) e Jaraguá do Sul (SG-22-Z-B-I-4).** Rio de Janeiro, IBGE, 1981. (escala 1:50.000)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. DIVISÃO DE GEOCIÊNCIAS DO SUL. **Mapa Fitoecológico -**

Vegetação Original ou Primária (Folhas SG-22-Z-B-II e SG-22-Z-B-I).

Florianópolis, IBGE, 2002. (escala 1:100.000)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. DIVISÃO DE GEOCIÊNCIAS DO SUL. **Mapa Geológico (Folhas SG-22-Z-B-II e SG-22-Z-B-I)**. Florianópolis, IBGE, 2001. (escala 1:100.000)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. DIRETORIA DE GEOCIÊNCIAS. DIVISÃO DE GEOCIÊNCIAS DO SUL. **Reconhecimento de Solos (Folhas SG-22-Z-B-II e SG-22-Z-B-I)**. Florianópolis, IBGE, 2002. (escala 1:100.000)

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos estados do Paraná e Santa Catarina**. Série Geologia. Seção Geologia Básica. Brasília, DNPM, n.28, p.1-40, 1988. (escala 1:200.000)

SGE – SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO. **Folha São Miguel (SG-22-Z-B-I-2)**. Rio de Janeiro, SGE, 1968. (escala 1:50.000)

ANEXOS

ANEXO 1 – Tabelas de Atributos dos Mapas Utilizados

GEOLOGIA

CÓDIGO	TIPO	IDADE	UNIDADE	DESCRIÇÃO	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
Urbano	Áreas urbanizadas	Áreas urbanizadas	Áreas urbanizadas	Áreas urbanizadas	9479291,553	66252,499	947,929
Psym3	Granitos	Proterozóico Superior	Suíte Intrusiva Serra do Mar	Granito Pirai: microgranitos, granitos granofíridicos, granófiros e granitos alasquíticos	5810150,074	16800,542	581,015
QHm	Areias quartzosas	Holoceno	Sedimentos Holocênicos	Areias quartzosas marinhas bemselecionadas	12358077,352	47074,488	1235,808
QHca	Sedimentos coluvionares	Holoceno	Sedimentos Holocênicos	Sedimentos col-vio-al-vio-eluviais indiferenciados	7162566,611	52839,174	716,257
QHa	Sedimentos aluvionares	Holoceno	Sedimentos Holocênicos	Sedimentos aluvionares: cascalheiras, areias e sedimentos siltico-argilosos	156770707,254	283374,227	15677,071
Ala	Gnaisses granulíticos	Arqueano	Complexo Luís Alves	Gnaisses granulíticos ortoderivados, cálcio-alcalinos básicos, formações ferríferas restritas, paragneisses e gnaisses migmatíticos	354915377,314	393467,600	35491,538
QHmg	Sedimentos de mangue	Holoceno	Sedimentos Holocênicos	Sedimentos argilo-siltico-arenosos de ambiente de mangue, ricos em matéria orgânica	26626441,691	166744,798	2662,644
PSym2	Granitos	Proterozóico Superior	Suíte Intrusiva Serra do Mar	Granito Dono Francisca: microgranitos, granitos granofíridicos, granófiros e granitos alasquíticos	54955519,075	35772,202	5495,552
QHfm	Sedimentos fluvio-marinhos	Holoceno	Sedimentos Holocênicos	Sedimentos de deposição fluvio-marinha	23676170,248	52082,076	2367,617
PSym1	Granitos	Proterozóico Superior	Suíte Intrusiva Serra do Mar	Granito Morro Redondo: biotita e sienogranitos	80921977,510	48473,449	8092,198
PScas	Ortoconglomerados	Proterozóico Superior	Grupo Campo Alegre	Ortoconglomerados polimíticos, arcósios, siltitos e tufo	7406707,772	13727,218	740,671
PScava	Derrames vulcânicos	Proterozóico Superior	Grupo Campo Alegre	Derrames vulcânicos de composição ácida	775651,201	4712,270	77,565
Psp	Granitóides deformados	Proterozóico Superior	Complexo Paranaquá	Granitóides cálcio-alcalinos deformados, foliação, cataclásticos, profiríticos, porções de gnaisses; Quartzitos e xistos	134857,119	2127,144	13,486

GEOMORFOLOGIA

ID	1o TAXON	2o TAXON	3o TAXON	4o TAXON	ALTIMETRIA	DECLIV	SOLOS	LITOLOGIAS	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
2	Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Morros Litorâneos	Morros Baixos	20 - 100 m	3° - 35°	Argissolos	Gnaisses granulíticos	24230761,075	94085,222	2423,076
3	Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Planalto de São Bento do Sul	Colinas Amplas e Baixas	700 - 900 m	< 3° - 20°	Argissolos; Cambissolos	Gnaisses granulíticos; Ortoconglomerados; Derrames vulcânicos	127020809,371	93737,423	12702,081
4	Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Fluviais	Planície do Rio Pirabeiraba	Planícies e Terraços Fluviais	35 - 90 m	< 3° - 12°	Cambissolos	Sedimentos aluvionares	3600200,422	15677,490	360,020
4	Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Fluviais	Planície do Rio Cubatão	Planícies e Terraços Fluviais	35 - 130 m	< 3° - 12°	Cambissolos	Sedimentos aluvionares; Sedimentos coluvionares	22657418,001	61965,486	2265,742
1	Bacias Sedimentares Cenozóicas	Planícies Litorâneas	Planície de Joinville/Garuva	Planície Marinha / Fluvial / Intertidal	0 - 40 m	< 3°	Cambissolos; Gleissolos; Esposossolos; Solos de Mangue	Sedimentos aluvionares, fluvio-marinhos e de mangue; Areias quartzosas	203931732,662	233207,982	20393,173
5	Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Serra do Mar	Escarpas e Cristas	700 - 1540 m	3° - > 35°	Cambissolos; Argissolos	Granitos; Gnaisses granulíticos	140189598,468	132147,614	14018,960
6	Cinturão Orogênico do Atlântico	Planalto Atlântico	Escarpas	Escarpas e Cristas	40 - 850 m	3° - > 35°	Neossolos litólicos; Cambissolos	Gnaisses granulíticos; Granitos; Sedimentos coluvionares	220885553,191	212527,611	22088,555

SOLOS

CÓDIGO	TEXTO	SBC1999	SIGLA	TIPO	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
PVa8	Podzóico verm-am álico Tb + Camb álico Tb A proem	Argissolo verm-am aluminico + cambissolo aluminico	AVAa + Ca	Argissolo	105978191,397	143618,017	10597,819
CHa6	Camb húmico álico Ta eTb + Camb interm Podz	Cambissolo húmico aluminico	CHa	Cambissolo	9720033,651	24140,462	972,003
Ca21	Camb álico Tb relev suave ond	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	9748178,989	65932,646	974,818
PVa2	Podzóico verm-am álico Tb + Camb álico Tb A proem	Argissolo verm-am aluminico + cambissolo aluminico	AVAa + Ca	Argissolo	15302856,055	49228,131	1530,286
Ca13	Camb álico Tb text argilosa relev plano	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	20198077,368	43103,962	2019,808
Ca99	Cambissolo álico Tb + solo litológico álico	Cambissolo aluminico + neossolo litológico aluminico	Ca +NLa	Cambissolo	74420101,244	142990,113	7442,010
Ca63	Cambissolo álico Tb + podz verm-am álico + sol lit	Cambissolo aluminico + argis verm-am al + neos lit	Ca+AVAa+NL	Cambissolo	28864206,034	111551,563	2886,421
Ca98	Cambissolo álico Tb + camb húmico álico	Cambissolo aluminico + camb húmico aluminico	Ca +CHa	Cambissolo	36821028,685	80425,522	3682,103
Cd1	Camb distrófico Tb text arg e silt	Cambissolo distrófico	Cd	Cambissolo	30152631,320	100569,133	3015,263
PVLa4	Podzóico verm-am latossólico álico + Camb álico Tb	Argissolo verm-am latossólico alum + camb alum	AVAla + Ca	Argissolo	16059640,829	76455,453	1605,964
Ce1	Camb eutrófico Tb	Cambissolo eutrófico	Ce	Cambissolo	62595952,170	217285,806	6259,595
Cd8	Camb distrófico e eutrófico Tb + Gleis eutr Tb	Cambissolo distrófico e eutrófico + gleis eutrof	Cde + Ge	Cambissolo	35203062,201	89010,854	3520,306
URB	área urbanizada	área urbanizada	Urb	Área urbanizada	9984577,744	67457,307	998,458
Ca61	Cambissolo álico Tb + podz verm-am álico	Cambissolo aluminico + argis verm-am alum	Ca + AVAa	Cambissolo	3380621,861	19286,291	338,062

Ca18	Camb álico Tb text argilosa relev suave ond	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	1752748,033	16224,584	175,275
Ca62	Cambissolo álico Tb + podz verm-am latoss álico	Cambissolo aluminico + argis verm-am alum	Ca + AVAa	Cambissolo	35516235,617	154249,685	3551,624
HPa3	Podzol hidrom álico text arenosa + Areias quartz	Esposossolo hidromórfico aluminico + Neoss quartz	EHa + NQ	Esposossolo	13757935,801	54637,490	1375,794
SM	Solos indiscriminados de mangue	Solos indiscriminados de mangue	SM	Solos de mangue	25694768,127	147830,646	2569,477
AGUA	corpo hídrico	corpo hídrico	Agua	Corpo hídrico	2583104,422	88886,045	258,310
Gd2	Gleissolo distrófico álico Tb + Camb distrof álico	Gleissolo distrófico aluminico	Gda	Gleissolo	22688696,618	50709,148	2268,870
PVLa3	Podzólíco verm-am latossólíco álico + Camb álicoTb	Argissolo verm-am latossólíco alum + camb alum	AVAa + Ca	Argissolo	1897490,775	12877,400	189,749
Ca57	Camb álico Tb + podz verm-am álico relev mont	Cambissolo aluminico + argis verm-am alum	Ca + AVAa	Cambissolo	31739409,398	112243,867	3173,941
Ra5	Solos litólicos álicos + Camb alic relev esc + afl	Neossolo litólico aluminico	NLa	Neossolo litólico	96432397,122	228124,496	9643,240
PVLa1	Podzólíco verm-am latossólíco álico	Argissolo verm-am latossólíco aluminico	AVAa	Argissolo	12891775,157	87122,459	1289,178
Ca20	Camb álico Tb relev forte ond	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	1915519,396	12602,594	191,552
Cd4	Camb distrófico e álico Tb + Gleis distr álico	Cambissolo distrófico aluminico + gleis distr alum	Cda + Gda	Cambissolo	9347244,750	29371,252	934,724
Ca97	Cambissolo álico Tb + camb húmico álico + afloram	Cambissolo aluminico + camb húmico aluminico	Ca + CHa	Cambissolo	20461834,138	52938,180	2046,183
Ca22	Camb álico Tb relev ond	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	710686,780	7077,657	71,069
Ca14	Camb álico Tb text argilosa relev suave ond plano	Cambissolo aluminico	Ca	Cambissolo	3546052,458	17523,313	354,605

DECLIVIDADES

ID	GRIDCODE	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
71293	12	114241741,349	2872378,679	11424,174
71455	3	328629179,430	3507203,036	32862,918
70798	87	31726891,954	2166713,367	3172,689
44016	20	140843963,896	5535683,774	14084,396
1845	35	127075039,378	5535194,875	12707,504

HIPSOMETRIA

ID	GRIDCODE	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
183	20	189873620,952	244176,293	18987,362
158	800	149842675,874	340870,793	14984,268
102	1200	47442147,120	142102,374	4744,215
96	1535	21169161,233	71008,869	2116,916
94	100	96792382,975	263493,893	9679,238
65	300	87623790,010	247407,280	8762,379
32	1000	149773037,934	347551,216	14977,304

PLUVIOMETRIA

ID	GRIDCODE	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
5	2	51345,454	901,463	5,135
11	2	28198299,719	56580,352	2819,830
9	3	530632,526	4899,272	53,063
2	1	1212342,899	5605,327	121,234
9	3	447961,927	2933,316	44,796
9	3	47716533,570	49805,112	4771,653
9	3	3186674,122	11126,314	318,667
8	4	3404,770	400,379	0,340
9	3	1500274,435	4609,757	150,027
5	2	46948505,598	39942,009	4694,851

5	2	2054,886	286,490	0,205
8	4	148493398,216	85323,677	14849,340
7	5	116280970,280	66349,713	11628,097
8	4	177565923,907	78741,036	17756,592
6	3	169302980,568	78513,777	16930,298
5	2	1075513,225	8288,657	107,551

COBERTURA VEGETAL

CÓDIGO	REGIÃO	SUBREGIÃO	GRUPO	FORMAÇÃO	SUBFORMAÇÃO	COTA	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
DbHfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento marinho	Florestal	Alta	< = 30 m	14402088,675	64071,432	1440,209
DIRrb	Floresta Ombrófila Densa	Alto Montana	Rocha granitóide	Refugiada	Arbustiva	> = 1000 m	51303119,347	93357,910	5130,312
DmMfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Rocha metamórfica	Florestal	Baixa	400 - 1000 m	191869044,471	181579,548	19186,904
DbKfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento colúvio-aluvionar	Florestal	Alta	< = 30 m	9105905,405	72528,076	910,591
DmRfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Rocha granitóide	Florestal	Baixa	400 - 1000 m	87824521,091	152837,768	8782,452
DbMfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Rocha metamórfica	Florestal	Alta	< = 30 m	3505065,285	36191,115	350,507
DsMfa	Floresta Ombrófila Densa	Submontana	Rocha metamórfica	Florestal	Alta	30 - 400 m	162617277,647	357675,036	16261,728
DbUpa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento flúvio-marinho	Pioneira	Arbórea	< = 30 m	25887891,203	163021,491	2588,789
DbAfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento fluvial ou aluvionar	Florestal	Alta	< = 30 m	154133292,909	316542,326	15413,329
DbUfa	Floresta Ombrófila Densa	Terras baixas	Sedimento flúvio-marinho	Florestal	Alta	< = 30 m	22192812,271	47363,388	2219,281
DsRfa	Floresta Ombrófila Densa	Submontana	Rocha granitóide	Florestal	Alta	30 - 400 m	151969,892	2607,087	15,197
DmWfb	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Coberturas molassóides e vulcanitos	Florestal	Alta	400 - 1000 m	8182449,879	16075,755	818,245
DmKfa	Floresta Ombrófila Densa	Montana	Sedimento colúvio-aluvionar	Florestal	Alta	400 - 1000 m	301028,222	2645,300	30,103
Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	Urbano	9677655,648	70200,565	967,766

USO DA TERRA

CÓDIGO	SPRAREA	SPRPERIMET	SPRCLASSE	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO	HECTARES
1	151549763,6856	399,0000	agricultura/pastagem	151549763,686	2446845,342	15154,976
5	508802263,6000	1909,5000	mata	508802263,601	2548020,101	50880,226
8	18108121,3104	199,5000	urbano	18108121,310	574361,679	1810,812
7	13267605,7098	2878,5000	rizicultura	13267605,710	174234,154	1326,761
2	3304907,0234	769,0826	agua	3304907,023	230987,804	330,491
3	28063642,6544	228,0000	campo natural/antrópico	28063642,654	729549,771	2806,364
6	14913144,5952	228,0000	reflorestamento	14913144,595	351039,210	1491,314
4	16640532,3776	455,5826	manquezal	16640532,378	270808,389	1664,053
4	0,0000	0,0000	manquezal	447961,238	2933,452	44,796

Anexo 2 – Totais Anuais de Precipitação entre 1940 e 2005

(anos 1940 – 1959)

estação	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959
Abaete CCJ																				
Aeroporto																				
Agua Azul														1949,9	2510,6	1890,9	2378,6	3616,9	2091,3	2103,5
Campo Alegre																				
Estrada Blumenau																				
Estrada dos Morros																				
Estrada Saí CCJ																				
Garuva																				
Ilha do Rio Claro																				
Joinville DNOS														1596,0	1932,8	1737,4	1760,2	2680,4	1996,7	1654,5
Joinville RVPSC	1568,8	1375,4	1545,5	1206,1	1079,4	1163,8	1204,8	1904,2	1178,0	815,8	870,9	921,9	974,3	945,0	1525,8	964,5	1024,0	1656,6	1361,1	1048,3
Morro Grande																				
Pirabeiraba																				
Quiriri																	2065,7	3389,2	2537,4	1868,4
Quiriri CCJ																				
Rio da Varzea dos Lima		1384,0	1284,0	1055,0	1066,0	978,4	1619,0	1196,0	1176,0	1167,0	1211,0	1304,0	1170,0	1167,0	1648,0	1343,0	1238,0	2083,0	1317,0	1217,0
Rio do Julio									2218,3	1974,2	2080,4	2017,3	1678,5	1964,2	2177,9	1742,0	1658,9	1325,1		
Salto 1 Cubatao																				
Salto 2 Cubatao											1983,2	1880,8	1793,2	1920,8	2366,0	2100,9	1961,5	2875,1	2398,7	2069,3
Tupy																				
Univille																				
Vossoroca										1445,8	1564,9	1619,2	1193,7	1400,4	1576,5	1562,8	1332,8	1738,0	1463,9	1229,8

(anos 1960 – 1979)



estação	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Abaete CCJ																				
Aeroporto																				
Agua Azul	2942,7	2738,5	1413,1	2344,3	2048,0	2598,8	2609,7	2697,9	1652,1											
Campo Alegre																		1547,3	1282,0	1377,8
Estrada Blumenau																				
Estrada dos Morros																				
Estrada Saí CCJ																				
Garuva																		2677,3	2128,8	1939,2
Ilha do Rio Claro																1883,0	1935,0	2366,0	1574,0	1749,0
Joinville DNOS	2406,6	2262,3	1636,3	2071,8	1625,5	1979,1	2075,9	2068,8	1271,1	1890,9	2168,0	1929,4	2668,3	2241,6	1744,1	1990,8	1841,6	2080,6	1463,2	1427,7
Joinville RVPSC	1624,4	1478,7	1075,0	1218,3	876,1	1615,4	2010,4	1932,7	1504,8	1797,0	1666,2	1728,0		2023,4	1919,9	1875,8	1697,5	1931,7	1590,8	1412,6
Morro Grande														1610,0	1554,0	2787,0	2288,0	2810,0	1764,0	2090,0
Pirabeiraba																				
Quiriri	2545,5	2309,3	1658,3	2088,6	2045,8	2637,4	2295,4													
Quiriri CCJ																				
Rio da Varzea dos Lima	1658,0	1494,0	965,6	1294,0	1267,0	1147,0	1309,0	964,2	1038,0	1578,0	1526,0	1487,0	1684,0	1440,0	1285,0	1531,0	1726,0	1779,0	1225,0	1503,0
Rio do Julio	2061,8	2463,2	1192,0	2544,2	2443,7	2498,5		1723,4	1177,7	1425,8	746,9									
Salto 1 Cubatao																				
Salto 2 Cubatao	3427,5	2381,7		881,3	1042,5	1307,7	1427,4	1313,1	1179,6	1652,5	1350,4	1265,6								
Tupy													2429,7	1942,5	1454,3	1790,8	1858,9	2001,0	1483,7	1572,1
Univille																				
Vossoroca	1854,8	1803,2	1387,5	1583,1	1467,6	1683,8	1302,0	1454,4	1190,4	1595,9	1889,7	1642,3	1866,2	1537,2	1545,2	1655,8	1409,5	1555,8	1163,8	1503,9

(continuação: anos 1980 – 1999)

estação	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Abaete CCJ																				
Aeroporto																				
Agua Azul																				
Campo Alegre	1954,0	1114,8	1722,9	2446,9	1724,7	985,8	1449,2	1751,7	1356,7	1573,3	2267,7	1116,9	1784,6	1571,5	1536,4	1746,3	2008,7	1657,0	2152,0	1470,0
Estrada Blumenau						2032,0	2550,2	2753,1		2772,4										
Estrada dos Morros								3642,5	3235,6	3273,2	4235,3	3336,8	3300,2	3663,8	3368,3	2185,9	2851,0	3063,2	2874,0	2854,4
Estrada Saí CCJ																				
Garuva	2952,3	2328,6	2636,6	3711,1	2280,4	2281,4	2755,6	2573,2	2874,8	2806,4	2772,3	2026,9	2716,9	2266,1	2479,6	2735,6	2889,7	2535,3	3075,4	2882,8
Ilha do Rio Claro	2387,0	1943,0	2187,0	2433,0	1916,0	1496,0	1890,0													
Joinville DNOS	2138,9	1785,9	2225,9	3220,2	2164,6	1686,0														
Joinville RVPSC	1468,8				1881,2	1347,9	1562,7	1585,7	1536,6	1984,8	1849,6	1346,8	1804,7	1681,8	1856,9	1979,5	2211,1	1865,7	2873,0	2183,8
Morro Grande	3147,0	2317,0	2471,0	3346,0	2116,0	1703,0	2208,0													
Pirabeiraba									2319,7	2617,9	2966,1	1978,8	2166,9	2401,9	2614,4	2411,6	2839,5	2620,9	3056,5	2708,3
Quiriri																				
Quiriri CCJ																				
Rio da Varzea dos Lima	1775,0	1047,0	1586,0	2110,0	1485,0	1007,0	1494,0	1294,0	1434,0	1459,0	2140,0	1253,0	1604,0	1671,0	1320,0	1345,0	1881,0	1580,0	1959,0	1546,0
Rio do Julio																				
Salto 1 Cubatao			2388,2	3341,7	2002,1	1728,5	1944,6	2588,7	2052,4	2385,7	2984,4	1751,6	1973,5	2389,7	2206,3	2535,7	2630,5	2464,6	3041,8	2569,5
Salto 2 Cubatao																				
Tupy	2001,0	1524,9	2297,4	2715,5	1922,4	1531,3	1753,0	1882,5	1521,8	1948,0	2202,9	1944,7	1799,0	1927,1	1791,4	2192,1			3088,7	2120,2
Univille																	2471,0	2357,5	3348,5	2566,2
Vossoroca	1921,8	1213,7	1760,0	2353,9	1520,3	1093,7	1615,2	1781,7	1527,0	1782,4	2264,2	1400,5	1855,3							

(continuação: anos 2000 – 2005)

estação	2000	2001	2002	2003	2004	2005	media
Abaete CCJ						2259,0	2259,0
Aeroporto		2567,0	1775,5	1552,2	1649,0	1503,0	1809,3
Agua Azul							2349,2
Campo Alegre	1373,4	1766,4	1613,0	1201,1	1347,1		1603,5
Estrada Blumenau							2526,9
Estrada dos Morros	2322,6	3127,7	2339,1	2148,1	2472,6		3016,4
Estrada Saí CCJ							
Garuva	2133,8	3473,9	1872,6	2246,3	2583,5		2594,2
Ilha do Rio Claro			1827,0	1894,0	2841,0	2501,0	2051,4
Joinville DNOS							1982,5
Joinville RVPSC	1727,5	2094,8	1158,6				1547,7
Morro Grande							2300,8
Pirabeiraba	1990,8	2894,0	2178,0	2094,8	1988,8		2461,7
Quiriri							2312,8
Quiriri CCJ						1192,0	1192,0
Rio da Varzea dos Lima	1385,0	1507,0	1603,0	1214,0	1276,0	1672,0	1418,0
Rio do Julio							1855,7
Salto 1 Cubatao	2073,0	2751,7		2091,3	2285,5		2371,9
Salto 2 Cubatao							1837,1
Tupy	1973,2	1439,2	1109,4				1904,1
Univille	1676,5	2795,3	1992,6	1619,9	1833,3	2175,8	2283,7
Vossoroça							1575,2

 valores inferiores a 1.100 mm
 anos sem registro

Anexo 3 – Totais Diários de Precipitação

Estação Univille

dia	2005												2006									
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
1	0	5,2	32,5	7,6	0	0	0	0	3,2	0	0	0	14,2	0	5	0	0	0	0	4,9	8,6	37,7
2	0	0	0,9	7,8	0	0	0	0	1,7	0	0	8,7	41,6	0	0	0,8	0	0	0	0	5,1	18
3	91	0	6,5	31,4	0	0	0	0	0	0	0	1,6	23	0	0	5	0	0	0	1	0	4,6
4	13	3	18,3	29,2	0	0	0	0	57,9	15,2	1,5	0	56,3	0	46	7,4	0	0	0	0	0	0
5	0	1,6	1,3	0	0	0	18,1	0	4,6	25,5	0	0	0	54	0	0	0	1,8	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,2	1,2	5,8	0	0	0	6	0	1,8	0	0	0	2,7
7	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	26,4	0,5	0	2,2	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	10	0	1,4	15,4	0	1,7	20,7	0	0	6	0	4,7	0,2	0	0	0	0	5,3
9	0	1	0	0	2,5	0	2,3	38,8	0	0	19,1	0	0	3,7	1,8	12,8	0,4	0	7	0	0	6,2
10	107,7	0	6,2	0	0	0	5,4	30	0	0	1,7	0	0	28	10	0,5	0	0	7	0	0	0
11	9	1,8	0	9,4	0	0	0	0	6,7	0	3,1	1,4	0	13	10,4	0	0	0	0,7	0,6	0	0
12	1,2	6,9	0	11,5	28,5	0	0	0	46	1,4	3,5	2,7	0	4	0	0	0	1,8	0	0	0	19,7
13	0	0	21,5	0	0	0	0	0	9,1	0	0	1,6	0	0	0,7	0	0	0	0	0	0	8,3
14	0	0	8,9	0	0	0	0	0	11	21,8	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,9
15	0	0	0	0	0	35,1	0	0	5	4,2	0	0	0	2,5	0	1,8	0	0	0	0	8,5	0
16	62,5	0	0	0	0	7,5	0	0	1,4	17,9	12,3	0	0	74	0	72,6	0	0	0	6,7	30,6	3,5
17	15,8	0	1,5	1,5	0	14	1,4	0	0,8	14,4	6,5	2,8	0	4	0	0	0	0	0	1,8	5,9	0
18	2	3	5,3	0	2,6	2,5	0	5,9	13,3	0	0	2,4	13,1	0	0	0	0	0	0	24	0,7	0,8
19	41,2	0	0	10	21	0	0	0	7,3	0,6	54,3	0,8	4,6	28	0	0	0	0	0	0	0	1,4
20	10,1	0	2	8,4	14,2	12,3	0	0	0	0	0	13,9	0	28,8	6	1,6	0	0	0	0	43,5	12,8
21	3,4	0	0	4,3	9,6	0,8	0,5	0	1,6	0,2	0	13,3	1	28	0,4	0	7,1	4,8	0	0	0	1,8
22	0	3,2	10,3	0	0	0	57,9	0	4,3	4,5	0	0	3,5	0	0	0	11,7	0,5	0	0	0	0
23	0	0,7	4,3	0	0	0	57,5	0	22,9	0	0	0	54,9	13	5,9	0	1,5	1	0	0	14	0
24	0	4,6	2,4	0	33,2	0	14,3	1	4	13,9	46,2	6,9	15,8	11	1,9	0	0	0	0	0	3,9	2,2
25	49,2	3,4	4,5	11,5	0	0	0,3	0	23,5	1,5	12,6	20,1	8,2	0	60,2	0	2	0	0	0	1,2	0
26	0	4,4	0	1	0	0	0	0,9	7,2	0	0	1	14,4	0	8,8	0	0	3	0	0,5	0	0,2
27	1,7	16,2	21,3	0,2	0	0	0	0	0	20,8	0	3,9	0,9	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
28	6,8	25,2	0	18,3	0	0	0	0	8,6	28,9	0	19,2	6,4	0	42,2	0	0	0	1,8	0,4	1,2	0
29	5,5		0	0	0	4,4	0	0	7,4	11,2	0	0	22,4		17,3	0	0	9,2	7,8	0	26,9	0
30	7,4		0	23,2	0,3	0	0	8,2	1,3	0	0	0	0		0	0	0	5,4	23,5	0	0	0
31	10		0		0		0	89,3		17,8		11,8	0		8,8		0		0	13,4	0	0
Total	437,9	80,2	147,7	175,3	121,9	76,6	159,1	189,5	248,8	210,5	209,1	119,2	280,3	300,2	225,9	113,2	22,9	29,3	47,8	53,3	150,1	127,1

Estação Abaeté

dia	2005												2006									
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
1	0	2	3,4	7,8	0	0	0	0	10,6	2,6	1,4	5,8		0	10,4	0,8	0	0,2	0	2	14,8	33,4
2	13	0,6	5,2	42	1,4	0	0	0	0	5,4	0	10,6		0	5,6	0,8	0	1	0	0,8	6,4	7,6
3	10,2	2,2	0,8	30	0	0	0,2	0,2	0	0	1,4	1,8		0	11,6	10,6	0	2,2	0	0,2	0	0,6
4	33,8	10	0,6	19,2	0	0	14	0		12,2	0,8	0		0,2	5	7,6	0	0	0	0	0	0,2
5	24,8	1,6	1,2	4,2	0	0	16,6	0,2	0,2	28,8	0,2	15	0	1,2	0,6	1	0	1	0	0	0	2
6	0,2	0,6	0	0	0	0	0,2	0	1	5,6	17	3,6	0	0	0	4	0	0,8	0	0	0	3,4
7	15,4	0	0	0,2	0	0	0	2,8	0,4	6	19,8	0,6	0	2,8	0	0,6	0	0,2	0	0	0	1,2
8	0,4	1,8	0	2	30	0	6,4	22,8	1,8	6,4	17	0	0	5,4	0	0,2	0	0	0	0	0	2,4
9		1,6		0	0,2	0	10,6	55,8	0,2	0,4	21,6	0	0	79,8	1	3,4	0	0	13,4	0	0,6	2,8
10		0	1,6	0	0	8,8	3,6	39,4	0	0,4	12,6	3,8	0	14,6	39	0	0	0,6	14	0	0	0,4
11	5,4	6	0	0	8,6	0,2	0,2	0	42,6	6,4	1,6	6,4	0	11,8	8,4	0	0	1,6	0,4	0,2	0	0
12	4,4	25,4	0	0	3,2	0	0	0	27,4	0,2	0,6	4,4	0	0,4	0,6	0	0	1,2	0	0	0	9,6
13	0	4,6		5	0	0	0	0	21,6	6,8	0	0,2	0,2	1	0	0	0	0	0	0	0	6
14	0	0		0,2	0	0	0	0	21,6	29,6	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,8
15	0,6	0	0	0	0	50,8	0	0	0,2	5,8	0,6	2	0	0,8	0	0	0	0	0,2	21	0,4	
16	29,2	0,2	0	0	0,4	18	0	0	2,4	31,2	8	0	0	6,2	0	12,2	0	0	0	9,2	9	11,2
17	0,2	2,4	0	2	0,2	12,2	17,6	0,2	3,4	3	15,6	5,8	4,8	0,2	0	0,4	0	0,4	0	9,6		1,2
18	3,4	5		0	1,6	5,4	0	4,2	14,4	0,4	0,4	5,2	6,2	1,2	0	0,6	0	1,8	0	24,6	0,2	5
19	36	0,2		33,4	16,8	0	0	0,6	2,4	1	1,4	16,6	11,2	19,2	0	3	0	0	0	0,2	0	4,8
20	7	0		3,6	14,4	2	0	0,4	0	0	0	19,6	0,6	2,6	24,2	0,2	1,6	0	0	0	35,6	10,4
21	4	0	0,2	0,6	14,4	1,4	2,4	0,4	9,6	2,8	0	4,4	1,2	3,6	0,2	0,6	14	1,8	0,2	0	0,2	5,4
22	0	9,2	57,6	0	0	1,8	65	0	9,8	0	0	0	0	0,6	0	0	15,8	0	0	0	0	
23	0,2	8	6,2	0	0,6	1,2	37	1,4	20,8	2,8	0	6	7	12,8	10,8	0	2,4	0,2	0	0	6	0
24	44,8	31	4	0,8	43,4	0	17	6,2	0,6	12,6	20,2	0,4	8,4	0,4	0,6	0	3,2	0	0	0	0,6	0
25	35,4	0,4	2,8	17,6	0,2	0	0	0	50,2	1,2	11,2	8	9,2	0	6,4	0	2,8	0	0	0	0,2	0
26	3,8	5,2	0,6	0	0	0	0	1,4	5,6	20,2	0	9,8	4,2	0	11,8	0	0	18,4	0	6	0,2	0
27	3,2	9	3	0,6	0	0	0	0	2,6	7,8	0	7,8	0,2	0	0,8	0	0	0	0	0	0,6	0
28	3,2	4,4	0,4	15,8	0	4	0	0,2	18,6	29,4	0	18,4	1	0,2	17,6	0	0	0,4	17,4	0,4	0	0
29	6,8		0	7	0	2,6	0	0	8,4	8,4	0	0	0,8		4,6	0	0	4,6	2,8	0	35,6	0
30	8,8		0,2	1,2	11,6	0	0	22,4	1,2	5,6	0	0	0		0,2	0	0	0	0	1,2	3,8	0
31	6,2		1,8		0		0	99,4		9,8		2,6	0		10,4		0		3,6	11,8		0,6
Total	300,4	131,4	89,6	193,2	147	108,4	190,8	258	277,6	252,8	151,4	158,8	55,6	164,4	169,8	46	39,8	36,4	52	66,4	134,8	109,4

Estação Quiriri

	2005												2006									
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
1	0,2	3,2	7	0	0,2	0,8	0	0	3	0,6	0,2	0	0	0	10,2	1,4	0,2	0,4	0	2,8	17	21,2
2	0	0	7,6	25,2	0,2	0,8	0	0	0	2	0	4,8	0	0	14,6	3,2	0	0,8	0	0,8	4	8,6
3	39	3,4	5,2	11	0,2	2	0	0	0	0	0	0,2	0	0	13,4	2,8	0	0,4	0	1	0	1,4
4	16,4	10	13,4	62,2	0,2	3,6	1,2	0	3,2	0,2	0	0	0	0	3,6	0	0	0	0	0	0	0
5	0	1,6	2,2	5	0,2	3,6	2,8	0	0,2	1,4	0	8,4	0	8,2	7,4	2,2	0	1	0	0	0	0,2
6	14,2	0,6	0	0,6	0	0,2	0,2	0	0,4	0,8	1	0,6	0	1,4	0,6	0,4	0	0,6	0	0	0	0
7	14,8	0	0	0	0	0	0	1,6	0,2	0,6	1,2	0,4	0	18,4	0	0,8	0	0	0	0	0	0,2
8	6,8	1,6	0	12,2	0,2	0	1	0,8	0,8	0	0,8	0	0	3	0	0,4	0,2	0	0	0	0	0
9	0	1,4		1,4	0,2	0	3,4	1	0,2	0,2	3,8	0,2	0	12,6	5,6	15,8	0,8	0	7,2	0	0,2	0
10		0	3,4	0,2	0,2	0	1	0,8	0,2	0,4	13,8	2,2	0	24	61,2	0	0	0	9,8	0	0	0
11	18,4	6	0	0	0,2	0	0	0	5,2	0	0,6	0,6	0	22,8	16,8	0	0	1,4	0,4	0	0	0,6
12	0,4	25,4	0	1	0,2	0	0	0	6	0,4	0,4	1	0	1,4	0,2	0	0	0,8	0,2	0	0	1
13	0	4,6		0,2	0,2	0	0	0	0,4	4	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0		0,2	0,2	0	0	0	1	0,4	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1,4	0	0	0,2	0,2	37,6	0	0	0,2	3,6	0	0,8	0	0,2	0	0,8	0	0	0	0	17,8	0
16	48,6	0,2	0	0	0,6	20	0	0	0,4	0	1,8	21,6	0	3,2	0	18,2	0	4,2	0	5,4	11,2	0,4
17	17,8	2,4	0	0,2	0,2	6,8	5,6	0	0,4	0,2	3,6	2,8	0,2	0	0	0	0	0	0	5		0
18	2,6	5		0	0,2	3,2	0	1	5,2	1	0	3	2,2	4	0	1,2	0	2,2	0	18,8	0	0
19	36	0,2		0,2	0	0	0	0	1,2	0	0	2,8	6,2	18,6	0	3,2	0	0	0	0	0,2	0
20	6,2	0		0	0,2	4,6	0	0	0	0	0	22,2	11,2	1,2	1,4	0	4,8	0	0	0	24	0
21	5,6	0	0	0,2	0,2	4	0,2	0	3	0,8	0	5,4	0,6	0	0	0,4	11,8	0,2	0	0	0	0
22	0	4,4	26	0,2	0,2	2,2	9,2	0	8,6	0	0	0	0	0	4	0	9	0,6	0	0	0	0
23	0	11,8	69,6	0	0,4	5,2	12,2	0	9	0,4	1,4	6,4	4,6	33,8	8	0	3,2	0	0	0	7,2	0
24	27,8	5	4,2	0,2	0,4	2,4	7	0,6	0,4	1,4	10,6	0	16,4	0	27,8	0	2	0	0	0	0,4	0
25	22,2	0,2	8	0,2	0,6	0	0,2	0	17,4	0	2	9,6	11	0	94,4	3,4	1,6	4	0	0	0,4	0
26	0	20,2	0,2	0,2	0,6	0	0	0,2	4,2	1,8	0	7,4	11,8	0	17	0	0	13,6	0	3,4	0,4	0
27	3,4	3,6	1,6	0,6	0,6	0	0	0	1	0,6	0	4,2	1	1	0,4	0	0	0,2	0,2	0,2	0,8	
28	5,4	0	0	1	1,2	0	0	0	8,8	7,4	0	5,8	0	0,2	15,2	0	0	1	16,4	0,6	0	0
29	1,6		0	0	0,8	15,6	0	0	2,4	3,8	0	0	0,2		5	0	0	4,8	3	0,4	25,8	0
30	4,2		5,6	0,2	1,2	0	0	5,4	2,6	0,8	0	0	0		0,6	0	0	0	0	0	0	0
31	16,6		1,6		0,8		0	28,2		1,6		14,6	0		12,6		0		3,2	13		1,8
total	309,6	110,8	155,6	122,6	10,8	112,6	44	39,6	82,4	37,4	41,4	125	65,4	154,8	316,4	57,8	33,6	36	40,4	51,4	108,8	36,2

Estação Estrada Saí

dia	2005										2006									
	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
1		6	0	0	0	0,4	3,6	0,8	0	1,8		0	4,2	0,2	2	0	2,4	3,4	10	45
2		19,4	0,2	1	0,2	0	0	1,4	0	11		0	3	3	0	0	0,2	0,4	5,2	32,4
3		48,4	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0,2		0	0,6	3,8	0	1,6	0	0,6	0	2,4
4		17	0	0	11,6	0,2		17,8	1,2	0		0	7	5,8	0	0	0	0	0	0
5		0	0,2	0	12,4	0,4	0,2	28,8	0	0,6	0	5,8	17	0	0	1,6	0	0	0	0
6		0	0	0	0	0	0,2	4,2	18,6	7	0,2	24,6	7,6	3,8	0	3,2	0	0	0	1,4
7		0	0,2	0	0	2,2	0	2,8	24,4	0,6	0	2,2	0	0,2	0	0	0,2	0,2	0	0
8		2,6	12,4	0	2	19,2	0	5,4	20,6	0	0	8,6	0	5,8	0,6	0	6	0,2	0	10,2
9		0	0,2	0,2	1	52,2	0	0	17,2	0	0	5	1,6	4,8	1,2	0	9,4	0	0	7,4
10		0	0	0	5	24	0	0	4,8	0	0	36,4	4	14,2	0	0	0,8	0,2	0	0
11		0,2	5,4	0	0	0	22	4,8	2,2	1,8	0	5,2	11,6	0,2	0	2,8	0	0	0	0
12		5,8	3,6	0	0,2	0	37,6	0	0,6	4	0	4,8	3,6	0	0	2	0	0	0	21,8
13		9,4	0	0	0	0	7	2,2	0,2	0,6	0	8,4	0,2	0	0	0,6	0	0	0	6,6
14		2,6	0	0	0	0	19,6	33,8	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,8
15		0	0	36,6	0	0	0,2	6,8	0	0,4	0	0	0	6,4	0	0	0,2	16,2	0	0
16		0	0,2	8,6	0,2	0,2	0,4	26,2	13,8	1	0	4,8	0	34,8	0	0	0	7,2	10,4	2,4
17	1,4	0,2	0	18,2	2,2	0	2,2	4,6	13,4	1	1,2	13,2	0	0	0,4	0	0	5,4	0	0
18	2,4	0,6	4,4	2	0	3,4	18,6	0	0,2	3,2	7,6	0,4	0	0	0	0,2	17,8	0	0,8	0
19	1,2	14	16,8	0,2	0	0	10,2	0,8	57	0,4	2	22,4	0	0	0	0,2	0	0	0	3,4
20	2,6	2	18,4	10	0	0,2	0,2	0	0	4,6	3,2	22,6	5,2	1	0	0	0	48	11	0
21	0,2	4,2	4	0,2	1,8	0,6	3,2	10	0	15,4	1	8,7	0	0,2	8,6	0,4	0,4	0	0	1
22	5,2	0,2	0,2	0	49,4	0	6,4	0	0	5,8	1,4	3	0	0,2	16	1,2	0,2	0	0	
23	4,8	0,2	0	0,2	50,6	0,2	28	0,2	0	1,2	27	4,6	16,4	0	4	0,6	0	0	9,8	0
24	5,2	0	37,6	0	15,8	1	1,8	15	52,8	3,6	15	21	6	0	0,4	0,2	0	0,2	4	1,4
25	7,2	13,2	0	0	0,2	0	32,8	2	23	0	12,4	0,2	119	0	2,4	0	0,2	0	0,2	0
26	0	0	0,2	0	0	0,2	5,2	13,6	0	3	1,2	0	10	0	0	2,6	0	0,4	0	0
27	7	5,6	0	0	0	0	1	5,8	0	2,6	2,6	0	0,4	0	0	0	1,4	0	0	0
28	0,2	20,4	0,2	0	0	0	10,4	40	0	17,8	6,6	0	67,4	0	0	0	30,2	0	0,6	0
29	0	9	0,2	4,8	0	0	3,4	8,6	0	0,4	25		12,8	0	0	0,8	3,6	0	33,8	0
30	0,8	3,2	0,2	0	0,2	16,8	1,8	4	0	0	0,4		0,4	0	0	1,8	0	0,2	0	0
31	0		0		0	105,4		17,8		4	0		14,2		0		3,4	11,4	x	0
totais	38,2	184,2	104,8	82	152,8	226,8	216	257,4	250	92	106,8	201,9	312,2	84,4	35,6	19,4	59	47,8	138,2	148

Estação Aeroporto

	2005												2006									
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
01	0,0	0,3	0,4		0,0	0,2	0,0	0,0	2,5	1,1	0,0	1,4	5,4	0,1	2,3	0,1		0,0				
02	0,5	0,0	0,1		0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	5,7	27,4	0,0	0,2	3,9	0,0	0,5				
03	108,7	0,2	10,2		0,1	0,0		0,0	5,6	0,0	0,4	0,0	33,7	0,0	8,1	8,0	0,0	0,3				
04	6,0	2,2	12,9	2,4	0,0	0,0		0,0	48,2	12,2	0,6	0,0	8,4	0,0	25,7	8,2	0,0	0,6				
05	0,0	1,9	2,6	0,1	0,0	0,0	4,9	0,0		26,6	0,0	5,5	0,4		0,2		0,0	2,4				
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		2,2	21,6	2,7	0,0	3,1	0,0	2,1	0,0	0,4				
07		0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	4,0	12,7		0,0	4,3	0,0	0,4		0,0				
08	0,0	0,0	0,0	2,6	4,7	0,0		13,8		4,0	12,8	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	2,2	0,2				
09	0,0	0,5	0,0		0,0	0,0		12,2			11,6	0,0	0,0	3,8	0,5	7,2	0,4	0,0				
10	38,2	0,0	5,0	0,4	0,0	0,0	0,0	12,2	0,0		1,8	0,8	0,0	19,8	12,8	2,4	0,3	0,1				
11	19,6	9,6	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	20,3	3,2	8,1	0,7	0,0	1,7	8,7	0,0	0,0	0,8				
12	1,0	27,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	23,9	0,0	3,0	1,8	0,0	1,4	0,1	0,0	0,0	0,1				
13	0,0	0,2	13,5	20,6	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1				
14	0,0	0,0	4,0	4,7	0,0	0,3	0,0	0,0	10,7	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
15	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	34,1	0,0	0,0	0,4	3,9	0,0	1,4	0,0	0,2	0,0	19,5	0,0	0,0				
16	29,7	0,1	0,0	0,4	0,3	6,0	0,0	0,2	0,1	20,7	7,7	0,0	0,0	5,9	0,0	11,7	0,0					
17	9,0	0,0		0,2	0,0	11,9		0,0	1,1	3,6	9,4	1,9	11,9	0,8	0,2	0,0	0,0					
18	0,1	0,6		0,1	6,1	1,3	0,0	4,0	21,6	0,0	0,1	1,1	3,3	1,0	0,0		0,0					
19		0,0	0,4	9,2	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	37,9	2,8	3,0	66,9	0,0		0,0	0,2				
20	1,9	0,0	1,6	0,4	14,1	5,9	0,0		0,5	0,0	0,1	14,5	0,2	3,4	4,6	3,5	0,4	0,0				
21	1,0	0,0		1,2		0,0	2,3	0,3	0,2	6,3	0,0	2,6	1,2	10,2	0,0	0,2	7,1	1,0				
22		5,7	3,0	0,0	0,0	0,3	36,5	0,0	6,3	0,1		0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,1				
23	0,2	0,7	9,7	0,0		0,0	48,6		2,4	0,9		11,2	6,7	8,0	12,5	0,0	0,4					
24	11,0	5,0		0,9	19,2	0,0	8,9	0,3	0,5	13,2	46,5		5,7	0,0	1,3	0,0	0,3	0,0				
25	7,3	1,8		6,9	0,0	0,0	0,1	0,0	20,2	0,5	13,0	3,9	5,1	0,0	82,4	0,0	2,1	0,1				
26	0,0	0,9		0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	10,7	0,0	0,7	0,7	0,0	8,7	0,0	0,0	0,0				
27	0,3	15,2		12,9	0,0	0,0	0,0	0,0		5,1	0,0	4,7	8,9	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0				
28	6,6	0,9		16,8	0,0	0,4	0,0	0,0	3,2	27,9	0,0	12,4	2,9	0,0	66,8	0,0	0,0	0,0				
29	7,2			13,8	0,0	4,4	0,0	0,0		4,5		0,0	15,3		2,5	0,0	0,0	7,7				
30	3,2			1,5	0,0	0,0	0,0	12,2	1,0	5,2		0,0	0,0		0,4	0,0	0,0	1,0				
31	10,0				0,0		0,0	86,4		8,2		3,4	0,0		10,6		0,0					
Total	269,1	73,1	63,4	104,7	48,4	65,3	101,3	144,7	175,4	191,1	187,3	79,2	153,2	131,9	249,3	67,2	22,2	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0

Anexo 4 – Exemplos de Totais Horários de Precipitação

(estação Abaeté)

código	ano	dia/mês	hora	mm
347	2006	1/out	00:00	0,2
347	2006	1/out	01:00	0,2
347	2006	1/out	02:00	0
347	2006	1/out	03:00	0
347	2006	1/out	04:00	0,2
347	2006	1/out	05:00	0,2
347	2006	1/out	06:00	0
347	2006	1/out	07:00	0
347	2006	1/out	08:00	0
347	2006	1/out	09:00	0
347	2006	1/out	10:00	0
347	2006	1/out	11:00	0,2
347	2006	1/out	12:00	0
347	2006	1/out	13:00	1
347	2006	1/out	14:00	3,6
347	2006	1/out	15:00	5,2
347	2006	1/out	16:00	5
347	2006	1/out	17:00	7,2
347	2006	1/out	18:00	2,2
347	2006	1/out	19:00	5,2
347	2006	1/out	20:00	1,2
347	2006	1/out	21:00	1
347	2006	1/out	22:00	0,4
347	2006	1/out	23:00	0,4

347	2006	2/out	00:00	0,6
347	2006	2/out	01:00	0,4
347	2006	2/out	02:00	0,6
347	2006	2/out	03:00	1,8
347	2006	2/out	04:00	2
347	2006	2/out	05:00	0,2
347	2006	2/out	06:00	0,2
347	2006	2/out	07:00	0
347	2006	2/out	08:00	0,4
347	2006	2/out	09:00	0,2
347	2006	2/out	10:00	0,2
347	2006	2/out	11:00	0
347	2006	2/out	12:00	0,2
347	2006	2/out	13:00	0
347	2006	2/out	14:00	0
347	2006	2/out	15:00	0
347	2006	2/out	16:00	0
347	2006	2/out	17:00	0,2
347	2006	2/out	18:00	0,2
347	2006	2/out	19:00	0,2
347	2006	2/out	20:00	0
347	2006	2/out	21:00	0
347	2006	2/out	22:00	0,2
347	2006	2/out	23:00	0

(estação Univille)

setembro/06				
dias	9h	15h	21h	Total
1	6,3	1,5	0,8	8,6
2	5,1			5,1
3				0,0
4				0,0
5				0,0
6				0,0
7				0,0
8				0,0
9				0,0
10				0,0
11				0,0
12				0,0
13				0,0
14				0,0
15			8,5	8,5
16	12,6	5	13	30,6
17	5,9			5,9
18	0,7			0,7
19				0,0
20	8,3	35,2		43,5
21				0,0
22				0,0
23		14		14,0
24	1,8	2,1		3,9
25	1,2			1,2
26				0,0
27				0,0
28	1,2			1,2
29	12	13,5	1,4	26,9
30				0,0
31				0,0

150,1

Anexo 5 – Distribuição de Dados Pluviométricos entre 2003-2006

Estações

	2003								2004											
	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Univille	52,9	83,5	69,3	34,1	113	77,4	99,9	218,1	231,2	239,9	128,7	213,1	130,1	60,9	175,3	48,8	138	129,9	110,6	226,8
Estrada Sai																				
Abaeté					101,2	157,2	127,2											51	63,6	
Salto 1	89,2	136,6	121	37,2	154,9	162,4	179,2	285,6	285,6	261,2	138,9	218,7	178,7	85,9	238,6	59,2	238,2	185,2	165,5	229,8
Pirabeiraba	67,6	106	100,5	36,4	121,5	103,4	145,7	258,6	246,8	168,7	163,8	218,9	134,3	56,3	187,4	60,6	170,6	149,5	161,8	270,1
Garuva	65,3	110,2	93	33,6	147,2	112,7	143,2	254,9	335,5	335,5	164,1	449,6	152,2	88	151,1	49,5	214,2	126,3	161,6	355,8

	2005												2006									
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out
Univille	437,9	80,2	147,7	175,3	121,9	76,6	159,1	189,5	248,8	210,5	209,1	119,2	280,3	300,2	225,9	113,2	22,9	29,3	47,8	53,3	150,1	127,1
Estrada Sai				184,2	104,8	82	152,8	226,8	216	257,4	250	92	106,8	201,9	312,2	84,4	35,6	19,4	59	47,8	138,2	148
Abaeté	300,4	131,4	89,6	193,2	147	108,4	190,8	258	277,6	252,8	151,4	158,8	55,6	164,4	169,8	46	39,8	36,4	52	66,4	134,8	109,4
Salto 1																						
Pirabeiraba																						
Garuva																						

Univille e Estrada Sai: estações na planície costeira

Abaeté e Salto 1: estações na Serra do Mar

Pirabeiraba e Garuva: estações próximas à escarpa

Anexo 6 – Evolução Percentual das Vazões entre 2003-2006

2003

rio	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
braço		-12,4%	-7,5%	78,6%	-6,9%	-25,8%	390,1%
cubatão	0,0%	25,1%	-52,5%	20,2%	75,0%	169,4%	49,2%
canela		-71,4%	31,3%	233,3%	-35,7%	-24,4%	379,4%
pirabeiraba		75,8%	-51,7%	117,9%	218,0%	-70,6%	438,6%
bonito			-26,1%	147,1%	-16,7%	-71,4%	770,0%
turvo	-21,4%	72,7%	-57,9%	312,5%	48,5%	-81,6%	433,3%
três barras	-1,0%	26,8%	27,3%	131,5%	220,2%	-76,7%	171,9%
cupim	5,9%	-22,2%	-35,7%	322,2%	-55,3%	5,9%	255,6%
sete voltas	-45,2%	52,9%	-50,0%	-100,0%		-79,6%	1030,0%
onça			-14,8%	182,6%	-36,9%	-4,9%	156,4%

2004

rio	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
braço	-50,6%	67,6%	-55,4%	179,9%						-41,1%	20,7%	24,6%
cubatão	-30,3%	-49,0%	-0,2%	181,7%	-38,4%	-48,7%	62,4%	-38,4%	78,4%	0,0%	14,0%	31,3%
canela	-25,8%	-41,3%	-8,5%	83,1%	-42,9%	-48,5%	-14,3%	153,2%	-59,2%	22,7%	45,6%	-17,2%
pirabeiraba	-64,0%	21,7%	-49,1%	193,4%	-51,2%	-65,3%	135,3%	31,2%	-48,9%	29,6%	72,5%	8,8%
bonito	-52,9%	14,6%	-63,8%	264,7%	-35,5%	5,0%	-52,4%	57,1%	-36,5%	-6,7%	35,3%	5,4%
turvo	-39,6%	117,2%	-73,0%	247,1%	-28,8%	-28,6%	-43,3%	52,5%	-32,6%	10,1%	54,4%	-40,9%
três barras	-26,1%	31,5%	-44,8%	118,5%	-55,4%	-47,3%	38,8%	122,1%	26,2%	-52,2%	60,9%	-3,5%
cupim	-32,8%	4,7%	-24,4%	161,8%	-65,2%	-67,7%	190,0%	-38,1%	34,2%	33,0%	7,5%	5,0%
sete voltas	-5,3%	-13,1%	-45,2%	145,1%	-59,2%	-60,8%	35,0%	-17,2%	-17,9%	49,2%	94,8%	79,4%
onça	-35,0%	7,7%	-48,6%	130,6%	-37,3%	-50,0%	42,3%	-9,1%	-23,2%	-41,5%	123,8%	30,7%

2005

rio	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
braço					-54,9%	-47,9%	95,3%	-39,2%	-100,0%		-79,9%	47,3%
cubatão	18,5%	0,0%	-38,3%	-3,9%	-11,8%	-34,1%	10,1%	-45,4%	585,3%	-7,2%	-51,3%	126,6%
canela	-6,4%	20,5%	-18,3%	162,9%	-67,9%	-39,3%	4,9%	-46,1%	625,6%	25,3%	-68,2%	127,3%
pirabeiraba	19,1%	-52,0%	5,6%	24,4%	-29,0%	-29,5%	-17,3%	-38,7%	952,8%	-27,1%	-56,7%	83,6%
bonito	27,4%	-39,6%	64,0%	101,3%	-52,7%	-49,7%	11,9%	-34,4%	337,1%	49,1%	-65,9%	-10,7%
turvo	97,2%	-21,9%	-5,3%	32,2%	-27,1%	-30,1%	-19,8%	-23,6%	278,3%	47,4%	-75,8%	31,4%
três barras	152,2%	-78,9%	54,8%	-21,9%	-21,8%	-25,9%	-25,4%	-3,5%	751,6%	-22,9%	-66,0%	159,5%
cupim	59,6%	-53,6%	14,7%	86,2%	-42,5%	-24,7%	-14,8%	-32,6%	557,3%	-36,4%	-53,7%	15,6%
sete voltas	13,9%	-48,2%	24,0%	0,1%	-43,6%	-29,6%	-22,1%	-76,7%	-100,0%		-73,3%	90,6%
onça	82,1%	-49,0%	39,1%	-5,0%	-32,4%	-55,9%	-100,0%			-11,2%	-67,7%	34,6%

2006

rio	fev A	fev B	mar	abr	mai
braço	-32,7%	406,9%	-59,1%	-45,5%	-42,1%
cubatão	-86,6%	268,9%	212,8%	-90,5%	-20,6%
canela	-78,8%			-75,1%	0,6%
pirabeiraba	-83,9%			-71,1%	-33,1%
bonito	-37,6%			-72,4%	-9,5%
turvo	-90,0%			-59,6%	15,6%
três barras	-81,5%			-69,1%	-27,4%
cupim	-77,3%			-52,9%	-41,3%
sete voltas	-73,5%			-56,2%	-58,4%
onça	-69,4%			-73,5%	-12,4%

Anexo 7 – Dados de Vazão do Rio Cubatão

Exemplo de tabela de registro de valores diários de vazão medidos em campo

mar/06

dia	hora	Q total	H	leito 1 - H1	leito 2 - H2	leito 3 - H3	Q leito 1	Q leito 2	Q leito 3
1	7:25	6,03	4,55	0,39	0,05	-0,55	3,64	2,39	#NÚM!
2	7:10	8,37	4,49	0,45	0,11	-0,49	4,51	3,86	#NÚM!
3	7:15	6,39	4,54	0,40	0,06	-0,54	3,78	2,61	#NÚM!
4	7:05	13,60	4,38	0,56	0,22	-0,38	6,26	7,33	#NÚM!
5	7:20	8,37	4,49	0,45	0,11	-0,49	4,51	3,86	#NÚM!
6	7:10	7,96	4,50	0,44	0,10	-0,50	4,36	3,60	#NÚM!
7	7:14	6,03	4,55	0,39	0,05	-0,55	3,64	2,39	#NÚM!
8	7:20	5,36	4,57	0,37	0,03	-0,57	3,36	1,99	#NÚM!
9	7:15	5,04	4,58	0,36	0,02	-0,58	3,23	1,81	#NÚM!
10	7:27	5,69	4,56	0,38	0,04	-0,56	3,50	2,19	#NÚM!
11	7:30	65,94	3,67	1,27	0,93	0,33	21,38	44,56	12,56
12	7:20	19,78	4,27	0,67	0,33	-0,27	8,19	11,59	#NÚM!
13	7:25	11,09	4,43	0,51	0,17	-0,43	5,44	5,65	#NÚM!
14	7:32	8,80	4,48	0,46	0,12	-0,48	4,66	4,14	#NÚM!
15	7:40	7,55	4,51	0,43	0,09	-0,51	4,21	3,34	#NÚM!
16	7:33	7,15	4,52	0,42	0,08	-0,52	4,07	3,08	#NÚM!
17	7:40	6,39	4,54	0,40	0,06	-0,54	3,78	2,61	#NÚM!
18	7:43	6,03	4,55	0,39	0,05	-0,55	3,64	2,39	#NÚM!
19	7:45	5,69	4,56	0,38	0,04	-0,56	3,50	2,19	#NÚM!
20	7:30	5,36	4,57	0,37	0,03	-0,57	3,36	1,99	#NÚM!
21	7:35	7,15	4,52	0,42	0,08	-0,52	4,07	3,08	#NÚM!
22	7:40	9,69	4,46	0,48	0,14	-0,46	4,97	4,72	#NÚM!
23	7:33	6,39	4,54	0,40	0,06	-0,54	3,78	2,61	#NÚM!
24	7:38	7,96	4,50	0,44	0,10	-0,50	4,36	3,60	#NÚM!
25	8:15	13,60	4,38	0,56	0,22	-0,38	6,26	7,33	#NÚM!
26	7:55	42,88	3,94	1,00	0,66	0,06	14,94	27,94	0,97
27	7:30	26,11	4,17	0,77	0,43	-0,17	10,10	16,02	#NÚM!
28	7:25	12,57	4,40	0,54	0,20	-0,40	5,93	6,64	#NÚM!
29	7:30	42,09	3,95	0,99	0,65	0,05	14,72	27,37	0,74
30	7:40	15,19	4,35	0,59	0,25	-0,35	6,77	8,42	#NÚM!
31	7:38	19,78	4,27	0,67	0,33	-0,27	8,19	11,59	#NÚM!

Síntese das tabelas de registro de valores diários de vazão medidos em campo

2004

dia	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1		6,66	9,26	6,05	10,54	11,45	12,87
2		13,37	9,26	6,05	8,85	9,67	26,75
3		8,07	8,85	5,78	8,07	9,26	15,95
4		13,87	8,85	9,26	8,07	9,26	11,45
5		11,91	8,85	7,33	8,07	8,45	9,26
6		9,26	8,45	6,34	7,33	7,69	20,48
7		8,07	8,45	5,78	7,33	8,85	18,73
8	8,85	7,69	8,07	5,78	6,66	10,10	13,37
9	10,54	13,37	7,69	5,78	6,66	15,42	15,42
10	10,10	10,54	7,69	5,78	6,34	12,39	57,44
11	12,87	8,85	7,33	5,78	10,10	25,44	51,49
12	66,33	8,07	7,33	18,16	7,69	13,87	43,39
13	16,49	7,69	7,33	89,39	8,07	10,99	22,91
14	11,45	7,33	6,99	94,49	15,95	9,67	21,68
15	10,54	6,99	6,99	44,18	12,87	11,45	14,90
16	10,10	13,87	6,66	20,48	10,54	15,95	13,37
17	9,26	21,08	6,66	16,49	13,87	11,45	47,38
18	8,85	13,37	6,34	14,38	10,99	11,45	47,38
19	8,85	47,38	6,34	12,39	22,91	9,67	21,08
20	8,45	114,71	6,34	10,99	12,39	9,26	16,49
21	8,07	70,94	6,05	10,10	10,10	8,45	14,38
22	8,07	39,53	6,34	10,10	10,10	8,07	24,80
23	8,07	24,80	7,69	10,10	10,10	7,33	68,16
24	7,69	19,31	6,99	11,91	19,31	7,33	76,60
25	7,33	15,42	6,66	10,10	45,77	7,33	30,81
26	7,33	14,90	6,34	10,10	21,68	8,45	22,29
27	7,33	13,37	6,66	9,67	14,38	7,33	17,60
28	7,33	12,39	10,54	9,67	11,91	13,87	16,49
29	7,33	10,54	9,26	8,85	10,99	14,90	14,90
30	6,99	10,54	6,99	8,85	10,10	14,90	13,87
31		9,26	6,05		9,67		12,39

(continuação)

2005

dia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
1	13,87	20,48	10,54	8,45	10,54	8,45	6,66	6,99	51,49	22,29	26,75	11,91
2	11,45	16,49	12,87	9,26	9,26	8,07	6,34	6,99	22,29	25,44	21,68	22,29
3	11,45	16,49	11,45	28,75	9,26	7,69	6,05	6,34	12,39	21,68	19,89	24,80
4	19,31	19,31	10,54	55,72	8,07	7,33	5,78	6,05	10,54	17,04	17,60	13,37
5	18,16	18,16	11,45	45,77	8,07	6,99	11,91	6,05	53,16	85,39	15,42	10,99
6	12,87	16,49	10,54	23,54	8,07	6,99	9,26	5,78	19,31	32,20	15,42	27,41
7	12,87	14,90	9,26	11,45	8,07	6,99	6,99	5,78	14,90	26,75	49,01	15,42
8	12,87	13,37	8,07	13,37	14,90	6,66	6,34	6,66	12,87	24,17	32,20	12,39
9	11,45	12,87	8,07	21,08	19,31	6,34	8,07	22,91	12,39	22,29	63,61	10,99
10	10,99	11,45	7,69	13,87	12,39	6,34	10,54	97,59	11,45	19,89	60,06	10,54
11	37,28	11,45	7,69	11,45	10,99	6,05	8,07	21,68	10,54	16,49	66,33	11,45
12	32,20	11,45	7,33	10,54	13,87	6,05	6,66	12,87	45,77	18,16	34,34	10,54
13	16,49	12,39	6,99	11,45	10,10	5,78	6,34	10,54	58,31	14,90	27,41	13,37
14	13,87	11,45	11,45	11,45	9,26	5,78	5,78	9,26	58,31	14,90	23,54	10,54
15	12,39	10,99	25,44	10,99	8,85	6,34	4,13	8,85	45,77	26,75	21,68	10,10
16	15,95	10,10	9,26	9,26	8,85	17,60	4,13	8,07	28,75	28,08	16,49	9,67
17	27,41	9,67	8,45	9,26	8,45	11,91	4,13	7,69	21,08	41,06	21,68	9,26
18	25,44	9,26	11,45	10,54	8,45	14,90	6,05	7,69	19,31	25,44	22,91	9,26
19	18,16	13,87	8,45	8,45	10,10	10,10	5,78	7,33	37,28	20,48	16,49	10,10
20	55,72	9,67	10,54	18,16	12,39	8,07	4,00	6,99	22,29	19,31	19,31	9,67
21	41,83	9,26	8,07	10,99	41,83	11,45	3,88	6,99	17,60	15,42	14,90	28,08
22	22,91	8,45	7,69	9,67	17,04	8,85	13,37	6,99	19,31	14,90	13,87	13,87
23	19,31	9,26	51,49	8,85	11,45	8,07	25,44	6,34	53,16	13,87	13,87	10,54
24	16,49	13,87	22,29	8,07	11,45	7,69	35,80	6,05	32,91	23,54	13,87	10,54
25	65,42	16,49	25,44	10,10	31,50	6,99	22,91	6,05	24,17	20,48	49,01	10,10
26	39,53	15,42	12,87	11,45	13,37	6,66	12,87	5,78	60,94	14,38	22,91	17,60
27	19,31	19,31	10,54	8,45	10,54	6,66	10,10	5,78	30,11	29,43	16,49	13,37
28	19,31	10,10	10,54	15,95	9,26	6,66	9,26	4,13	27,41	25,44	13,37	25,44
29	18,16		9,26	12,39	8,85	6,99	8,45	4,00	41,06	54,86	12,39	18,16
30	23,54		8,07	13,87	8,45	6,99	7,69	3,88	26,75	39,53	12,39	11,91
31	24,80		28,08		8,45		7,33	38,02		35,80		10,54

(continuação)

2006

dia	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
1	19,31	6,05	7,33	14,90	3,88	3,28	3,51	2,64	3,40	8,85	3,88
2	12,87	5,78	9,67	11,45	3,88	3,28	3,06	2,64	6,99	49,83	6,34
3	10,99	5,78	7,69	11,45	3,63	3,28	2,95	2,64	3,76	23,54	6,66
4	32,20	5,78	14,90	14,90	3,63	3,28	2,84	2,54	2,64	11,45	7,33
5	15,42	6,66	9,67	11,91	3,63	3,17	2,74	2,44	2,35	8,07	19,31
6	12,87	9,26	9,26	10,10	3,63	3,63	2,64	2,44	2,35	8,45	15,95
7	11,45	6,34	7,33	9,67	3,51	3,40	2,64	2,35	2,26	7,33	10,99
8	10,10	12,39	6,66	9,67	3,51	3,28	2,64	2,35	2,26	6,66	10,10
9	9,67	10,10	6,34	8,45	3,63	3,28	2,54	2,26	2,35	7,69	6,99
10	8,85	15,42	6,99	9,67	3,51	3,06	3,63	2,26	2,26	6,99	6,66
11	8,45	44,18	67,24	8,45	3,40	3,06	3,88	2,17	2,26	5,78	5,78
12	8,45	25,44	21,08	7,33	3,28	3,28	3,17	2,26	2,17	24,17	24,80
13	8,07	12,87	12,39	7,33	3,28	3,17	2,95	2,17	2,08	10,54	24,17
14	7,69	10,10	10,10	6,99	3,28	3,06	2,74	2,17	2,17	11,45	28,08
15	7,69	9,67	8,85	6,99	3,17	2,95	2,64	2,08	2,17	8,45	26,75
16	8,85	8,45	8,45	10,10	3,17	2,95	2,64	2,08	6,66	6,99	15,95
17	6,99	8,85	7,69	8,85	3,17	2,95	2,64	2,54	27,41	14,38	12,39
18	8,85	8,45	7,33	7,69	3,17	2,95	2,54	3,28	9,26	8,85	9,67
19	8,07	8,85	6,99	7,33	3,17	3,06	2,44	6,34	4,13	8,85	41,06
20	9,26	15,42	6,66	7,33	3,17	2,95	2,44	3,06	3,28	12,87	42,61
21	8,85	11,45	8,45	6,66	3,51	2,95	2,35	2,54	13,87	29,43	39,53
22	8,45	9,26	10,99	6,66	6,99	2,95	2,35	2,35	6,66	13,87	22,91
23	10,54	8,07	7,69	6,05	8,85	3,06	2,26	2,26	3,76	10,10	99,68
24	7,69	13,87	9,26	5,78	6,34	2,95	2,35	2,26	3,76	7,33	13,87
25	12,39	9,26	14,90	4,13	6,66	2,84	2,35	2,26	3,63	6,99	12,39
26	9,67	8,45	44,18	4,00	4,00	2,95	2,44	2,17	3,28	6,34	22,29
27	9,67	7,69	27,41	5,78	3,63	2,95	2,35	2,17	3,06	5,78	158,97
28	7,69	7,33	13,87	4,00	3,63	2,84	2,35	2,17	2,95	3,88	101,78
29	7,33		43,39	4,00	3,63	3,06	4,00	2,44	3,06	3,88	101,78
30	6,99		16,49	3,88	3,17	3,88	2,84	2,26	17,04	3,63	98,63
31	6,66		21,08		3,17		2,54	2,17		3,63	

Exemplo de tabela com valores horários de vazão monitorados em datas específicas

dia	hora	Q total	%
25	7:00	17,04	
25	8:00	14,90	-12,60
25	9:00	13,37	-10,26
25	10:00	13,87	3,75
25	11:00	14,90	7,40
25	12:00	25,35	70,17
25	13:00	35,80	41,23
25	14:00	38,02	6,21
25	15:00	36,53	-3,91
25	16:00	35,80	-2,01
25	17:00	34,36	-4,03
25	18:00	32,91	-4,20
25	19:00	32,20	-2,15
25	20:00	39,39	22,30
25	21:00	46,57	18,24
25	22:00	55,99	20,24
25	23:00	65,42	16,83
26	0:00	68,64	4,93
26	1:00	71,87	4,70
26	2:00	64,65	-10,04
26	3:00	57,44	-11,16
26	4:00	52,41	-8,76
26	5:00	47,38	-9,60
26	6:00	43,45	-8,28
26	7:00	39,53	-9,03
26	8:00	43,45	9,93
26	9:00	47,38	9,03
26	10:00	65,39	38,02
26	11:00	83,41	27,55
26	12:00	79,05	-5,22
26	13:00	74,70	-5,51
26	14:00	68,26	-8,62
26	15:00	61,83	-9,43
26	16:00	58,34	-5,63
26	17:00	54,86	-5,97
26	18:00	49,13	-10,45
26	19:00	43,39	-11,67

Exemplo de tabelas organizadas com base nos dados recolhidos junto à ANA, referentes às estações Pirabeiraba, Salto 1 (rio Cubatão) e Quiriri (rio Quiriri)

Estação Pirabeiraba – rio Cubatão

mês	max	min	media	dia max	dia min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
out-85	53,2			30											
nov-85	154,0	5,5	19,1	4	17	9,4	58,7	60,9	133,0	53,2	38,6	21,4	15,8	12,2	10,3
dez-85	18,8	3,9	6,3	4	29	5,3	9,9	10,3	17,0	10,8	8,4	7,0	6,0	5,5	5,3
jan-86	65,4	3,5	11,9	14	8	9,4	5,3	5,1	4,4	5,8	4,8	3,9	3,5	4,2	23,5
fev-86	90,8	5,1	15,6	13	10	9,1	8,0	22,1	9,1	6,7	5,5	5,3	5,5	5,5	5,1
mar-86	166,0	5,8	16,3	1	31	111,0	34,2	24,2	18,2	15,8	13,5	12,2	19,4	18,8	12,2
abr-86	33,4	5,5	9,5	18	1	5,5	6,0	6,0	11,2	9,1	7,4	20,0	9,4	7,7	6,7
mai-86	9,4	3,7	5,1	13	29	6,3	5,8	5,5	5,5	5,3	5,1	5,5	5,8	6,0	5,5
jun-86	4,2	2,5	3,3	1	28	3,9	3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4
jul-86	22,8	2,7	6,6	7	1	2,7	3,0	3,2	3,5	3,9	10,3	22,1	13,1	17,6	16,4
ago-86	37,7	2,5	6,0	23	10	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,5
set-86	127,0	3,9	25,0	19	15	34,2	17,0	19,4	11,2	27,0	28,6	11,2	7,0	6,0	5,5
out-86	114,0	6,7	17,2	21	7	10,8	9,9	8,7	8,0	7,7	7,4	6,7	9,1	19,4	77,6
nov-86	52,2	5,8	13,2	30	22	10,3	8,7	8,4	7,0	16,4	24,9	15,2	10,8	8,0	23,5
dez-86	186,0	9,9	36,2	18	13	56,4	29,4	18,8	15,8	13,1	11,7	11,2	20,0	12,2	11,7
jan-87	161,0	15,2	33,0	14	2	19,4	15,2	22,1	19,4	18,8	17,0	16,4	46,0	31,8	25,6
fev-87	533,0			15		15,8	17,0	31,8	25,6	15,8	14,6	13,5	16,4	18,8	14,6
mar-87	13,5	7,7	10,1	11	31	12,6	11,7	11,2	10,8	10,3	9,9	9,1	12,2	9,1	12,6
abr-87	75,2	7,4	15,7	3	1	7,4	40,4	52,2	27,8	13,1	17,6	13,1	12,2	9,9	8,7
mai-87	179,0	9,9	27,0	8	5	15,2	12,2	11,2	10,3	9,9	11,2	42,2	142,0	35,9	18,8
jun-87	88,2	9,4	18,1	14	12	12,2	11,2	11,2	10,3	11,2	12,2	15,2	11,2	11,2	10,3
jul-87	17,0	6,3	8,4	19	30	9,4	9,4	8,7	8,7	8,0	8,0	8,7	9,4	12,2	9,1
ago-87	71,5	5,3	7,8	17	12	6,7	6,7	6,0	5,5	6,0	10,8	8,0	6,7	6,0	6,0
set-87	96,5	5,5	16,1	16	2	6,0	5,5	10,3	7,4	5,8	6,7	6,3	5,8	5,5	5,5
out-87	75,2	8,7	17,2	19	10	15,2	40,4	13,1	14,0	14,0	14,0	12,6	10,3	9,4	8,7
nov-87	25,6	5,5	8,4	12	21	8,0	7,7	7,7	7,4	7,4	7,4	6,7	6,7	7,4	7,4
dez-87	62,0	5,5	10,5	31	28	6,7	6,0	8,0	22,8	9,4	8,7	9,4	9,9	27,0	12,6
jan-88	47,1	5,5	13,6	25	8	15,2	9,9	8,7	7,4	6,7	6,0	6,0	5,5	5,5	10,8
fev-88	133,0	8,7	25,6	1	24	133,0	67,8	35,0	24,2	20,7	17,6	14,0	18,8	36,8	40,4
mar-88	120,0	7,4	19,4	8	31	35,0	46,0	42,2	30,2	22,1	17,6	15,2	77,6	30,2	29,4
abr-88	20,7	6,0	9,0	28	10	7,4	8,7	8,7	7,7	8,7	7,4	6,3	9,9	7,0	6,0
mai-88	274,0	10,3	36,4	23	1	10,3	27,8	56,4	86,8	54,2	51,1	42,2	106,0	40,4	28,6
jun-88	31,8	8,7	13,4	24	30	18,2	15,8	15,2	21,4	13,5	13,1	12,2	12,2	12,2	12,2
jul-88	9,9	5,3	7,3	1	29	9,4	8,7	8,7	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,7	9,4
ago-88	6,0	3,7	4,9	13	31	5,3	5,1	5,1	5,1	4,8	4,8	4,6	4,6	4,6	4,6
set-88	175,0	3,7	28,4	17	1	3,7	5,1	7,4	9,9	9,9	5,8	4,6	4,4	4,4	4,2
out-88	106,0	7,7	22,9	24	9	11,2	11,7	10,8	11,2	9,4	8,7	8,7	8,4	7,7	9,9
nov-88	13,1	6,0	8,8	1	24	13,1	13,1	12,2	11,7	10,8	9,4	9,4	9,1	8,7	8,7
dez-88	43,1	4,4	8,5	30	10	7,4	9,4	6,7	6,0	5,8	5,3	5,1	4,6	4,6	4,4

Anexo 8 – Exemplos de Dados de Turbidez

(coleta mensal)

Maio 2006					
rio	N.T.U.				média
Braço	17,2	17,2	23,1	19	19,13
Cubatão	2,71	2,84	2,48		2,68
Canela	4,18	4,47	6,26	5,68	5,15
Pirabeiraba	5,84	5,12	5,06		5,34
Bonito	5,38	4,34	4,76		4,83
Turvo	4,89	5,45	4,86		5,07
Três Barras	1,11	0,75			0,93
Cupim	8,09	7,93	6,43	6,56	7,25
Sete Voltas	2,87	3,85	3,62		3,45
Onça	5,06	5,22	5,68		5,32

(coleta diária)

	Cubatão setembro 2006					média 1	média 2
1/9/2006	6,17	5,61	6,07	6,62	6,23	6,14	6,14
2/9/2006	11,12	10,14	8,87	10,80	10,63	10,31	10,67
3/9/2006	5,81	6,39	6,59	7,40	6,17	6,47	6,47
4/9/2006	5,38	4,57	4,50	6,03	5,45	5,19	5,19
5/9/2006	4,53	4,14	6,03	5,32	4,34	4,87	4,58
6/9/2006	3,75	3,65	4,11	3,56	3,82	3,78	3,78
7/9/2006	4,70	3,56	3,16	3,78	3,85	3,81	3,59
8/9/2006	5,32	4,80	3,98	4,18	4,14	4,48	4,48
9/9/2006	3,98	4,08	4,18	3,88	4,44	4,11	4,11
10/9/2006	4,89	5,12	4,11	6,59	5,35	5,21	5,49
11/9/2006	4,34	4,47	4,14	4,96	4,31	4,44	4,44
12/9/2006	4,93	5,22	6,39	4,99	4,86	5,28	5,00
13/9/2006	3,59	2,71	3,78	3,56	3,10	3,35	3,35
14/9/2006	1,86	2,12	1,92	2,10	2,01	2,00	2,00
15/9/2006	1,83	2,02	1,94	1,90	1,86	1,91	1,91
16/9/2006	4,73	6,72	7,01	6,26	6,51	6,25	6,63
17/9/2006	17,48	15,52	17,32	16,62	17,36	16,86	16,86
18/9/2006	7,67	7,01	7,37	7,44	7,28	7,35	7,35
19/9/2006	6,10	6,69	6,69	6,68	6,65	6,56	6,56
20/9/2006	72,12	76,33	77,96	74,24	74,18	74,97	74,97
21/9/2006	26,81	25,74	28,18	26,65	26,62	26,80	26,80
22/9/2006	12,92	10,11	13,50	12,46	12,30	12,26	12,26
23/9/2006	10,31	11,19	9,98	10,54	10,73	10,55	10,55
24/9/2006	20,32	20,52	19,25	20,91	20,45	20,29	20,29
25/9/2006	10,34	9,82	10,37	10,60	11,16	10,46	10,46
26/9/2006	7,60	6,69	7,34	6,95	6,65	7,05	7,05
27/9/2006	3,39	3,29	3,23	2,84	3,69	3,29	3,29
28/9/2006	3,88	3,85	2,85	2,54	2,74	3,17	3,17
29/9/2006	1,86	5,06	3,65	2,58	2,77	3,18	2,72
30/9/2006	9,04	7,98	10,24	12,04	9,79	9,82	9,82

(coleta horária)

Cubatão horário setembro 2006								média 1	média 2
29/9/2006	08:00	1,86	5,06	3,65	2,58	2,77		3,18	2,72
29/9/2006	09:00	3,23	6,36	2,84	3,13	3,33		3,78	3,13
29/9/2006	10:00	1,50	2,45	3,20	2,15	3,00		2,46	2,70
29/9/2006	11:00	4,04	4,66	5,19	6,95	6,20		5,41	5,02
29/9/2006	13:00	12,79	13,41	11,51	13,24	12,00		12,59	12,59
29/9/2006	14:00	13,31	12,43	12,92	13,50	15,04		13,44	13,44
29/9/2006	15:00	12,33	13,86	14,39	14,22	14,25		13,81	13,81
29/9/2006	16:00	10,99	10,54	10,93	11,65	11,81		11,18	11,18
29/9/2006	17:00	9,88	12,43	13,80	10,44	11,19		11,55	11,55
29/9/2006	18:00	12,17	11,22	12,82	12,88	13,11		12,44	12,44
29/9/2006	19:00	15,23	18,46	17,13	19,25	17,32		17,48	17,48
29/9/2006	20:00	19,18	18,27	17,91	19,60	18,85		18,76	18,76
29/9/2006	22:00	19,15	17,00	20,55	18,23	17,68		18,52	18,52
29/9/2006	0:00	19,83	20,00	19,80	18,56	19,87		19,61	19,61
30/9/2006	02:00	12,23	12,82	21,33	9,33	8,71	11,42	12,64	12,16
30/9/2006	04:00	10,54	12,13	12,43	12,88	13,15		12,23	12,23
30/9/2006	06:00	9,66	11,78	11,58	12,46	11,51		11,40	11,83
30/9/2006	08:00	9,04	7,98	10,24	12,04	9,79		9,82	10,28

Anexo 9 – Evolução Percentual de Turbidez entre 2004-2006

2004

	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Mississipe	29,2%	-25,0%	20,7%	12,4%	2,0%	-33,5%	9,8%	3,8%
Braço 2	-17,3%	61,3%	496,0%	-52,0%	-33,6%	-37,8%	-11,0%	113,6%
Braço						-40,0%	4,7%	21,5%
Cubatão	69,8%	-54,0%	-33,3%	336,7%	-71,5%	25,0%	104,8%	-73,3%
Canela	-42,3%	3,0%	-36,7%	155,2%	-18,2%	-40,1%	77,0%	-21,5%
Pirabeiraba	14,5%	435,5%	-77,7%	194,7%	-81,8%	20,9%	-39,9%	-20,3%
Bonito	33,3%	4,1%	-29,7%	163,8%	-39,7%	-32,0%	28,8%	6,0%
Turvo	10,0%	10,2%	-16,2%	25,2%	156,7%	5,8%	-8,7%	-62,2%
Três Barras	61,7%	84,0%	-41,1%	347,2%	68,6%	-93,5%	163,4%	64,3%
Cupim	-51,4%	62,7%	-22,0%	73,5%	-17,5%	-27,2%	45,9%	13,2%
Sete Voltas	-60,3%	156,9%	-60,6%	1139,5%	-77,9%	61,6%	1,3%	19,8%
Onça			8,9%	104,6%	1,0%	0,5%	-3,0%	3,8%

2005

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Mississipe	-68,1%	1410,0%	-62,8%	78,4%	-51,4%	24,5%	90,8%	-64,8%	355,4%	345,5%	-92,6%	33,1%
Braço 2			24,2%	53,4%	-38,8%	-92,5%	1177,3%	-50,5%	38,7%	295,5%	-32,4%	47,7%
Braço	30,7%	381,6%	-69,1%	96,9%	-42,8%	-20,5%	177,5%	-74,3%	286,6%	401,9%	-94,3%	83,5%
Cubatão	174,6%	242,3%	-46,1%	36,3%	-63,6%	-99,8%	29275,0%	3,3%	274,3%	37,1%	-61,9%	187,5%
Canela	-24,6%	207,7%	-52,5%	181,8%	-65,3%	-46,2%	75,3%	12,6%	46,7%	13,5%	-42,0%	78,4%
Pirabeiraba	65,6%	204,7%	-41,7%	108,6%	-52,4%	-99,8%	68300,0%	-58,2%	19,9%	69,5%	-35,9%	948,1%
Bonito	-32,4%	150,7%	-40,4%	116,9%	-45,5%	-60,5%	114,7%	6,7%	38,9%	43,5%	-57,6%	9,6%
Turvo	-9,6%	61,9%	24,8%	-18,5%	-28,9%	-44,3%	49,4%	15,7%	155,8%	111,7%	-74,8%	290,8%
Três Barras	-45,6%	424,4%	-57,0%	-18,0%	-23,4%	-99,7%	31733,3%	-58,2%	46,3%	247,5%	-51,8%	53,1%
Cupim	-16,9%	70,1%	-25,5%	131,0%	-69,7%	-87,3%	656,9%	-13,0%	20,1%	84,1%	-28,2%	30,0%
Sete Voltas	-52,6%	119,0%	-23,1%	64,9%	-47,9%	-94,3%	1702,7%	-45,1%	575,3%	-61,7%	-8,5%	-14,3%
Onça	-55,2%	87,7%	-17,5%	91,9%	-60,5%	-64,0%	157,4%	237,9%	-49,4%	257,9%	364,2%	-93,4%

2006

	fev A	fev B	mar	abr	mai
Mississipe	-45,1%	542,9%	-78,7%	-49,8%	-18,4%
Braço 2				-16,0%	25,8%
Braço	-48,9%	169,2%	-12,8%	-58,1%	-8,2%
Cubatão	-59,8%	253,6%	-69,3%	51,3%	-76,2%
Canela	-29,2%	142,4%	-44,4%	-41,7%	-60,3%
Pirabeiraba	-60,4%	-57,6%	-23,1%	-16,2%	26,5%
Bonito	-25,4%	21,3%	36,6%	-58,3%	-9,0%
Turvo	-76,1%	-12,9%	23,2%	-46,4%	-13,2%
Três Barras	-25,3%	51,0%	-50,8%	8,5%	-69,1%
Cupim	0,2%	77,0%	-54,0%	-6,5%	2,1%
Sete Voltas	-29,9%	182,0%	-54,7%	-51,0%	6,7%
Onça	-49,9%	258,1%	-70,8%	-55,4%	11,5%

Anexo 10 – Exemplo de Planilha para Cálculo de Sedimentos em Suspensão em Todos os Rios

rio	data da coleta	hora da coleta	início do procedimento	NTU médio	membrana nº	peso seco	24 hs	vol (ml) filtrado	vol total (g/ml) seco-72hs	cápsula seca 600 °C	30 min 600°C	vol (g/100ml) s/ MO	V MO (g/100ml)	g/1000ml	mg/l	Vol (g) / m3/s	kg/min	kg/hora	kg/dia	kg/mês	kg/ano	ton/ano	vazão média m3/s	g/m3/s x vazão média	kg/min	kg/hora	kg/dia	kg/mês	kg/ano	ton/ano
								200																						
Braço 1	30/4/2005		6/5/2005	57,23	10	0,0763	0,0810	200	0,0047	38,2971	38,3020	0,0049	-0,0002	0,0470	47,0	47,00	2,82	169	4061	121824	1482192	1482	2,52	118,54	7,11	426,74	10241,83	307254,94	3738268,41	3738,27
Braço 2	30/4/2005		6/5/2005	63,44	11	0,0752	0,0801	200	0,0049	46,0407	46,0442	0,0035	0,0014	0,0490	49,0	49,00	2,94	176	4234	127008	1545264	1545	2,52	123,58	7,42	444,90	10677,65	320329,62	3897343,66	3897,34
Cubatão 1	30/4/2005		6/5/2005	6,66	12	0,0759	0,0769	200	0,0010	44,3977	44,4005	0,0028	-0,0018	0,0100	10,0	10,00	0,60	36	864	25920	315360	315	9,57	95,75	5,74	344,69	8272,58	248177,52	3019493,18	3019,49
Cubatão 2	30/4/2005		6/5/2005	12,25	13	0,0749	0,0762	200	0,0013	44,2541	44,2569	0,0028	-0,0015	0,0130	13,0	13,00	0,78	46,8	1123	33696	409968	410	9,57	124,47	7,47	448,10	10754,36	322630,78	3925341,13	3925,34
Canela 1	30/4/2005		6/5/2005	34,06	14	0,0754	0,0785	200	0,0031	44,1800	44,1832	0,0032	-0,0001	0,0310	31,0	31,00	1,86	112	2678	80352	977616	978	0,61	18,98	1,14	68,35	1640,29	49208,67	598705,50	598,71
Canela 2	30/4/2005		6/5/2005	36,76	15	0,0746	0,0778	200	0,0032	43,1016	43,1044	0,0028	0,0004	0,0320	32,0	32,00	1,92	115	2765	82944	1009152	1009	0,61	19,60	1,18	70,55	1693,20	50796,05	618018,58	618,02
Pirabeiraba 1	30/4/2005		6/5/2005	9,19	16	0,0766	0,0775	200	0,0009	38,2971	38,2994	0,0023	-0,0014	0,0090	9,0	9,00	0,54	32,4	777,6	23328	283824	284	2,04	18,39	1,10	66,20	1588,85	47665,46	579929,78	579,93
Pirabeiraba 2	30/4/2005		6/5/2005	9,02	17	0,0761	0,0773	200	0,0012	46,0407	46,0431	0,0024	-0,0012	0,0120	12,0	12,00	0,72	43,2	1037	31104	378432	378	2,04	24,52	1,47	88,27	2118,46	63553,95	773239,69	773,24
Bonito 1	30/4/2005		6/5/2005	22,32	18	0,0773	0,0797	200	0,0024	44,3977	44,3988	0,0011	0,0013	0,0240	24,0	24,00	1,44	86,4	2074	62208	756864	757	0,35	8,29	0,50	29,85	716,41	21492,30	261489,63	261,49
Bonito 2	30/4/2005		6/5/2005	22,54	19	0,0754	0,0777	200	0,0023	44,2541	44,2554	0,0013	0,0010	0,0230	23,0	23,00	1,38	82,8	1987	59616	725328	725	0,35	7,95	0,48	28,61	686,56	20596,79	250594,23	250,59
Turvo 1	30/4/2005		6/5/2005	11,40	20	0,0705	0,0717	200	0,0012	44,1800	44,1805	0,0005	0,0007	0,0120	12,0	12,00	0,72	43,2	1037	31104	378432	378	0,28	3,40	0,20	12,23	293,45	8803,65	107111,07	107,11
Turvo 2	30/4/2005		6/5/2005	11,66	21	0,0701	0,0711	200	0,0010	43,1016	43,1017	0,0001	0,0009	0,0100	10,0	10,00	0,60	36	864	25920	315360	315	0,28	2,83	0,17	10,19	244,55	7336,37	89259,22	89,26
Três Barras 1	30/4/2005		6/5/2005	4,60	22	0,0709	0,0714	200	0,0005	38,2971	38,2964	-0,0007	0,0012	0,0050	5,0	5,00	0,30	18	432	12960	157680	158	3,63	18,15	1,09	65,35	1568,38	47051,49	572459,84	572,46
Três Barras 2	30/4/2005		6/5/2005	3,98	23	0,0703	0,0710	200	0,0007	46,0407	46,0414	0,0007	0,0000	0,0070	7,0	7,00	0,42	25,2	604,8	18144	220752	221	3,63	25,41	1,52	91,49	2195,74	65872,09	801443,78	801,44
Cupim 1	30/4/2005		6/5/2005	15,73	24	0,0715	0,0731	200	0,0016	44,3977	44,4004	0,0027	-0,0011	0,0160	16,0	16,00	0,96	57,6	1382	41472	504576	505	0,33	5,29	0,32	19,04	456,89	13706,63	166764,05	166,76
Cupim 2	30/4/2005		6/5/2005	17,81	25	0,0771	0,0789	200	0,0018	44,2541	44,2566	0,0025	-0,0007	0,0180	18,0	18,00	1,08	64,8	1555	46656	567648	568	0,33	5,95	0,36	21,42	514,00	15419,96	187609,56	187,61
Sete Voltas 1	30/4/2005		6/5/2005	11,19	26	0,0753	0,0759	200	0,0006	44,1800	44,1825	0,0025	-0,0019	0,0060	6,0	6,00	0,36	21,6	518,4	15552	189216	189	0,55	3,27	0,20	11,79	282,92	8487,60	103265,80	103,27
Sete Voltas 2	30/4/2005		6/5/2005	12,43	27	0,0704	0,0711	200	0,0007	43,1016	43,1031	0,0015	-0,0008	0,0070	7,0	7,00	0,42	25,2	604,8	18144	220752	221	0,55	3,82	0,23	13,75	330,07	9902,20	120476,77	120,48
Onça 1	30/4/2005		6/5/2005	29,77	28	0,0710	0,0732	200	0,0022	38,2971	38,2992	0,0021	0,0001	0,0220	22,0	22,00	1,32	79,2	1901	57024	693792	694	0,46	10,19	0,61	36,69	880,53	26415,86	321392,99	321,39
Onça 2	30/4/2005		6/5/2005	29,61	29	0,0709	0,0731	200	0,0022	46,0407	46,0433	0,0026	-0,0004	0,0220	22,0	22,00	1,32	79,2	1901	57024	693792	694	0,46	10,19	0,61	36,69	880,53	26415,86	321392,99	321,39

Anexo 11 – Exemplo de Planilha para Cálculo de Valores Diários e Horários de Sedimentos em Suspensão no Rio Cubatão

rio	data da coleta	hora da coleta	NTU médio	membrana nº	peso seco	24 hs	vol (ml) filtrado	vol total (g/ V ml) seco-24hs	cápsula seca 600 °C	60 min 600°C	vol (g/ V ml) s/ MO	V MO (g/ V ml)
Cubatão	1/9/2006	06:45	6,14	1	0,1032	0,1038	200	0,0006	43,5487	43,5496	0,0009	-0,0003
Cubatão	2/9/2006	07:45	10,31	2	0,1036	0,1047	200	0,0011	42,2701	42,2719	0,0018	-0,0007
Cubatão	3/9/2006	07:45	6,47	4	0,1024	0,1032	200	0,0008	33,1678	33,1685	0,0007	0,0001
Cubatão	4/9/2006	07:00	5,19	5	0,1008	0,1016	200	0,0008	36,8473	36,8477	0,0004	0,0004
Cubatão	5/9/2006	07:15	4,87	6	0,1018	0,1026	200	0,0008	35,1249	35,1254	0,0005	0,0003
Cubatão	6/9/2006	07:20	3,78	7	0,1028	0,1036	200	0,0008	40,5452	40,5455	0,0003	0,0005
Cubatão	7/9/2006	07:30	5,64	21	0,1031	0,1032	200	0,0001	43,5484	43,5494	0,0010	-0,0009
Cubatão	8/9/2006	07:45	6,23	22	0,1036	0,1033	200	0,0000	42,2682	42,2708	0,0026	-0,0026
Cubatão	9/9/2006	07:40	6,11	23	0,1064	0,1065	200	0,0001	33,1669	33,1688	0,0019	-0,0018
Cubatão	10/9/2006	07:45	7,29	24	0,1030	0,1034	200	0,0004	36,8460	36,8478	0,0018	-0,0014
Cubatão	11/9/2006	07:10	6,10	25	0,1030	0,1030	200	0,0000	35,1232	35,1256	0,0024	-0,0024
Cubatão	12/9/2006	07:10	6,76	26	0,1045	0,1045	200	0,0000	40,5433	40,5455	0,0022	-0,0022
Cubatão	13/9/2006	07:05	6,89	27	0,1059	0,1060	200	0,0001	35,1808	35,1825	0,0017	-0,0016
Cubatão	14/9/2006	08:20	7,93	28	0,1007	0,1013	200	0,0006	31,5313	31,5329	0,0016	-0,0010
Cubatão	15/9/2006	07:10	6,02	29	0,1023	0,1028	200	0,0005	36,2740	36,2752	0,0012	-0,0007
Cubatão	16/9/2006	07:20	6,25	17	0,1044	0,1068	200	0,0024	35,1824	35,1830	0,0006	0,0018
Cubatão	17/9/2006	07:25	16,86	18	0,1053	0,1093	200	0,0040	31,5324	31,5350	0,0026	0,0014
Cubatão	18/9/2006	07:00	7,35	19	0,1064	0,1075	200	0,0011	36,2749	36,2757	0,0008	0,0003
Cubatão	19/9/2006	07:00	6,56	20	0,1054	0,1063	200	0,0009	41,3632	41,3640	0,0008	0,0001
Cubatão	20/9/2006	17:00	74,97	30	0,1063	0,1224	200	0,0161	41,3622	41,3757	0,0135	0,0026
Cubatão	21/9/2006	06:35	26,80	31	0,1010	0,1045	200	0,0035	31,5861	31,5909	0,0048	-0,0013
Cubatão	22/9/2006	06:50	12,26	32	0,0998	0,1012	200	0,0014	32,6334	32,6348	0,0014	0,0000
Cubatão	23/9/2006	07:20	10,55	33	0,1013	0,1023	200	0,0010	35,1251	35,1281	0,0030	-0,0020
Cubatão	24/9/2006	14:00	20,29	35	0,1010	0,1020	200	0,0010	31,5310	31,5336	0,0026	-0,0016
Cubatão	25/9/2006	07:45	10,46	36	0,1001	0,1006	200	0,0005	33,1667	33,1688	0,0021	-0,0016
Cubatão	26/9/2006	06:45	7,05	37	0,1009	0,1017	200	0,0008	35,1810	35,1835	0,0025	-0,0017
Cubatão	27/9/2006	07:30	3,29	38	0,1031	0,1041	200	0,0010	36,8472	36,8488	0,0016	-0,0006
Cubatão	28/9/2006	06:40	3,17	39	0,1008	0,1020	200	0,0012	31,5859	31,5880	0,0021	-0,0009
Cubatão	29/9/2006	07:30	3,18	40	0,1010	0,1020	200	0,0010	43,5478	43,5500	0,0022	-0,0012
Cubatão	30/9/2006	08:00	9,82	41	0,1005	0,1031	200	0,0026	42,2706	42,2735	0,0029	-0,0003

Anexo 12 – Resultados do Monitoramento por Bacia Hidrográfica

rio do Braço

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	13,60	25,5	1,75	41,2
30/4/2005	63,44	48,0	2,64	12,5
27/5/2005	36,26	22,0	1,19	54,5
27/6/2005	28,84	18,5	0,62	64,9
30/7/2005	80,01	31,8	1,21	15,1
30/8/2005	18,98	40,7	0,74	
28/9/2005	79,37	61,0		18,9
28/10/2005	398,34	330,0	5,38	31,8
30/11/2005	22,61	20,0	1,08	
3/2/2006	21,22	18,5	1,07	83,8
24/2/2006	57,12	81,5		22,1
28/3/2006	53,57	18,0	2,23	16,7
27/4/2006	20,85	14,0	1,21	64,3
30/5/2006	19,13	20,0	0,70	62,5
média geral	65,24	53,5	1,65	40,7

correlação

vz x turb	0,92
vz x sed	0,90
turb x sed	0,98

rio Cubatão

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	6,65	9,5	12,87	47,4
30/4/2005	12,25	11,5	11,45	
27/5/2005	4,46	4,2	10,10	28,6
27/6/2005	0,00	1,5	6,66	0,0
30/7/2005	2,94	0,9	7,33	
30/8/2005	3,04	1,4	4,00	
28/9/2005	11,36	7,2	27,41	15,3
28/10/2005	15,58	1,5	25,44	
30/11/2005	5,93	3,0	12,39	
3/2/2006	6,85	6,0	3,76	8,3
24/2/2006	24,22	31,5		11,1
28/3/2006	7,44	1,9	43,39	47,4
27/4/2006	11,25	17,3	4,13	48,0
30/5/2006	2,68	7,8	3,28	60,3
média geral	8,19	7,5	13,25	29,6

correlação geral

vz x turb	0,41
vz x sed	0,54
turb x sed	0,96

rio Canela

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	15,09	22,0	0,55	20,5
30/4/2005	35,41	31,5	1,11	4,8
27/5/2005	12,75	10,8	0,36	59,3
27/6/2005	6,87	9,0	0,22	61,1
30/7/2005	12,03	4,5	0,23	
30/8/2005	13,55	13,0	0,12	38,5
28/9/2005	19,88	20,5	0,89	61,0
28/10/2005	21,36	21,0	1,11	14,3
30/11/2005	13,08	12,5	0,35	
3/2/2006	16,52	17,5	0,17	54,3
24/2/2006	40,06	37,0		32,4
28/3/2006	22,26	21,5	0,71	9,3
27/4/2006	12,97	14,5	0,18	89,7
30/5/2006	5,15	8,0	0,18	56,3
média geral	17,64	17,4	0,47	41,8

correlação

vz x turb	0,82
vz x sed	0,80
turb x sed	0,94

rio Pirabeiraba

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
30/4/2005	9,02	10,5	1,96	
27/5/2005	4,29	3,4	1,39	58,8
27/6/2005	0,00	1,5	0,98	
30/7/2005	6,84		0,81	
30/8/2005	2,86	0,0	0,50	
28/9/2005	3,43	6,0	5,23	
28/10/2005	5,81	1,0	3,81	
30/11/2005	3,72	0,5	1,65	
3/2/2006	15,45	13,0	0,49	73,1
24/2/2006	6,55	5,5		45,5
28/3/2006	5,03	6,1	2,46	16,4
27/4/2006	4,22	5,6	0,71	66,1
30/5/2006	5,34	5,8	0,47	39,7
média geral	5,58	4,9	1,70	49,9

correlação

vz x turb	-0,16
vz x sed	-0,07
turb x sed	0,82

rio Bonito

data	NTU	mg/l	m3/s	% MO
30/4/2005	22,43	23,5	0,68	48,9
27/5/2005	12,30	9,0	0,32	83,3
27/6/2005	4,86	7,5	0,16	46,7
30/7/2005	10,43	1,7	0,18	
30/8/2005	11,13	7,5	0,12	
28/9/2005	15,46	18,0	0,52	22,2
28/10/2005	22,18	17,0	0,77	17,6
30/11/2005	9,40	6,0	0,26	
3/2/2006	7,68	8,0	0,15	68,8
24/2/2006	9,31	10,5		28,6
28/3/2006	12,72	24,0	0,52	29,2
27/4/2006	5,31	7,0	0,14	85,7
30/5/2006	4,83	7,5	0,13	60,0
média geral	11,39	11,3	0,33	49,1

correlação

vz x turb	0,92
vz x sed	0,85
turb x sed	0,72

rio Turvo

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	20,72	19,5	0,30	51,3
30/4/2005	11,66	11,0	0,34	72,7
27/5/2005	8,29	3,0	0,25	0,0
27/6/2005	4,62	3,5	0,17	
30/7/2005	6,89	1,2	0,14	
30/8/2005	7,98	8,0	0,11	
28/9/2005	20,40	19,5	0,40	35,9
28/10/2005	43,19	35,5	0,59	59,2
30/11/2005	10,88	10,0	0,14	
3/2/2006	10,15	12,0	0,02	83,3
24/2/2006	8,84	11,5		73,9
28/3/2006	10,89	14,5	0,29	27,6
27/4/2006	5,84	7,0	0,12	92,9
30/5/2006	5,07	6,5	0,13	92,3
média geral	12,53	11,6	0,23	58,9

correlação

vz x turb	0,85
vz x sed	0,79
turb x sed	0,95

rio Três Barras

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
30/4/2005	3,98	6,0	2,73	100,0
27/5/2005	3,05	0,6	2,13	
27/6/2005	0,00	0,0	1,58	
30/7/2005	3,18	5,0	1,18	
30/8/2005	1,14	0,0	1,14	
28/9/2005	1,95	3,0	9,70	
28/10/2005	6,76	2,5	7,48	100,0
30/11/2005	3,26	0,0	2,54	
3/2/2006	3,73	3,0	1,22	
24/2/2006	5,63	6,0		75,0
28/3/2006	2,77	3,9	4,29	28,2
27/4/2006	3,01	2,8	1,32	39,3
30/5/2006	0,93	3,6	0,96	63,9
média geral	3,03	2,8	3,02	67,7

correlação

vz x turb	0,36
vz x sed	0,11
turb x sed	0,46

rio Cupim

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	6,47	14,0	0,34	
30/4/2005	17,81	17,0	0,57	
27/5/2005	5,40	2,8	0,33	
27/6/2005	0,69	4,0	0,25	87,5
30/7/2005	5,19	8,1	0,21	
30/8/2005	4,51	2,5	0,14	
28/9/2005	5,42	8,0	0,94	12,5
28/10/2005	9,97	5,5	0,59	36,4
30/11/2005	7,16	4,5	0,28	
3/2/2006	9,33	11,0	0,07	63,6
24/2/2006	16,51	16,5		72,7
28/3/2006	7,59	10,5	0,44	47,6
27/4/2006	7,10	9,0	0,21	88,9
30/5/2006	7,25	12,5	0,12	44,0
média geral	7,88	9,0	0,35	56,7

correlação

vz x turb	0,26
vz x sed	0,11
turb x sed	0,74

rio Sete Voltas

data	NTU	mg/L	m3/s	% MO
29/11/2004	7,89	10,5	0,53	28,6
30/4/2005	12,43	6,5	0,70	
27/5/2005	6,48	3,6	0,40	
27/6/2005	0,37	1,0	0,28	
30/7/2005	6,61		0,22	
30/8/2005	3,63	2,0	0,05	
28/9/2005	24,52	23,5		10,6
28/10/2005	9,38	2,5	0,97	80,0
30/11/2005	8,58	7,0	0,26	
3/2/2006	5,15	5,0	0,13	60,0
24/2/2006	14,53	13,0		42,3
28/3/2006	6,59	12,0	0,61	20,8
27/4/2006	3,23	3,5	0,27	
30/5/2006	3,45	5,5	0,11	54,5
média geral	8,06	7,4	0,38	42,4

correlação

vz x turb	0,67
vz x sed	0,26
turb x sed	0,86

rio da Onça

data	NTU	mg/l	m3/s	% MO
29/11/2004	21,43	40,5	0,34	64,2
30/4/2005	29,69	22,0	0,54	
27/5/2005	11,70	8,0	0,37	
27/6/2005	4,21	6,0	0,16	91,7
30/7/2005	10,84	2,8		
30/8/2005	36,64	40,5		1,2
28/9/2005	18,53	21,0	0,91	2,4
28/10/2005	66,32	57,0	0,81	30,7
30/11/2005	320,90	329,0	0,26	16,1
3/2/2006	10,23	11,5	0,11	26,1
24/2/2006	36,62	30,5		34,4
28/3/2006	10,69	14,0	0,49	17,9
27/4/2006	4,77	6,5	0,13	76,9
30/5/2006	5,32	8,5	0,11	100,0
média geral	41,99	42,7	0,38	42,0

correlação

vz x turb	-0,01
vz x sed	-0,04
turb x sed	1,00